

INTERMEDIATE

శాస్త్రం



Government of Telangana



www.telanganaopenschool.org

312



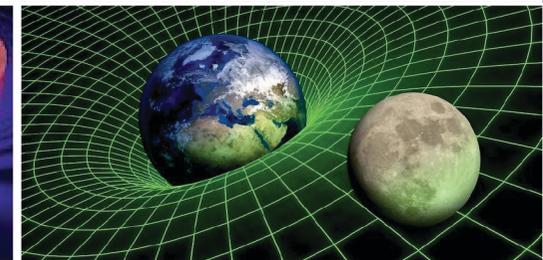
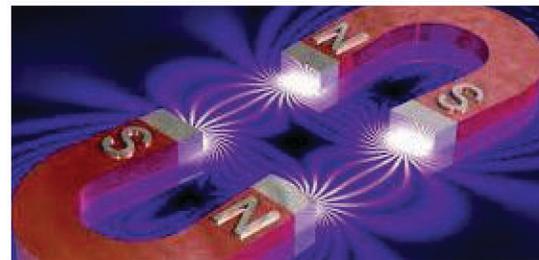
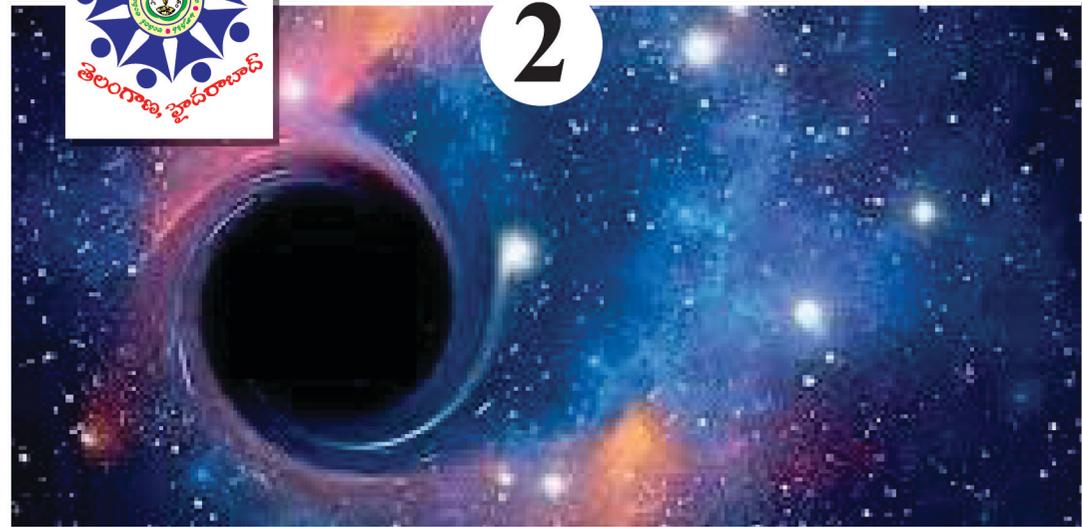
Government of Telangana

INTERMEDIATE

శాస్త్రం



2



TELANGANA OPEN SCHOOL SOCIETY, HYDERABAD

312

भौतिक विज्ञान



प्रधान सलाहकार

श्रीमती वाकटि करुणा, आई.ए.एस.,
विशेष प्रधान सचिव, शिक्षा विभाग, तेलंगाणा राज्य

संपादक

डॉ. बी. अप्पाराव
प्रोफेसर एमेरिटस,
JNTUH & प्रोफेसर (सेवानिवृत्त),
भौतिक विज्ञान विभाग,
उस्मानिया विश्वविद्यालय, हैदराबाद

डॉ. जी. भिक्षमैय्या
सेवानिवृत्त भौतिक विज्ञान प्रोफेसर,
भौतिक विज्ञान विभाग,
उस्मानिया विश्वविद्यालय, हैदराबाद

पाठ्यपुस्तक विकास एवं प्रकाशन समिति

श्रीमती ए. श्रीदेवसेना आई.ए.एस.,
निदेशक, स्कूली शिक्षा, तेलंगाणा राज्य

श्री पी.वी. श्रीहरी
निदेशक, तेलंगाणा ओपन स्कूल सोसायटी, तेलंगाणा राज्य

श्री एस. श्रीनिवास चारी
निदेशक, पाठ्यपुस्तक प्रेस, तेलंगाणा, हैदराबाद

प्रधान समन्वयक

श्री मारासानि सोमी रेड्डी

संयुक्त निदेशक, तेलंगाणा ओपन स्कूल सोसायटी, तेलंगाणा, हैदराबाद

प्रकाशन

तेलंगाणा ओपन स्कूल सोसायटी, तेलंगाणा राज्य, हैदराबाद



First Published : 2023

All Rights Reserved

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means without the prior permission, in writing of the publisher, nor be otherwise circulated in any form of binding or cover.

Printed in India
at the **Telangana Govt. Text Book Press,**
Mint Compound, Khairathabad, Hyderabad, Telangana.

आमुख

बच्चों को शिक्षा प्रदान करना एक मौलिक अधिकार है और समाज के समग्र विकास के लिए आवश्यक है। तेलंगाना सरकार यह सुनिश्चित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है कि शिक्षा सभी के लिए सुलभ हो, अक्सर उन बच्चों की सेवा के लिए तेलंगाना ओपन स्कूल सोसाइटी (TOSS) जैसी संस्थाओं की स्थापना की जाती है, जिन्हें विभिन्न कारणों से औपचारिक शिक्षा तक पहुँचने में चुनौतियों का सामना करना पड़ सकता है।

2023 शैक्षिक वर्ष से शुरू करके, तेलंगाना ओपन स्कूल सोसाइटी में इंटरमीडिएट शिक्षा का अध्ययन करने वाले छात्रों को गुणवत्तापूर्ण शिक्षा प्रदान करने के लिए, हमने अपनी पाठ्यपुस्तकों को बदलते सामाजिक परिदृश्य के साथ संरेखित करने और बुनियादी सिद्धांतों को शामिल करने के लिए राष्ट्रीय नीति 2020 के अनुसार संशोधित करने का कार्य किया है। इस नीति में उल्लिखित दिशानिर्देशों का उद्देश्य समग्र सीखने के अनुभव को बढ़ाना और हमारे छात्रों की विविध आवश्यकताओं को पूरा करना है। पहले की पाठ्यपुस्तकों के विपरीत, जिनमें मुख्य रूप से प्रश्न और उत्तर होते थे, TOSS ने हमारे छात्रों की विभिन्न सीखने की शैलियों और ज़रूरतों को ध्यान में रखते हुए, इन पाठ्यपुस्तकों को डिज़ाइन करने में एक छात्र-केंद्रित दृष्टिकोण अपनाया है। यह दृष्टिकोण सीखने की प्रक्रिया में सक्रिय जुड़ाव और भागीदारी को प्रोत्साहित करता है।

यह भौतिक पाठ्यपुस्तक दो खंडों में विभाजित है, जिसमें कुल 29 अध्याय शामिल हैं। इस उल्लेखनीय अनुशासन की समझ और सराहना को बढ़ावा देने के लिए इसे सोच-समझकर तैयार किया गया है। प्रत्येक खंड भौतिकी के दिलचस्प और बहुआयामी क्षेत्र के प्रवेश द्वारा कार्य करता है।

खंड -1 छात्रों की भौतिकी की दुनिया में यात्रा के लिए आवश्यक आधार तैयार करता है। यांत्रिकी, गति, बल और ऊर्जा के अपने सिद्धांतों के साथ, यह समझने के लिए रूपरेखा प्रदान करती है कि वस्तुएँ एक दूसरे के साथ कैसे बातचीत करती हैं। ऊष्मा और थर्मोडायनामिक्स तापमान, ऊष्मा स्थानांतरण और ऊर्जा परिवर्तनों को नियंत्रित करने वाले कानूनों की आकर्षक दुनिया में उतरते हैं।

खंड-2 शिक्षार्थी को प्रकाश के रहस्यमय ब्रह्मांड के माध्यम से मार्गदर्शन करेगा, प्रतिबिंब, अपवर्तन और छवियों के निर्माण जैसे विषयों की खोज करेगा और भौतिक दुनिया के रहस्यों में गहराई से उतरेगा। बिजली और चुंबकत्व शिक्षार्थियों की कल्पना को प्रज्वलित करेंगे क्योंकि वे विद्युत सर्किट, चुंबकीय क्षेत्र और विद्युत चुंबकीय तरंगों के सिद्धांतों का पता लगाएंगे। परमाणु और नाभिक, क्वांटम यांत्रिकी से लेकर परमाणु भौतिकी तक, परमाणु क्षेत्र की जटिलताओं का खुलासा करेंगे। सेमीकंडक्टर और संचार प्रणालियाँ छात्रों को उस तकनीकी से परिचित कराएंगी जो ट्रांजिस्टर से लेकर दूरसंचार तक हमारी आधुनिक दुनिया को चलाती है।

तेलंगाना ओपन स्कूल सोसाइटी तेलंगाना सरकार और तेलंगाना राज्य इंटरमीडिएट शिक्षा बोर्ड के बहुत आभारी हैं। संपादकों, लेखकों को विशेष धन्यवाद। सह-समन्वयक, शिक्षक, व्याख्याता और DTP ऑपरेटर जिन्होंने इस पाठ्यपुस्तक को बनाने में अथक रूप से अपने सेवाओं का योगदान दिया।

Date : 2023

Place : Hyderabad.

निदेशक,
TOSS, हैदराबाद.

Textbook Development Committee

Dr. Md. Shareefuddin

Professor of Physics
Department of Physics
University College of Science
Osmania University, Hyderabad.

Dr. N. V. Prasad

Associate Professor
Department of Physics
Osmania University, Hyderabad.

Dr. Y. Vasudeva Reddy

Assistant Professor
Department of Physics
Government City College (A)
Nayapul, Hyderabad.

Dr. J. Chinna Babu

Assistant Professor
Department of Physics
Vivekananda Govt. Degree College
Vidyanagar, Hyderabad.

Dr. N. Thirumal Reddy

Assistant Professor of Physics
Government Degree College
Medak.

Dr. E. Rukmini

Associate Professor
Department of Physics & Electronics
Sarojini Naidu Vanita Maha Vidyalaya
Hyderabad.

Dr. S. Vedavyas

Research Assistant (Physics)
Telugu Akademi
Himayatnagar, Hyderabad.

Sri K. Subba Rao

Associate Professor
Department of Physics & Electronics
Sarojini Naidu Vanita Maha Vidyalaya
Hyderabad.

Mrs. B. Anuradha

Associate Professor
Department of Physics & Electronics
Sarojini Naidu Vanita Maha Vidyalaya
Hyderabad.

Sri D. Anantha Ramakrishna

Principal
Govt. Junior College
Dharmaram, Peddapalli.

Coordinators

Sri B. VenkateswaraRao

State Coordinator, TOSS, Telangana,
Hyderabad.

Smt K. Madhavi

State Coordinator, TOSS, Telangana,
Hyderabad.

Translators

Cover Design : **Sri K. Sudhakar Chary**, S.G.T.,
UPPS Mylaram, Rayaparathi (M), Warangal Rural.

DTP, Page Layout & Design by :

Smt. Arifa Sultana, SCERT, Hyderabad.

A Word With You

Dear Learner

We are delighted to welcome you to the world of open and distance learning through TOSS. Your decision to embark on this educational journey as an Open and Distance learner is commendable, and we are thrilled that you have chosen physics as one of your subjects of study.

With great pleasure and enthusiasm, we present to you this comprehensive physics textbook, meticulously designed for senior secondary course in open and distance learning. Physics is a subject that unveils the mysteries of the universe, offering profound insights into the fundamental laws governing the cosmos. Our textbook, spanning two volumes and encompassing 29 chapters, has been thoughtfully crafted to foster your understanding and appreciation of this remarkable discipline.

As you set out on this educational voyage, you will explore the captivating domains of mechanics, heat and thermodynamics, optics, electricity and magnetism, atoms and nuclei, semiconductors, and communication systems. Each volume serves as a gateway to the intriguing and multifaceted realm of physics.

Volume-1, consisting of 14 chapters, lays the essential foundation for your journey into the world of physics. Mechanics, with its principles of motion, forces, and energy, provides the framework for comprehending how objects interact with one another. Heat and thermodynamics delve into the fascinating world of temperature, heat transfer, and the laws governing energy transformations.

Volume-2, with 15 chapters, will lead you through the enigmatic universe of light, exploring topics like reflection, refraction, and the formation of images, delves deeper into the enigmas of the physical world. Electricity and magnetism will electrify your imagination as you explore the principles of electric circuits, magnetic fields, and electromagnetic waves. Atoms and nuclei will unveil the intricacies of the atomic realm, from quantum mechanics to nuclear physics. Semiconductors and communication systems will introduce you to the technology that drives our modern world, from transistors to telecommunications.

Our textbook is tailored with your unique learning journey in mind, recognizing the distinctive challenges and opportunities that open and distance learning offers. Clear explanations, illustrative diagrams, and practical examples have been incorporated to make physics accessible and engaging, even when you are learning independently. Each chapter acts as a stepping stone, building upon previously introduced concepts, ensuring a coherent and structured learning experience.

Physics transcends being a mere subject; it is a path to discovery. It empowers you to explore the universe, from the vast expanses of space to the tiniest particles that constitute matter. Physics nurtures critical thinking, problem-solving abilities, and a profound appreciation for the natural world's beauty.

As you progress through these pages, remember that physics is not just a collection of equations and theories; it is a tool that equips you to understand and shape the world around you. Embrace the challenges, ask questions, and never cease to wonder. Your journey through these volumes will not only equip you with the knowledge and skills to excel academically but also inspire a lifelong passion for the marvels of physics.

We extend our heartfelt best wishes as you embark on this educational odyssey. May this textbook be your trusted companion and guide on your quest for knowledge. If you encounter any difficulties or have suggestions, please do not hesitate to reach out to us.

Sincerely,

The Curriculum Design and Course Development Team

(312)
भौतिक विज्ञान

खंड - 1

1. इकाइयाँ और मापन
2. सरल रेखा में गति
3. समतल में गति
4. न्यूटन के गति के नियम
5. कार्य ऊर्जा और शक्ति
6. कणों और घूर्णन गति की प्रणाली
7. सरल आवर्त गति
8. गुरुत्वाकर्षण
9. ठोसों के यांत्रिक गुण
10. तरल पदार्थों के यांत्रिक गुण
11. पदार्थ के तापीय गुण
12. ऊष्मप्रवैगिकी
13. गैसों का गतिज सिद्धांत
14. ध्वनि तरंगे

(312)
भौतिक विज्ञान

खंड - 2

15. किरण प्रकाशिकी और आप्टिकल उपकरण
16. तरंग प्रकाशिकी
17. विद्युत प्रभार और क्षेत्र
18. इलेक्ट्रोस्टैटिक क्षमता एवं धारिता
19. विद्युत धारा
20. चुम्बकत्व
21. गतिमान आवेश और चुम्बकत्व
22. विद्युत चुम्बकीय प्रेरण
23. प्रत्यावर्ती धारायें
24. विद्युत चुम्बकीय तरंगे
25. विकिरण एवं पदार्थ की दोहरी प्रकृति
26. परमाणु की संरचना
27. परमाणु भौतिकी
28. अर्धचालक उपकरण
29. संचार के मूल सिद्धांत

विषय सूची

15.	किरण प्रकाशिकी और आप्टिकल उपकरण	1 - 19
16.	तरंग प्रकाशिकी	20 - 47
17.	विद्युत प्रभार और क्षेत्र	48 - 74
18.	इलेक्ट्रोस्टैटिक क्षमता एवं धारिता	75 - 100
19.	विद्युत धारा	101 - 138
20.	चुम्बकत्व	139 - 152
21.	गतिमान आवेश और चुम्बकत्व	153 - 176
22.	विद्युत चुम्बकीय प्रेरण	177 - 198
23.	प्रत्यावर्ती धारायें	199 - 221
24.	विद्युत चुम्बकीय तरंगे	222 - 234
25.	विकिरण एवं पदार्थ की दोहरी प्रकृति	235 - 251
26.	परमाणु की संरचना	252 - 264
27.	परमाणु भौतिकी	265 - 296
28.	अर्धचालक उपकरण	297 - 343
29.	संचार के मूल सिद्धांत	344 - 363

रे ऑप्टिक्स और ऑप्टिकल उपकरण

परिचय

हमें अपने आस-पास की दुनिया के बारे में ज़्यादातर जानकारी अपनी आँखों से मिलती है। लेकिन जैसा कि आप जानते हैं, बिना सहायता प्राप्त आँख की सीमाएँ होती हैं; तारे, ग्रह आदि जैसी बहुत दूर की वस्तुएँ इतनी छोटी दिखाई देती हैं कि हम उनका वास्तविक विवरण देखने में असमर्थ होते हैं। इसी प्रकार, जो वस्तुएँ बहुत छोटी होती हैं, जैसे परागकण, बैक्टीरिया, वायरस आदि, वे भी आँखों से अदृश्य रहती हैं।

इसके अलावा, हमारी आँखें जो कुछ भी देखती हैं उसका स्थायी रिकॉर्ड नहीं रखती हैं, सिवाय इसके कि हमारी स्मृति में क्या रहता है। इसलिए आप यह प्रश्न पूछ सकते हैं: हम बहुत सूक्ष्म और बहुत दूर की वस्तुओं को कैसे देख सकते हैं? इस उद्देश्य के लिए बनाए गए विशेष उपकरणों को ऑप्टिकल उपकरण कहा जाता है।

इस पाठ में आप दो महत्वपूर्ण ऑप्टिकल उपकरणों, अर्थात् एक माइक्रोस्कोप और एक टेलीस्कोप के बारे में अध्ययन करेंगे। जैसा कि आप जानते ही होंगे कि सूक्ष्मदर्शी छोटी वस्तुओं को बड़ा करके देखता है जबकि दूरबीन का प्रयोग दूर की वस्तुओं को देखने के लिए किया जाता है। इन उपकरणों का डिज़ाइन आवश्यकता पर निर्भर करता है। (दर्पणों और लेंसों द्वारा छवि निर्माण का ज्ञान, जो आपने पिछली कक्षाओं में प्राप्त किया है, आपको इन ऑप्टिकल उपकरणों की कार्यप्रणाली को समझने में मदद करेगा।) माइक्रोस्कोप की उपयोगिता उसकी आवर्धन शक्ति और विभेदन शक्ति से निर्धारित होती है। एक दूरबीन के लिए, मुख्य शब्द संकल्प शक्ति है। आपने हबल के अंतरिक्ष दूरबीन के बारे में अवश्य पढ़ा होगा, जिसका उपयोग वैज्ञानिकों द्वारा सुदूर आकाशगंगाओं का विवरण प्राप्त करने और हमारे सौर मंडल से परे जीवन-निर्वाह ग्रह की खोज के लिए किया जा रहा है।

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

- मैं सरल और मिश्रित सूक्ष्मदर्शी के कार्य सिद्धांत की व्याख्या कर सकूंगा;
- मैं सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता के लिए एक व्यंजक प्राप्त कर सकूंगा;
- रैखिक और कोणीय आवर्धन के बीच अंतर कर सकूंगा ;
- मैं दूरबीनों को अपवर्तित और परावर्तित करने के कार्य सिद्धांत की व्याख्या कर सकूंगा;
- मैं एक आँख, एक दूरबीन और एक सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता की गणना करता हूँ।

15.1 माइक्रोस्कोप

पिछली कक्षाओं में आपने दर्पणों और लेंसों द्वारा प्रतिबिम्ब निर्माण के बारे में सीखा है। यदि आप एक उत्तल लेंस लेते हैं और इसे इस पृष्ठ के ऊपर रखते हैं, तो आपको अक्षरों/शब्दों की छवियाँ दिखाई देंगी। यदि आप लेंस को घुमाएंगे और उसे पेज के करीब और करीब लाएंगे तो उस पर छपे अक्षर बड़े दिखने लगेंगे। इसका कारण यह है कि लेंस द्वारा उनका बड़ा, आभासी तथा सीधा प्रतिबिम्ब बन रहा है। यानी यह मूलतः एक आवर्धक लेंस या साधारण के रूप में कार्य कर रहा है

सूक्ष्मदर्शी. आपने किसी डॉक्टर को बच्चे के शरीर पर खसरे की जांच करते या किसी दंत चिकित्सक को दांत में कैविटी की जांच करते हुए देखा होगा। घड़ी निर्माता और जौहरी इसका उपयोग घड़ियों के छोटे घटकों और बढ़िया आभूषणों के काम को बड़ा करने के लिए करते हैं। आप एक उत्तल लेंस ले सकते हैं और सूर्य के प्रकाश को कागज के एक छोटे टुकड़े पर केंद्रित कर सकते हैं। आप देखेंगे कि कुछ देर बाद कागज का टुकड़ा जलने लगा। इसलिए, उत्तल लेंस से आग लग सकती है। इसलिए जंगल में कांच की खाली बोतलें छोड़ना खतरनाक है। कांच की बोतलों पर पड़ने वाली सूरज की रोशनी जंगल में सूखी पत्तियों पर केंद्रित हो सकती है और उनमें आग लग सकती है। कभी-कभी, इनके परिणामस्वरूप जंगल की आग लग जाती है, जो जंगल और/या बस्ती के बड़े हिस्से को नष्ट कर देती है। ऑस्ट्रेलिया, इंडोनेशिया और अमेरिका में ऐसी आग काफी आम है

एक साधारण सूक्ष्मदर्शी के रूप में, उत्तल लेंस पास की छोटी वस्तुओं को उनके मूल आकार से लगभग बीस गुना तक बड़ा करने के लिए संतोषजनक है। बड़े आवर्धन के लिए, एक मिश्रित सूक्ष्मदर्शी का उपयोग किया जाता है, जो मूल रूप से दो लेंसों का संयोजन होता है। भौतिकी प्रयोगशाला में, एक आवर्धक कांच का उपयोग एक यात्रा सूक्ष्मदर्शी और एक स्पेक्ट्रोमीटर से जुड़े वर्नियर स्केल को पढ़ने के लिए किया जाता है।

सरल और मिश्रित सूक्ष्मदर्शी का अध्ययन करते समय, हमें वैज्ञानिक शब्द मिलते हैं जैसे (i) निकट बिंदु, (ii) स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी, (iii) कोणीय आवर्धन या आवर्धन शक्ति, (iv) सामान्य समायोजन आदि। आइए पहले इन्हें परिभाषित करें।

- (i) निकट बिंदु आँख से वह दूरी है जिस पर वहां रखी वस्तु का प्रतिबिम्ब (नेत्र लेंस द्वारा) रेटिना पर बनता है। निकटतम बिंदु व्यक्ति-दर-व्यक्ति और व्यक्ति की उम्र के साथ भिन्न होता है। कम उम्र में (जैसे कि 10 वर्ष से कम), निकटतम बिंदु 7-8 सेमी जितना करीब हो सकता है। वृद्धावस्था में, निकट बिंदु बड़े मानों, जैसे 100-200 सेमी, या इससे भी अधिक में स्थानांतरित हो जाता है। यही कारण है कि छोटे बच्चे अपनी किताबों को बहुत करीब रखते हैं, जबकि वृद्ध लोग किताब या अखबार को आंखों से बहुत दूर रखते हैं।
- (ii) स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी वह दूरी है जिस तक मानव आँख किसी वस्तु को बिना किसी दबाव के स्पष्ट रूप से देख सकती है। सामान्य मानव आँख के लिए यह दूरी सामान्यतः 25 सेमी मानी जाती है।
- (iii) कोणीय आवर्धन आँख पर छवि द्वारा बनाए गए कोण और वस्तु द्वारा बिना सहायता वाली आँख पर बनाए गए कोण का अनुपात है जब वस्तु को स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर रखा जाता है। इसे सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन शक्ति भी कहते हैं।
- (iv) सामान्य समायोजन: जब छवि अनंत पर बनती है, तो इसे रेटिना पर केंद्रित करने के लिए आँख पर कम से कम दबाव पड़ता है। इसे सामान्य समायोजन के रूप में जाना जाता है।
- (v) रैखिक आवर्धन छवि के आकार और वस्तु के आकार का अनुपात है।
- (vi) दृश्य कोण वह कोण है जो वस्तु द्वारा मानव आँख पर बनाया जाता है।

15.1.1 एक साधारण सूक्ष्मदर्शी

छोटी फोकल लंबाई का एक उत्तल लेंस जिसका उपयोग किसी छोटी वस्तु की आवर्धित छवि देखने के लिए किया जाता है वस्तु को सरल सूक्ष्मदर्शी कहा जाता है।

हम जानते हैं कि जब किसी वस्तु को ऑप्टिक केंद्र और उत्तल लेंस के फोकस के बीच रखा जाता है, तो उसकी छवि आभासी, सीधी और आवर्धित होती है और वस्तु के समान तरफ होती है।

व्यवहार में, ऐसे लेंस को आँख के करीब रखा जाता है और वस्तु की दूरी को समायोजित किया जाता है

स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर एक स्पष्ट छवि बनती है। इसमें दर्शाया गया है चित्र 15.1 (बी), जो एक वस्तु AB को F और O के बीच रखा हुआ दिखाता है। इसकी आभासी छवि AB' वस्तु के समान ही बनता है। वस्तु की स्थिति इस प्रकार समायोजित की जाती है कि प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनता है (D)।

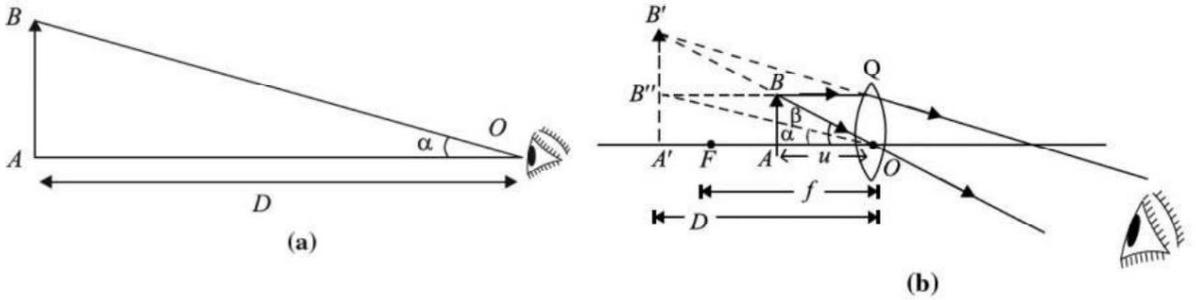
एक साधारण सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन शक्ति

किसी ऑप्टिकल उपकरण की आवर्धन शक्ति उसके द्वारा अंतरित कोण का अनुपात है जब दोनों एक दूसरे पर स्थित होते हैं तो वस्तु द्वारा आंख पर बनाए गए कोण पर प्रतिबिम्ब बनता है स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी या निकट बिंदु। इसे कोणीय आवर्धन और भी कहा जाता है एम द्वारा दर्शाया गया है। चित्र 15.1 (ए) और (बी) का संदर्भ लेते हुए, सरल का कोणीय आवर्धन

माइक्रोस्कोप द्वारा दिया गया है
$$m = \frac{\text{एक ओ.बी.}}{\text{एक ओ.बी.}}$$
 . व्यवहार में, कोण और छोटे हैं।

इसलिए, आप इन्हें उनकी स्पर्शरेखाओं से प्रतिस्थापित कर सकते हैं, अर्थात् लिख सकते हैं

$$m = \frac{\text{टैन}}{\text{टैन}} \tag{15.1}$$



चित्र 15.1: एक आवर्धक कांच का कोणीय आवर्धन

स ए ओबी से और AOB, हम tan लिख सकते हैं और तन और तन समीकरण (15.1) में, हम पाते हैं

$$m = \frac{\text{एबी एबी}}{\text{ओबी एबी}}$$

चूंकि चित्र 15.1(बी) में AOB और A'OB' समान हैं, हम लिख सकते हैं

$$\frac{\text{एबी एओ}}{\text{एबी एओ}} \tag{15.2}$$

मानक संकेत परंपरा का पालन करते हुए, हम उस पर ध्यान देते हैं

$$\text{एओडी}$$

और एओ यू

इसलिए, समीकरण से। (15.2), हम प्राप्त करते हैं

$$\frac{\text{अब्द}}{\text{एबी यू}} \quad (15.3)$$

यदि f लेंस की फोकल लंबाई है, तो एक साधारण माइक्रोस्कोप के रूप में कार्य करते हुए, लेंस का उपयोग किया जाता है

$\frac{1}{\text{उ}} - \frac{1}{\text{ड}} = \frac{1}{\text{एबी यू}}$ सूत्र और नोटिंग कि $\text{उ} = \text{डी}$ और $\text{एबी यू} = \text{डी यूएफ}$, हम पाते हैं

$$\frac{1}{\text{डी यूएफ}} - \frac{1}{\text{डी}} = \frac{1}{\text{एबी यू}}$$

या

$$\frac{1}{\text{डी यूएफ}} - \frac{1}{\text{डी}} = \frac{1}{\text{एबी यू}}$$

दोनों पक्षों को D से गुणा करके तथा पदों को पुनर्व्यवस्थित करके आप लिख सकते हैं

$$\frac{\text{डीडी}}{\text{उफ}} = \text{डी यूएफ} \quad (15.4)$$

समीकरणों को संयोजित करने पर. (15.3) और (15.4), हमें मिलता है

$$\frac{\text{अब्द}}{\text{एबी एफ}} = \text{डी यूएफ}$$

या

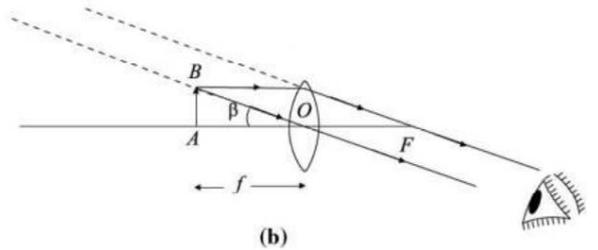
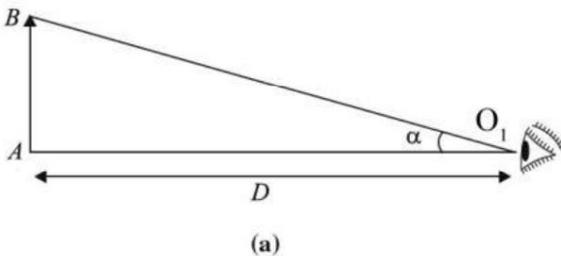
$$\text{एम} = \frac{\text{डी}}{\text{एफ}} \quad (15.5)$$

इस परिणाम से हम देखते हैं कि उत्तल लेंस की फोकल लंबाई जितनी कम होगी, लेंस की फोकस दूरी उतनी ही अधिक होगी सरल सूक्ष्मदर्शी के कोणीय आवर्धन या आवर्धन शक्ति का मान।

सामान्य समायोजन

सामान्य समायोजन में प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है। की आवर्धन शक्ति माइक्रोस्कोप को आँख पर छवि द्वारा बनाए गए कोण के अनुपात के रूप में परिभाषित किया गया है जब वस्तु को D पर रखा जाता है तो वस्तु द्वारा नग्न आँख पर बनाया गया कोण। चित्र 15.2.(a) दर्शाता है कि वस्तु स्पष्ट दृष्टि D से न्यूनतम दूरी पर स्थित है।

वस्तु और प्रतिबिम्ब द्वारा बिना सहायता प्राप्त आँख पर बने कोण हैं α और β , क्रमशः। आवर्धन शक्ति को इस प्रकार परिभाषित किया गया है



चित्र 15.2: सामान्य समायोजन के लिए छवि निर्माण

$$EM \propto \frac{1}{r^2}$$

व्यवहार में, कोण \square और \square छोटे हैं, और, पहले की तरह, इन्हें उनके द्वारा प्रतिस्थापित कर रहे हैं
स्पर्शरेखाएँ, हमें मिलती हैं

$$EM \propto \frac{\text{टैन } \square}{\text{टैन } \square}$$

अर्थात्

$$\square \frac{E \text{ बी } E \text{ बी}}{E \text{ ओ } E \text{ ओ}} \frac{\square}{1}$$

$$\square \frac{E \text{ ओ}1 \text{ डी}}{E \text{ ओ } E \text{ फ}}$$

या

$$EM \propto \frac{D}{f}$$

(15.6)

आप ध्यान दें कि सामान्य समायोजन में, छवि को देखना अधिक आरामदायक होता है।
आपके विचारों को ठीक करने में मदद के लिए, अब हम एक सुलझा हुआ उदाहरण देते हैं। इसे ध्यान से पढ़ें।

उदाहरण 15.1

2.5 सेमी फोकस दूरी वाले एक साधारण सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन शक्ति की गणना करें।

समाधान :

एक साधारण सूक्ष्मदर्शी के लिए, आवर्धन शक्ति समीकरण (15.5) द्वारा दी गई है:

$$M \propto \frac{D}{f}$$

$D = 25$ सेमी और $f = 2.5$ सेमी रखने पर, हमें प्राप्त होता है

$$1 \text{ एम } \square \square \frac{25}{2.5} \square \square 1 \text{ 2511}$$

15.1.2 एक यौगिक सूक्ष्मदर्शी

एक मिश्रित सूक्ष्मदर्शी में दो उत्तल लेंस होते हैं। लघु एपर्चर और कम फोकल लंबाई का एक लेंस वस्तु की ओर होता है और इसे अभिदृश्यक कहा जाता है। आंख की ओर कम फोकल लंबाई लेकिन बड़े छिद्र वाले एक अन्य लेंस को नेत्र टुकड़ा कहा जाता है। अभिदृश्यक और नेत्रिका को एक ट्यूब के दोनों सिरों पर समाक्षीय रूप से रखा जाता है।

जब वस्तु को अभिदृश्यक के F और $2F$ के बीच रखा जाता है, तो अभिदृश्यक के दूसरी ओर $2F$ से आगे उसकी वास्तविक, उलटी और आवर्धित छवि बनती है। यह छवि आंख के लेंस के लिए एक वस्तु के रूप में कार्य करती है, जो तब एक साधारण माइक्रोस्कोप के रूप में कार्य करती है। नेत्र लेंस को इस प्रकार समायोजित किया जाता है कि छवि उसके फोकस और ऑप्टिकल केंद्र के बीच स्थित हो ताकि नेत्र लेंस से स्पष्ट दृष्टि की कम से कम दूरी पर एक आवर्धित छवि बन सके।

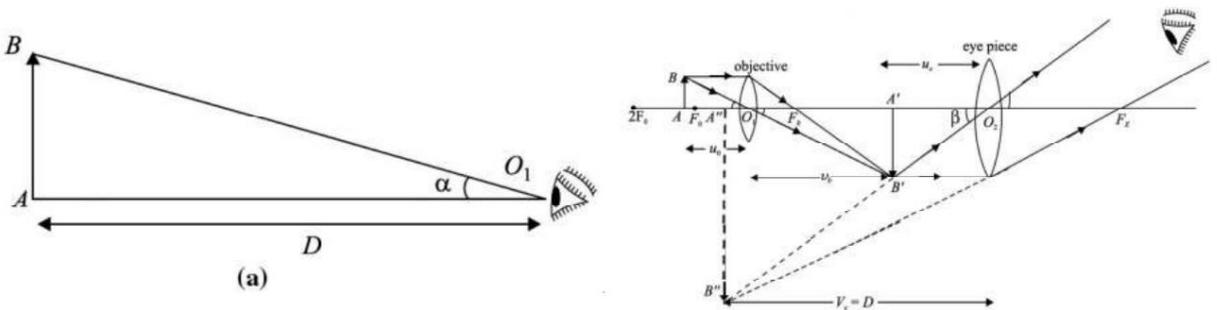
एक यौगिक सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन शक्ति

एक संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन शक्ति को अंतरित कोण के अनुपात के रूप में परिभाषित किया गया है आंख पर अंतिम छवि द्वारा बिना सहायता वाली आंख पर वस्तु द्वारा बनाए गए कोण पर, जब दोनों स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर रखे गए हैं। इसे एम. के द्वारा दर्शाया जाता है चित्र 15.3, हम लिख सकते हैं

$$M = \frac{\alpha}{\alpha_0}$$

कोणों के बाद से α_0 और α छोटे हैं, इन्हें उनकी स्पर्शरेखाओं द्वारा प्रतिस्थापित किया जा सकता है, ताकि

$$M = \frac{\text{टैन } \alpha}{\text{टैन } \alpha_0}$$



चित्र 15.3: एक संयुक्त सूक्ष्मदर्शी द्वारा छवि निर्माण, जब अंतिम छवि कम से कम बनती है स्पष्ट दृष्टि की दूरी.

$$M = \frac{\text{एबी} \text{ एबी}}{\text{डीडी}} / \text{—}$$

□

$$M = \frac{\text{अब} \text{ अब}}{\text{एबी} \text{ एबी}} \cdot \frac{\text{—}}{\text{—}}$$

समान □s ABO से $\alpha_0 = \frac{\text{अब}}{\text{एबी}}$ और एबी α_0 , हम लिख सकते हैं

$$\frac{\text{अब}}{\text{एबी}} \cdot \frac{\text{ए.ओ.}}{\text{एबी}} = \frac{\text{डी}}{2}$$

इसके अलावा समान □s ABO से भी $\alpha = \frac{\text{अब}}{\text{एबी}}$ और एबी α , हमारे पास है

$$\frac{\text{अब}}{\text{एबी}} = \frac{\text{—}}{\text{—}}$$

ध्यान दें कि $M = \frac{\text{अब}}{\text{अब}}$ नेत्र लेंस द्वारा उत्पन्न आवर्धन को परिभाषित करता है और $M = \frac{\text{अब}}{\text{अब}}$ अर्थ है

वस्तुनिष्ठ लेंस द्वारा उत्पन्न आवर्धन। इस तरह

$$EM = \frac{D}{u} \cdot \frac{1}{v} \quad (15.7)$$

नेत्र लेंस के लिए लेंस सूत्र को स्मरण कर हम लिख सकते हैं

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

दोनों तरफ से गुणा करें v पाने के

$$\frac{1}{1} - \frac{1}{u/v} = \frac{1}{f}$$

$$1 - \frac{v}{u} = \frac{v}{f}$$

चूँकि f सकारात्मक है और v D संकेत परिपाटी के अनुसार हम लिख सकते हैं

$$EM = \frac{1}{1 - \frac{v}{u}} \cdot \frac{1}{f} \quad (15.8)$$

समीकरणों को संयोजित करने पर. (15.7) और (15.8), हमें मिलता है

$$EM = \frac{1}{1 - \frac{v}{u}} \cdot \frac{1}{f}$$

व्यवहार में, सूक्ष्मदर्शी के अभिदृश्यक की फोकस दूरी बहुत छोटी और वस्तु होती है एबी को उद्देश्य के फोकस के ठीक बाहर रखा गया है। वह है

$$u \approx f_0$$

चूँकि नेत्र लेंस की फोकल लंबाई भी छोटी होती है, छवि की दूरी $AB \approx v$ होती है ऑब्जेक्ट लेंस से माइक्रोस्कोप ट्यूब की लंबाई के लगभग बराबर होती है यानी

$$v \approx L$$

इसलिए, संबंधित मापदंडों के संदर्भ में आवर्धक शक्ति के लिए संबंध माइक्रोस्कोप के रूप में लिखा जा सकता है

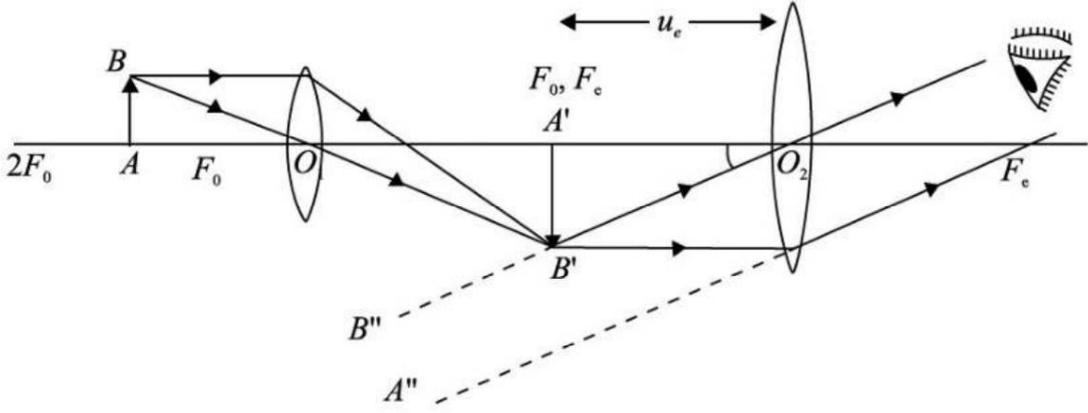
$$EM = \frac{L}{f_0} \cdot \frac{1}{f_e} \quad (15.10)$$

सामान्य समायोजन में आवर्धन शक्ति

इस स्थिति में प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है। जैसा कि पहले चर्चा की गई, आवर्धक शक्ति यौगिक सूक्ष्मदर्शी को इस प्रकार लिखा जा सकता है

मम □ □ ओ

□ □ डी
□ □ यूएफ □ □



चित्र 15.4: सामान्य समायोजन में यौगिक सूक्ष्मदर्शी

अब आप एक संख्यात्मक उदाहरण देखना चाहेंगे।

उदाहरण 15.2

एक सूक्ष्मदर्शी का अभिदृश्यक फोकस दूरी 2 सेमी है, नेत्रिका की फोकस दूरी 5 सेमी है और दो लेंसों के केंद्रों के बीच की दूरी 20 सेमी है। यदि प्रतिबिम्ब 30 सेमी बनता है आँख के टुकड़े से दूर, सूक्ष्मदर्शी का आवर्धन ज्ञात कीजिए।

समाधान :

उद्देश्य के लिए, एफ $f_o = 2$ सेमी और एफ $f_e = 5$ सेमी। आँख के टुकड़े के लिए, $v_e = 30$ सेमी, और $u_e = 5$ सेमी। हम संबंध का उपयोग करके आपकी गणना कर सकते हैं

$$\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$

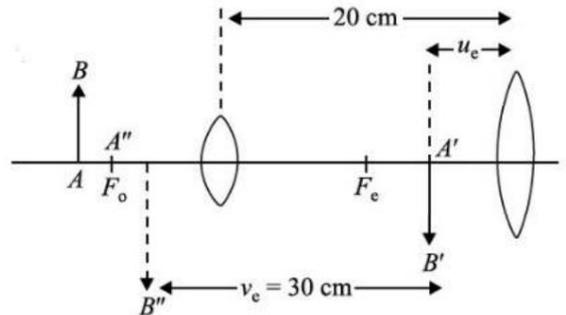
हल करने पर आप आसानी से प्राप्त कर लेंगे $u_e = \frac{30 \times 110}{7}$ सेमी . वस्तुनिष्ठ लेंस के लिए

$$v_o = 20 - \frac{30 \times 110}{7} \text{ सेमी}$$

सूत्र का उपयोग करना

$$\frac{1}{v_o} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o}$$

हमारे पास है $\frac{1}{110/7} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{2}$



या

$$\frac{110}{48} \text{ सेमी}$$

उद्देश्य की आवर्धन शक्ति

$$\frac{110}{7} \times \frac{48}{7} = \frac{110 \times 48}{49}$$

आँख के टुकड़े के कारण आवर्धन होता है

$$\frac{30}{7} \times 7 = 30$$

इसलिए, माइक्रोस्कोप का आवर्धन $M = \frac{250}{f_e} \times \frac{250}{f_o}$ द्वारा दिया जाता है

$$\frac{48}{7} \times (7)48 = 48 \times 48 = 2304$$

पाठगत प्रश्न 15.1

- (i) सरल सूक्ष्मदर्शी (ii) यौगिक द्वारा बनाई गई छवियों की प्रकृति क्या है माइक्रोस्कोप?
- आवर्धन शक्ति और आवर्धन के बीच अंतर बताएं?
- एक साधारण सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता 11 होती है। इसकी फोकस दूरी कितनी होती है?
- मान लीजिए आपके पास क्रमशः 100 सेमी और 4 सेमी फोकल लंबाई के दो लेंस हैं। कौन क्या आप अपने यौगिक सूक्ष्मदर्शी की नेत्रिका के रूप में किसी एक को चुनेंगे और क्यों?
- संयुक्त सूक्ष्मदर्शी का अभिदृश्यक और नेत्रिका दोनों क्यों होना चाहिए? कम फोकल लंबाई?

15.2 दूरबीन

टेलीस्कोप का उपयोग दूर की वस्तुओं जैसे आकाशीय और स्थलीय पिंडों को देखने के लिए किया जाता है। कुछ इनमें से कुछ वस्तुएँ बिना सहायता वाली आँखों से दिखाई नहीं दे सकती हैं। द्वारा अंतरित दृश्य कोण आँख पर दूर की वस्तु इतनी छोटी होती है कि वस्तु दिखाई नहीं देती। ए का उपयोग दूरबीन दृश्य कोण को बढ़ाती है और छवि को आँख के करीब लाती है। मुख्य रूप से दो आम तौर पर उपयोग में आने वाली दूरबीनों के प्रकार हैं: अपवर्तक दूरबीन और परावर्तक दूरबीन। हम अब इन पर चर्चा करेंगे।

15.2.1 अपवर्तक टेलीस्कोप

अपवर्तक दूरबीनें भी दो प्रकार की होती हैं:

एल खगोलीय दूरबीनों का उपयोग स्वर्गीय या खगोलीय पिंडों का निरीक्षण करने के लिए किया जाता है।

। स्थलीय दूरबीनों का उपयोग पृथ्वी पर दूर की वस्तुओं को देखने के लिए किया जाता है। अतः सीधा प्रतिबिम्ब देखना आवश्यक है। यहां तक कि पृथ्वी की सतह पर वस्तुओं को स्पष्ट रूप से देखने के लिए गैलिलियन दूरबीन का भी उपयोग किया जाता है।

एक खगोलीय दूरबीन एक आभासी और सीधी छवि बनाती है। चूंकि आकाशीय पिंड गोल हैं, इसलिए उलटी छवि अवलोकन को प्रभावित नहीं करती है। इस दूरबीन में दो) शामिल हैं। यह

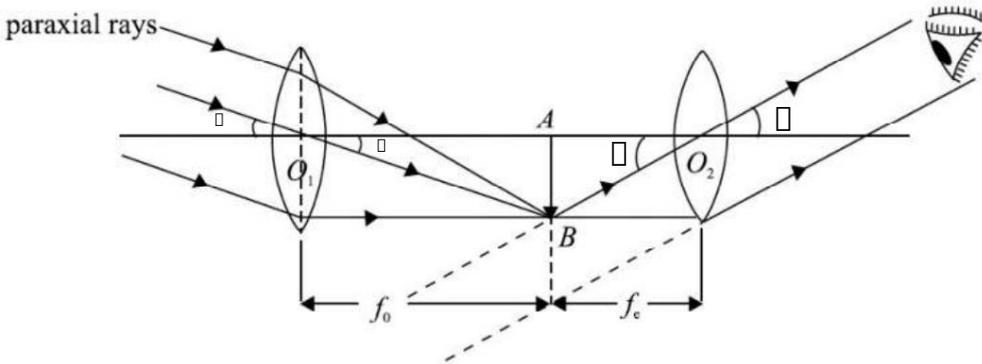
लेंस प्रणाली। वस्तु की ओर वाले लेंस का एपर्चर बड़ा और फोकल लंबाई बड़ी होती है (f को अभिदृश्यक कहा जाता है। दूसरा लेंस, जो आंख की ओर होता है, नेत्र लेंस कहलाता है। इसे)। उद्देश्य और नेत्रिका स्थापित हैं

दो धात्विक ट्यूबों में समाक्षीय रूप से छोटा एपर्चर और छोटी फोकल लंबाई (एफ) होती है।

अभिदृश्यक अपने फोकस तल में दूर स्थित वस्तु की वास्तविक और उलटी छवि बनाता है।

लेंस की स्थिति को इस प्रकार समायोजित किया जाता है कि अंतिम छवि अनंत पर बनती है। (इस समायोजन को सामान्य समायोजन कहा जाता है।) आंख के टुकड़े की स्थिति को भी समायोजित किया जा सकता है ताकि अंतिम छवि स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बने।

(ए) जब अंतिम छवि अनंत (सामान्य समायोजन) पर बनती है, तो किसी स्वर्गीय वस्तु से आने वाली पैराएक्सियल किरणें एक दूसरे के समानांतर होती हैं और वे मुख्य अक्ष के साथ θ कोण बनाती हैं। ये किरणें अभिदृश्यक से गुजरने के बाद अभिदृश्यक के फोकस तल में एक वास्तविक और उलटी छवि बनाती हैं। इस स्थिति में, नेत्रिका की स्थिति को इस प्रकार समायोजित किया जाता है कि अंतिम छवि अनंत पर बनती है।



चित्र 15.6: खगोलीय दूरबीन का कार्य सिद्धांत

किसी दूरबीन की आवर्धन शक्ति को दूरबीन के माध्यम से देखी गई छवि द्वारा आंख पर बनाए गए कोण और वस्तु द्वारा वस्तुनिष्ठ कोण पर बनाए गए कोण के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है, जब वस्तु और छवि दोनों अनंत पर होते हैं। इसे कोणीय आवर्धन भी कहा जाता है और इसे एम द्वारा दर्शाया जाता है। परिभाषा के अनुसार,

$$एम = \frac{\theta'}{\theta}$$

तब से θ' और θ छोटे हैं, उन्हें उनकी स्पर्शरेखाओं द्वारा प्रतिस्थापित किया जा सकता है। इसलिए,

$$EM = \frac{EN}{EN}$$

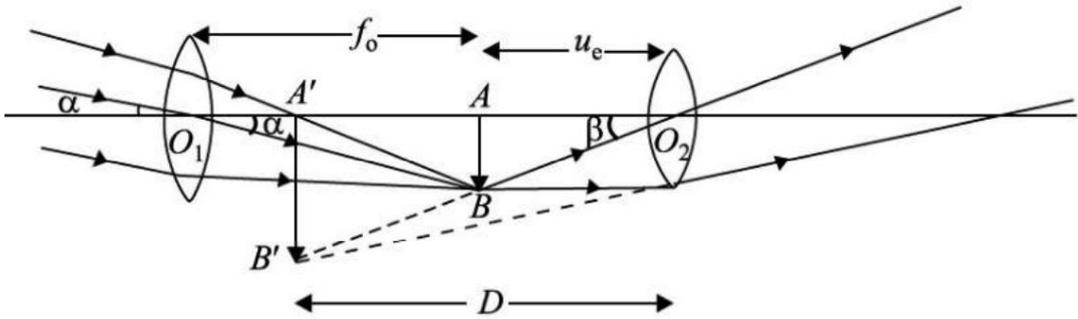
$$\frac{EB_1 E_2}{EB_1 E_1} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{EF}{EF}$$

(15.11)

इसका तात्पर्य यह है कि सामान्य समायोजन में दूरबीन की आवर्धन शक्ति बड़ी होगी यदि उद्देश्य बड़ी फोकल लंबाई का है और ऐपिस छोटी फोकल लंबाई का है। सामान्य समायोजन में दूरबीन की लंबाई $(f + f)$ होती है

(बी) जब अंतिम छवि स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनती है, तो किसी स्वर्गीय वस्तु से आने वाली पैराएक्सियल किरणों मुख्य अक्ष के साथ एक कोण बनाती हैं। उद्देश्य से गुजरने के बाद, वे इसके दूसरी ओर मिलते हैं और एक वास्तविक और उलटा छवि AB बनाते हैं। ऐपिस की स्थिति को इस प्रकार समायोजित किया जाता है कि यह अंततः स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर छवि बनाता है।



चित्र 15.7: डी पर दूरबीन द्वारा बनाई गई छवि

आवर्धन शक्ति: इसे D पर बनी छवि द्वारा आंख पर बने कोण और अनंत पर स्थित वस्तु द्वारा बनाए गए कोण के अनुपात के रूप में परिभाषित किया गया है:

$$EM = \frac{EN}{EN}$$

$$\frac{EN}{EN}$$

$$\frac{EB_1 E_2}{EB_1 E_1} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{EF}{EF}$$

(15.12)

तब से $\frac{1}{\square} \square \square$ यूपिस के लिए, हम लिख सकते हैं

$$\frac{1}{\square} \square \frac{1}{\square} \square \frac{1}{\square} \square$$

$$\frac{\square \square}{\square} \square \frac{1}{\square} \square \square \square$$

या

$$EM = \frac{EF_1 F_2 F_3 \dots 1}{\square \square \square \square \square} \square \square \square \square \square \square \quad (15.13)$$

नई कार्तीय चिह्न परिपाटी को लागू करना एफ लिखना

$\square = +$ एफ $\square = -$ डी, एफ $\square = +$ एफ \square , हम कर सकते हैं

$$EM = \frac{EF_1 F_2 F_3 \dots 1 \text{ ओ } \square}{\square \square \square \square \square \square \square \square \square} \quad (15.14)$$

दूरबीन की आवर्धन शक्ति का ऋणात्मक चिह्न अंतिम प्रतिबिम्ब का संकेत देता है उलटा और असली है. उपरोक्त अभिव्यक्ति दूरबीन की आवर्धन शक्ति को बताती है ध्यान केंद्रित करने पर दूरबीन से स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर समायोजित होने पर यह बड़ा होता है सामान्य समायोजन के लिए.

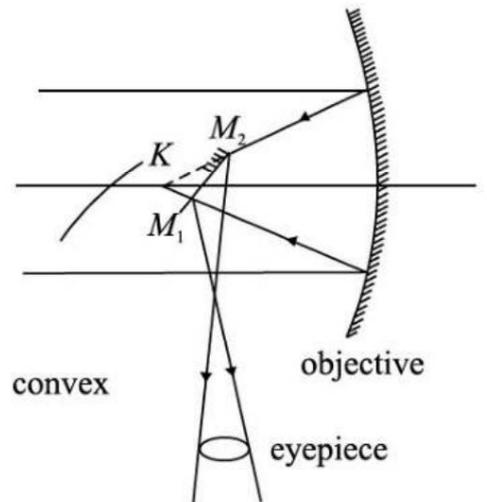
15.2.2 परावर्तक दूरबीन

परावर्तक दूरबीन का उपयोग दूर के तारों को देखने के लिए किया जाता है और इसमें बड़ी रोशनी एकत्र करने की क्षमता होती है अंतरिक्ष में गहरे एक धुंधले तारे की भी चमकदार छवि प्राप्त करने की शक्ति। लक्ष्य अवतल दर्पण से बना होता है, जिसका द्वारक बड़ा और फोकस दूरी बड़ी होती है। यह अवतल दर्पण, आकार में परवलयिक होने के कारण, गोलाकार विपथन से मुक्त होता है।

प्रकाश की परावर्तित किरणों के मिलने से पहले दूर की एक वास्तविक, उलटी और छोटी छवि अवतल दर्पण के फोकस तल पर तारा, वे हैं एक समतल दर्पण द्वारा अवरोधित और परावर्तित

M1 M2 मूलभूत से 45° के कोण पर झुका हुआ है अवतल दर्पण की धुरी. यह समतल दर्पण किरणों को विचलित कर देता है और वास्तविक प्रतिबिम्ब बनाता है आँख के टुकड़े के सामने, जो समकोण पर है अवतल दर्पण का मुख्य अक्ष. कार्यक्रम नेत्रिका का एक आवर्धित, आभासी रूप बनाना है तारे की छवि आंख को इसे स्पष्ट रूप से देखने में सक्षम बनाती है।

यदि एफ \square अवतल दर्पण की फोकस दूरी है और एफ \square यूपिस की फोकल लंबाई, आवर्धक है परावर्तक दूरबीन की शक्ति किसके द्वारा दी जाती है?



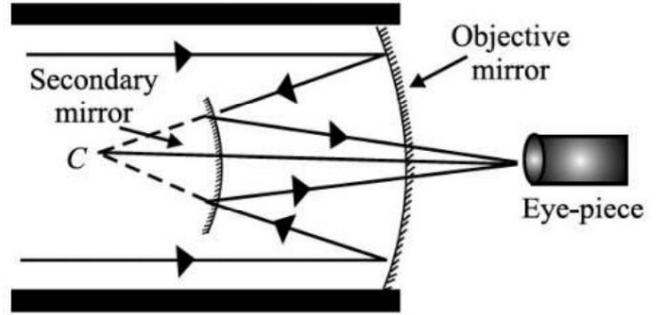
चित्र 15.8 : न्यूटोनियन परावर्तक

$$EM \propto \frac{EF}{EF}$$

इसके अलावा, यदि D उद्देश्य का व्यास है और d आंख की पुतली का व्यास है, तो चमक अनुपात इस प्रकार दिया जाता है

$$बी = डी^2 / डी^2$$

परावर्तक दूरबीन का दूसरा रूप चित्र 15.9 में दिखाया गया है। इसे कैससेग्रेन द्वारा डिजाइन किया गया था। इस मामले में उद्देश्य के केंद्र में एक छोटा सा उद्घाटन होता है। दूर स्थित तारे से आने वाली किरणें, अवतल दर्पण से टकराने के बाद, द्वितीयक दर्पण पर अवरोधित की जाती हैं और अंतिम छवि नेत्रिका के माध्यम से देखी जाती है।



चित्र 15.9: कैससेग्रेन रिफ्लेक्टर

अपवर्तक दूरबीन की तुलना में परावर्तक दूरबीन के कई फायदे हैं।

- एल चूँकि अभिदृश्यक कोई लेंस नहीं है, इसलिए परावर्तक दूरबीनें रंगीन विपथन से मुक्त होती हैं। इस प्रकार दूर स्थित तारों से अभिदृश्यक तक पहुँचने वाली विभिन्न रंगों की किरणें एक ही बिंदु पर केंद्रित हो जाती हैं।
- एल चूँकि गोलाकार दर्पण परवलयिक दर्पण होते हैं, जो गोलाकार विपथन से मुक्त होते हैं, वे बहुत तीक्ष्ण और स्पष्ट छवि बनाते हैं।

यहां तक कि एक अत्यंत धूमिल तारे को भी परावर्तक दूरबीन से देखा जा सकता है क्योंकि उनका छिद्र बड़ा होता है और उनमें प्रकाश एकत्र करने की शक्ति भी अधिक होती है। छवि की चमक सीधे उद्देश्य के क्षेत्र के समानुपाती होती है:

$$बी \propto \frac{डी^2}{4}$$

जहाँ D दूरबीन के अभिदृश्यक का व्यास है। यदि d आंख की पुतली का व्यास है तो दूरबीन B की चमक को दूरबीन द्वारा एकत्रित प्रकाश और दूर की वस्तु से बिना सहायता प्राप्त आंख द्वारा एकत्रित प्रकाश के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है।

$$बी \propto \frac{डीडी/4}{डी^2/4} \propto \frac{2}{डी^2}$$

- एल परावर्तक प्रकार की दूरबीनों में प्रकाश का अवशोषण नगण्य होता है।

एल परावर्तक दूरबीन के बड़े छिद्र हमें दूर के तारों का सूक्ष्म विवरण देखने और अंतरिक्ष में गहराई से अन्वेषण करने में सक्षम बनाते हैं। यही कारण है कि हाल के वर्षों में, खगोलविदों ने नए सितारों और तारकीय प्रणालियों की खोज की है।

पाठगत प्रश्न 15.2

1. फोकस बढ़ाने से दूरबीन का आवर्धन किस प्रकार प्रभावित होगा लंबाई की:
(ए) उद्देश्य
(बी) आँख का टुकड़ा
2. यदि किसी दूरबीन के अभिदृश्यक की फोकस दूरी 50 सेमी और नेत्रिका की फोकस दूरी 2 सेमी है। आवर्धन क्या है?
3. अपवर्तक दूरबीन और परावर्तक दूरबीन के बीच एक अंतर बताएं।
4. सामान्य समायोजन क्या है?

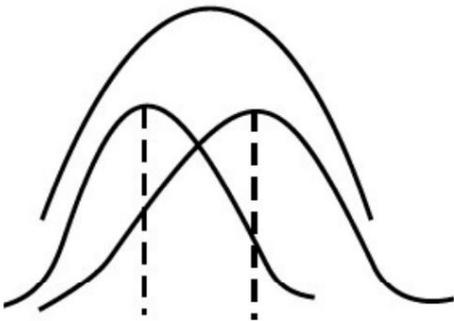
15.3 संकल्प शक्ति: रेले का मानदंड

पिछले पाठों में आपने देखा है कि एक बिंदु स्रोत की छवि एक बिंदु नहीं है, बल्कि उसका एक निश्चित आकार होता है और एक विवर्तन पैटर्न से घिरा होता है। इसी तरह, यदि दो बिंदु स्रोत एक-दूसरे के बहुत करीब हैं, तो दोनों स्रोतों द्वारा बनाए गए दो विवर्तन पैटर्न ओवरलैप हो सकते हैं और इसलिए उन्हें बिना सहायता वाली आंखों से अलग करना मुश्किल हो सकता है। एक ऑप्टिकल उपकरण की विभेदन शक्ति एक दूसरे के करीब स्थित दो बिंदु वस्तुओं की छवियों को विघटित (या अलग) करने की क्षमता है। रेले ने सुझाव दिया कि दो छवियों को अलग-अलग देखा जा सकता है जब एक वस्तु के कारण विवर्तन पैटर्न का पहला न्यूनतम दूसरे के केंद्रीय अधिकतम पर पड़ता है। इसे रेले की कसौटी कहते हैं।

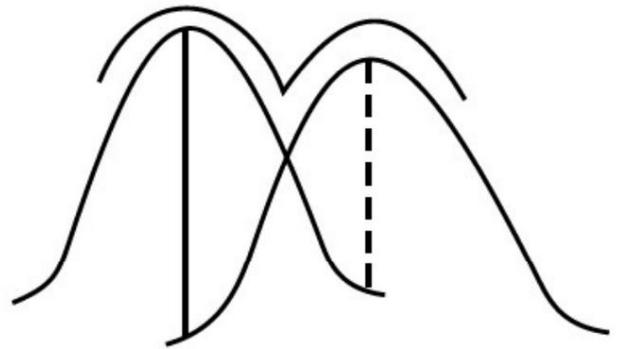
यदि हम मान लें कि हमारी आंख की पुतली का व्यास लगभग 2 मिमी है, तो दो बिंदुओं को स्पष्ट रूप से अलग देखा जा सकता है, यदि वे आंख पर लगभग एक मिनट के चाप के बराबर कोण बनाते हैं। इस कोण के व्युत्क्रम को आँख की संकल्प शक्ति कहते हैं।

आइए अब हम सामान्य ऑप्टिकल उपकरणों की विभेदन क्षमता की गणना करें। हम अपनी शुरुआत करते हैं दूरबीन से चर्चा।

15.3.1 टेलीस्कोप की विभेदन क्षमता



(ए) जब कोणीय पृथक्करण θ से कम होता है, तो दोनों बिंदु एक के रूप में देखे जाते हैं,



(बी) जब कोणीय पृथक्करण θ से अधिक होता है, तो दोनों बिंदु स्पष्ट रूप से दिखाई देते हैं।

चित्र 15.10: रिज़ॉल्यूशन के लिए रेले की कसौटी

एक दूरबीन की विभेदन क्षमता एक दूसरे के करीब स्थित दो दूर बिंदु वस्तुओं की अलग-अलग छवियां बनाने की क्षमता है। इसे दो करीबी लेकिन अलग-अलग वस्तुओं द्वारा अपने उद्देश्य पर बनाए गए कोण के संदर्भ में मापा जाता है जिनकी छवियां दूरबीन में अलग-अलग दिखाई देती हैं। इस कोण को दूरबीन के विभेदन की सीमा कहा जाता है। यदि दो अलग-अलग वस्तुओं द्वारा अंतरित कोण इस कोण से कम है, तो वस्तुओं की छवियों को दूरबीन द्वारा हल नहीं किया जा सकता है। इस कोण का मान जितना कम होगा दूरबीन की शक्ति उतनी ही अधिक होगी। इस प्रकार, विभेदन की सीमा का व्युत्क्रम दूरबीन की विभेदन शक्ति देता है।

यदि λ प्रकाश की तरंग दैर्घ्य है, D दूरबीन के उद्देश्य का व्यास है, और बिंदु वस्तु द्वारा उद्देश्य पर बनाया गया कोण θ है, तो दूरबीन के रिज़ॉल्यूशन की सीमा (रेले की कसौटी) द्वारा दी गई है

$$\theta = \frac{1.22 \lambda}{D}$$

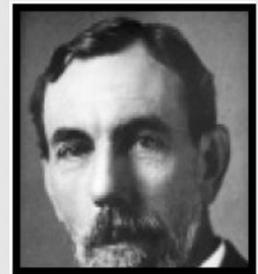
अतः दूरबीन की विभेदन क्षमता.

$$\Delta \text{आर.पी} \Delta \theta = \frac{1}{1.22} \frac{D}{\lambda} \quad (15.15)$$

समीकरण से. (15.15) यह स्पष्ट है कि उच्च विभेदन शक्ति प्राप्त करने के लिए, बड़े एपर्चर उद्देश्य वाले दूरबीन या कम तरंग दैर्घ्य के प्रकाश का उपयोग करना होगा।

लॉर्ड रेले (1842 - 1919)

इंग्लैंड के एसेक्स देश में टेरलिंग स्थान, विथम के दूसरे बैरन रेले के घर जन्मे जॉन स्ट्रट का बचपन में स्वास्थ्य बहुत खराब था। इसके कारण उनकी स्कूली पढ़ाई बाधित हो गयी थी। लेकिन उन्हें एडवर्ड रथ और स्टोक्स को अपने शिक्षक बनाने का सौभाग्य प्राप्त हुआ। परिणामस्वरूप, उन्होंने 1865 में सीनियर रैंगलर के रूप में अपनी ट्राइपोज़ परीक्षा उत्तीर्ण की और स्मिथ पुरस्कार के पहले प्राप्तकर्ता बने।



आर्गन की खोज के अलावा, जिसके लिए उन्हें नोबेल पुरस्कार (1904) से सम्मानित किया गया था, रेले ने हाइड्रोडायनामिक्स, थर्मोडायनामिक्स, ऑप्टिक्स और गणित के क्षेत्र में व्यापक काम किया। उनका यात्रा तरंग सिद्धांत, जिसने सुझाव दिया कि लोचदार तरंगों को सतह द्वारा निर्देशित किया जा सकता है, ने भूकंप विज्ञान और इलेक्ट्रॉनिक सिग्नल प्रोसेसिंग में शोध का मार्ग प्रशस्त किया। अपने जीवन के बाद के वर्षों में उन्होंने मनोरोग अनुसंधान में भी रुचि दिखाई। चंद्र फीचर क्रेटर रेले और मंगल ग्रह पर ग्रहीय फीचर क्रेटर रेले उनके योगदान के लिए एक श्रद्धांजलि है।

उदाहरण 15.3

3 सेमी एपर्चर का एक टेलीस्कोप 80 मीटर की दूरी पर एक खिड़की पर केंद्रित है जिसमें 2 मिमी की दूरी वाली तार की जाली लगी हुई है। क्या दूरबीन तार के जाल का निरीक्षण करने में सक्षम होगी? प्रकाश की माध्य तरंगदैर्घ्य $\lambda = 5.5 \times 10^{-7}$ मीटर।

समाधान :

दिया गया $\lambda = 5.5 \times 10^{-7}$ मीटर और डी = 3 सेमी = 3×10^{-2} मी

इसलिए, संकल्प की सीमा

$$\theta \approx \frac{1.22 \lambda}{D} = \frac{1.22 \times 5.5 \times 10^{-7} \text{ एम}}{3 \times 10^{-2} \text{ एम}} = 2.236 \times 10^{-5}$$

टेलीस्कोप तार जाल को हल करने में सक्षम होगा, यदि उस पर कोण बनाया जाए उद्देश्य उद्देश्य पर लगे तार जाल के बराबर या उससे बड़ा है θ , संकल्प की सीमा. द्वारा अंतरित कोण

$$\alpha = \frac{\text{तार जाल की दूरी}}{\text{तार जाल से उद्देश्य की दूरी}}$$

$$= \frac{2 \text{ मिमी} \times 10^3}{80 \text{ मी}} = 2.5 \times 10^{-5}$$

जैसे ही कोण 2.5×10^{-5} रेडियन एक रिज़ॉल्यूशन की सीमा ($= 2.236 \times 10^{-5}$ रेडियन) से अधिक हो जाता है, दूरबीन तार जाल का निरीक्षण करने में सक्षम होगी।

15.3.2 सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता

सूक्ष्मदर्शी की विभेदन शक्ति उसकी अलग-अलग छवियाँ बनाने की क्षमता को दर्शाती है दो वस्तुएँ एक दूसरे के बहुत करीब स्थित हैं। सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता मापी जाती है दो वस्तुओं के बीच सबसे छोटे रैखिक पृथक्करण के संदर्भ में जिसे केवल देखा जा सकता है माइक्रोस्कोप के माध्यम से अलग से. दो वस्तुओं के बीच यह सबसे छोटा रैखिक पृथक्करण है सूक्ष्मदर्शी के विभेदन की सीमा कहलाती है।

रैखिक पृथक्करण का मान जितना कम होगा, विभेदन क्षमता उतनी ही अधिक होगी सूक्ष्मदर्शी. इस प्रकार, संकल्प की सीमा का व्युत्क्रम संकल्प शक्ति देता है माइक्रोस्कोप का.

यदि λ वस्तु को रोशन करने के लिए उपयोग किए जाने वाले प्रकाश की तरंग दैर्ध्य है, तो θ इसका आधा कोण है प्रकाश का शंकु (यह वह सीमा है जिससे कोई आपतित किरण अभिसरण या अपसरित हो रही है)। आँख पर बिंदु वस्तु और n वस्तु के बीच माध्यम का अपवर्तनांक है और उद्देश्य, माइक्रोस्कोप के रिज़ॉल्यूशन की सीमा दी गई है

$$D \approx \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \tag{15.16}$$

इस प्रकार सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता होगी

$$\Delta \text{आर.पी.} \approx \frac{2 \sin \theta}{\lambda} \tag{15.17}$$

अभिव्यक्ति $2n \sin \theta$ को संख्यात्मक एपर्चर (NA) कहा जाता है, NA का उच्चतम मान व्यवहार में प्रायः उद्देश्य 1.6 है, और आँख के लिए, NA 0.004 है।

समीकरण (15.17) से यह स्पष्ट है कि सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता को बढ़ाया जा सकता है संख्यात्मक एपचर को बढ़ाकर और उपयोग किए जाने वाले प्रकाश की तरंग दैर्घ्य को कम करके वस्तु को रोशन करें। इसीलिए पराबैंगनी सूक्ष्मदर्शी और एक इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी हैं बहुत उच्च संकल्प शक्ति।

पाठगत प्रश्न 15.3

1. दूरबीन की विभेदन शक्ति को कैसे सुधारा जा सकता है?
2. संकल्प की सीमा और संकल्प शक्ति के बीच क्या संबंध है?
आंख?
3. यदि वस्तु को प्रकाशित करने के लिए प्रयुक्त प्रकाश की तरंगदैर्घ्य बढ़ा दी जाए तो क्या होगा? सूक्ष्मदर्शी की विभेदन सीमा पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
4. यदि एक दूरबीन का अभिदृश्यक बड़े व्यास और कम तरंग दैर्घ्य के प्रकाश से बना है का उपयोग किया जाता है, तो विभेदन शक्ति कैसे बदलेगी?

आपने क्या सीखा है

किसी वस्तु द्वारा मानव आँख पर बनाए गए कोण को दृश्य कोण कहा जाता है।

। सूक्ष्मदर्शी का कोणीय आवर्धन या आवर्धन शक्ति का अनुपात है

आंख पर छवि द्वारा अंतरित कोण का वस्तु द्वारा अंतरित कोण से दोनों को निकट बिंदु पर रखा गया है।

एल रैखिक आवर्धन को छवि के आकार के अनुपात के रूप में परिभाषित किया गया है जो वस्तु।

। एक साधारण सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता $\square \square$ होती है

एम 1 $\frac{\text{डी}}{\text{एफ}}$, जहाँ D न्यूनतम दूरी है

स्पष्ट दृष्टि और f लेंस की फोकल लंबाई है।

एल एक मिश्रित सूक्ष्मदर्शी में, साधारण सूक्ष्मदर्शी के विपरीत, आवर्धन होता है दो चरणों में। इसमें एक नेत्रिका और एक अभिदृश्यक दोनों की फोकल लंबाई कम है। लेकिन अभिदृश्यक की फोकल लंबाई आंख की तुलना में कम होती है टुकड़ा।

। एक मिश्रित सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता $M \text{ mm} \square \square \text{oe}$ के रूप में दी गई है

लेकिन एम $\frac{1 \square \square \text{डी}}{\text{एफ}}$ इसलिए

$$\text{एम} \square \frac{\text{वी डी}}{\text{यू}} \square \frac{1 \square \square}{\square \square \text{एफ}} \square$$

जहां v_o छवि और उद्देश्य के बीच की दूरी है, u_o वस्तु से दूरी है उद्देश्य, D स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी (= 25 सेमी) और f है नेत्रिका की लंबाई.

फोकल है

टेलीस्कोप का उपयोग दूर की वस्तुओं को देखने के लिए किया जाता है जो आंख पर बहुत छोटा दृश्य कोण बनाता है। दूरबीन के उपयोग से आँख का दृश्य कोण बढ़ जाता है। दूर की वस्तु आँख के निकट प्रतीत होती है और आसानी से देखी जा सकती है।

दो प्रकार की दूरबीनों का उपयोग किया जाता है (i) अपवर्तक और (ii) परावर्तक।

एल अपवर्तक दूरबीन का उद्देश्य एक अभिसरण लेंस है। लेकिन परावर्तक दूरबीन में अभिदृश्यक बड़ी फोकल लंबाई का एक गोलाकार दर्पण होता है। अपवर्तक दूरबीन की तुलना में परावर्तक दूरबीन के कई फायदे हैं।

एक दूरबीन की आवर्धन शक्ति $M = \frac{f_o}{f_e}$ है

जहाँ f_o उद्देश्य की फोकल लंबाई है और f_e

f_e नेत्रिका की फोकस दूरी है।

टर्मिनल व्यायाम

1. सरल और मिश्रित सूक्ष्मदर्शी में क्या अंतर है? किसी यौगिक सूक्ष्मदर्शी के आवर्धन के लिए एक व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।
2. अपवर्तक दूरबीन और परावर्तक दूरबीन के बीच अंतर बताएं। न्यूटन की दूरबीन के लिए एक किरण आरेख बनाएं।
3. अपवर्तक दूरबीन की आवर्धन क्षमता के लिए एक समीकरण व्युत्पन्न करें।
4. स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी से आप क्या समझते हैं? ए के लिए इसका मूल्य क्या है? सामान्य आँख?
5. क्या हम किसी यौगिक सूक्ष्मदर्शी द्वारा बनी छवि का फोटो खींच सकते हैं? अपना स्पष्टीकरण दें उत्तर।
6. किसी ऑप्टिकल उपकरण की विभेदन क्षमता को परिभाषित करें। की सीमा का मान क्या है सामान्य आँख के लिए संकल्प?
7. मिश्रित सूक्ष्मदर्शी और स्थलीय सूक्ष्मदर्शी के डिज़ाइन में मुख्य अंतर क्या हैं? दूरबीन?
8. किसी दूरबीन की नेत्रिका की फोकस दूरी 10 सेमी है। अभिदृश्यक और नेत्रिका के बीच की दूरी 2.1 मीटर है। दूरबीन का कोणीय आवर्धन कितना होता है?
9. 4 मिमी फोकस दूरी वाले सूक्ष्मदर्शी अभिदृश्यक द्वारा बनाई गई छवि इसके दूसरे फोकस बिंदु से 18 सेमी दूर है। नेत्रिका की फोकस दूरी 3.125 सेमी है। सूक्ष्मदर्शी का आवर्धन कितना होता है?
10. एक दूरबीन के अभिदृश्यक का व्यास दूसरी दूरबीन से तीन गुना होता है। दूसरी दूरबीन की तुलना में पहली दूरबीन कितनी अधिक मात्रा में प्रकाश एकत्रित करती है?

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

15.1

1. एक साधारण सूक्ष्मदर्शी द्वारा बनाई गई छवि आभासी सीधी और आवर्धित होती है। जबकि यौगिक सूक्ष्मदर्शी द्वारा बनाई गई छवि वास्तविक, उलटी और आवर्धित होती है।

2. आवर्धन शक्ति छवि द्वारा आंख पर बने कोण का अनुपात है

निकट बिंदु पर रखी वस्तु द्वारा बनाया गया कोण। आवर्धन अनुपात है छवि के आकार से लेकर वस्तु के आकार तक।

3. मिमी 11, $\frac{1 \square \square}{\text{एफ}}$ डी $D = 25$ सेमी रखने पर, हमें $f = 2.5$ सेमी प्राप्त होता है।

4. यदि आप 4 सेमी फोकल लंबाई वाला लेंस चुनते हैं, तो आवर्धन शक्ति अधिक होगी

क्योंकि $\text{एम} \propto \frac{\text{एफ}}{\text{एफ}}$.

5. एक संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन शक्ति किसके द्वारा दी जाती है?

एम $\propto \frac{\text{एलडी 1}}{\text{सीमित बल}}$ \square

जाहिर है, अगर दोनों एफ हों तो एम का मूल्य बड़ा होगा और एफ छोटे हैं।

15.2

1. (ए) बड़ी फोकल लंबाई का उद्देश्य दूरबीन की आवर्धन शक्ति को बढ़ाता है।
(बी) ऐपिस की फोकल लंबाई बढ़ाने से आवर्धन कम हो जाता है।

2. आवर्धन $\text{एम} \propto \frac{\text{एफ}}{\text{एफ}} \frac{50 \text{ सेमी}}{\text{एफ सेमी}^2} \propto 25$

3. परावर्तक दूरबीन का उद्देश्य बड़ी फोकल लंबाई का एक गोलाकार दर्पण होता है अपवर्तक दूरबीन की तरह अभिसरण लेंस के बजाय।

4. एक दूरबीन को सामान्य समायोजन में कहा जाता है, यदि अंतिम छवि अनंत पर बनती है।

5. नहीं

15.3

1. बड़ा एपर्चर लेकर या कम तरंग दैर्ध्य की रोशनी का उपयोग करके।
2. किसी आँख की संकल्प की सीमा उसकी संकल्प शक्ति के व्युत्क्रमानुपाती होती है। समाधान की सीमा भी बढ़ाई जाएगी।

3. चूंकि दूरबीन की विभेदन क्षमता आरपी द्वारा दी जाती है $\propto \frac{\text{डी}}{1.22 \square}$, यह बढ़ेगा.

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

8. 21

9. 400

10. 9 बार।



तरंग प्रकाशिकी

परिचय

प्रकाश के परावर्तन, अपवर्तन, फैलाव और प्रकीर्णन को यह मानकर समझाया जा सकता है कि प्रकाश एक सीधी रेखा में यात्रा करता है। हालाँकि, यह अवधारणा कोनों और सुपरपोज़िशन के आसपास प्रकाश के झुकने की व्याख्या करने में विफल रही। क्रिश्चियन ह्यूजेन्स ने माना कि प्रकाश एक तरंग है और प्रायोगिक अवलोकनों के माध्यम से हस्तक्षेप, विवर्तन और ध्रुवीकरण की व्याख्या की।

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

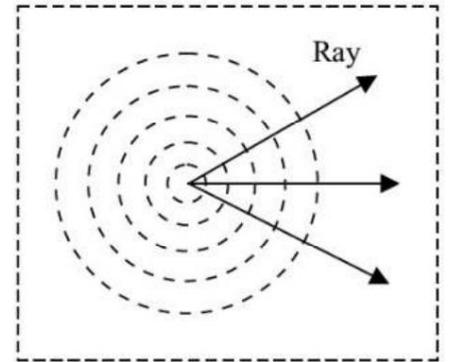
- ह्यूजेन्स के सिद्धांत को बताएं और तरंग प्रसार को समझाने के लिए इसे लागू करें;
- प्रकाश के व्यतिकरण और विवर्तन की घटना की व्याख्या कर सकेंगे;
- एकल-स्लिट द्वारा प्रकाश के विवर्तन की व्याख्या कर सकेंगे;
- दिखाएँ कि प्रकाश के ध्रुवीकरण ने इसकी तरंग प्रकृति स्थापित की;
- ब्रूस्टर का नियम व्युत्पन्न करें;
- प्रकाश के फैलाव को समझा सकेंगे;
- विचलन के कोण (θ), प्रिज्म के कोण (α) और अपवर्तक के बीच संबंध प्राप्त करें प्रिज्म की सामग्री का सूचकांक (n);
- अपवर्तक सूचकांक को तरंग दैर्घ्य से संबंधित करें और प्रिज्म के माध्यम से फैलाव की व्याख्या करें;
- प्राथमिक और द्वितीयक इंद्रधनुषों के निर्माण की व्याख्या कर सकेंगे;
- प्रकाश के प्रकीर्णन की व्याख्या करें और इसके अनुप्रयोगों की सूची बनाएं;
- रमन प्रभाव को समझाइयें।

16.1 ह्यूजेन्स का सिद्धांत

ह्यूजेन्स ने बताया कि प्रकाश एक तरंग है, जो ईथर नामक एक काल्पनिक माध्यम से यात्रा करती है।

प्रकाश स्रोत से कंपन तरंगों के रूप में फैलता है और उनके द्वारा ली गई ऊर्जा सभी दिशाओं में समान रूप से वितरित होती है। इसे जल तरंगों से सहसंबंधित किया जा सकता है चित्र 16.1।

ह्यूजेन्स सिद्धांत यह बताता है



चित्र 16.1: पानी की सतह पर गोलाकार तरंगों का

तरंगाग्र पर प्रत्येक बिंदु द्वितीयक विक्षोभ का स्रोत बन जाता है जो फैलता है माध्यम में बाहर.

एल किसी भी बाद के क्षण में तरंगाग्र की स्थिति उस क्षण में इन सभी द्वितीयक तरंगिकाओं के लिए एक आगे का सामान्य आवरण खींचकर प्राप्त की जा सकती है।

एल एक आइसोट्रोपिक माध्यम में, तरंगों द्वारा ली गई ऊर्जा सभी दिशाओं में समान रूप से प्रसारित होती है।

एल यदि प्रारंभिक आकार, स्थिति, गति की दिशा और तरंगाग्र की गति ज्ञात हो, तो बाद के क्षण में इसकी स्थिति ज्यामितीय निर्माण द्वारा सुनिश्चित की जा सकती है।

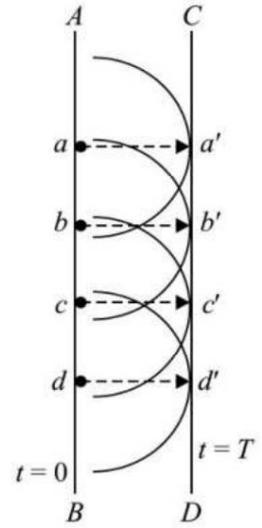
ध्यान दें कि तरंगाग्र पीछे की दिशा में यात्रा नहीं करता है।

ह्यूजेस के निर्माण की कल्पना करने के लिए, आप एक खोखले गोले के केंद्र में एक बिंदु स्रोत की कल्पना कर सकते हैं। इस गोले की बाहरी सतह प्राथमिक तरंगाग्र के रूप में कार्य करती है। यदि यह गोला बड़े त्रिज्या के दूसरे खोखले गोले से घिरा हुआ है, तो दूसरे खोखले गोले की बाहरी सतह द्वितीयक तरंगाग्र के रूप में कार्य करेगी। यदि दूसरे गोले को और भी बड़े त्रिज्या के दूसरे गोले से घेरा जाता है, तो सबसे बाहरी (तीसरे) गोले की सतह द्वितीयक तरंगाग्र बन जाती है और मध्य (दूसरा) गोला प्राथमिक तरंगाग्र के रूप में कार्य करता है। दो आयामों में, प्राथमिक और द्वितीयक तरंगाग्र संकेंद्रित वृत्तों के रूप में दिखाई देते हैं।

16.1.1 तरंगों का प्रसार

आइए अब हम तरंगाग्रों के प्रसार के रूप में प्रकाश तरंगों के प्रसार का वर्णन करने के लिए ह्यूजेस के सिद्धांत का उपयोग करें। चित्र 16.2 उस समय $t = 0$ पर समतल तरंगाग्र AB का आकार और स्थान दर्शाता है। आपको ध्यान देना चाहिए कि रेखा AB कागज के तल के लंबवत समतल में स्थित है।

तरंगाग्र AB पर a, b, c, d द्वारा दर्शाए गए बिंदु द्वितीयक तरंगिकाओं के स्रोत हैं। ये सभी स्रोत एक ही समय में द्वितीयक तरंगिकाओं का उत्सर्जन करते हैं और वे सभी तरंगाग्र AB की गति की दिशा में समान गति से यात्रा करते हैं। चित्र 16.2 में, वृत्ताकार चाप प्रत्येक बिंदु को केंद्र मानकर a, b, c, d से उत्सर्जित तरंगिकाओं को दर्शाते हैं। ये तरंगिकाएं त्रिज्या $r = vt$ के चाप खींचकर प्राप्त की गई हैं, जहां v तरंगाग्र का वेग है और t वह समय है जिस पर हम तरंगाग्र प्राप्त करना चाहते हैं। इन सभी तरंगिकाओं की स्पर्शरेखा, CD, समय $t = T$ पर नए तरंगाग्र का प्रतिनिधित्व करती है।

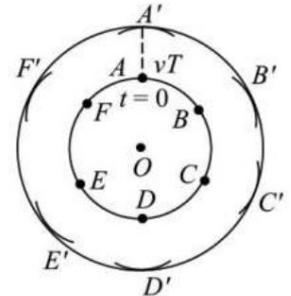


चित्र 16.2: समतल तरंगाग्र का निर्माण

आइए हम विस्तारित वृत्ताकार तरंगाग्र के लिए ह्यूजेस के निर्माण का एक और उदाहरण लें। चित्र 16.3 देखें, जो समय $t = 0$ पर O पर केन्द्रित एक गोलाकार तरंगाग्र को इंगित करता है।

स्थिति ए, बी, सी... इस तरंगफ्रंट पर बिंदु स्रोतों का प्रतिनिधित्व करते हैं।

अब बाद के समय $t = T$ पर तरंगाग्र खींचने के लिए आप क्या करेंगे? आपको बिंदु A, B, C से चाप खींचना चाहिए जिनकी त्रिज्या T से गुणा किए गए तरंगाग्र की गति के बराबर है। A', B', C'.. चित्र 16.3 में दर्शाए गए चाप हैं। ये चाप द्वितीयक तरंगिकाओं का प्रतिनिधित्व करेंगे। इन चापों पर खींची गई स्पर्शरेखाएँ समय T पर विस्तारित वृत्ताकार तरंगाग्र के आकार और स्थान का निर्धारण करेंगी।



चित्र 16.3: ह्यूजेस सिद्धांत का उपयोग करके वृत्ताकार तरंगाग्र का निर्माण

पाठगत प्रश्न 16.1

1. तरंगाग्र का सापेक्ष अभिविन्यास और प्रसार की दिशा क्या है द वेव?
2. द्वितीयक विक्षोभ का एक स्रोत तत्काल $t = 0$ s पर तरंगिकाएँ उत्सर्जित कर रहा है। गणना $t = 3s$ और $t = 6s$ पर तरंगिकाओं की त्रिज्या का अनुपात।

16.2 प्रकाश का व्यतिकरण

प्रकाश का हस्तक्षेप दो सुसंगत स्रोतों से प्रकाश तरंगों के सुपरपोजिशन के कारण ऊर्जा के पुनर्वितरण को संदर्भित करता है। प्रकाश के हस्तक्षेप की घटना को पहली बार प्रयोगात्मक रूप से 1802 में थॉमस यंग द्वारा अपने प्रसिद्ध डबल स्लिट प्रयोग में देखा गया था। प्रकाश के व्यतिकरण और विवर्तन की घटना में शामिल बुनियादी सैद्धांतिक सिद्धांत सुपरपोजिशन सिद्धांत है।

थॉमस यंग (1773-1829)

16 जून, 1773 को जन्मे थॉमस यंग को हमेशा मानव कान, मानव आंख, यह कैसे केंद्रित होता है और दृष्टिवैषम्य पर अपने अध्ययन के लिए जाना जाएगा। रंग अंधापन पर उनके शोध ने उन्हें रंग दृष्टि के तीन घटक सिद्धांत की ओर प्रेरित किया। मानव कानों और आंखों पर काम करते हुए, उन्होंने ध्वनि और प्रकाश की गति पर बहुत समय समर्पित किया। वह जानता था कि यदि समान तीव्रता की दो ध्वनि तरंगें चरण से 180° बाहर कान तक पहुंचती हैं, तो वे एक-दूसरे के प्रभाव को रद्द कर देती हैं और कोई ध्वनि नहीं सुनाई देती है। उनके मन में यह विचार आया कि यदि प्रकाश में तरंगें शामिल हों तो दो प्रकाश पुंजों के साथ एक समान हस्तक्षेप प्रभाव देखा जाना चाहिए। इसने यंग को एक प्रयोग तैयार करने के लिए प्रेरित किया, जिसे अब आमतौर पर यंग का डबलस्लिट प्रयोग कहा जाता है।

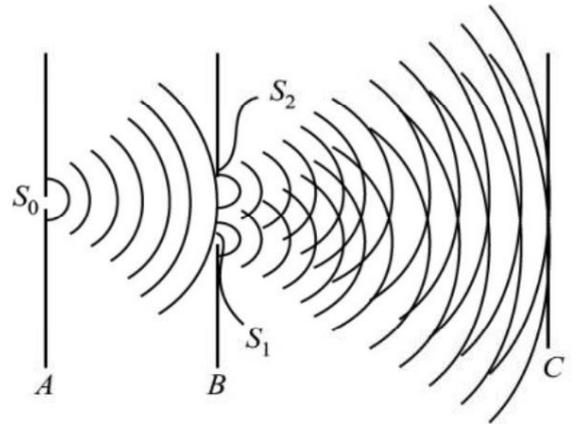


अपने बाद के वर्षों में, यंग ने अपना अधिकांश समय 1799 में नील डेल्टा में खोजे गए रोसेटा पत्थर पर पाए गए मिस्र के चित्रलिपि को समझने में समर्पित किया।

16.2.1 यंग का डबल स्लिट प्रयोग

यंग का प्रायोगिक सेटअप चित्र 16.4 में योजनाबद्ध रूप से दिखाया गया है। उनके प्रयोग में, सूरज की रोशनी को एक पिन होल S_0 से गुजरने दिया गया और फिर, कुछ दूरी पर, S_0 से समान दूरी पर और एक दूसरे के करीब दो पिन होल S_1 और S_2 से होकर गुजरने दिया गया। ह्यूजेन्स के प्रकाश के तरंग सिद्धांत के अनुसार, गोलाकार तरंगाग्र पिन होल S_0 से फैलेंगे जो S_1 और S_2 द्वारा दो तरंगाग्रों में विभाजित हो जाते हैं।

यदि S_0 को प्रकाश के एक मोनोक्रोमैटिक स्रोत, जैसे कि सोडियम, द्वारा प्रकाशित किया जाता है, तो यह एक सुसंगत स्रोत के रूप में कार्य करता है, और इन स्रोत से समान आयाम की इन-फेज तरंगें सुपरपोज़ हो जाती हैं।



चित्र 16.4: यंग के डबल-स्लिट प्रयोग की योजनाबद्ध व्यवस्था

S1 S2 से परे प्रचारित करें। सुपरपोजिशन के परिणामस्वरूप (समान के दो सेटों में से S1 और S2 से तरंगों), ऊर्जा का पुनर्वितरण होता है और एक पैटर्न बनता है स्क्रीन पर वैकल्पिक चमकदार और गहरे फ्रिंज उत्पन्न होते हैं जैसे कि C पर रखा गया है। A है So और B की स्थिति S1 और S2 पिन होल की स्थिति है। आइए अब स्पष्टीकरण जानें यंग के हस्तक्षेप प्रयोग में देखे गए फ्रिंज पैटर्न का।

(ए) रचनात्मक हस्तक्षेप: आप सुपरपोजिशन सिद्धांत से याद कर सकते हैं

स्क्रीन C पर कुछ बिंदुओं पर अधिकतम विस्थापन (या आयाम) होगा क्योंकि तरंगों के एक समूह के कारण शिखर दूसरे समूह के कारण शिखरों के साथ मेल खाते हैं लहर की। दूसरे शब्दों में, इस बिंदु पर, तरंगें एक चरण में आती हैं और इसलिए कुल तरंगें आती हैं आयाम व्यक्तिगत तरंगों के आयाम से बहुत अधिक है। वही बात कायम है उन बिंदुओं के लिए सच है जहां तरंगों के एक सेट के कारण गर्त मेल खाते हैं दूसरे सेट के कारण गर्त। ऐसे बिंदु तीव्रता के कारण चमकीले दिखाई देंगे प्रकाश तरंग आयाम के वर्ग के समानुपाती होती है। तरंगों का अध्यारोपण इन बिंदुओं पर रचनात्मक हस्तक्षेप के रूप में जाना जाता है।

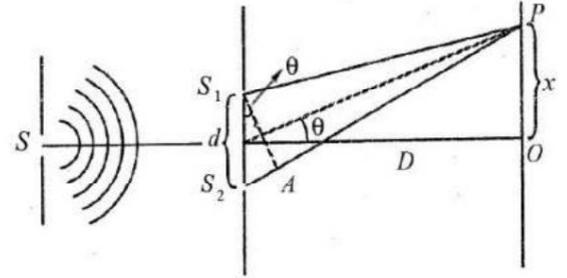
(बी) विनाशकारी हस्तक्षेप: वे बिंदु जहां तरंगों के एक सेट के कारण शिखर बनते हैं

अन्य सेट के कारण गर्त के साथ मेल खाता है और इसके विपरीत, कुल आयाम शून्य है। ऐसा इसलिए है क्योंकि तरंगें पूरी तरह से चरण से बाहर इन बिंदुओं तक पहुंचती हैं। ऐसा स्क्रीन पर बिंदु गहरे दिखाई देते हैं। ये बिंदु विनाशकारी हस्तक्षेप के अनुरूप हैं।

(सी) फ्रिंजों की तीव्रता: हस्तक्षेप पैटर्न का विश्लेषण करने के लिए, हम तीव्रता की गणना करते हैं

हार्मोनिक तरंगों के लिए हस्तक्षेप पैटर्न में उज्ज्वल और अंधेरे फ्रिंजों का। संदर्भ देना चित्र 16.5 तक, जो योजनाबद्ध है की ज्यामिति का प्रतिनिधित्व यंग का प्रयोग. घटना के कारण हस्तक्षेप उत्पन्न होता है दो हार्मोनिक तरंगों का सुपरपोजिशन समान आवृत्ति और आयाम का लेकिन चरण में भिन्नता. चलो चरण इन दोनों तरंगों के बीच अंतर

हो δ . हम y_1 और y_2 लिख सकते हैं एक निश्चित बिंदु P पर विस्थापन देय है दो तरंगों के लिए, जैसे



चित्र 16.5: यंग के डबल स्लिट की ज्यामिति प्रयोग

$$y_1 = \frac{d \sin \theta}{\lambda}$$

और

$$y_2 = \frac{d \sin \theta}{\lambda} + \delta$$

जहां δ इन तरंगों के बीच चरण अंतर को दर्शाता है। ध्यान दें कि हमारे पास नहीं है इसमें स्थानिक शब्द शामिल है क्योंकि हम अंतरिक्ष में एक निश्चित बिंदु पर विचार कर रहे हैं।

तरंगों के अध्यारोपण के सिद्धांत के अनुसार परिणामी विस्थापन होता है द्वारा दिए गए

$$y = y_1 + y_2$$

$$= \frac{d \sin \theta}{\lambda} + \left[\frac{d \sin \theta}{\lambda} + \delta \right]$$

$$= \frac{2d \sin \theta}{\lambda} + \delta$$

$$I = 2 I_0 \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \quad \text{ओल} \quad \frac{\delta}{2}$$

$$I = I_0 \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right)$$

जहां परिणामी तरंग का आयाम दिया गया है

$$A = 2 a \cos \left(\frac{\delta}{2} \right)$$

बिंदु P पर परिणामी तरंग की तीव्रता को इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है

$$I = I_0 \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right)$$

$$I = 4 I_0 \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right)$$

(16.1)

दो तरंगों के बीच चरण अंतर पर तीव्रता की निर्भरता देखने के लिए, आइए निम्नलिखित दो मामलों पर विचार करें।

केस 1: जब चरण अंतर, $\delta = 0, 2\pi, 4\pi, \dots, 2n\pi$

$$I = 4 I_0 \cos^2 0$$

$$= 4 I_0$$

केस 2: जब, $\delta = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots, (2n+1)\pi$

$$I = 4 I_0 \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} \right)$$

$$I = 4 I_0 \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} \right)$$

$$= 0$$

इन परिणामों से हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि सुपरपोज़िंग के बीच चरण अंतर कब होता है तरंगों 2π का एक अभिन्न गुणज है, दो तरंगों स्क्रीन पर 'इन-फेज' आती हैं और उन बिंदुओं पर परिणामी तीव्रता (या चमक) देय से अधिक है व्यक्तिगत तरंगों के लिए (जो $4 I_0$ के बराबर है)। दूसरी ओर, जब चरण अंतर दो सुपरपोज़िंग तरंगों के बीच π का एक विषम गुणज है, दो सुपरपोज़िंग तरंगों स्क्रीन पर 'चरण से बाहर' आती हैं। ऐसे बिंदुओं की तीव्रता शून्य होती है और वे दिखाई देते हैं स्क्रीन पर अंधेरा होना।

(डी) चरण अंतर और पथ अंतर: उपरोक्त चर्चा से यह स्पष्ट है

यह जानने के लिए कि स्क्रीन पर कोई बिंदु चमकीला होगा या अंधेरा, हमें यह जानना होगा

उस बिंदु पर आने वाली तरंगों के बीच चरण अंतर। चरण अंतर

उनके दौरान तरंगों के बीच पथ अंतर के संदर्भ में व्यक्त किया जा सकता है

स्रोतों से अवलोकन स्क्रीन पर एक बिंदु तक की यात्रा। आपको वह याद हो सकता है

S1 और S2 से शुरू होने वाली तरंगें चरण में हैं। इस प्रकार, जो भी चरण अंतर उत्पन्न होता है

बिंदु P पर उनके बीच की दूरी उनके द्वारा तय किए गए विभिन्न पथों के कारण है

S1 और S2 से अवलोकन बिंदु तक। चित्र 16.5 से, हम पथ अंतर लिख सकते हैं

जैसा

$$\Delta = \frac{2n\lambda}{2} \quad (16.1)$$

हम जानते हैं कि एक तरंग दैर्घ्य का पथ अंतर एक चरण अंतर के बराबर होता है

2π का। इस प्रकार, चरण अंतर δ और पथ अंतर के बीच संबंध

है

$$\Delta = \frac{2n\lambda}{2} \quad (16.2)$$

समीकरण से (16.1) हम देखते हैं कि चमकीले किनारे (रचनात्मक के अनुरूप)।

हस्तक्षेप) तब देखे जाते हैं जब चरण अंतर $2n$ होता है। समीकरण में इसका उपयोग करना।

(16.2) हम पाते हैं कि चमकीले फ्रिजों के अवलोकन के लिए पथ अंतर है

$$\Delta = \frac{2n\lambda}{2} = 2n\lambda m \quad ; \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (16.3)$$

इसी प्रकार, अंधेरे किनारों के लिए, हमें मिलता है

$$\Delta = \frac{(2m+1)\lambda}{2} \quad ; \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (16.4)$$

पथ के संदर्भ में उज्ज्वल और अंधेरे किनारों के लिए अभिव्यक्ति प्राप्त करना

अंतर और उपयोग किए गए प्रकाश की तरंग दैर्घ्य, आइए अब हम पथ अंतर से संबंधित हों

प्रयोग की ज्यामिति के साथ, यानी, Δ को बीच की दूरी D से संबंधित करें

स्रोत और स्क्रीन, पिन छेद (डी) और के स्थान के बीच अलगाव

स्क्रीन पर बिंदु P . चित्र 16.5 से हम यह नोट करते हैं

$$\Delta = \frac{D \sin \theta}{2} \quad (16.5)$$

θ को छोटा मानकर हम लिख सकते हैं

$$\Delta = \frac{D \theta}{2} \quad (16.6)$$

और

$$\Delta = \frac{D \theta}{2} \quad (16.7)$$

इसलिए, पथ अंतर के लिए अभिव्यक्ति को फिर से लिखा जा सकता है

$$\Delta = \frac{D \theta}{2} = \frac{D \sin \theta}{2} \quad (16.8)$$

समीकरण को प्रतिस्थापित करने पर (16.5) समीकरणों में (16.2) और (16.3), हमें मिलता है

$$\frac{D \sin \theta}{2} = \frac{2n\lambda m}{2} \quad ; \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

या

$$\sin \theta = \frac{2n\lambda m}{D} \quad ; \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (16.9)$$

और $\frac{डी}{डी} ()_n$ अंधेरा $\frac{1}{2}$

या $()_{\text{अंधेरा}} \frac{1}{2} \frac{डी}{डी} ; \text{एन } 0, 1, 2, \dots$ (16.7)

समीकरण. (16.6) और (16.7) पर चमकीले और गहरे फ्रिजों की स्थिति निर्दिष्ट करें स्क्रीन।

(ई) फ्रिज की चौड़ाई: अब आप पूछ सकते हैं: एक चमकदार या गहरे फ्रिज की चौड़ाई कितनी है? को इस प्रश्न का उत्तर देते हुए, हम पहले दो लगातार उज्ज्वल (या) का स्थान निर्धारित करते हैं अंधेरा) झालरें। आइए सबसे पहले इसे चमकीले फ्रिजों के लिए करें। तीसरी और दूसरी चमकीली फ्रिजों के लिए, समीकरण से. (16.6), हम लिख सकते हैं

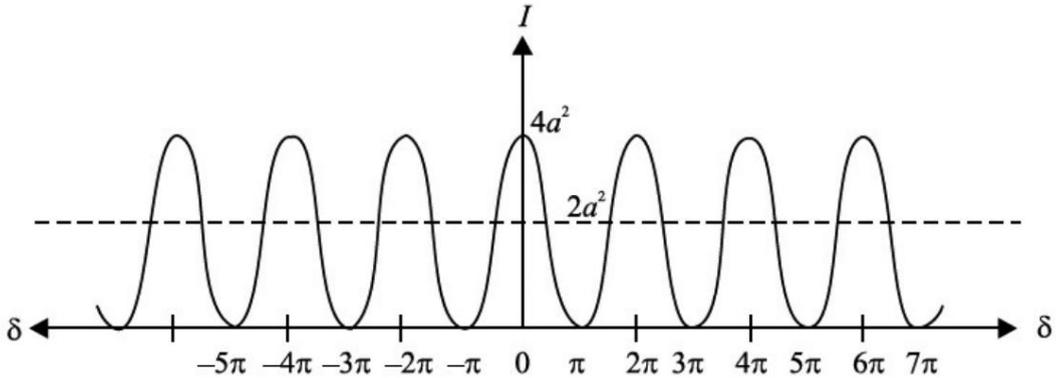
$()_3 \text{ उज्ज्वल } \frac{डी}{डी}$

और $()_2 \text{ उज्ज्वल } \frac{डी}{डी}$

इसलिए, फ्रिज की चौड़ाई, β द्वारा दी गई है

$\beta = ()_3 \text{ उज्ज्वल } ()_2 \text{ उज्ज्वल } \frac{डी}{डी}$ (16.8)

आपको स्वयं को आश्चस्त करना चाहिए कि हस्तक्षेप पैटर्न की फ्रिज चौड़ाई बनी रहती है n के किन्हीं दो लगातार मानों के लिए समान। ध्यान दें कि फ्रिज की चौड़ाई सीधे आनुपातिक है तरंग दैर्घ्य की रैखिक शक्ति और स्रोत तल और स्क्रीन के बीच की दूरी और इसके विपरीत स्लिटों के बीच की दूरी के समानुपाती। वास्तविक व्यवहार में, फ्रिज इतने महीन होते हैं कि हम उन्हें देखने के लिए एक आवर्धक लेंस का उपयोग करें।



चित्र 16.6: व्यतिकरण पैटर्न में तीव्रता वितरण

आइए आगे हम व्यतिकरण पैटर्न में उज्ज्वल और अंधेरे फ्रिजों की तीव्रता के बारे में जानें। हम जानते हैं कि जब दो प्रकाश तरंगें चरण से बाहर स्क्रीन पर एक बिंदु पर पहुंचती हैं, तो हम पाते हैं अंधेरे किनारे. आप पूछ सकते हैं: क्या यह घटना संरक्षण के नियम का उल्लंघन नहीं करती

ऊर्जा क्योंकि दो प्रकाश तरंगों द्वारा वहन की गई ऊर्जा नष्ट होती प्रतीत होती है? ऐसा नहीं है; हस्तक्षेप पैटर्न में ऊर्जा संरक्षण सिद्धांत का उल्लंघन नहीं किया जाता है। दरअसल, जो ऊर्जा अंधेरे किनारों पर गायब हो जाती है वह चमकीले किनारों पर फिर से प्रकट हो जाती है। आप समीकरण से नोट कर सकते हैं। (16.1) कि उज्ज्वल फ्रिजों की तीव्रता एक व्यक्तिगत तरंग के कारण होने वाली तीव्रता से चार गुना अधिक है। इसलिए, चित्र 16.6 में दिखाए गए हस्तक्षेप फ्रिज पैटर्न में, ऊर्जा का पुनर्वितरण होता है और यह $4a$ 2 और शून्य के बीच बदलता रहता है। प्रत्येक किरण, स्वतंत्र रूप से कार्य करते हुए, 2 का योगदान देगी और इसलिए, हस्तक्षेप की अनुपस्थिति में, स्क्रीन दो समान स्रोतों से आने वाले प्रकाश के कारण तीव्रता $2a$ 2 के साथ समान रूप से प्रकाशित होगी। यह चित्र 16.6 में टूटी हुई रेखा द्वारा दिखाई गई औसत तीव्रता है।

पाठगत प्रश्न 16.2

1. क्षेत्र के किसी भी बिंदु पर परिणामी विस्थापन किन कारकों पर निर्भर करता है? दो तरंगों का अध्यारोपण किस पर निर्भर करता है?
2. यंग के प्रयोग में स्क्रीन पर रचनात्मक हस्तक्षेप कैसे उत्पन्न होता है?
3. यदि हम पिनहोल S1 और S2 को दो गरमागरम प्रकाश बल्बों से बदल दें, तो क्या हम अभी भी स्क्रीन पर उज्ज्वल और अंधेरे फ्रिज देख सकते हैं?
4. सुसंगत स्रोत क्या हैं? क्या हमारी आँखें भी सुसंगत स्रोत के रूप में कार्य कर सकती हैं?

16.3 प्रकाश का विवर्तन

प्रकाश के आयताकार प्रसार की सबसे स्पष्ट अभिव्यक्ति छाया के निर्माण में होती है। लेकिन, यदि आप छायाओं के निर्माण का ध्यानपूर्वक अध्ययन करेंगे, तो आप पाएंगे कि इनके किनारे नुकीले नहीं हैं। उदाहरण के लिए, जब प्रकाश बहुत संकीर्ण छिद्र से होकर गुजरता है या बहुत छोटे आयामों की बाधा पर गिरता है तो रेक्टिलिनियर प्रसार के नियम का उल्लंघन होता है। छिद्र या बाधा के किनारों पर, प्रकाश छाया क्षेत्र में झुक जाता है और एक सीधी रेखा के साथ नहीं फैलता है। किसी बाधा के किनारों के चारों ओर प्रकाश के झुकने को विवर्तन के रूप में जाना जाता है।

प्रकाश के विवर्तन की घटना पर विस्तार से चर्चा करने से पहले, आप स्वयं प्रकाश के विवर्तन का अवलोकन करना चाहेंगे। यहाँ एक साधारण स्थिति है. रात में स्ट्रीट लाइट को देखें और लगभग अपनी आँखें बंद कर लें। आप क्या देखते हैं? लैंप/ट्यूब से रोशनी निकलती हुई दिखाई देगी। ऐसा आपकी पलकों के कोनों के चारों ओर प्रकाश के विवर्तन (झुकने) के कारण होता है।

विवर्तन का निरीक्षण करने का दूसरा तरीका रूमाल का उपयोग करना है। इसे अपनी आँखों के पास रखें और सूर्य या दीपक की ओर देखें। आप वृत्ताकार फ्रिजों का अवलोकन करेंगे, जो आड़े-तिरछे धागों द्वारा निर्मित छोटे छिद्रों द्वारा प्रकाश के विवर्तन के कारण बनते हैं।

उपरोक्त स्थितियों में, विवर्तक बाधा/छिद्र के आयाम बहुत हैं छोटा। विवर्तन का निरीक्षण करने के लिए, निम्नलिखित में से किसी एक शर्त को पूरा करना होगा:

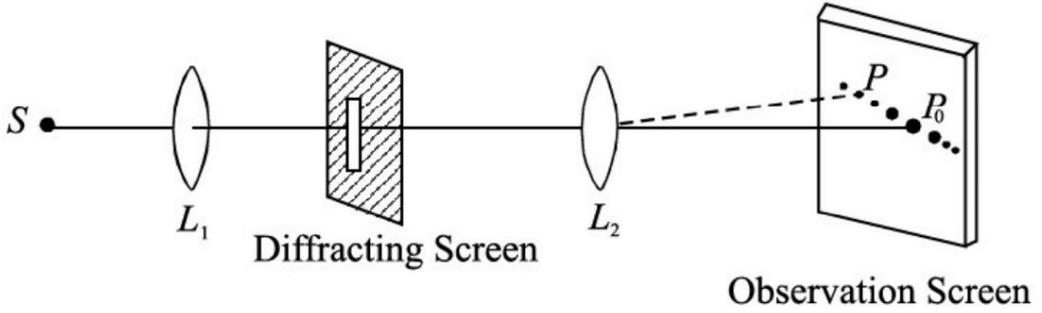
a) बाधा या छिद्र का आकार आपतित तरंग की तरंगदैर्घ्य के क्रम का होना चाहिए।

बी) बाधा या एपर्चर और स्क्रीन के बीच अलगाव काफी होना चाहिए बाधा या छिद्र के आकार से बड़ा (कुछ हज़ार गुना)।

उपरोक्त अवलोकनों के आधार पर, यह समझना आसान है कि हम आम तौर पर प्रकाश का विवर्तन क्यों नहीं देख पाते हैं और प्रकाश एक सीधी रेखा में यात्रा क्यों करता हुआ प्रतीत होता है। आप जानते हैं कि प्रकाश की तरंगदैर्घ्य 10-6 मीटर की कोटि की होती है। इसलिए, प्रकाश के विवर्तन का निरीक्षण करने के लिए, हमें इस क्रम के आयाम वाले अवरोधों या छिद्रों की आवश्यकता होती है!

16.3.1 एकल स्लिट पर विवर्तन

आइए देखें कि एकल झिरी जैसे सरल उद्घाटन के लिए विवर्तन पैटर्न कैसा दिखाई देता है। चित्र 16.7 देखें। यह विवर्तन पैटर्न उत्पन्न करने के लिए प्रयोगात्मक व्यवस्था को दर्शाता है। S प्रकाश का एकवर्णी स्रोत है। इसे एक अभिसारी लेंस के फोकल तल पर रखा जाता है ताकि एक समतल तरंगग्र एक संकीर्ण स्लिट पर आपतित हो। एक अन्य अभिसारी लेंस स्लिट के विभिन्न हिस्सों से प्रकाश को अवलोकन स्क्रीन पर केंद्रित करता है।



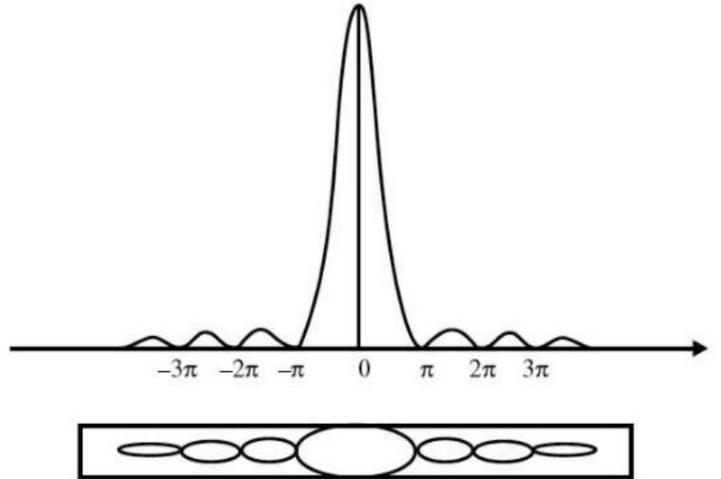
चित्र 16.7: एकल झिरी विवर्तन का योजनाबद्ध प्रतिनिधित्व

जैसा कि चित्र 16.8 में दिखाया गया है, एक बिंदु स्रोत से एकल ऊर्ध्वाधर स्लिट द्वारा उत्पन्न वास्तविक विवर्तन पैटर्न की मुख्य विशेषताएं हैं:

स्लिट की लंबाई के सामान्य रेखा के अनुदिश प्रकाश की एक क्षैतिज रेखा।

। क्षैतिज पैटर्न चमकीले धब्बों की एक श्रृंखला है।

। केंद्र का स्थान सबसे चमकीला है। इस स्थान के दोनों ओर, हम कम तीव्रता के कुछ और सममित रूप से स्थित चमकीले धब्बे देखते हैं। केंद्रीय बिंदु को प्रमुख मैक्सिमा कहा जाता है और अन्य स्थानों को द्वितीयक मैक्सिमा कहा जाता है।



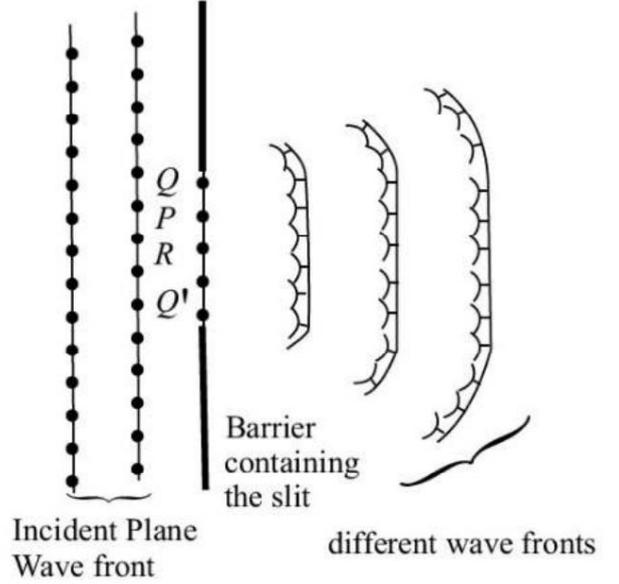
चित्र 16.8: स्लिट का एकल विभेदन पैटर्न देखा गया

। केंद्रीय स्थान की चौड़ाई अन्य स्थानों की चौड़ाई से दोगुनी है।

इन परिणामों के सैद्धांतिक आधार को समझने के लिए, हम ध्यान दें कि ह्यूजेस के तरंग सिद्धांत के अनुसार, समतल तरंगग्र स्लिट वाले अवरोध पर आपतित होते हैं। जैसे ही ये तरंगग्र अवरोध पर गिरते हैं, तरंगग्र का केवल वही भाग झिरी से होकर गुजरता है जो आपतित होता है

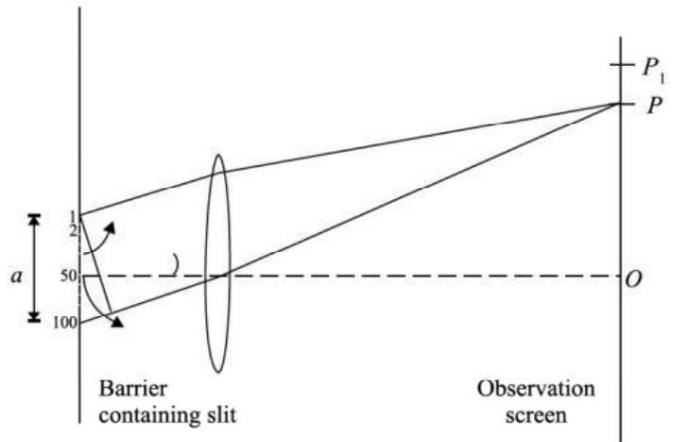
इस पर। तरंगाग्र का यह भाग बैरियर के दाईं ओर फैलता रहता है। हालाँकि, तरंगाग्र का आकार झिरी से परे समतल नहीं रहता है।

चित्र 16.9 देखें जो दर्शाता है कि एपर्चर का प्रत्येक बिंदु जैसे QPR ... Q' द्वितीयक तरंगिकाओं के सुसंगत स्रोतों की एक श्रृंखला बनाता है। बैरियर के दाईं ओर तरंगफ्रंट के मध्य भाग में, बिंदु P से उत्सर्जित तरंगिका, मान लीजिए, क्यू और आर जैसे बिंदुओं से उत्सर्जित तरंगिकाओं की दोनों तरफ उपस्थिति के कारण फैलती है। तरंगाग्र इन तरंगिकाओं के स्पर्शरेखा द्वारा निर्धारित होता है, तरंगाग्र का मध्य भाग प्रसारित होते समय समतल रहता है। लेकिन स्लिट के किनारों के पास बिंदु Q और Q' से उत्सर्जित तरंगिकाओं के लिए, किनारों से परे कोई तरंगिकाएँ नहीं हैं जिनके साथ ये सुपरपोज़ हो सकें। चूँकि सुपरपोज़िशन तरंगाग्र के आकार को समतल बनाए रखने में मदद करता है, किनारों के पास के बिंदुओं से उत्सर्जित तरंगिकाओं के लिए ऐसे सुपरपोज़िंग तरंगिकाओं की अनुपस्थिति उन्हें अपने सादे आकार से विचलित होने की अनुमति देती है। दूसरे शब्दों में, किनारों पर तरंगिकाएँ फैलती हैं। परिणामस्वरूप, परिमित आकार के पतले छिद्र पर आपतित समतल तरंगाग्र उससे गुजरने के बाद समतल नहीं रह जाता।



चित्र 16.9: एक संकीर्ण झिरी से प्रकाश के विवर्तन के लिए ह्यूजेन का निर्माण

एकल-स्लिट विवर्तन पैटर्न के तीव्रता वितरण को समझने के लिए, हम स्क्रीन तक पहुँचने वाली तरंगों के सुपरपोज़िशन की प्रकृति का निर्धारण करते हैं। ह्यूजेन के सिद्धांत को लागू करने के लिए, आइए हम स्लिट की चौड़ाई 'ए' को, मान लीजिए, 100 बराबर भागों में विभाजित करें। इनमें से प्रत्येक को द्वितीयक तरंगिकाओं का स्रोत माना जा सकता है। इन बिंदुओं से निकलने वाली तरंगिकाएँ भट्टा के दाईं ओर के क्षेत्र में फैल जाती हैं।



चित्र 16.10: एकल स्लिट विवर्तन का योजनाबद्ध प्रतिनिधित्व

चूँकि समतल तरंगाग्र स्लिट पर आपतित होता है, प्रारंभ में इस पर सभी बिंदु चरण में होते हैं। इसलिए, इन बिंदुओं से उत्सर्जित तरंगिकाएँ स्लिट छोड़ते समय सभी चरण में होती हैं। आइए अब स्क्रीन पर बिंदु O पर इन तरंगिकाओं के सुपरपोज़िशन के प्रभाव पर विचार करें। चित्र 16.10 की समरूपता से पता चलता है कि 1 और 100 के स्रोत से उत्सर्जित तरंगिकाएँ चरण में O तक पहुँचेंगी। ऐसा इसलिए है क्योंकि दोनों तरंगिकाएँ समान पथ लंबाई में यात्रा करती हैं। जब उन्होंने संबंधित बिंदुओं से अपनी यात्रा शुरू की

भट्टा, वे चरण में थे। इसलिए वे चरण में O पर पहुंचते हैं और इस तरह से सुपरपोज़ होते हैं कि परिणामी आयाम स्रोत 1 और 100 से अलग-अलग तरंगिकाओं के कारण बहुत अधिक हो जाता है। इसी तरह, स्रोत 2 से 50 तक प्रत्येक तरंगिका के लिए, हमारे पास एक संगत तरंगिका होती है स्रोत 99 से 51 तक जो रचनात्मक हस्तक्षेप उत्पन्न करेगा जिससे केंद्र O पर तीव्रता में वृद्धि होगी। इस प्रकार बिंदु O स्क्रीन पर उज्ज्वल दिखाई देगा।

आइए अब अवलोकन स्क्रीन पर एक ऑफ-अक्ष बिंदु P पर विचार करें। मान लीजिए कि बिंदु P ऐसा है कि चरम बिंदु यानी स्रोत 1 और 100 के बीच पथ अंतर λ के बराबर है। इस प्रकार स्रोत 1 और 51 से तरंगिकाओं के बीच पथ अंतर लगभग ($\lambda/2$) के बराबर होगा।

आप प्रकाश के हस्तक्षेप से याद कर सकते हैं कि स्रोत 1 और 51 से आने वाली तरंगें चरण के बाहर पी पर पहुंचेंगी और विनाशकारी हस्तक्षेप को जन्म देंगी। इसी प्रकार, स्रोत 2 और 52 से तरंगिकाएं और तरंगिकाओं की ऐसी सभी जोड़ी बिंदु P पर विनाशकारी हस्तक्षेप को जन्म देगी। इसलिए, बिंदु P पर हमारी तीव्रता न्यूनतम होगी। इसी प्रकार, हमें अन्य बिंदुओं के लिए न्यूनतम तीव्रता मिलेगी जिसके लिए स्रोत किनारों के बीच पथ अंतर 2λ के बराबर है। हम कल्पना कर सकते हैं कि स्लिट को चार समान बिंदुओं में विभाजित किया गया है और हम 1 और 26, 2 और 27 की समान जोड़ी द्वारा, दिखा सकते हैं कि पहली और दूसरी तिमाही में $\lambda/2$ का पथ अंतर है और एक दूसरे को रद्द कर सकते हैं। तीसरी और चौथी तिमाही एक ही तर्क से एक-दूसरे को रद्द कर देती हैं ताकि परिणामी तीव्रता न्यूनतम हो, इत्यादि। इसलिए हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि जब किसी विशेष दिशा में चरम बिंदुओं द्वारा विवर्तित चरम तरंगों के बीच पथ अंतर एक अभिन्न गुणक होता है तो उस दिशा में परिणामी विवर्तित तीव्रता शून्य होगी।

□,

आइए अब बिंदु P□ पर तीव्रता ज्ञात करें जो बिंदु P और P1 के बीच स्थित है (चित्र 16.10) और चरम बिंदुओं से विवर्तित तरंगों के बीच पथ अंतर $3\lambda/2$ है। हम स्लिट पर तरंगाग्र को 3 बराबर भागों में विभाजित करते हैं। ऐसी स्थिति में, दो भागों के संगत स्रोतों से द्वितीयक तरंगिकाओं का पथ अंतर $\lambda/2$ होगा जब वे बिंदु P पर पहुंचेंगे और एक दूसरे को रद्द कर देंगे। हालाँकि, तरंगाग्र के तीसरे भाग से तरंगिकाएँ रचनात्मक रूप से योगदान देंगी (यह मानते हुए कि व्यावहारिक रूप से इस भाग से तरंगिकाओं के लिए पथ अंतर शून्य है) और P□ पर चमक उत्पन्न करेंगी। चूँकि O की तुलना में P□ पर तीव्रता में तरंगाग्र का केवल एक तिहाई योगदान होता है, जहाँ संपूर्ण तरंगाग्र योगदान देता है, P□ पर तीव्रता O की तीव्रता की तुलना में काफी कम है। बिंदु P□ और अन्य सभी समान बिंदु द्वितीयक मैक्सिमा का गठन करें।

हालाँकि, आपको यहाँ ध्यान देना चाहिए कि यह केवल एक झिरी पर विवर्तन की गुणात्मक और सरलीकृत व्याख्या है। जब आप भौतिकी में उच्च अध्ययन करेंगे तो आप इस घटना का अधिक कठोर विश्लेषण करेंगे।

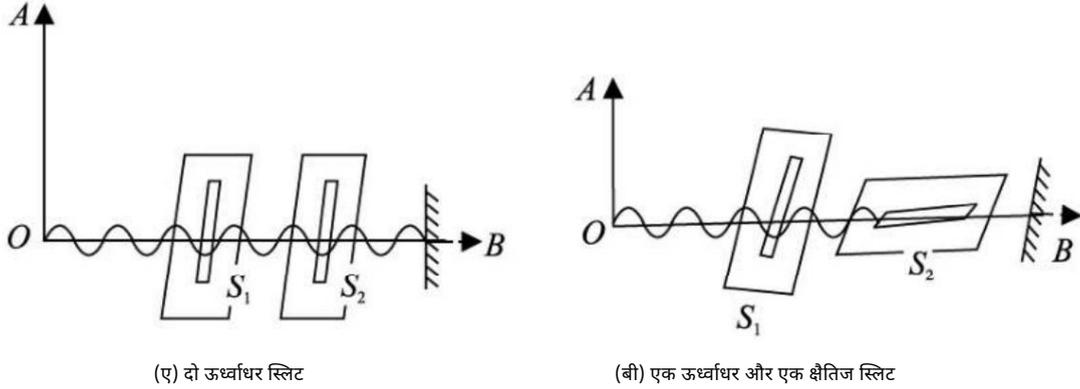
पाठगत प्रश्न 16.3

1. क्या विवर्तन की घटना यह दर्शाती है कि प्रकाश किस दिशा में गमन नहीं करता है? सीधी रेखा पथ?
2. प्रकाश के व्यतिकरण और विवर्तन के बीच अंतर स्पष्ट करें।
3. a की तीव्रता मुख्य अधिकतम और द्वितीयक उच्छिष्ट क्यों होती है? एकल झिरी विवर्तन समान नहीं है?

16.4 प्रकाश का ध्रुवीकरण

इस पाठ के पिछले दो खंडों में आपने प्रकाश के व्यतिकरण और विवर्तन की घटनाओं के बारे में सीखा। इन घटनाओं पर चर्चा करते समय, हमने प्रकाश तरंगों की प्रकृति को जानने की जहमत नहीं उठाई; चाहे ये अनुदैर्घ्य हों या अनुप्रस्थ। हालाँकि, प्रकाश के ध्रुवीकरण ने निर्णायक रूप से स्थापित किया कि प्रकाश एक अनुप्रस्थ तरंग है।

ध्रुवीकरण की घटना को समझने के लिए आप एक सरल गतिविधि कर सकते हैं।

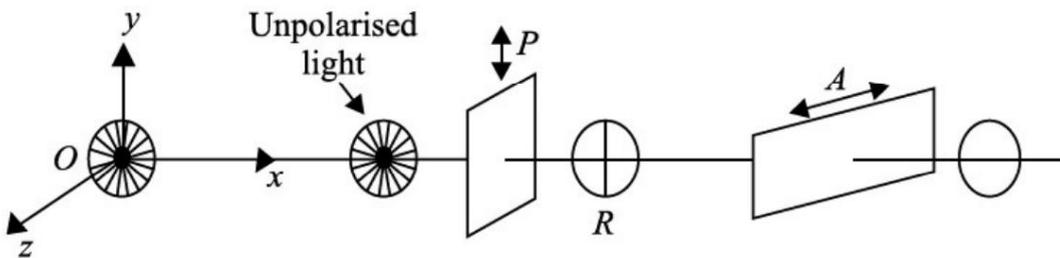


चित्र 16.11: गुजरती हुई रस्सी पर अनुप्रस्थ तरंग

संकीर्ण ऊर्ध्वाधर स्लिट S_1 और S_2 वाले दो कार्ड बोर्ड लें और उन्हें एक दूसरे के समानांतर पकड़ें। दोनों स्लिटों से एक डोरी की लंबाई गुजारें, उसका एक सिरा ठीक करें और दूसरे सिरे को अपने हाथ में पकड़ें। अब सभी दिशाओं में तरंगें उत्पन्न करने के लिए अपने हाथ को ऊपर-नीचे और बगल में घुमाएँ। आप देखेंगे कि ऊर्ध्वाधर झिरी S_1 से गुजरने वाली तरंगें S_2 से भी गुजरेंगी, जैसा कि चित्र 16.11 (ए) में दिखाया गया है। स्लिट S_2 को क्षैतिज बनाकर प्रयोग दोहराएँ।

आपको S_2 से आगे कोई तरंगें नहीं दिखेंगी। इसका मतलब है कि S_1 से गुजरने वाली तरंगें क्षैतिज स्लिट S_2 से नहीं गुजर सकतीं। ऐसा इसलिए है क्योंकि तरंग में कंपन स्लिट S_2 के समकोण पर एक तल में होते हैं, जैसा कि चित्र 16.11 (बी) में दिखाया गया है।

इस गतिविधि को प्रकाश के लिए O पर प्रकाश का एक स्रोत रखकर और स्लिट्स को दो पोलरॉइड द्वारा प्रतिस्थापित करके दोहराया जा सकता है। आपको केवल स्थिति (ए) में ही प्रकाश दिखाई देगा। इससे पता चलता है कि प्रकाश में कंपन एक तल तक ही सीमित है। ऐसा कहा जाता है कि यह पहले पोलरॉइड चित्र 16.12 से गुजरने के बाद रैखिक रूप से ध्रुवीकृत या समतल ध्रुवीकृत होता है।



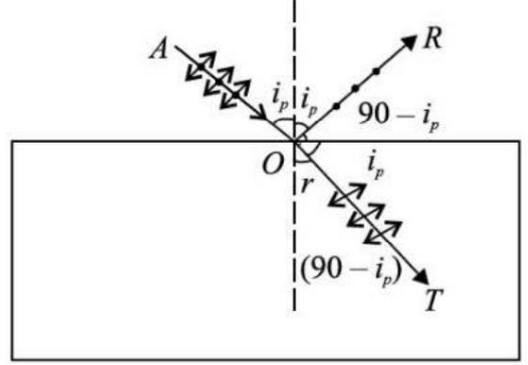
चित्र 16.12: प्रकाश के ध्रुवीकरण को देखने के लिए उपकरण की रूपरेखा

जब कोई अध्रुवित प्रकाश कांच, पानी या किसी अन्य पारदर्शी सामग्री पर पड़ता है, तो परावर्तित प्रकाश, सामान्यतः, आंशिक रूप से समतल ध्रुवीकृत होता है। चित्र 16.13 एक कांच की प्लेट पर आपतित अध्रुवित प्रकाश AO को दर्शाता है। परावर्तित प्रकाश OR और संचरित तरंग द्वारा दिखाया जाता है

ओटी द्वारा. जब प्रकाश ध्रुवीकरण कोण पर आपतित होता है, तो ध्रुवीकरण पूरा हो जाता है। इस कोण पर, परावर्तित और प्रसारित किरणें एक दूसरे से समकोण पर होती हैं।

ध्रुवीकरण कोण कांच की प्लेट की सामग्री के अपवर्तनांक पर निर्भर करता है जिस पर प्रकाश की (अध्रुवीकृत) किरण आपतित होती है। r और i के बीच संबंध स्नेल के नियम का उपयोग करके प्राप्त किया जाता है (चित्र 16.13 देखें):

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$$



चित्र 16.13: परावर्तित और अपवर्तित प्रकाश का ध्रुवीकरण

इसे ब्रूस्टर का नियम कहा जाता है। इसका तात्पर्य यह है कि ध्रुवीकरण कोण $i_p = 53^\circ$ पर निर्भर करता है। इसका मतलब यह है कि जब सामग्री का अपवर्तनांक वायु जल इंटरफेस के लिए, यदि सूर्य क्षैतिज से 37° ऊपर है, तो एक शांत तालाब या झील से परावर्तित प्रकाश पूरी तरह से रैखिक रूप से ध्रुवीकृत होगा। ब्रूस्टर के नियम का दैनिक जीवन में कई अनुप्रयोग हैं। चिकनी सतह से परावर्तित प्रकाश के कारण होने वाली चमक को पोलैरोइड्स नामक ध्रुवीकरण सामग्री का उपयोग करके कम किया जा सकता है, जो कुनैन आयोडोसल्फेट के छोटे क्रिस्टल से बने होते हैं; सभी को नाइट्रो सेलूलोज़ की एक शीट में एक ही दिशा में पंक्तिबद्ध किया गया। ऐसे क्रिस्टल (जिन्हें डाइकोरिक कहा जाता है) एक विशिष्ट तल में प्रकाश संचारित करते हैं और लंबवत योजना में उन्हें अवशोषित करते हैं। इस प्रकार, धूप के चश्मे पर पोलैरोइड कोटिंग ध्रुवीकृत प्रकाश के एक घटक को अवशोषित करके चमक को कम करती है। पोलैरोइड डिस्क का उपयोग फोटोग्राफी में कैमरे के लेंस के सामने 'फ़िल्टर' के रूप में किया जाता है और उन विवरणों को सुविधाजनक बनाता है जो अन्यथा चमक से छिप जाते हैं। चीनी उद्योग में गुणवत्ता नियंत्रण के लिए पोलारिमीटर का उपयोग किया जाता है।

पाठगत प्रश्न 16.4

1. प्रकाश का ध्रुवीकरण इस बात का पक्का प्रमाण है कि प्रकाश एक अनुप्रस्थ तरंग है। औचित्य।
2. क्या यह कहना सही है कि तरंग की गति की दिशा ध्रुवीकरण के तल में नहीं हो सकती है?
3. मान लीजिए कि अध्रुवित प्रकाश की एक किरण दो पोलैरोइड के सेट पर आपतित होती है। यदि आप इन पोलैरोइड्स की सहायता से प्रकाश को पूरी तरह से अवरुद्ध करना चाहते हैं, तो इन पोलैरोइड्स के संचरण अक्षों के बीच का कोण क्या होना चाहिए?
4. क्या हवा में ध्वनि तरंगें ध्रुवीकरण प्रदर्शित करती हैं?

16.5 प्रकाश का विक्षेपण

पिछले पाठ में आपने प्रकाश के परावर्तन, अपवर्तन और पूर्ण आंतरिक परावर्तन के बारे में सीखा। आपने दर्पणों और लेंसों द्वारा छवि निर्माण और दैनिक जीवन में उनके उपयोग के बारे में भी सीखा है। जब साधारण प्रकाश की एक संकीर्ण किरण एक प्रिज्म द्वारा अपवर्तित होती है, तो हमें रंग की पट्टियाँ दिखाई देती हैं। यह घटना परावर्तन या अपवर्तन से भिन्न होनी चाहिए। किसी माध्यम द्वारा श्वेत प्रकाश को उसके घटक रंगों या तरंग दैर्ध्य में विभाजित करना फैलाव कहलाता है।

इस पाठ में आप इस घटना के बारे में अध्ययन करेंगे। इसकी एक सुंदर अभिव्यक्ति

प्रकृति में घटना इंद्रधनुष के रूप में होती है। आप इस पाठ में प्रकाश के प्रकीर्णन की घटना के बारे में भी सीखेंगे, जो सूर्योदय और सूर्यास्त के समय आकाश को नीला और सूर्य को लाल रंग देता है।

ग्रहों के चारों ओर छल्ले (प्रभामंडल) और इंद्रधनुष का निर्माण आदि जैसी प्राकृतिक घटनाओं को प्रकाश के सीधा प्रसार द्वारा नहीं समझाया जा सकता है। ऐसी घटनाओं को समझने के लिए प्रकाश को तरंग प्रकृति वाला माना जाता है। जैसा कि आप जानते हैं, प्रकाश तरंगें अनुप्रस्थ विद्युत चुम्बकीय तरंगें हैं जो निर्वात में $3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ की गति से फैलती हैं। विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम की विस्तृत श्रृंखला में, दृश्य प्रकाश केवल एक छोटा सा हिस्सा बनता है। सूर्य के प्रकाश में सात रंगों के अनुरूप सात अलग-अलग तरंग दैर्ध्य होते हैं। इस प्रकार, रंगों को उनकी तरंग दैर्ध्य से पहचाना जा सकता है। आप पहले ही जान चुके हैं कि जब तरंगें एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाती हैं तो उनकी गति और तरंग दैर्ध्य बदल जाती है। माध्यम में परिवर्तन के साथ प्रकाश तरंगों की गति और उनकी संगत तरंग दैर्ध्य भी बदल जाती है। एक निश्चित तरंग दैर्ध्य वाली तरंग की गति मुक्त स्थान में उसकी गति से कम हो जाती है जब वह प्रकाशिक रूप से सघन माध्यम में प्रवेश करती है।

अपवर्तनांक n को निर्वात में प्रकाश की गति और माध्यम में प्रकाश की गति के अनुपात के रूप में परिभाषित किया गया है। इसका मतलब है कि किसी दिए गए माध्यम का अपवर्तनांक 3.8×10^{-7} मीटर और 5.8×10^{-7} मीटर तरंग दैर्ध्य वाली तरंगों के लिए अलग-अलग होगा क्योंकि ये तरंगें एक ही माध्यम में अलग-अलग गति से यात्रा करती हैं। तरंग दैर्ध्य के साथ किसी सामग्री के अपवर्तनांक की इस भिन्नता को फैलाव के रूप में जाना जाता है। यह घटना अपवर्तन से भिन्न है। मुक्त स्थान में और यहाँ तक कि हवा में भी, दृश्य प्रकाश की सभी तरंगों की गति समान होती है। इसलिए, वे अलग नहीं हैं। (ऐसे माध्यम को अप्रसारित माध्यम कहा जाता है।)

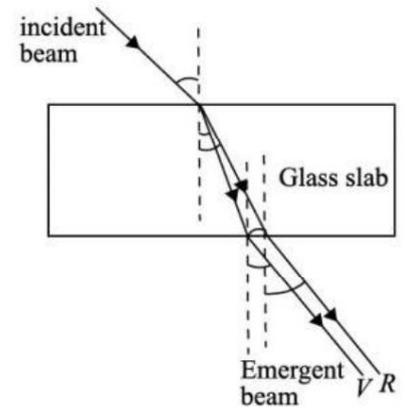
लेकिन प्रकाशिक रूप से सघन माध्यम में, घटक तरंग दैर्ध्य (रंग) अलग-अलग गति से यात्रा करते हैं और इसलिए अलग हो जाते हैं। ऐसे माध्यम को परिक्षेपण माध्यम कहते हैं। क्या इससे यह पता चलता है कि प्रकाश जब भी प्रकाशिक रूप से सघन माध्यम से गुजरेगा तो उसका फैलाव प्रदर्शित होगा। आइए अब इसके बारे में जानें।

16.5.1 प्रिज्म के माध्यम से फैलाव

किसी माध्यम द्वारा रंगों का पृथक्करण प्रकाश के फैलाव का निरीक्षण करने के लिए पर्याप्त स्थिति नहीं है। इन रंगों को व्यापक रूप से अलग किया जाना चाहिए और फैलाने वाले माध्यम से निकलने के बाद दोबारा मिश्रित नहीं होना चाहिए। एक कांच का स्लेब चित्र 16.14 फैलाव देखने के लिए उपयुक्त नहीं है क्योंकि उभरती हुई किरण की किरणें आपतित किरण के बहुत करीब और समानांतर होती हैं

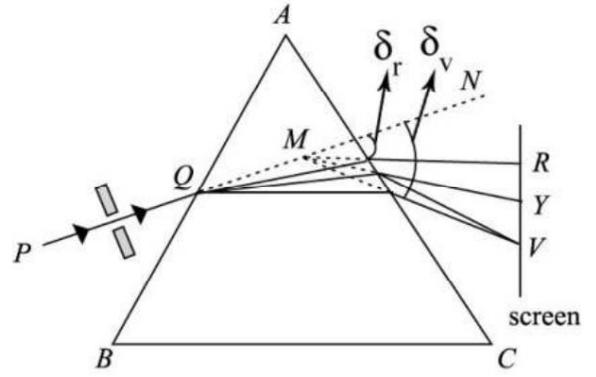
न्यूटन ने प्रकाश के फैलाव को प्रदर्शित करने के लिए प्रिज्म का उपयोग किया। चित्र 16.15 देखें। एक झिरी से सफेद प्रकाश प्रिज्म के फलक AB पर पड़ता है और फलक AC से निकलने वाला प्रकाश विभिन्न रंगों में विभाजित होता हुआ दिखाई देता है। स्क्रीन पर रंगीन पैच देखे जा सकते हैं।

फलक AC, फलक AB पर अपवर्तित किरणों के बीच पृथक्करण को बढ़ाता है। इस प्रकार आपतित श्वेत प्रकाश PQ अपने घटक सात रंगों में विभाजित हो जाता है: बैंगनी, नीला, नीला, हरा, पीला, नारंगी और लाल (VIBGYOR)। विभिन्न गति से यात्रा करने वाली तरंग दैर्ध्य विभिन्न कोणों से अपवर्तित होती हैं और इस प्रकार अलग हो जाती हैं। श्वेत प्रकाश को घटक रंगों में विभाजित करने को फैलाव के रूप में जाना जाता है। एमआर और एमवी क्रमशः लाल और बैंगनी प्रकाश के अनुरूप हैं। स्क्रीन पर ये रंग स्पेक्ट्रम का निर्माण करते हैं।



चित्र 16.14: कांच के स्लेब से प्रकाश का गुजरना

मूल बीम पीक्यूएन का एमआर और एमवी आदि के साथ झुकना विचलन के रूप में जाना जाता है।
निर्गत किरण और आपतित किरण के बीच के कोण को विचलन कोण कहा जाता है। इस प्रकार δ_v और δ_r क्रमशः बैंगनी प्रकाश और लाल प्रकाश के लिए विचलन के कोण का प्रतिनिधित्व करते हैं।



चित्र 16.15: एक प्रिज्म द्वारा प्रकाश का विक्षेपण

उदाहरण 16.1

औसत तरंग दैर्ध्य 600 एनएम की प्रकाश की एक किरण, एक ग्लास प्रिज्म में प्रवेश करने पर, क्रमशः 384 एनएम, 589 एनएम और 760 एनएम तरंग दैर्ध्य के तीन रंगीन किरणों में विभाजित हो जाती है। इन तरंग दैर्ध्य के लिए प्रिज्म की सामग्री के अपवर्तक सूचकांक निर्धारित करें।

समाधान :

प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक किसके द्वारा दिया जाता है?

$$\mu = \frac{c}{v}$$

जहाँ c निर्वात में प्रकाश की गति है, और v माध्यम (प्रिज्म) में प्रकाश की गति है।

चूँकि तरंग का वेग आवृत्ति और तरंगदैर्ध्य का गुणनफल होता है, इसलिए हम लिख सकते हैं

$$c = \mu_a \lambda \quad \text{और} \quad v = \mu_m \lambda \quad \text{जहाँ}$$

μ_a और μ_m क्रमशः हवा और माध्यम में तरंग दैर्ध्य हैं और λ प्रकाश तरंगों की आवृत्ति है। इस प्रकार

$$\mu = \frac{c}{v} = \frac{c \lambda}{v \lambda} = \frac{\mu_a \lambda}{\mu_m \lambda}$$

384 एनएम तरंग दैर्ध्य के लिए, अपवर्तक सूचकांक है

$$\mu_1 = \frac{600 \times 10^{-9} \text{ मी}}{384 \times 10^{-9} \text{ मी}} = 1.56$$

589 एनएम की तरंग लंबाई के लिए:

$$\mu_2 = \frac{600 \times 10^{-9} \text{ मी}}{58.9 \times 10^{-9} \text{ मी}} = 1.02$$

और 760 एनएम तरंग दैर्ध्य के लिए:

$$\mu_3 = \frac{600 \times 10^{-9} \text{ मी}}{760 \times 10^{-9} \text{ मी}} = 0.8$$

हमने देखा है कि किसी पदार्थ का अपवर्तनांक निर्भर करता है

एल सामग्री की प्रकृति, और

एल प्रकाश की तरंग दैर्घ्य.

उपरोक्त उदाहरण का एक दिलचस्प परिणाम यह है कि तरंग दैर्घ्य में भिन्नता है

($\mu_{\text{वैक्यूम}} - \mu_{\text{प्रिज्म}}$) अपवर्तनांक में भिन्नता उत्पन्न करता है ($\mu_{\text{वैक्यूम}} \mu_{\text{प्रिज्म}} - \mu_{\text{वैक्यूम}}$). अनुपात

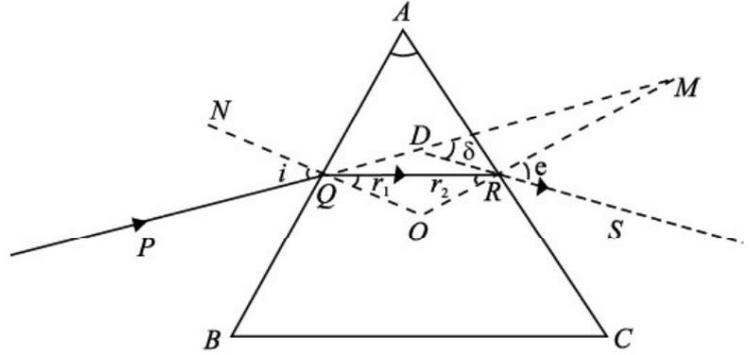
$$\frac{\mu_{\text{वैक्यूम}}}{\mu_{\text{प्रिज्म}}}$$
 है

प्रिज्म के पदार्थ की वर्णक्रमीय फैलाव शक्ति के रूप में जाना जाता है।

16.5.2 विचलन का कोण

अब हम आपतन कोण i , विचलन कोण δ और

प्रिज्म A के कोण के बीच संबंध स्थापित करेंगे। आइए मान लें कि PQ प्रकाश की एक मोनोक्रोमैटिक किरण प्रिज्म ABC के मुख्य भाग के फलक AB पर आपतित होती है। चित्र.16.16. अपवर्तन पर, यह प्रिज्म के अंदर क्यूआर के साथ जाता है और फेस एसी से आरएस के साथ निकलता है। माना $\angle A = \alpha$ प्रिज्म का अपवर्तक कोण है। हम क्रमशः एबी और एसी चेहरे पर सामान्य एनक्यू और एमआर खींचते हैं और उन्हें ओ पर मिलने के लिए पीछे की ओर लाते हैं। फिर आप आसानी से खुद को आश्वस्त कर सकते हैं कि $\angle NQP = \alpha$, $\angle MRS = \alpha$, $\angle RQO = \alpha$ कोण हैं क्रमशः AB और AC सतहों पर आपतन कोण, उद्भव कोण और अपवर्तन कोण। निर्गत किरण RS और D पर आपतित किरण PQ के बीच के कोण को विचलन कोण (δ) के रूप में जाना जाता है।



चित्र 16.16: प्रिज्म से अपवर्तन

$$1, \text{ और } \angle QRO = \alpha \quad 2$$

चूँकि $\angle MDR = \alpha$, क्योंकि यह त्रिभुज QDR का बाहरी कोण है, हम लिख सकते हैं

$$\begin{aligned} \alpha &= \angle DQR + \angle DRQ \\ &= (\alpha - \alpha r_1) + (\alpha e - \alpha r_2) \end{aligned}$$

$$\text{या} \quad \alpha = (\alpha i + \alpha e) - (\alpha r_1 + \alpha r_2) \quad (16.9)$$

आपको याद होगा कि एक चतुर्भुज के आंतरिक कोणों का योग 360° के बराबर होता है।

चतुर्भुज AQOR में, $\angle AQO = \angle ARO = 90^\circ$, क्योंकि NQ और MR क्रमशः फलक AB और AC पर अभिलंब हैं। इसलिए

$$\angle QAR + \angle QOR = 180^\circ$$

$$\text{या} \quad \alpha + \angle QOR = 180^\circ \quad (16.10)$$

लेकिन $\angle QOR$ में

$$\angle OQR + \angle QRO + \angle QOR = 180^\circ$$

$$\text{या} \quad \alpha r_1 + \alpha r_2 + \angle QOR = 180^\circ \quad (16.11)$$

समीकरणों की तुलना करने पर. (16.10) और (16.11), हमारे पास हैं

$$\mu r_1 + \mu r_2 = \mu e \tag{16.12}$$

इस परिणाम को समीकरण के साथ मिलाने पर। (21.1), हमारे पास है

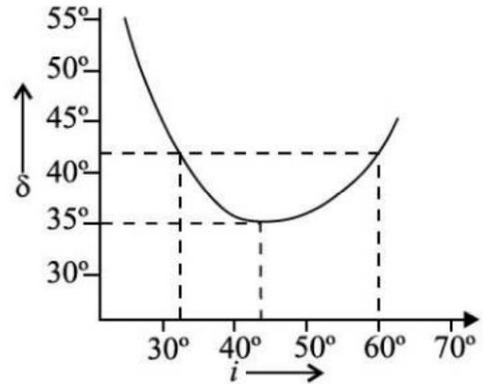
$$\mu i + \mu e = \mu A$$

या

$$\mu i + \mu e = \mu A + \mu \tag{16.13}$$

न्यूनतम विचलन का कोण

यदि हम आपतन कोण i को बदलते हैं, तो कोण विचलन का δ भी बदलता है; यह न्यूनतम हो जाता है i के एक निश्चित मान के लिए और फिर से बढ़ना शुरू हो जाता है जैसे-जैसे मैं आगे बढ़ता हूँ चित्र 16.17। न्यूनतम विचलन कोण का मान कोण कहलाता है न्यूनतम विचलन (δ_m)। यह सामग्री पर निर्भर करता है प्रिज्म और प्रयुक्त प्रकाश की तरंग दैर्घ्य। मैं वास्तव में, विचलन का एक कोण प्राप्त किया जा सकता है के कोणों के दो मानों के अनुरूप घटना. की उत्क्रमणीयता के सिद्धांत का उपयोग करना प्रकाश, हम पाते हैं कि कोण का दूसरा मान घटना उद्भव के कोण से मेल खाती है (इ)। न्यूनतम विचलन स्थिति में है आपतन कोण का केवल एक मान। सो δ हम पास होना



चित्र 16.17: के कोण के बीच का प्लॉट आपतन i और विचलन का कोण δ

$$\mu e = \mu i$$

समीकरण में इस तथ्य का उपयोग करना। (16.13) और μ को μm से बदलने पर , हमारे पास है

$$\frac{\mu e \mu m}{2} = \mu m \tag{16.14}$$

प्रकाश किरणों की उत्क्रमणीयता के सिद्धांत को लागू करना और $\mu e = \mu i$ स्थिति के तहत, हम $\mu r_1 = \mu r_2 = \mu m$, कहो

इस परिणाम को समीकरण में प्रतिस्थापित करने पर। (16.12), हम पाते हैं

$$\mu m = \frac{\mu e}{2} \tag{16.15}$$

प्रिज्म के अंदर प्रकाश किरण न्यूनतम विचलन की स्थिति में गुजरती है प्रिज्म के माध्यम से सममित रूप से और इसके आधार के समानांतर है। का अपवर्तनांक प्रिज्म की सामग्री इसलिए दी गई है

$$\mu = \frac{\text{पाप में}}{\text{पाप आर}} = \frac{\frac{\mu m}{2}}{\frac{\mu e}{2}} \tag{16.16}$$

अपवर्तक सूचकांक n की गणना समीकरण का उपयोग करके की जा सकती है। (16.16) एक रंगीय या के लिए प्रकाश की एक बहुवर्णी किरण। अलग-अलग रंगों के लिए n का मान अलग-अलग होता है। यह देता है इस घटना के लिए आपतन कोण का एक अद्वितीय मान और उभरती हुई किरण सबसे चमकीली होती है।

छोटे कोण A वाले प्रिज्म के लिए i और r को छोटा रखकर हम लिख सकते हैं

$$\text{पाप } i = i, \text{ पाप } r = r, \text{ और पाप } e = e$$

इस तरह

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r_1 \quad \text{या आइंस्टीन } 1$$

भी

$$n_2 \sin i = n_3 \sin r_2 \quad \text{या इ } 2$$

इसलिए,

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r_1 = n_3 \sin r_2$$

समीकरणों में इस परिणाम का उपयोग करना। (16.17) और (16.18), हमें मिलता है

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r_1 + n_3 \sin r_2$$

या

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r_1 + n_3 \sin r_2 \quad (16.17)$$

हम जानते हैं कि n प्रकाश की तरंग दैर्घ्य पर निर्भर करता है। तो विचलन पर भी निर्भर करेगा प्रकाश की तरंग दैर्घ्य। इसीलिए $n_V > n_R$ से भिन्न है। चूंकि लाल का वेग है यदि कांच में प्रकाश बैंगनी प्रकाश से अधिक है तो लाल प्रकाश का विचलन होगा बैंगनी प्रकाश की तुलना में कम।

$$n_V > n_R$$

इसका तात्पर्य यह है कि n आर . यह पदार्थ के अपवर्तनांक में परिवर्तन के साथ होता है प्रकाश की n_V तरंगदैर्घ्य प्रकीर्णन घटना के लिए उत्तरदायी है।

16.5.3 कोणीय फैलाव और फैलाव शक्ति

किन्हीं दो तरंग दैर्घ्य (रंगों) के विचलन कोणों के बीच का अंतर है उन तरंग दैर्घ्य के लिए कोणीय फैलाव के रूप में जाना जाता है। के बीच कोणीय फैलाव लाल और बैंगनी तरंगदैर्घ्य $n_V - n_R$ है। स्पेक्ट्रम के दृश्य भाग में, तरंग दैर्घ्य पीला रंग स्पेक्ट्रम की औसत तरंग दैर्घ्य के लगभग बराबर है। के लिए विचलन इसलिए, इस रंग n_Y को सभी विचलनों का औसत माना जा सकता है।

कोणीय फैलाव और माध्य विचलन के अनुपात को फैलाव के रूप में लिया जाता है प्रिज्म के पदार्थ की शक्ति (ω):

$$\omega = \frac{\delta \delta_{\text{आर}}}{\delta_{\text{कांच}}}$$

हम इस परिणाम को समीकरण (16.17) का उपयोग करके अपवर्तक सूचकांक के रूप में व्यक्त कर सकते हैं:

$$\omega = \frac{(\mu_1) \sin(\mu - 1) \theta}{(\mu_1) \theta}$$

$$\frac{\sin \theta}{\sin \theta'} = \frac{n_2}{n_1} \quad (16.18)$$

उदाहरण 16.2

एक प्रिज्म का अपवर्तक कोण 30° है और इसका अपवर्तनांक 1.6 है। इसे परिकलित करें प्रिज्म के कारण विचलन.

समाधान :

हम वह जानते हैं $\mu = \frac{\sin i}{\sin r}$

दिए गए डेटा को प्रतिस्थापित करने पर, हमें प्राप्त होता है

$$\delta = (1.6 - 1) \sin 30^\circ = 0.6 \times 0.5 = 0.3$$

उदाहरण 16.3

कोण A के प्रिज्म के लिए, न्यूनतम विचलन कोण $A/2$ है। इसके अपवर्तनांक की गणना करें सूचकांक, जब एक रंगीय प्रकाश का उपयोग किया जाता है। दिया गया $A = 60^\circ$

समाधान :

अपवर्तनांक किसके द्वारा दिया जाता है?

$$\mu = \frac{\sin(\frac{A}{2} + \delta)}{\sin(\frac{A}{2})}$$

अब $m = \frac{A}{2}$ ताकि

$$\mu = \frac{\sin(\frac{60^\circ}{2} + \delta)}{\sin(\frac{60^\circ}{2})} = \frac{\sin(30^\circ + \delta)}{\sin 30^\circ} = \frac{\sin 30^\circ \cos \delta + \cos 30^\circ \sin \delta}{\frac{1}{2}} = 2(\sin 30^\circ \cos \delta + \cos 30^\circ \sin \delta) = 2(\frac{1}{2} \cos \delta + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \delta) = \cos \delta + \sqrt{3} \sin \delta = 1.4$$

पाठगत प्रश्न 16.5

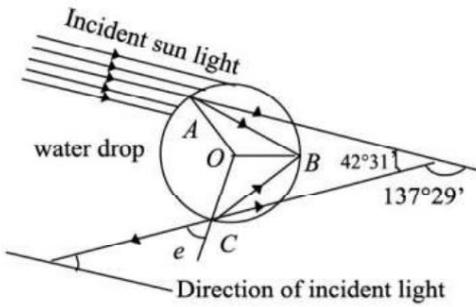
1. अधिकांश सामान्य गैसें दृश्य प्रकाश के साथ फैलाव नहीं दिखाती हैं। क्यों?
2. घटक रंगों के लिए प्रिज्म के सापेक्ष मूल्यों के बारे में आपके ज्ञान के साथ श्वेत प्रकाश बताएं कि कौन सा रंग अपनी मूल दिशा से अधिक विचलित होता है?
3. क्या फैलाव प्रिज्म के आकार और कोण पर निर्भर करता है?
4. न्यूनतम विचलन कोण होने पर समबाहु प्रिज्म के अपवर्तनांक की गणना करें प्रिज्म के कोण के बराबर है.

इंद्रधनुष निर्माण

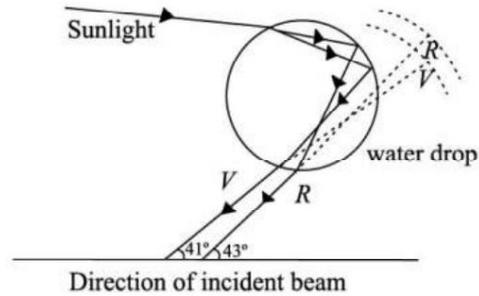
हवा में निलंबित पानी की बूंदों के माध्यम से सूरज की रोशनी का फैलाव बारिश के दिन इंद्रधनुष के रूप में प्रकृति में एक शानदार प्रभाव पैदा करता है। सूर्य के पीछे होने पर, हम एक उज्ज्वल और दूसरा धुंधला इंद्रधनुष देख सकते हैं। जो चमकीला होता है उसे प्राथमिक इंद्रधनुष कहते हैं और जो दूसरा होता है उसे द्वितीयक इंद्रधनुष कहते हैं। कभी-कभी हमें केवल एक ही इंद्रधनुष दिखाई देता है। धनुष रंगीन चापों के रूप में होते हैं जिनका उभयनिष्ठ केंद्र सूर्य और हमारी आंख को जोड़ने वाली रेखा पर स्थित होता है। इंद्रधनुष को पानी के फव्वारे में शाम या सुबह के समय भी देखा जा सकता है जब सूर्य की किरणें एक निश्चित कोण पर पानी की बूंदों पर पड़ती हैं।

प्राथमिक इंद्रधनुष

प्राथमिक इंद्रधनुष पानी की बूंद में सूर्य के प्रकाश के दो अपवर्तन और एक आंतरिक प्रतिबिंब से बनता है। (चित्र 16.18(ए) देखें)। डेसकार्टेस ने बताया कि इंद्रधनुष उन किरणों के माध्यम से देखा जाता है जिनका विचलन न्यूनतम होता है। सूर्य से आने वाली समानांतर किरणें $137^{\circ}29'$ का विचलन झेलती हैं या आपतित किरण के साथ आंख पर $42^{\circ}31'$ का कोण बनाती हैं, पानी की बूंद से निकलने के बाद, धनुष में चमकीले चमकदार रंग पैदा करती हैं। जल द्वारा प्रकीर्णन के कारण अलग-अलग रंग (लाल से बैंगनी) अपने स्वयं के चाप बनाते हैं जो धनुष के बाहरी और भीतरी किनारों पर लाल के लिए 43° और बैंगनी किरणों के लिए 41° के शंकु के भीतर स्थित होते हैं (चित्र 16.18 (बी))।



(ए) पानी की एक बूंद में एक किरण दो अपवर्तन और एक आंतरिक प्रतिबिंब झेलती है। न्यूनतम विचलन का माध्य कोण $137^{\circ}29'$ है।



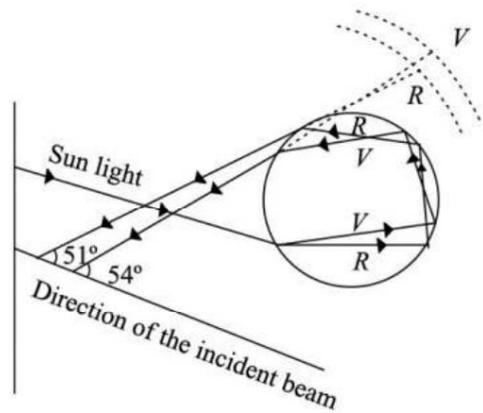
(बी) पानी की बूंद से फैलाव

चित्र 16.18

माध्यमिक इंद्रधनुष

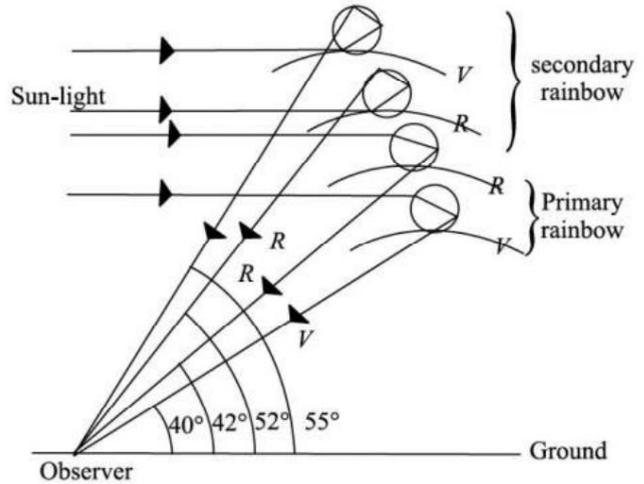
द्वितीयक इंद्रधनुष पानी की बूंद पर प्रकाश के दो अपवर्तन और दो आंतरिक परावर्तन से बनता है।

लाल और बैंगनी रंगों के लिए न्यूनतम विचलन कोण 231° हैं। और 234° . क्रमशः, इसलिए वे लाल रंग के लिए 51° और बैंगनी रंग के लिए 54° का शंकु बनाते हैं। चित्र 16.19 से स्पष्ट है कि लाल रंग धनुष के भीतरी ओर तथा बैंगनी रंग बाहरी ओर होगा।



चित्र 16.19: द्वितीयक इंद्रधनुष का निर्माण

प्राथमिक और द्वितीयक इंद्रधनुष की एक साथ उपस्थिति चित्र 16.20 में दिखाई गई है। दोनों धनुषों के बीच का स्थान अपेक्षाकृत अंधकारमय है। ध्यान दें कि द्वितीयक इंद्रधनुष प्राथमिक धनुष के ऊपर स्थित होता है।



चित्र 16.20: प्राथमिक और द्वितीयक इंद्रधनुष का एक साथ निर्माण।

16.6 वायुमंडल में प्रकाश का प्रकीर्णन

किसी साफ़ दिन में जब हम आकाश की ओर देखते हैं तो वह नीला दिखाई देता है। लेकिन बादल सफ़ेद दिखाई देते हैं।

इसी तरह, जब सूर्य की रोशनी गहनों और क्रिस्टल से होकर गुजरती है तो चमकीले रंगों का उत्पादन भी हमारा ध्यान आकर्षित करता है। आप यह जानना चाहेंगे: यह कैसे और क्यों होता है? इन परिघटनाओं को प्रकाश के प्रकीर्णन के संदर्भ में समझाया जा सकता है। सूर्य के प्रकाश के संपर्क में आने पर धूल या कण-मुक्त बेंजीन का घोल बगल से देखने पर शानदार नीला रंग देता है।

16.6.1 प्रकाश का प्रकीर्णन

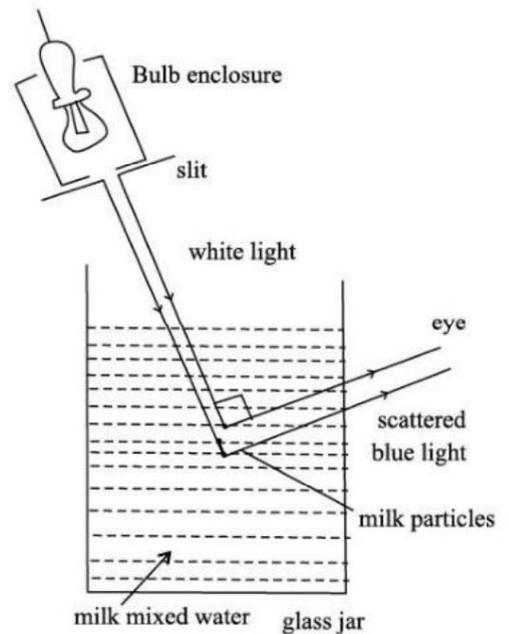
इस घटना में पदार्थ के साथ विकिरण की अंतःक्रिया शामिल है। पृथ्वी के वायुमंडल में छोटे-छोटे धूल के कण मौजूद हैं। जब सूर्य का प्रकाश इन पर पड़ता है तो वह सभी दिशाओं में फैल जाता है। इसीलिए प्रकाश उन कोनों और कोनों तक भी पहुँचता है जहाँ वह सामान्यतः स्रोत से सीधे नहीं पहुँच पाता है।

आइए एक सरल क्रियाकलाप करें।

गतिविधि 16.1

एक कांच का जार या बर्तन लें, उसमें पानी भरें और उसमें थोड़ा सा दूध मिलाएं। अब एक सफ़ेद बल्ब से प्रकाश की एक संकीर्ण किरण को उस पर पड़ने दें।

90° पर प्रकाश का निरीक्षण करें। आपको पानी के माध्यम से एक नीली किरण दिखाई देगी। इस प्रयोग से पता चलता है कि बिखरने के बाद, प्रकाश की तरंग दैर्ध्य एक निश्चित दिशा में विशिष्ट रूप से भिन्न हो जाती है। चित्र 16.21।



चित्र 16.21: दूध के कणों से प्रकाश का प्रकीर्णन

प्रकीर्णन की घटना दो चरणों वाली प्रक्रिया है: प्रकीर्णन द्वारा प्रकाश का अवशोषण और कण का प्रकीर्णन और फिर सभी संभावित दिशाओं में इसके द्वारा तत्काल पुनः उत्सर्जन।

इस प्रकार यह घटना परावर्तन से भिन्न है। प्रकीर्णित प्रकाश परावर्तन के नियमों का पालन नहीं करता है। यह ध्यान रखना महत्वपूर्ण है कि कण का आकार उस पर आपतित प्रकाश की तरंग दैर्घ्य से कम होना चाहिए। एक बड़े आकार का कण सभी तरंग दैर्घ्य को समान रूप से बिखेर देगा। प्रकीर्णित प्रकाश की तीव्रता रेले के प्रकीर्णन नियम द्वारा दी जाती है। इस नियम के अनुसार, प्रकीर्णित प्रकाश की तीव्रता उसकी तरंग दैर्घ्य की चौथी शक्ति के व्युत्क्रमानुपाती होती है:

$$I \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

यहाँ I तीव्रता है और λ प्रकीर्णित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य है। इस प्रकार, जब सफेद प्रकाश प्रकीर्णित कण पर आपतित होता है, तो नीला प्रकाश सबसे अधिक तथा लाल प्रकाश सबसे कम प्रकीर्णित होता है।

उदाहरण 16.4 जब सूर्य

का प्रकाश चिमनी के धुएं की एक पतली परत पर पड़ता है तो बिखरी हुई किरण में 3934\AA , 5890\AA और 6867\AA तरंगदैर्घ्य की तरंगें पाई जाती हैं। इनमें से कौन अधिक तीव्रता से बिखरा हुआ है?

समाधान :

प्रकीर्णित प्रकाश की तीव्रता किसके द्वारा दी जाती है?

$$I \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

चूँकि 3934\AA सबसे छोटी तरंग दैर्घ्य है, यह सबसे अधिक तीव्रता से प्रकीर्णित होगी। प्रकाश के प्रकीर्णन के आधार पर हम बता सकते हैं कि आकाश नीला, बादल सफेद और सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय सूर्य लाल क्यों दिखाई देता है।

सीवी रमन (1888 - 1970)

चन्द्र शेखर वेंकट रमन आज तक भौतिकी में नोबेल पुरस्कार (1930) प्राप्त करने वाले एकमात्र भारतीय नागरिक हैं। भौतिकी के प्रति उनका प्रेम इतना गहरा था कि उन्होंने भारतीय वित्त विभाग में एक अधिकारी की नौकरी से इस्तीफा दे दिया और कलकत्ता विश्वविद्यालय के भौतिकी विभाग में भौतिकी के पालित प्रोफेसर का पद स्वीकार कर लिया। उनके मुख्य योगदान हैं: प्रकाश के प्रकीर्णन पर रमन प्रभाव, प्रकाश का आणविक विवर्तन, झुके हुए तारों का यांत्रिक सिद्धांत, एक्स-रे का विवर्तन, संगीत वाद्ययंत्रों का सिद्धांत और क्रिस्टल का भौतिकी।



भारतीय विज्ञान संस्थान, बेंगलूर के निदेशक के रूप में और बाद में रमन रिसर्च इंस्टीट्यूट के संस्थापक निदेशक के रूप में, उन्होंने भारतीय विज्ञान के लिए महत्वपूर्ण कार्य किया और स्वतंत्रता-पूर्व काल में इसे मजबूती से स्थापित किया।

(ए) आकाश का नीला रंग: हम जानते हैं कि वायुमंडल में मौजूद हवा के अणुओं, पानी की बूंदों या धूल के कणों द्वारा प्रकाश के प्रकीर्णन को रेले के नियम के अनुसार समझाया जा सकता है। छोटी तरंगदैर्घ्य लंबी तरंगदैर्घ्य की तुलना में अधिक प्रकीर्णित होती हैं। इस प्रकार, नीली रोशनी लाल रोशनी की तुलना में लगभग छह गुना अधिक तीव्रता से बिखरती है क्योंकि नीली रोशनी की तरंग दैर्घ्य लाल की तुलना में लगभग 0.7 गुना है। प्रकीर्णित प्रकाश बैंगनी, नीले और हरे रंगों की छोटी तरंग दैर्घ्य में समृद्ध हो जाता है। आगे बिखरने पर, बैंगनी प्रकाश प्रेक्षक की आंख तक नहीं पहुंचता है क्योंकि आंख नीले और उसके पड़ोस में अन्य तरंग दैर्घ्य की तुलना में बैंगनी के प्रति तुलनात्मक रूप से कम संवेदनशील होती है। इसलिए, जब हम सूर्य से दूर आकाश को देखते हैं, तो वह नीला दिखाई देता है।

उदाहरण 16.5

ऊँचे स्थान पर उड़ रहे अंतरिक्ष यान में किसी अंतरिक्ष यात्री के लिए आकाश का रंग क्या होगा?

समाधान :

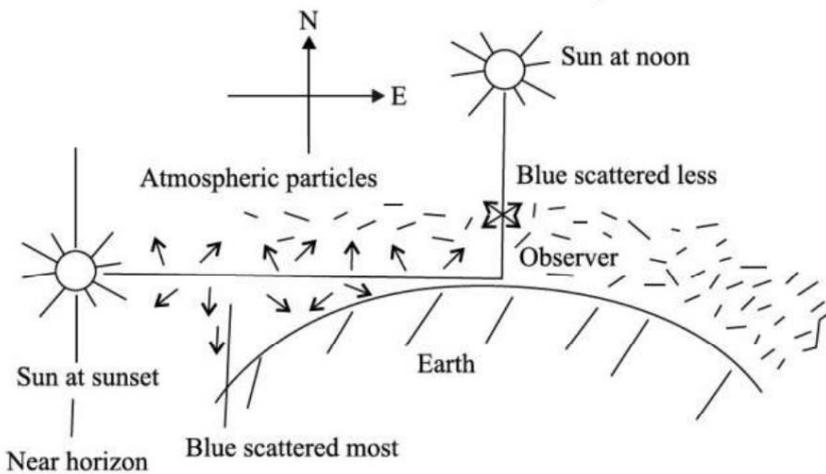
उच्च दृष्टिकोण पर, धूल के कण और वायु के अणुओं की अनुपस्थिति में, सूर्य का प्रकाश नहीं होता है बिखरा हुआ। अतः आकाश काला दिखाई देगा।

(बी) बादलों का सफेद रंग : बादल छोटी-छोटी पानी की बूंदों के संयोजन से बनते हैं जिनका आकार दृश्य प्रकाश की औसत तरंग दैर्घ्य (5000Å) से अधिक हो जाता है। ये बूंदें लगभग समान तीव्रता के साथ सभी तरंग दैर्घ्य को बिखरती हैं।

इसलिए परिणामी प्रकीर्णित प्रकाश सफेद होता है। तो, बादलों की एक पतली परत सफेद दिखाई देती है। घने बादलों के बारे में क्या?

(सी) सूर्योदय और सूर्यास्त के समय सूर्य का लाल रंग: अब हम सूर्योदय और सूर्यास्त के समय सूर्य के लाल रंग को समझने में सक्षम हैं। सुबह और शाम को जब सूर्य क्षितिज के निकट होता है, तो प्रकाश को वायुमंडल में अधिक दूरी तय करनी पड़ती है।

बैंगनी और नीले तरंग दैर्घ्य धूल के कणों और वायु अणुओं द्वारा लगभग 90° के कोण पर बिखरे हुए हैं। इस प्रकार सूर्य का प्रकाश छोटी तरंग दैर्घ्य से रहित हो जाता है और लाल रंग की लंबी तरंग दैर्घ्य प्रेक्षक तक पहुँचती है चित्र 16.22। अतः सूर्य हमें लाल दिखाई देता है।



चित्र 16.22: सूर्यास्त और सूर्योदय के समय सूर्य का लाल रंग (नीला दूर बिखरा हुआ है)

दोपहर के समय सूर्य सिर के ऊपर होता है और प्रेक्षक से इसकी दूरी तुलनात्मक रूप से कम होती है। नीला रंग भी कम बिखरता है। इसके परिणामस्वरूप सूर्य सफेद, वास्तव में, लाल रंग का दिखाई देता है।

पाठगत प्रश्न 16.6

1. घने बादल काले क्यों दिखाई देते हैं?
2. साफ़ दिन में बारिश के बाद आसमान गहरा नीला क्यों दिखाई देता है?
3. क्या आप सूर्योदय के समय सूर्य के लाल रंग को प्रदर्शित करने के लिए एक प्रयोग सुझा सकते हैं? और सूर्यास्त?
4. सैटेलाइट से ली गई तस्वीरों में आसमान में अंधेरा दिख रहा है. क्यों?

आपने क्या सीखा है

। ह्यूजेन्स तरंग सिद्धांत के अनुसार, प्रकाश तरंगग्र के रूप में फैलता है।

एल किसी भी क्षण एक ही चरण में कंपन करने वाले माध्यम के सभी कणों का स्थान समय को तरंगग्र कहते हैं

एल यदि दो प्रकाश स्रोत समान आवृत्ति, समान आयाम की प्रकाश तरंगें उत्सर्जित करते हैं और उनके बीच एक स्थिर चरण अंतर बनाए रखते हुए एक ही पथ पर चलते हैं, तो उन्हें सुसंगत कहा जाता है।

जब दो सुसंगत स्रोतों से तरंगें अध्यारोपित होती हैं, तो विभिन्न बिंदुओं पर ऊर्जा का पुनर्वितरण होता है। इसे प्रकाश का व्यतिकरण कहते हैं।

। रचनात्मक हस्तक्षेप के लिए, चरण अंतर $\Delta\phi = 2n\pi$ और विनाशकारी हस्तक्षेप के लिए, चरण अंतर $\Delta\phi = (2n + 1)\pi$ ।

किसी बाधा या छिद्र के कोनों के पास प्रकाश का झुकना विवर्तन कहलाता है
प्रकाश का।

वह घटना जिसमें प्रकाश के कंपन प्रसार की दिशा वाले एक विशेष तल में सीमित हो जाते हैं, प्रकाश का ध्रुवीकरण कहलाती है।

एल एकल तरंग दैर्ध्य या रंग के प्रकाश को एकवर्णी कहा जाता है, लेकिन सूर्य का प्रकाश, जिसमें कई रंग या तरंग दैर्ध्य होते हैं, बहुवर्णीय होता है।

एल प्रकाशिक रूप से सघन में प्रवेश करने पर प्रकाश का उसके घटक तरंग दैर्ध्य में विभाजित होना माध्यम को परिक्षेपण कहते हैं।

। एक प्रिज्म का उपयोग प्रकीर्णित प्रकाश उत्पन्न करने के लिए किया जाता है, जिसे स्क्रीन पर ले जाने पर प्रकाश बनता है स्पेक्ट्रम।

यदि आपतन और उद्भव कोण बराबर हो जाएं तो विचलन का कोण न्यूनतम होता है। इस स्थिति में, किरण उस रंग के लिए सबसे तीव्र होती है।

। छोटे कोण वाले प्रिज्म के लिए विचलन कोण और अपवर्तनांक जुड़े हुए हैं
संबंध द्वारा $n = \frac{c}{v}$ $n = \frac{c}{v}$ $n = \frac{c}{v}$ $n = \frac{c}{v}$

। इंद्रधनुष का निर्माण वर्षा की बूंदों द्वारा सूर्य के प्रकाश के निश्चित कोणों पर प्रकीर्णन से होता है
प्रत्येक रंग ताकि न्यूनतम विचलन की शर्त पूरी हो।

इंद्रधनुष दो प्रकार के होते हैं: प्राथमिक और द्वितीयक। प्राथमिक का बाहरी भाग
इंद्रधनुष लाल होता है लेकिन भीतरी भाग बैंगनी होता है। शेष रंग इनके बीच में हैं
आदेश का पालन करें (विबग्योर)। द्वितीयक में रंगों की योजना उलट जाती है
इंद्रधनुष.

आकाश का नीला रंग , बादलों का सफेद रंग और लाल रंग
सूर्योदय और सूर्यास्त के समय सूर्य प्रकाश के प्रकीर्णन के कारण होता है। बिखराव की तीव्रता

□ □ प्रकाश तरंग दैर्ध्य की चौथी शक्ति के व्युत्क्रमानुपाती होता है

$$\square \square \frac{1}{4} \square \square \square$$

इसे रेले का नियम कहते हैं। अतः नीला रंग लाल की अपेक्षा अधिक प्रकीर्णित होता है।

टर्मिनल व्यायाम

1. प्रकाश की प्रकृति का वर्णन करने वाले सिद्धांतों को संक्षेप में समझाइये।
2. तरंगाग्र क्या है? के सापेक्ष प्रकाश की किरण की दिशा क्या है?
संबद्ध तरंगाग्र? ह्यूजेन्स के सिद्धांत को बताएं और इसके प्रसार की व्याख्या करें
प्रकाश तरंगों।
3. ह्यूजेन्स के तरंग सिद्धांत के आधार पर परावर्तन के नियम प्राप्त करें।
4. तरंगों के अध्यारोपण का सिद्धांत क्या है? प्रकाश के व्यतिकरण को समझाइये।
5. व्यतिकरण उत्पन्न करने के लिए यंग के डबल स्लिट प्रयोग का वर्णन करें। एक अभिव्यक्ति निकालें
व्यतिकरण फ्रिंजों की चौड़ाई के लिए.
6. यंग के डबल स्लिट में प्राप्त व्यतिकरण पैटर्न का क्या होगा
प्रयोग कब करें
(i) एक स्लिट बंद है
(ii) प्रयोग हवा के बजाय पानी में किया जाता है
(iii) हरे प्रकाश स्रोत के स्थान पर पीले प्रकाश स्रोत का उपयोग किया जाता है
(iv) दोनों स्लिटों के बीच अलगाव धीरे-धीरे बढ़ता है
(v) एकवर्णी प्रकाश के स्थान पर श्वेत प्रकाश का प्रयोग किया जाता है
(vi) स्लिट और स्क्रीन के बीच अलगाव बढ़ जाता है
(vii) दो स्लिट्स को थोड़ा करीब ले जाया गया है
(viii) प्रत्येक स्लिट की चौड़ाई बढ़ जाती है।
7. यंग के प्रायोगिक सेट-अप में, स्लिट पृथक्करण 2 मिमी और बीच की दूरी है
स्लिट और अवलोकन स्क्रीन 100 सेमी है। के बीच पथ अंतर की गणना करें
तरंगों उस बिंदु से 5 सेमी दूर एक बिंदु पर पहुंचती हैं जहां रेखा विभाजित होती है
स्लिट्स स्क्रीन को छूते हैं।
8. ह्यूजेन्स के निर्माण की सहायता से विवर्तन की घटना की व्याख्या करें।

9. आप यह कैसे प्रदर्शित करेंगे कि प्रकाश तरंगों प्रकृति में अनुप्रस्थ होती हैं?
10. ध्रुवीकृत और अध्रुवीकृत रोशनी के बीच अंतर बताएं।
11. ब्रूस्टर का नियम बताएं और समझाएं।
12. किसी माध्यम का ध्रुवण कोण 60° होता है। अपवर्तनांक की गणना करें।
13. 1.42 अपवर्तनांक वाले पदार्थ के लिए, उस पर आपतित अध्रुवित प्रकाश किरण के लिए ध्रुवीकरण कोण की गणना करें।
14. एक प्रिज्म के लिए, दिखाएँ कि $i + e = A + \delta$ ।
15. क्या आप विक्षेपण उत्पन्न करने के लिए छोटे कोण वाला या बड़े कोण वाला प्रिज्म पसंद करेंगे? क्यों?
16. किस स्थिति में प्रिज्म द्वारा उत्पन्न विचलन सीधे उसके अपवर्तनांक के समानुपाती होता है?
17. स्पष्ट कीजिए कि ऊंचे समुद्रों पर समुद्र का पानी नीला क्यों दिखाई देता है।
18. 60° कांच के प्रिज्म के लिए न्यूनतम विचलन कोण 39° है। कांच के अपवर्तनांक की गणना करें।
19. एक क्राउन ग्लास द्वारा लाल, पीले और बैंगनी रंगों के लिए उत्पन्न विचलन क्रमशः 2.84° , 3.28° और 3.72° हैं। कांच सामग्री की फैलाव शक्ति की गणना करें।
20. निम्नलिखित डेटा के लिए प्लिंट ग्लास की फैलाव शक्ति की गणना करें: $n_C = 1.6444$, $n_D = 1.6520$, $n_F = 1.6637$, जहाँ C, D और F फ्रौनहोफर नामकरण हैं।
21. एक लेंस को उनके आधारों के साथ रखे गए दो प्रिज्मों के संयोजन के रूप में देखा जा सकता है। क्या हम लेंस का उपयोग करके फैलाव देख सकते हैं? आपने जवाब का औचित्य साबित करें।
22. मनुष्य की आंख में उत्तल लेंस होता है। क्या हम बिना सहायता प्राप्त आंखों से फैलाव देखते हैं?

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

16.1

1. एक दूसरे के लंबवत ($\delta = \delta/2$)
2. $\frac{1}{2}$

16.2

1. तरंगों के आयाम और उनके बीच चरण अंतर पर।
2. जब दो सुपरपोज़िंग बीम के बीच चरण अंतर एक अभिन्न गुणक होता है 2π का, हम रचनात्मक हस्तक्षेप प्राप्त करते हैं।
3. नहीं, ऐसा इसलिए है क्योंकि प्रकाश के दो स्वतंत्र स्रोत अलग-अलग तरंग दैर्ध्य, आयाम के साथ प्रकाश तरंगें उत्सर्जित करेंगे और तरंगों के दो सेटों में निरंतर चरण संबंध नहीं होगा। प्रकाश के ऐसे स्रोतों को असंगत स्रोत कहा जाता है। प्रकाश के हस्तक्षेप को देखने के लिए, प्रकाश के स्रोतों को सुसंगत होना चाहिए। जब प्रकाश तरंगें दो असंगत स्रोतों से आ रही हैं, तो स्क्रीन पर वे बिंदु जहाँ दो शिखर हैं

या दो गर्त एक क्षण में चमक उत्पन्न करने के लिए अध्यारोपित हो सकते हैं, दूसरे क्षण में, एक स्रोत से तरंग का शिखर और दूसरे से गर्त प्राप्त कर सकते हैं और अंधकार उत्पन्न कर सकते हैं। इस प्रकार, यदि पिनहोल S1 और S2 को दो गरमागरम प्रकाश बल्बों से बदल दिया जाए तो पूरी स्क्रीन समान रूप से प्रकाशित दिखाई देगी।

4. सुसंगत स्रोतों से तरंगें उत्सर्जित होनी चाहिए

(ए) समान आवृत्ति और तरंग दैर्ध्य की

(बी) चरण में या स्थिर चरण अंतर वाला

(सी) समान आयाम और अवधि।

नहीं, हमारी आंखें प्रकाश के सुसंगत स्रोत के रूप में कार्य नहीं कर सकती हैं। सुसंगत स्रोत आम तौर पर प्रकाश स्रोतों को संदर्भित करते हैं जो लगातार चरण संबंध के साथ तरंगों का उत्सर्जन करते हैं, जैसे लेजर या कुछ प्रकार के प्रकाश स्रोत। मानव आँख सुसंगत प्रकाश तरंगों का उत्सर्जन करने के लिए डिज़ाइन नहीं की गई है; बल्कि, यह प्रकाश प्राप्त करने और उसका पता लगाने के लिए डिज़ाइन किया गया एक अंग है।

16.3

1. हाँ

2. हस्तक्षेप दो अलग-अलग माध्यमिक स्रोतों से निकलने वाली माध्यमिक तरंगों का सुपरपोजिशन है जबकि विवर्तन एक ही तरंगफ्रंट के विभिन्न हिस्सों से निकलने वाली माध्यमिक तरंगों का सुपरपोजिशन है।

3. तरंगिकाओं के बीच बढ़ते पथ अंतर के कारण।

16.4

1. हाँ। क्योंकि अनुदैर्ध्य तरंग में कंपन की दिशा तरंग की गति की दिशा के समान होती है।

2. नहीं.

3. 90° या 270°

4. नहीं.

16.5

1. अधिकांश सामान्य गैसों में दृश्य प्रकाश की विभिन्न तरंग दैर्ध्य की तरंगों के प्रसार का वेग लगभग समान होता है। इसलिए, वे दृश्य प्रकाश को फैलाते नहीं हैं।

इनका अपवर्तनांक भी 1 के बहुत करीब होता है।

2. बैंगनी, क्योंकि $n_r > n_v$ और लाल प्रकाश का वेग प्रकाशिक रूप से सघन माध्यम के अंदर बैंगनी प्रकाश की तुलना में अधिक होता है।

3. हाँ

4.
$$\frac{\text{पाप } 60}{\text{पाप } 30} = \sqrt{3} \approx 1.732$$

16.6

1. यह सूर्य के प्रकाश को अवशोषित करता है
2. यह धूल के कणों और पानी के बड़े अणुओं से साफ़ हो जाता है। अब बिखराव रैले के नियम के अनुसार सख्ती से होता है।
3. हम सोडियम थायोसल्फेट घोल को एक गोल तले वाले फ्लास्क में ले सकते हैं और एक छोटा सा घोल डाल सकते हैं सल्फ्यूरिक एसिड की मात्रा। इस विलयन को उच्च शक्ति के बल्ब से प्रकाशित करने पर, हम सूर्योदय और सूर्यास्त के समय सूर्य के रंग जैसा परिदृश्य देख सकते हैं।
4. बहुत अधिक ऊंचाई पर सूर्य के प्रकाश के प्रकीर्णन का कोई केंद्र (कण) मौजूद नहीं होता है। इसलिए आकाश अंधकारमय दिखाई देता है।

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

7. 0.1 मिमी
12. 1.73
13. 54°
18. 1.5
19. 0.27
20. 0.03



विद्युत शुल्क और

खेत

परिचय

अब तक आपने मैकेनिकल, थर्मल और ऑप्टिकल सिस्टम और उनके द्वारा प्रदर्शित विभिन्न घटनाओं के बारे में सीखा है। हमारे दैनिक जीवन में बिजली का महत्व बहुत स्पष्ट है।

हम जिन भौतिक सुख-सुविधाओं का आनंद लेते हैं और दैनिक जीवन में उपयोग किए जाने वाले विभिन्न उपकरण विद्युत ऊर्जा की उपलब्धता पर निर्भर करते हैं। विद्युत शक्ति की विफलता सीधे तौर पर विद्युत और चुंबकीय घटनाओं पर हमारी निर्भरता को दर्शाती है; लाइटें बंद हो जाती हैं, गर्मियों में पंखे, कूलर और एयर कंडीशनर और सर्दियों में हीटर और गीजर काम करना बंद कर देते हैं। इसी तरह रेडियो, टीवी, कंप्यूटर, माइक्रोवेव भी नहीं चलाए जा सकेंगे। पानी के पंप चलना बंद हो जाते हैं और खेतों की सिंचाई नहीं हो पाती है।

बिजली गुल होने से ट्रेन सेवाएं भी प्रभावित हो रही हैं। औद्योगिक इकाइयों में मशीनें नहीं चलाई जा सकेंगी। संक्षेप में, जीवन लगभग रुक जाता है, कभी-कभी जनता का गुस्सा भी भड़क उठता है।

इसलिए, विद्युत और चुंबकीय घटनाओं का अध्ययन करना अत्यंत महत्वपूर्ण है।

इस पाठ में, आप दो प्रकार के विद्युत आवेशों, विभिन्न परिस्थितियों में उनके व्यवहार, उनके बीच कार्य करने वाले बलों, आसपास के स्थान के व्यवहार आदि के बारे में जानेंगे। मोटे तौर पर, हम भौतिकी की उस शाखा का अध्ययन करना चाहते हैं जो विद्युत से संबंधित है आराम पर आरोप। इस शाखा को इलेक्ट्रोस्टैटिक्स कहा जाता है।

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

एल विद्युत आवेशों के मूल गुणधर्म बता सकेंगे; मैं आवेश के परिमाणीकरण

और संरक्षण की अवधारणाओं को समझा सकूंगा; विद्युत आवेशों के बीच कूलम्ब के बल के नियम की व्याख्या

कर सकेंगे ; आराम पर एक बिंदु आवेश के कारण विद्युत क्षेत्र को परिभाषित करना और बल की

विद्युत रेखाएँ खींचना ; मैं विद्युत द्विध्रुव, द्विध्रुव आघूर्ण और किसी द्विध्रुव के कारण विद्युत क्षेत्र को परिभाषित कर सकूंगा; और मैं गॉस

प्रमेय को बताऊंगा और एक बिंदु आवेश और एक लंबे आवेशित तार के कारण विद्युत क्षेत्र के लिए व्यंजक प्राप्त करूंगा।

17.1 घर्षणात्मक विद्युत

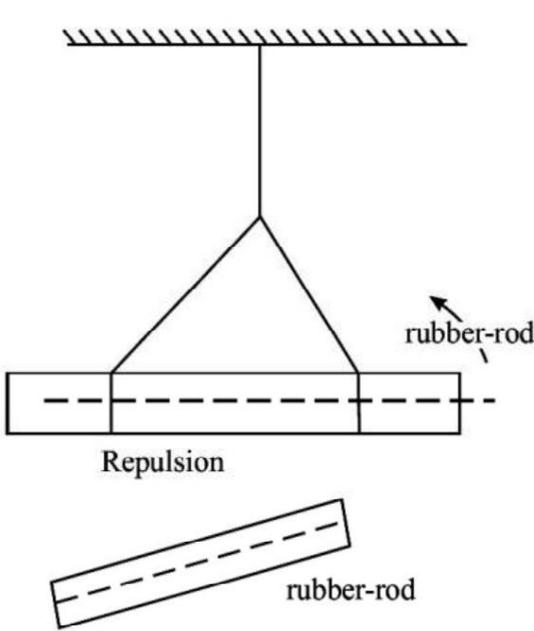
प्राचीन यूनानियों ने 600 ईसा पूर्व में विद्युत और चुंबकीय घटनाएं देखी थीं

उन्होंने पाया कि एम्बर का एक टुकड़ा, जब रगड़ा जाता है, विद्युतीकृत हो जाता है और पंखों के छोटे टुकड़ों को आकर्षित करता है। इलेक्ट्रिक शब्द ग्रीक शब्द एम्बर से आया है जिसका अर्थ है इलेक्ट्रॉन।

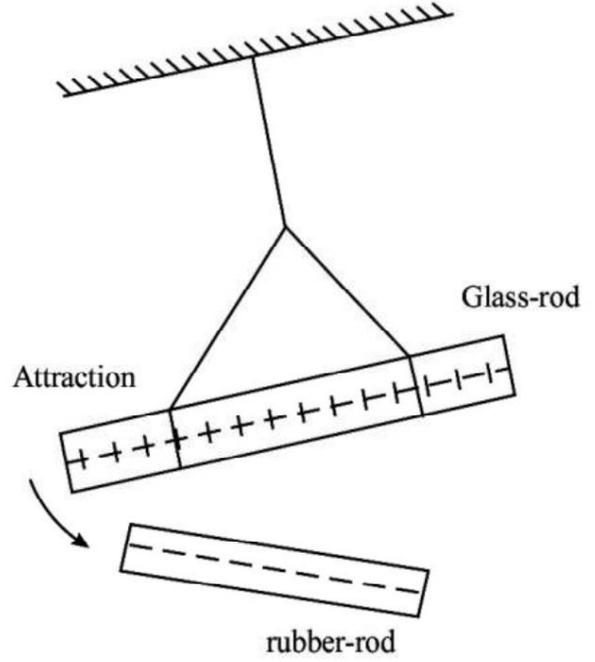
आप उनके बीच आवेशों और बलों के अस्तित्व को प्रदर्शित करने के लिए सरल गतिविधियाँ कर सकते हैं। यदि आप अपने सूखे बालों में कंधी चलाते हैं, तो आप देखेंगे कि कंधी कागज के छोटे-छोटे टुकड़ों को आकर्षित करने लगती है। क्या आप जानते हैं कि यह कैसे होता है? आइए इसका कारण समझने के लिए दो सरल प्रयोग करें।

गतिविधि 17.1

एक कठोर रबर की छड़ लें और इसे फर या ऊन से रगड़ें। इसके बाद आप एक कांच की छड़ लें और उसे रेशम से रगड़ें। जैसा कि चित्र 17.1 और चित्र 17.2 में दिखाया गया है, उन्हें (रबर की छड़ और कांच की छड़ को) अधातु धागों की सहायता से अलग-अलग लटकाएँ।



चित्र 17.1: आकर्षण बल



चित्र 17.2: प्रतिकर्षण बल

17.1 एक आवेशित रबर की छड़ दूसरी आवेशित रबर की छड़ को प्रतिकर्षित करती है: समान आवेश एक दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं; और 17.2 एक आवेशित कांच की छड़ आवेशित रबर की छड़ को आकर्षित करती है: विपरीत आवेश एक दूसरे को आकर्षित करते हैं।

अब ऊन से रगड़ी हुई रबर की छड़ को एक-एक करके इन छड़ों के पास लाएँ। आप क्या करते हैं निरीक्षण? आप उसका अवलोकन करेंगे

जब एक आवेशित रबर की छड़ को आवेशित (निलंबित) रबर की छड़ के पास लाया जाता है, तो वे प्रतिकर्षण दिखाएँ (चित्र 17.1); और

जब आवेशित रबर की छड़ को (निलंबित) आवेशित कांच की छड़ के पास लाया जाता है, तो वे आकर्षण दिखाएँ (चित्र 17.2)।

आवेशित कांच की छड़ लाने पर भी ऐसे ही परिणाम प्राप्त होंगे।

इन अवलोकनों के आधार पर हम ऐसा कह सकते हैं

। एक आवेशित रबर की छड़ आवेशित कांच की छड़ को आकर्षित करती है लेकिन आवेशित रबर की छड़ को प्रतिकर्षित करती है।

। एक आवेशित कांच की छड़ आवेशित कांच की छड़ को प्रतिकर्षित करती है लेकिन आवेशित रबर की छड़ को आकर्षित करती है।

इन गतिविधियों से हम यह अनुमान लगा सकते हैं कि रबर की छड़ ने एक प्रकार की बिजली प्राप्त कर ली है और कांच की छड़ ने दूसरी तरह की बिजली प्राप्त कर ली है। इसके अलावा, समान आवेश प्रतिकर्षित करते हैं और विपरीत आवेश एक दूसरे को आकर्षित करते हैं।

फ्रैंकलिन (बेंजामिन फ्रैंकलिन, 1706-1790) ने सुझाव दिया कि कांच की छड़ पर आवेश को धनात्मक और रबर की छड़ पर आवेश को ऋणात्मक कहा जाना चाहिए। हम तब से इस परिपाटी का पालन कर रहे हैं।

एक बार जब कोई पिंड घर्षण द्वारा आवेशित हो जाता है, तो इसका उपयोग अन्य संवाहक पिंडों को चालन द्वारा चार्ज करने के लिए किया जा सकता है, अर्थात्, आवेशित पिंड को एक अनावेशित पिंड से स्पर्श करके; और इंडक्शन, यानी, चार्ज किए गए शरीर को एक अनचार्ज कंडक्टर के करीब लाकर और इसे अर्थिंग करके। इसके बाद, चार्ज बॉडी और अर्थिंग को एक साथ हटा दिया जाता है।

चार्ज का संरक्षण

गतिविधि 17.1 में आपने देखा कि जब कांच की छड़ को रेशम से रगड़ा जाता है, तो छड़ धनात्मक आवेश प्राप्त कर लेती है और रेशम ऋणात्मक आवेश प्राप्त कर लेता है। चूँकि सामान्य अवस्था में दोनों सामग्रियाँ तटस्थ (कोई आवेश नहीं) होती हैं, कांच की छड़ पर धनात्मक आवेश रेशम पर ऋणात्मक आवेश के परिमाण के बराबर होना चाहिए। इसका मतलब है कि सिस्टम का कुल चार्ज (कांच + रेशम) संरक्षित है। चार्ज न तो बनता है और न ही नष्ट होता है। इसे केवल सिस्टम के एक निकाय से दूसरे निकाय में स्थानांतरित किया जाता है। कांच की छड़ को रगड़ने पर सिस्टम की तापीय ऊर्जा में वृद्धि के कारण आवेशों का स्थानांतरण होता है; कांच की छड़ से कम मजबूती से बंधे इलेक्ट्रॉन रेशम में स्थानांतरित हो जाते हैं। कांच की छड़ (इलेक्ट्रॉनों की कमी) धनात्मक रूप से आवेशित हो जाती है और रेशम, जिसमें अब अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं, ऋणात्मक रूप से आवेशित हो जाता है। जब रबर को फर से रगड़ा जाता है, तो फर से इलेक्ट्रॉन रबर में स्थानांतरित हो जाते हैं। अर्थात्, रबर ऋणात्मक आवेश प्राप्त करता है और फर समान मात्रा में धनात्मक आवेश प्राप्त करता है। किसी अन्य प्रकार का चार्ज (पॉजिटिव और नेगेटिव के अलावा) आज तक नहीं पाया गया है।

चार्ज का परिमाणीकरण

1909 में, मिलिकन (रॉबर्ट मिलिकन, 1886-1953) ने प्रयोगात्मक रूप से साबित किया कि चार्ज हमेशा चार्ज की मौलिक इकाई के कुछ अभिन्न गुणक के रूप में होता है, जिसे एक इलेक्ट्रॉन पर चार्ज के रूप में लिया जाता है। इसका मतलब यह है कि यदि Q किसी वस्तु पर आवेश है, तो इसे $Q = Ne$ के रूप में लिखा जा सकता है, जहां N एक पूर्णांक है और e एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश है। तब हम कहते हैं कि आवेश परिमाणित है। इसका मतलब है कि किसी आवेशित वस्तु में $2.5 e$ या $6.4 e$ मात्रा का आवेश नहीं हो सकता है।

परमाणु भौतिकी में आप सीखेंगे कि एक इलेक्ट्रॉन पर चार्ज $-e$ होता है और एक प्रोटॉन पर चार्ज $+e$ होता है। न्यूट्रॉन पर कोई आवेश नहीं होता। प्रत्येक परमाणु में इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन की संख्या समान होती है और इसीलिए यह तटस्थ होता है। इस चर्चा से, हम निम्नलिखित निष्कर्ष निकाल सकते हैं:

। प्रकृति में केवल दो प्रकार के आवेश होते हैं; सकारात्मक और नकारात्मक।

एल चार्ज संरक्षित है। चार्ज को न तो बनाया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है, बल्कि चार्ज को स्थानांतरित किया जा सकता है एक शरीर से दूसरे शरीर में।

एल चार्ज परिमाणित है। आवेश प्रकृति में निरंतर नहीं होता है। यह केवल निश्चित मात्रा में ही हो सकता है आवेश की मात्रा $Q = Ne$ के आधार पर संभव है

$$\text{जैसे } Q_1 = 1 \times$$

$$1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C } Q_2 = 2 \times 1.6 \times 10^{-}$$

$$19 = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C } Q_3 = 3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 4.8$$

$$\times 10^{-19} \text{ सी इत्यादि। आरोपों के मध्यवर्ती मूल्य}$$

जैसे 2×10^{-19} सी, 3×10^{-19} सी या 4×10^{-19} सी इत्यादि संभव नहीं हैं।

पाठगत प्रश्न 17.1

- एक कांच की छड़ को रेशमी कपड़े से रगड़ने पर $q = +3.2 \times 10^{-17} \text{ C}$ आवेश प्राप्त हो जाता है।
 - क्या रेशमी कपड़े पर भी शुल्क लगता है?
 - रेशमी कपड़े पर आवेश की प्रकृति और परिमाण क्या है?
- दो समान धात्विक गोले A और B हैं। A को + Q आवेश दिया गया है। दोनों फिर गोले संपर्क में आते हैं और फिर अलग हो जाते हैं।
 - क्या B पर कोई आरोप लगेगा?
 - यदि संपर्क में आने पर B आवेशित हो जाए तो उस पर आवेश का परिमाण क्या होगा? के साथ।
- एक आवेशित वस्तु का मान $q = 4.8 \times 10^{-16} \text{ C}$ है। मूल आवेश की कितनी इकाइयाँ होती हैं? वहाँ वस्तु पर? ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ सी लें}$)।

17.2 कूलम्ब का नियम

आपने सीखा है कि दो स्थिर आवेश या तो एक दूसरे को आकर्षित करते हैं या प्रतिकर्षित करते हैं। उनके बीच आकर्षण या प्रतिकर्षण की शक्ति उनकी प्रकृति पर निर्भर करती है। कूलम्ब ने इस बल की प्रकृति का अध्ययन किया और 1785 में इसे नियंत्रित करने वाला एक मौलिक कानून स्थापित किया। प्रायोगिक अवलोकनों से, उन्होंने दिखाया कि कुछ दूरी r पर रखे गए दो स्थिर बिंदु आवेशों q_1 और q_2 के बीच विद्युत बल है

- उनके आवेशों के गुणनफल के सीधे आनुपातिक q_1, q_2 ; - उनके बीच की दूरी r के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती;
 - दो आवेशित कणों को जोड़ने वाली रेखा के अनुदिश निर्देशित; और
 - एक ही तरह के आरोपों के लिए प्रतिकारक और विपरीत आरोपों के लिए आकर्षक।
- बल F का परिमाण तब इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है

$$F = k \frac{q_1 \times q_2}{r^2} \tag{17.1}$$

खाली जगह के लिए हम लिखते हैं

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 q_2}{r^2} \tag{17.2}$$

जहाँ आनुपातिकता का स्थिरांक $k = 4\pi\epsilon_0$ है

$$\frac{1}{0} \text{ मुक्त स्थान (वैक्यूम) और के लिए } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \text{ एक के लिए}$$

सामग्री माध्यम. ϵ_0 को मुक्त स्थान की परमिटिविटी कहा जाता है और ϵ को माध्यम की परमिटिविटी कहा जाता है। इसका मतलब है कि किसी भौतिक माध्यम में रखे गए आवेशों की समान प्रणाली के लिए, कूलम्ब बल का परिमाण मुक्त स्थान में रखे गए आवेशों से भिन्न होगा।

स्थिरांक k का एक मान होता है जो इसमें शामिल मात्राओं की इकाइयों पर निर्भर करता है। SI प्रणाली में आवेश की इकाई कूलॉम (C) है। कूलम्ब को धारा की इकाई के रूप में परिभाषित किया जाता है, जिसे एम्पीयर कहा जाता है। (इसके बारे में आप बाद में जानेंगे।) इकाइयों की SI प्रणाली में k का मान होता है

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{\text{एन एम}^2}{\text{सी}^2} \quad (17.3)$$

चूँकि $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$.

इस प्रकार बल के संदर्भ में, एक कूलॉम आवेश को इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है: यदि एक मीटर द्वारा अलग किए गए दो समान आवेश $9 \times 10^9 \text{ N}$ के बल का अनुभव करते हैं, तो प्रत्येक आवेश का परिमाण एक कूलॉम होता है। इलेक्ट्रॉनिक चार्ज e का मान $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ है। ध्यान दें

। कूलम्ब का नियम भी न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियम की तरह एक व्युत्क्रम वर्ग नियम है,

एल कूलम्ब का नियम केवल बिंदु आवेशों के लिए लागू होता है।

एल कूलम्ब का बल यांत्रिक बल के विपरीत, दूरी पर कार्य करता है।

एक कूलम्ब कितना बड़ा होता है?

विद्युत आवेश की इकाई कूलॉम है। क्या आपने कभी सोचा है: कूलॉम कितना बड़ा होता है? इसे जानने के लिए, आइए एक दूसरे से एक मीटर की दूरी पर रखे गए दो आवेशों, प्रत्येक एक कूलॉम, के बीच बल के परिमाण की गणना करें:

$$\begin{aligned} |F| &= k_e \times \frac{q_1 \times q_2}{r^2} \\ &= 9.0 \times 10^9 \times \frac{1 \times 1}{1^2} \\ &= 9.0 \times 10^9 \approx 10^{10} \text{ एन} \end{aligned}$$

यदि भरी हुई यात्री बस का द्रव्यमान 5000 किलोग्राम है, तो इसका वजन $mg = (5000 \times 10) \text{ N}$ (मान लें $g \approx 10 \text{ m s}^{-2}$) $= 5 \times 10^4 \text{ N}$ ।

मान लीजिए कि दिल्ली में ऐसी 10,000 भरी हुई बसें हैं। इन सभी बसों का कुल वजन $5 \times 10^4 \times 10,000 = 5 \times 10^8 \text{ N}$ होगा। यदि 10 शहरों में दिल्ली जितनी ही बसें हैं, तो इन सभी भरी हुई बसों का कुल वजन $5 \times 10^9 \text{ N}$ होगा। इसका मतलब है कि दो आवेशों, प्रत्येक 1 C का और मीटर से अलग होने के बीच का बल लगभग दो लाख बसों के वजन के बराबर है, प्रत्येक का द्रव्यमान 5000 किलोग्राम है।

एक कूलम्ब आवेश में कितने इलेक्ट्रॉन होते हैं?

क्यू = 1 सी

एन = ?

ई = 1.6×10^{-19} सी

क्यू=ने

1सी = एन $\times 1.6 \times 10^{-19}$

$$E_n = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{1 \times 10^{19}}{1.6}$$

$$E_n = \frac{10}{1.6} \times 10^{18}$$

$$E_n = \frac{100}{16} \times 10^{18}$$

$$E_n = 6.25 \times 10^{18}$$

$$n = 625 \times 10^{16} \text{ इलेक्ट्रॉन}$$

क्या कूलम्ब एक इलेक्ट्रॉन का बड़ा आवेश या आवेश है?

चार्ल्स ऑगस्टिन डी कूलम्ब (1736-1806)



एक फ्रांसीसी भौतिक विज्ञानी, कूलम्ब ने अपना करियर वेस्ट इंडीज में सैन्य इंजीनियर के रूप में शुरू किया। उन्होंने एक मरोड़ वाले संतुलन का आविष्कार किया और इसका उपयोग आवेशों और चुम्बकों के बीच परस्पर क्रिया बलों की प्रकृति को निर्धारित करने के लिए प्रयोग करने के लिए किया। उन्होंने इन प्रयोगों के परिणामों को कूलम्ब के इलेक्ट्रोस्टैटिक्स के नियम और कूलम्ब के मैग्नेटोस्टैटिक्स के नियम के रूप में प्रस्तुत किया। चार्ज की एसआई इकाई का नाम उनके सम्मान में रखा गया है।

अब आप जानते हैं कि दो बिंदु आवेशों q_1 और q_2 के बीच दूरी r से अलग होने पर, जब उन्हें मुक्त स्थान (वैक्यूम) और भौतिक माध्यम में रखा जाता है, तो उनके बीच बलों का अनुपात $\frac{1}{\epsilon}$ के बराबर होता है :

$$\frac{\text{एफ (निर्वात में) } \epsilon}{\text{एफ (माध्यम में) } \epsilon} = \frac{\epsilon_0}{\epsilon}$$

कहाँ ϵ सापेक्ष पारगम्यता या ढांकता हुआ स्थिरांक के रूप में जाना जाता है। इसका मान सदैव होता है एक से अधिक. हम बाद में ढांकता हुआ स्थिरांक को दूसरे रूप में परिभाषित करेंगे।

कूलम्ब के नियम का सदिश रूप

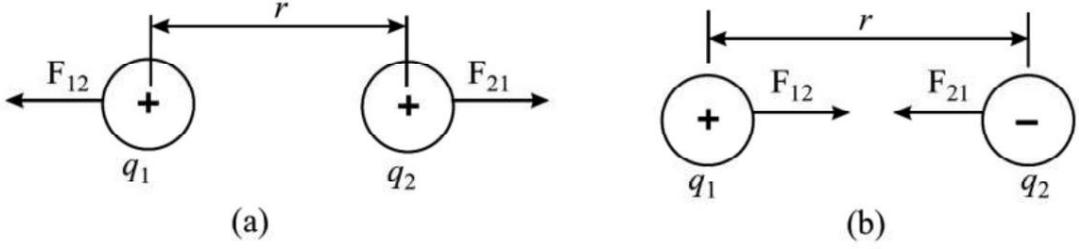
आप जानते हैं कि बल एक सदिश राशि है। इसका मतलब है कि दो आवेशों के बीच लगने वाले बल को भी एक वेक्टर के रूप में दर्शाया जाना चाहिए। अर्थात्, समीकरण (17.1) को सदिश रूप में व्यक्त किया जाना चाहिए।

मान लीजिए कि दो बिंदु आवेश q_1 और q_2 हैं जो दूरी r से अलग हैं (चित्र 17.3)। मान लीजिए कि F_{12} आवेश q_2 के कारण q_1 पर लगने वाले बल को दर्शाता है और F_{21} आवेश q_1 के कारण q_2 पर लगने वाले बल को दर्शाता है। हम q_1 से q_2 तक इंगित करने वाले इकाई वेक्टर को \hat{r} चित्र 17.3 (a) द्वारा निरूपित करते हैं, यह इस प्रकार है कि

$$\hat{r}_{12} = \frac{\text{व्युक्त } \hat{r}_{12}}{|\text{अर } 12|} \quad (17.4)$$

इसी प्रकार, चित्र 17.3 (बी) में दिखाए गए चारेग के लिए, हम लिख सकते हैं

$$F_{21} = k_e \times \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \quad (17.5)$$



चित्र 17.3: दो बिंदु आवेश q_1 और q_2 दूरी r से अलग हैं:
 (ए) दो सकारात्मक आवेशों के बीच प्रतिकर्षण बलों की दिशा, और
 (बी) धनात्मक और ऋणात्मक आवेश के बीच आकर्षण बल की दिशा।

समीकरण में सकारात्मक संकेत. (17.4) इंगित करता है कि बल प्रतिकारक और नकारात्मक है समीकरण में साइन इन करें. (17.5) इंगित करता है कि बल आकर्षक है (आकर्षक बल के लिए -ve चिह्न)।

कूलम्ब का नियम दो आवेशों के बीच क्रिया और प्रतिक्रिया के सिद्धांत का पालन करता है q_1 और q_2 . इसलिए,

$$F_{12} = -F_{21} \quad (17.6)$$

सामान्य तौर पर, हम दो आवेशों के बीच बल के लिए अभिव्यक्ति को इस प्रकार लिख सकते हैं

$$F_{12} = k_e \times \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \quad (17.7)$$

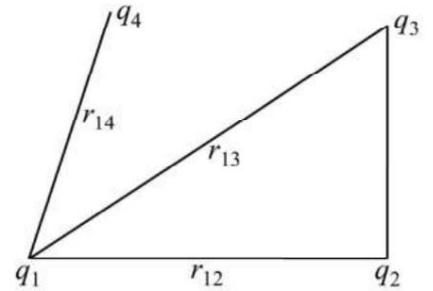
सुपरपोजीशन का सिद्धांत

यदि दो से अधिक आवेश हैं, तो हम किन्हीं दो आवेशों के बीच बल की गणना कर सकते हैं समीकरण का उपयोग करना। (17.7). अब मान लीजिए कि कई आवेश q_1, q_2, q_3, q_4 आदि हैं। बल अन्य सभी आवेशों के कारण q_1 पर लगने वाला प्रभाव समीकरण द्वारा दिया गया है। (17.7):

$$F_{12} = k_e \times \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$$F_{13} = k_e \times \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2}$$

और $F_{14} = k_e \times \frac{q_1 q_4}{r_{14}^2} \quad (17.8)$



चित्र 17.4: का सिद्धांत superposition

इन सभी बलों का परिणाम, यानी, q_1 द्वारा अनुभव किया गया कुल बल F उनका वेक्टर है जोड़:

$$F = F_{12} + F_{13} + F_{14} + \dots \quad (17.9)$$

सुपरपोजीशन के सिद्धांत के रूप में जाना जाता है।

उदाहरण 17.1

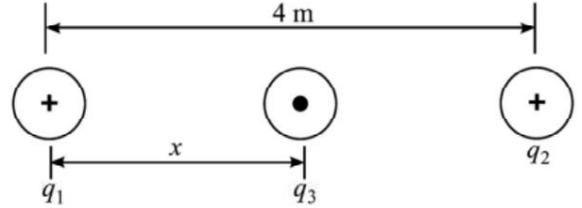
एक आवेश $+q_1 = 12C$ दूसरे आवेश $+q_2 = 6C$ से 4.0 मीटर की दूरी पर रखा गया है, जैसा चित्र 17.5 में दिखाया गया है। q_1 और q_2 को मिलाने वाली रेखा पर ऋणात्मक आवेश q_3 कहाँ रखा जाना चाहिए ताकि आवेश q_3 पर कोई बल न लगे?

समाधान :

मान लीजिए q_3 को q_1 और q_2 के बीच q_1 से x मीटर की दूरी पर रखा गया है। (यह आसानी से देखा जा सकता है कि q_3 को q_1 के बाईं ओर या q_2 के दाईं ओर या q_1 और q_2 को जोड़ने वाली रेखा के अलावा किसी अन्य स्थान पर रखने पर, परिणामी बल शून्य नहीं हो सकता है।) पर लगाया गया बल q_3 बटा q_1 होगा

$$F_{31} = k \frac{q_1 q_3}{x^2} \text{ } q \text{ की ओर} \quad 1$$

$$|F_{31}| = k \frac{q_1 q_3}{x^2}$$



चित्र 17.5: तीन बिंदु आवेश q_1 , q_2 और q_3 एक सीधी रेखा में रखे गए हैं

q_2 के कारण q_3 पर बल का परिमाण निम्न द्वारा दिया गया है

$$|F_{32}| = k \frac{q_2 q_3}{(4-x)^2} \text{ } q \text{ की ओर} \quad 2$$

$F_{31} = F_{32}$ होने पर q_3 पर परिणामी बल शून्य होगा। इसलिए, संख्यात्मक मानों को प्रतिस्थापित करने पर, हमें प्राप्त होता है

$$k \times \frac{12q_3}{x^2} = k \times \frac{6q_3}{(4-x)^2}$$

ध्यान दें कि $6q_3 k$ दोनों तरफ उभयनिष्ठ है और रद्द हो जाता है। अतः सरलीकरण करने पर हमें प्राप्त होता है

$$\frac{2}{x^2} = \frac{1}{(4-x)^2}$$

या $2(4-x)^2 = x^2$

$$4x^2 - 16x + 32 = 0$$

इसे हल करने पर, हमें x के दो मान प्राप्त होते हैं: 2.35 मीटर और 13.65 मीटर। बाद वाला मान अस्वीकार्य है क्योंकि यह q_2 से आगे जाता है। इसलिए, चार्ज q_3 को q_1 से 2.35 मीटर की दूरी पर रखा जाना चाहिए।

गुणात्मक दृष्टि से भी यह उचित समाधान है। आवेश q_1 , q_2 से अधिक प्रबल है। इस तरह q_1 और q_3 के बीच की दूरी q_2 और q_3 के बीच की दूरी से अधिक होनी चाहिए।

उदाहरण 17.2

दो आवेश, प्रत्येक $6.0 \times 10^{-10} C$, 2.0 मीटर की दूरी से अलग किए जाते हैं। इसे परिकलित करें उनके बीच कूलम्ब बल का परिमाण।

समाधान :

हम जानते हैं कि दो आवेशों के बीच कूलम्ब बल का परिमाण समीकरण द्वारा दिया गया है। (17.2) :

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

दिया गया है, $q_1 = q_2 = 6.0 \times 10^{-10} \text{C}$ और $r = 2.0 \text{ m}$, इसलिए इन मानों को रखने पर, हमें मिलता है

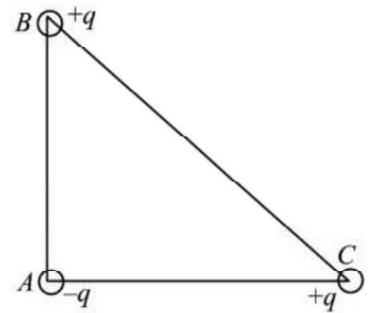
$$F = \frac{(9 \times 10^9 \text{ एन एम सी}^2) \times (6.0 \times 10^{-10})^2}{2^2}$$

$$= \frac{9 \times 10 \times 36.0 \times 10^{-20}}{4} \text{ एन}$$

$$= 81 \times 10^{-11} \text{ एन}$$

पाठगत प्रश्न 17.2

1. दो आवेश $q_1 = 16 \mu\text{C}$ और $q_2 = 9 \mu\text{C}$ 12 मीटर की दूरी से अलग किये गये हैं। q_2 के कारण q_1 द्वारा अनुभव किए गए बल का परिमाण और इस बल की दिशा भी निर्धारित करें। q_1 के कारण q_2 द्वारा अनुभव किये जाने वाले बल की दिशा क्या है ?
2. समकोण त्रिभुज के तीन कोनों पर समान परिमाण q के तीन बिंदु आवेश रखे गए हैं, जैसा कि $AB = AC$ में दिखाया गया है। $-q$ पर लगने वाले बल का परिमाण और दिशा क्या है ?



एक समकोण त्रिभुज के तीन कोनों पर तीन आवेश रखे गए हैं।

17.3 विद्युत क्षेत्र

दूर स्थित दो आवेशों के बीच परस्पर क्रिया को समझाने के लिए फ़ैराडे ने विद्युत क्षेत्र की अवधारणा पेश की। किसी बिंदु पर विद्युत क्षेत्र E को उस बिंदु पर रखे गए सकारात्मक परीक्षण आवेश q_0 द्वारा अनुभव किए गए विद्युत बल F के रूप में परिभाषित किया जाता है जिसे परीक्षण आवेश के परिमाण से विभाजित किया जाता है। गणितीय रूप से, हम लिखते हैं

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (17.10)$$

यह गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण की परिभाषा के अनुरूप है, $g = F/m_0$, अनुभव किया गया गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र F में द्रव्यमान m_0 द्वारा।

विद्युत क्षेत्र E एक सदिश राशि है और इसकी दिशा विद्युत बल F के समान है। ध्यान दें कि विद्युत क्षेत्र बाहरी आवेश के कारण है, परीक्षण आवेश के कारण नहीं।

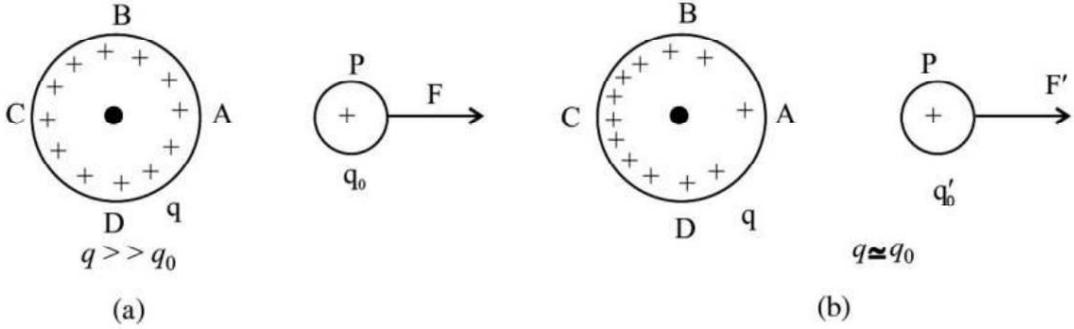
इसलिए, परीक्षण चार्ज q_0 का परिमाण इतना छोटा होना चाहिए कि यह परेशान न हो

बाह्य आवेश के कारण क्षेत्र। (हालाँकि, व्यवहार में, सबसे छोटा परीक्षण चार्ज भी बाहरी क्षेत्र को परेशान कर देगा।) कड़ाई से बोलते हुए, नीचे दी गई गणितीय परिभाषा अधिक सटीक है:

$$\vec{E} = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{q\vec{F}}{q} \quad (17.11)$$

एसआई प्रणाली में बल न्यूटन में और आवेश कूलम्ब में होता है। इसलिए, समीकरण के अनुसार, (17.10), विद्युत क्षेत्र की इकाई न्यूटन प्रति कूलम्ब है। E की दिशा F के समान है। ध्यान दें कि विद्युत बल की क्रिया विद्युत क्षेत्र के माध्यम से मध्यस्थ होती है।

आइए अब जांच करें कि परीक्षण चार्ज q_0 असीम रूप से छोटा क्यों होना चाहिए।



चित्र 17.6: (ए) समान रूप से आवेशित धात्विक गोला और एक परीक्षण आवेश, और (बी) गोले पर आवेश का पुनर्वितरण जब एक अन्य आवेश इसके निकट लाया जाता है।

चित्र 17.6 देखें। यह आवेश q और परीक्षण आवेश q_0 ($q_0 < q$) के साथ एक समान रूप से आवेशित धात्विक गोले को दर्शाता है। इसका मतलब है कि बिंदु A, B, C और D के आसपास प्रति इकाई क्षेत्र में चार्ज घनत्व समान है। परीक्षण चार्ज q_0 को गोले पर चार्ज वितरण को परेशान किए बिना बल F को मापना चाहिए। चित्र 17.6 (बी) उस स्थिति को दर्शाता है जब $q_0 \sim q$ ।

इस मामले में, परीक्षण चार्ज की उपस्थिति सतह चार्ज घनत्व को संशोधित करती है। परिणामस्वरूप, परीक्षण चार्ज q_0 द्वारा अनुभव किया जाने वाला विद्युत बल भी बदल जाएगा, मान लीजिए कि परीक्षण चार्ज की उपस्थिति में एफएफ से इसकी अनुपस्थिति में अलग है। लेकिन q_0 के बिना बल को मापा नहीं जा सकता। यदि q_0, q की तुलना में 'बहुत छोटा' अर्थात् बल बहुत छोटा है, तो गोले पर आवेश वितरण न्यूनतम रूप से प्रभावित होगा और माप के परिणामों का मान वास्तविक मान के बहुत करीब होगा। अर्थात्, F' लगभग F के बराबर होगा। हम आशा करते हैं कि अब आप इस बिंदु को समझ गए होंगे कि परीक्षण शुल्क असीम रूप से छोटा क्यों होना चाहिए।

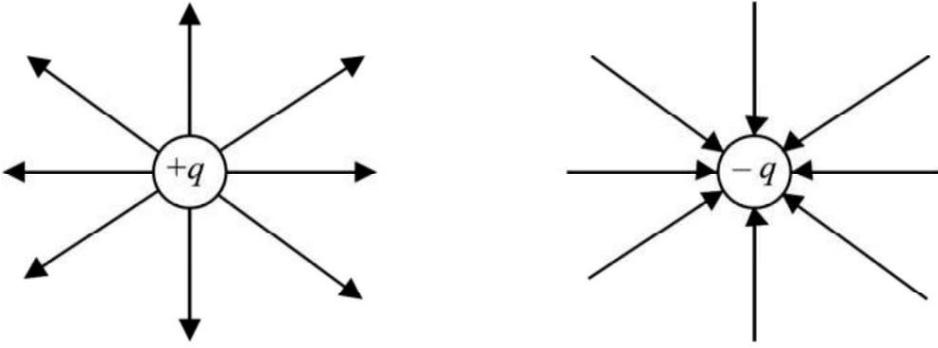
मान लीजिए कि एक बिंदु आवेश q है। एक परीक्षण आवेश q_0 को q से दूरी r पर रखा गया है। परीक्षण आवेश द्वारा अनुभव किया गया बल किसके द्वारा दिया गया है?

$$F = k_e \frac{qq_0}{r^2} \quad (17.12)$$

विद्युत क्षेत्र को प्रति इकाई आवेश पर लगने वाले बल के रूप में परिभाषित किया गया है। इस तरह

$$\vec{E} = k_e \times \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (17.13)$$

यदि q सकारात्मक है, तो फ़ील्ड E को इससे दूर निर्देशित किया जाएगा। यदि q ऋणात्मक है, तो फ़ील्ड E इस ओर निर्देशित किया जाएगा। यह चित्र 17.7 में दिखाया गया है।



चित्र 17.7: धनात्मक और ऋणात्मक आवेशों के कारण विद्युत क्षेत्र की दिशा

सुपरपोजिशन का सिद्धांत विद्युत क्षेत्र पर भी लागू होता है। यदि संख्या बहुत है समीकरण के अनुसार एक बिंदु P पर संबंधित फ़िल्ड q_1, q_2, q_3, \dots चार्ज करता है। (17.13) हैं

$$E_1 = k_e \times \frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1 \quad \text{द्वारा} \quad E_2 = k_e \times \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2 \quad \text{और} \quad E_3 = k_e \times \frac{q_3}{r_3^2} \hat{r}_3 \quad (17.14)$$

सभी आवेशों के कारण बिंदु P पर कुल क्षेत्र सभी क्षेत्रों का सदिश योग है। इस प्रकार,

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

या

$$E = k_e \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i \quad (17.15)$$

जहाँ r_i, P और आवेश q_i तथा के बीच की दूरी है

\hat{r}_i से निर्देशित इकाई सदिश है

q_i से P. विद्युत क्षेत्र E में आवेश q पर बल है

$$F = k_e q_i \quad (17.16)$$

उदाहरण 17.3

किसी बिंदु आवेश $q = 3.5 \mu\text{C}$ के कारण किसी बिंदु पर विद्युत बल $8.5 \times 10^{-4} \text{ N}$ है। उस बिंदु पर विद्युत क्षेत्र की ताकत की गणना करें।

समाधान :

Eq से. (17.16) हम लिख सकते हैं

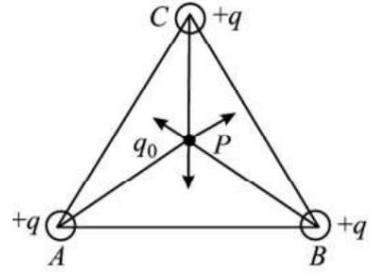
$$\begin{aligned} \frac{F}{k_e q} &= \frac{8.5 \times 10^{-4} \text{ एन}}{9 \times 10^9 \frac{\text{एन मी}^2}{\text{सी}^2}} \\ &= 2.43 \times 10^2 \text{ एनसी}^{-1} \end{aligned}$$

उदाहरण 17.4

एक समबाहुभुज के तीन कोनों पर तीन समान धनात्मक बिंदु आवेश रखे गए हैं त्रिभुज, जैसा कि चित्र 17.8 में दिखाया गया है। त्रिभुज के केन्द्र P पर विद्युत क्षेत्र की गणना करें।

समाधान :

मान लीजिए कि एक परीक्षण आवेश q_0 को त्रिभुज के केन्द्रक P पर रखा गया है। परीक्षण आवेश तीन दिशाओं में बल का अनुभव करेगा और उनमें से किन्हीं दो के बीच समान कोण बनाएगा। P पर इन बलों का परिणाम शून्य होगा। अतः P पर क्षेत्र शून्य है।



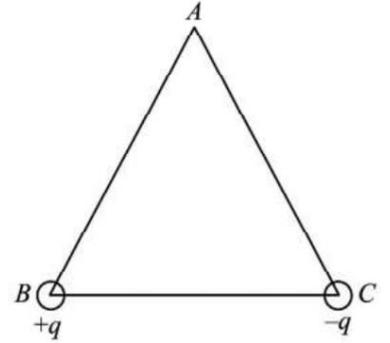
चित्र 17.8: एक समबाहु त्रिभुज के तीनों कोनों पर समान आवेश के कारण उसके केन्द्रक पर विद्युत क्षेत्र शून्य होता है।

पाठगत प्रश्न 17.3

1. समन्वय प्रणाली के मूल पर एक आवेश + Q रखा गया है। बिंदु P पर स्थित क्षेत्र की दिशा निर्धारित करें

(ए) + एक्स-अक्ष (बी) + वाई-अक्ष (सी) एक्स = 4 इकाइयां और (डी) वाई = 4 इकाइयां

2. $\square ABC$ को $AB = AC = 40$ सेमी द्वारा परिभाषित किया गया है। और A पर कोण 30° है। दो आवेश, जिनमें से प्रत्येक का परिमाण 2×10^{-6} C है, लेकिन संकेत विपरीत है, B और C पर रखे गए हैं, जैसा कि चित्र 17.9 में दिखाया गया है। A पर क्षेत्र के परिमाण और दिशा की गणना करें।

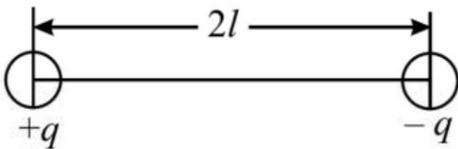


चित्र 17.9

3. एक ऋणात्मक आवेश अंतरिक्ष में स्थित है और विद्युत क्षेत्र की ओर निर्देशित है धरती। इस आवेश पर लगने वाले बल की दिशा क्या है?

4. दो समान आवेश एक समतल सतह पर रखे गए हैं जिनके बीच की दूरी d है उन्हें। परिणामी क्षेत्र शून्य कहाँ होगा?

द्विध्रुव के कारण विद्युत क्षेत्र



चित्र 17.10: समान परिमाण के दो विपरीत आवेश थोड़ी दूरी पर अलग होकर एक द्विध्रुव बनाते हैं।

यदि दो समान और विपरीत आवेशों को थोड़ी दूरी से अलग किया जाता है, तो सिस्टम को द्विध्रुवीय कहा जाता है।

सबसे परिचित उदाहरण H₂O है। चित्र 17.10 में आवेश +q और -q को 2l की छोटी दूरी से अलग दिखाया गया है।

आवेश के परिमाण और आवेशों के बीच पृथक्करण के गुणनफल को द्विध्रुव आघूर्ण, P कहा जाता है:

$$P = q \times 2l \quad (17.17)$$

इसका SI मात्रक कूलम्ब-मीटर है।

द्विध्रुव आघूर्ण एक सदिश राशि है। समीकरण. (17.17) इसका परिमाण बताता है और इसकी दिशा दो आवेशों (द्विध्रुव की धुरी) को जोड़ने वाली रेखा के साथ ऋणात्मक आवेश से धनात्मक आवेश की ओर होती है। द्विध्रुव और द्विध्रुव आघूर्ण को परिभाषित करने के बाद, अब हम गणना करने की स्थिति में हैं

द्विध्रुव के कारण विद्युत क्षेत्र. निम्नलिखित में गणनाएँ विशेष रूप से सरल हैं मामले.

केस I: एक अक्षीय बिंदु पर द्विध्रुव के कारण विद्युत क्षेत्र: अंत-पर स्थिति

किसी बिंदु P पर स्थित द्विध्रुव के विद्युत क्षेत्र के लिए एक अभिव्यक्ति प्राप्त करना

द्विध्रुव की धुरी, चित्र 17.11 देखें

अंतिम स्थिति के रूप में जाना जाता है। बिंदु

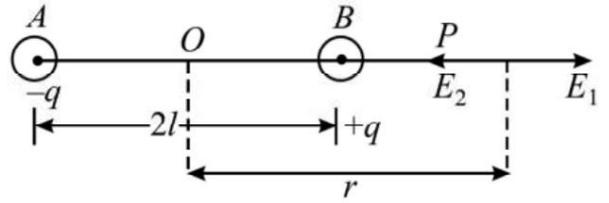
बिंदु A और B पर आवेश $-q$ और $+q$ हैं

$2l$ की दूरी से अलग किया गया। बिंदु O पर है

एबी के मध्य. मान लीजिए कि बिंदु P पर है

मध्य बिंदु O से दूरी r . फिर

B पर $+q$ के कारण P पर विद्युत क्षेत्र निम्न द्वारा दिया जाता है



चित्र 17.11: द्विध्रुव अक्ष पर बिंदु P पर क्षेत्र

$$E_1 = k \times \frac{q}{r^2} \text{ दिशा एपी में}$$

इसी प्रकार, $-q$ के कारण P पर विद्युत क्षेत्र E_2 द्वारा दिया गया है

$$E_2 = k \times \frac{q}{r^2} \text{ पीए की दिशा में}$$

P पर परिणामी क्षेत्र E, E_1 की दिशा में होगा, क्योंकि E_1, E_2 से बड़ा है [as $(\text{आर} - \text{एल}) < (\text{आर} + \text{एल})$] से कम है। इस तरह

$$E = \frac{kq}{(\text{आर} - \text{एल})^2} - \frac{kq}{(\text{आर} + \text{एल})^2}$$

$$= kq \left[\frac{1}{(\text{आर} - \text{एल})^2} - \frac{1}{(\text{आर} + \text{एल})^2} \right]$$

$$= kq \left[\frac{(\text{आर} + \text{एल})^2 - (\text{आर} - \text{एल})^2}{(\text{आर} - \text{एल})^2 (\text{आर} + \text{एल})^2} \right]$$

$$= kq \times \frac{4 \text{ आर एल}}{(\text{आर} - \text{एल})^2 (\text{आर} + \text{एल})^2}$$

$$= k \frac{2 \text{ क्यू 2 आर}}{(\text{आर} - \text{एल})^2 (\text{आर} + \text{एल})^2}$$

$$= k \frac{2 \text{ आर एल}}{(\text{आर} - \text{एल})^2 (\text{आर} + \text{एल})^2}$$

यहाँ द्विध्रुव आघूर्ण $P = 2lq$ है। चूँकि $k = 1/4\pi\epsilon_0$, हम इसे इस प्रकार पुनः लिख सकते हैं

$$\vec{E} = \frac{2\pi}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{P}{r^3}$$

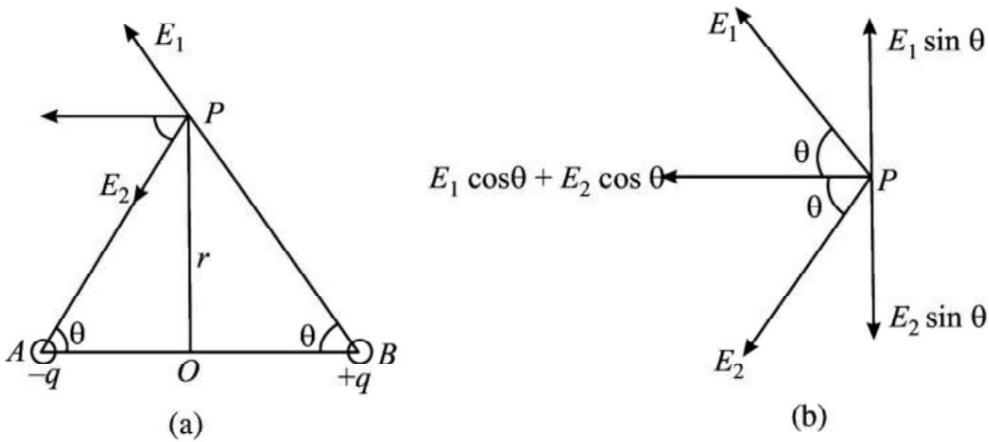
यदि $r \gg l$, l की तुलना में $2/r^2$ बहुत छोटा होगा। इसे उपेक्षित भी किया जा सकता है और विद्युत क्षेत्र के लिए अभिव्यक्ति सरल हो जाती है

$$\vec{E} = \frac{2\pi}{4\pi\epsilon_0} \frac{P}{r^3} \quad (17.18)$$

इससे पता चलता है कि विद्युत क्षेत्र P की दिशा में है और इसका परिमाण व्युत्क्रमानुपाती है द्विध्रुव के केंद्र से अवलोकन बिंदु की दूरी की तीसरी शक्ति तक।

मामला II: लम्ब समद्विभाजक पर एक बिंदु पर द्विध्रुव के कारण विद्युत क्षेत्र: विस्तृत स्थिति

मान लीजिए कि बिंदु P चित्र 17.12 में दिखाए गए आवेशों को जोड़ने वाली रेखा के लंबवत समद्विभाजक पर स्थित है। ध्यान दें कि $AB = 2l$, $OP = r$, और $AO = OB = l$



चित्र 17.12: (ए) आवेशों को जोड़ने वाली रेखा के लंबवत समद्विभाजक पर बिंदु P पर क्षेत्र, और (बी) आयताकार घटकों में क्षेत्र का संकल्प।

कोण θ चित्र 17.12 (ए) में दिखाया गया है। दाईं ओर से PAO और PBO, हम लिख सकते हैं

$$r = \sqrt{l^2 + l^2} = \sqrt{2}l$$

BP की दिशा में B पर आवेश $+q$ के कारण P पर क्षेत्र को इस प्रकार लिखा जा सकता है

$$E_1 = \frac{kq}{r^2}$$

इसी प्रकार, PA की दिशा में A पर आवेश के कारण P पर क्षेत्र इस प्रकार दिया गया है

$$E_2 = \frac{kq}{r^2}$$

ध्यान दें कि E1 और E2 के परिमाण बराबर हैं।

आइए फ़ील्ड E1 और E2 को AB के समानांतर और लंबवत हल करें। अवयव AB के समानांतर E1 cos θ और E2 cos θ हैं, और दोनों एक ही दिशा में इंगित करते हैं।

AB के सामान्य घटक E1 sin θ और E2 sin θ हैं और विपरीत दिशाओं में इंगित करते हैं। [अंजीर। 17.12 (बी)]। चूंकि ये घटक परिमाण में समान लेकिन दिशा में विपरीत हैं, वे एक दूसरे को रद्द कर देते हैं। अतः, P पर परिणामी विद्युत क्षेत्र का परिमाण इस प्रकार दिया गया है

$$E = E1 \cos \theta + E2 \cos \theta$$

$$= \text{केएल} \frac{2q}{2r + \text{आर}} \cos \theta + \text{केएल} \frac{2q}{2r + \text{आर}} \cos \theta$$

लेकिन $\cos \theta = \frac{1}{\sqrt{(\text{केएल})^2 + \text{आर}^2}}$. उपरोक्त परिणाम में इस अभिव्यक्ति का उपयोग करते हुए, विद्युत क्षेत्र पर

पी द्वारा दिया गया है

$$E = \frac{\text{केएल} \cdot 2q}{(\text{केएल})^2 + \text{आर}^2} \times \frac{2q}{\sqrt{(\text{केएल})^2 + \text{आर}^2}}$$

$$= \text{के} \frac{2q^2}{(\text{केएल})^2 + \text{आर}^2}$$

$$= \text{के} \frac{2q^2}{\text{आर}^3 + \frac{2q^2}{\text{आर}}}$$

लेकिन P = 2lq. यदि r2 >> l2 , एकता की तुलना में कारक l2 / r2 की उपेक्षा की जा सकती है। इस तरह

$$E = \frac{\text{पी}}{4\pi\epsilon \text{आर}^3} \tag{17.19}$$

ध्यान दें कि ब्रॉड-ऑन स्थिति में एक बिंदु पर द्विध्रुव के कारण विद्युत क्षेत्र विपरीत होता है P और जुड़ने वाली रेखा के बीच लंबवत दूरी की तीसरी शक्ति के समानुपाती प्रभार। विद्युत क्षेत्र 'ई' की दिशा विद्युत की दिशा के ठीक विपरीत है द्विध्रुव आघूर्ण।

यदि हम समीकरणों की तुलना करें। (17.18) और (17.19), हम देखते हैं कि दोनों मामलों में विद्युत क्षेत्र 1/r³ के समानुपाती है . लेकिन विवरण में अंतर हैं:

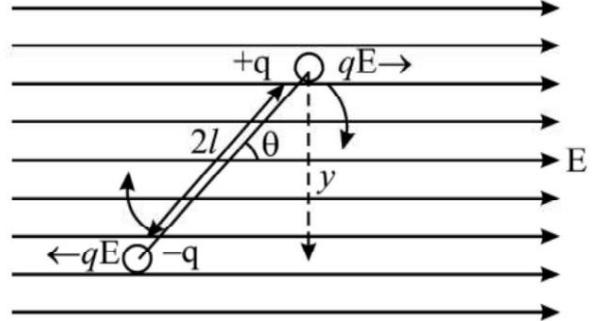
एल एंड-ऑन-स्थिति में विद्युत क्षेत्र का परिमाण ब्रॉड-ऑन में क्षेत्र से दोगुना है पद।

एल अंतिम स्थिति में क्षेत्र की दिशा द्विध्रुव क्षण की दिशा के अनुरूप है, जबकि व्यापक स्थिति में, यह विपरीत दिशा में निर्देशित है।

एकसमान क्षेत्र में विद्युत द्विध्रुव

एक समान विद्युत क्षेत्र में स्थिर परिमाण और निश्चित दिशा होती है। ऐसा क्षेत्र आवेशित समानान्तर प्लेट संधारित्र की प्लेटों के बीच उत्पन्न होता है। चित्रात्मक रूप से, इसे समदूरस्थ समानांतर रेखाओं द्वारा दर्शाया जाता है। आइए अब हम एक विद्युत द्विध्रुव के व्यवहार की जांच करें जब इसे एक समान विद्युत क्षेत्र में रखा जाता है (चित्र 17.13)।

आइए x-अक्ष को इस प्रकार चुनें कि विद्युत क्षेत्र इसके अनुदिश इंगित हो। मान लीजिए कि द्विध्रुव अक्ष क्षेत्र की दिशा के साथ θ कोण बनाता है। एक बल qE आवेश $+q$ पर $+x$ दिशा में कार्य करता है और एक समान बल आवेश $-q$ पर $-x$ दिशा में कार्य करता है। दो समान, असमान और समानांतर बल एक लंबवत दूरी y से अलग होकर एक जोड़े का निर्माण करते हैं। जोड़े के लिए दो समान असमान और समानांतर बलों को एक ही रेखा में नहीं होना चाहिए। उन्हें लंबवत दूरी से अलग किया जाना चाहिए जिसे जोड़े की भुजा कहा जाता है। तभी तो उनकी जोड़ी बनती है। (यदि दो समान, असमान और समानांतर बल एक ही रेखा में स्थित हैं तो वे एक दूसरे को रद्द कर देते हैं और कुल बल शून्य होता है)। यह युगल बाहरी विद्युत क्षेत्र E की दिशा में द्विध्रुव को संरक्षित करता है। टोर्क का परिमाण τ द्वारा दिया गया है



चित्र 17.13: एकसमान विद्युत क्षेत्र में एक द्विध्रुव। द्विध्रुव पर बल एक युग्म बनाते हैं और इसे घुमाने की प्रवृत्ति रखते हैं।

$$\begin{aligned} \tau &= \text{बल} \times \text{जोड़े की भुजा} \\ &= \text{क्यूई} \times \text{वाई} \\ &= \text{क्यूई} \times 2\text{एल पाप} \theta \\ &= \text{पीई पाप} \theta \end{aligned}$$

वेक्टर रूप में, हम इस परिणाम को व्यक्त कर सकते हैं

$$\tau = p \sin \theta \quad (17.20)$$

हमने ध्यान दिया कि

- जब $\theta = 0$, टॉर्क शून्य है, और

- $\theta = 90^\circ$ के लिए, द्विध्रुव पर टॉर्क अधिकतम, pE के बराबर होता है। तो हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि विद्युत क्षेत्र द्विध्रुव को घुमाता है और इसे अपनी दिशा में संरक्षित करता है।

उदाहरण 17.5

दो आवेश $+q$ और $-q$, प्रत्येक परिमाण $6.0 \times 10^{-6} \text{ C}$, एक द्विध्रुव बनाते हैं। आवेशों के बीच पृथक्करण 4×10^{-10} मीटर है। द्विध्रुव आघूर्ण की गणना करें। यदि इस द्विध्रुव को एक समान विद्युत क्षेत्र $E = 3.0 \times 10^2 \text{ NC}^{-1}$ में क्षेत्र के साथ 30° के कोण पर रखा जाता है, तो द्विध्रुव पर बलाघूर्ण के मान की गणना करें।

समाधान :

$$\text{द्विध्रुव आघूर्ण } p = qd$$

$$\begin{aligned} &= (6.0 \times 10^{-6} \text{सी}) \times (4.0 \times 10^{-10} \text{मीटर}) \\ &= 24 \times 10^{-16} \text{सेमी.} \end{aligned}$$

चूँकि टॉर्क $\tau = pE \sin \theta$, हम लिख सकते हैं

$$\tau = (24 \times 10^{-16} \text{ सेमी}) \times 3.0 \times 10^2 \text{ एनसी-1) पाप } 30^\circ$$

$$= \frac{72}{10} \text{ एनएम } 2^\circ$$

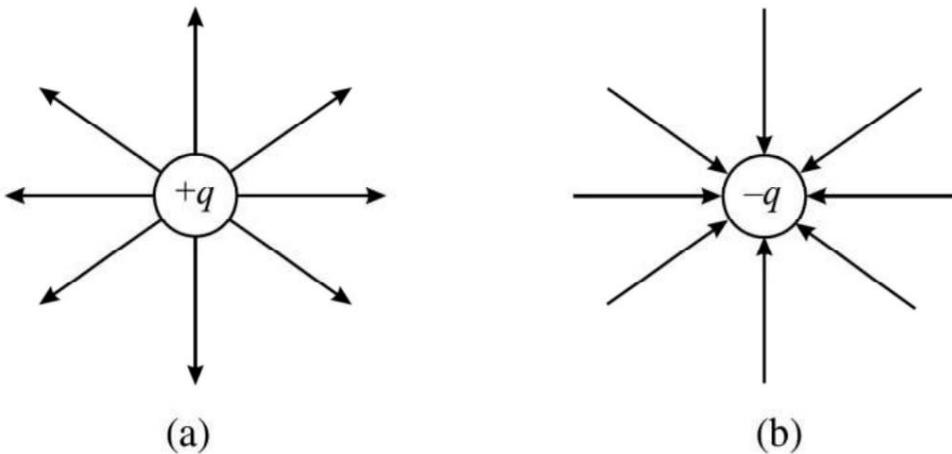
$$= 36 \times 10^{-14} \text{ एनएम}$$

यदि एक द्विध्रुव को एक गैर-समान विद्युत क्षेत्र में रखा जाता है, तो आवेशों $-q$ और $+q$ पर बल असमान होंगे। जैसे कि विद्युत क्षेत्र न केवल घूमने लगेगा बल्कि क्षेत्र की दिशा में द्विध्रुव को विस्थापित भी कर देगा।

बल की विद्युत रेखाएँ (फ़िल्ड रेखाएँ)

विद्युत क्षेत्र (या बल) को चित्रित करने के लिए एक बहुत ही सुविधाजनक तरीका क्षेत्र की दिशा की ओर इशारा करने वाली बल की रेखाएँ खींचना है। विद्युत क्षेत्र रेखाओं का रेखाचित्र हमें विद्युत क्षेत्र के परिमाण और दिशा का अंदाज़ा देता है। क्षेत्र की दिशा के लंबवत रखे गए समतल के एक इकाई क्षेत्र से गुजरने वाली क्षेत्र रेखाओं की संख्या क्षेत्र की ताकत के समानुपाती होती है। क्षेत्र रेखाओं के किसी भी बिंदु पर स्पर्शरेखा उस बिंदु पर क्षेत्र की दिशा बताती है।

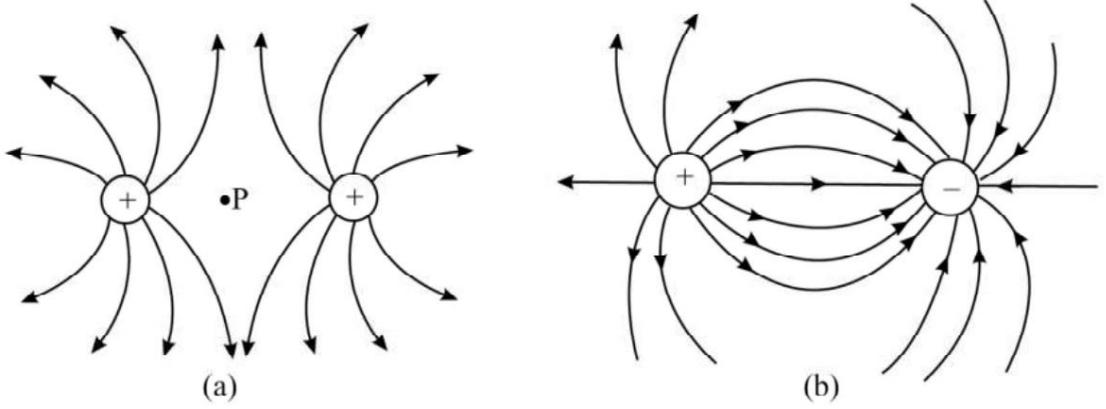
ध्यान दें कि विद्युत क्षेत्र रेखाएँ क्षेत्र को दर्शाने के लिए केवल काल्पनिक निर्माण हैं। ऐसी कोई पंक्तियाँ वास्तव में मौजूद नहीं हैं। लेकिन क्षेत्र में आवेशों के व्यवहार और आवेशों के बीच परस्पर क्रिया को क्षेत्र रेखाओं के संदर्भ में प्रभावी ढंग से समझाया जा सकता है। बिंदु आवेशों के कारण विद्युत क्षेत्र रेखाओं के कुछ उदाहरण चित्र 17.14 में दिखाए गए हैं। एक स्थिर धनात्मक आवेश की क्षेत्र रेखाएँ रेडियल रूप से बाहर की ओर इंगित करती हैं। लेकिन स्थिर ऋणात्मक आवेश के लिए, रेखाएँ अनंत से शुरू होती हैं और रेडियल रूप से अंदर की दिशा में (बिंदु आवेश की ओर) बिंदु आवेश पर समाप्त होती हैं। आपको यह समझना चाहिए कि दोनों ही मामलों में विद्युत क्षेत्र रेखाएँ अंतरिक्ष में सभी दिशाओं में हैं। यहां केवल वे दिखाए गए हैं जो आवेश वाले तल में हैं।



चित्र 17.14: एकल बिंदु आवेश की विद्युत क्षेत्र रेखाएँ: (ए) धनात्मक आवेश की क्षेत्र रेखाएँ, और (बी) ऋणात्मक आवेश की क्षेत्र रेखाएँ।

चित्र 17.15 (ए) एक दूसरे के करीब रखे गए दो समान और समान सकारात्मक आवेशों की विद्युत क्षेत्र रेखाओं का एक रेखाचित्र दिखाता है। रेखाएँ धनात्मक आवेशों के बहुत निकट बिंदुओं पर लगभग रेडियल होती हैं और एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करती हुई बाहर की ओर झुकती हैं। आवेशों के बीच में एक बिंदु P है जहाँ कोई रेखाएँ मौजूद नहीं हैं। इस बिंदु पर दो आवेशों के क्षेत्र एक दूसरे को रद्द कर देते हैं और इस बिंदु पर परिणामी क्षेत्र शून्य होता है।

चित्र 17.15 (बी) एक द्विध्रुव के कारण क्षेत्र रेखाओं को दर्शाता है। को छोड़ने वाली पंक्तियों की संख्या धनात्मक आवेश ऋणात्मक आवेश पर समाप्त होने वाली रेखाओं की संख्या के बराबर होता है।



चित्र 17.15: दो बिंदु आवेशों की प्रणाली के कारण विद्युत क्षेत्र रेखाएं: (ए) आराम पर दो सकारात्मक चार्ज, और (बी) एक द्विध्रुव के कारण क्षेत्र रेखाएं सकारात्मक चार्ज से शुरू होती हैं और नकारात्मक चार्ज पर समाप्त होती हैं।

आपको विद्युत क्षेत्र रेखाओं के निम्नलिखित गुण अवश्य याद रखने चाहिए:

एल क्षेत्र रेखाएँ धनात्मक आवेश से शुरू होकर सभी दिशाओं में रेडियल रूप से बाहर की ओर समाप्त होती हैं अनंत पर.

एल क्षेत्र रेखाएं अनंत से शुरू होती हैं और नकारात्मक चार्ज पर रेडियल रूप से समाप्त होती हैं।

एल एक द्विध्रुव के लिए, क्षेत्र रेखाएँ धनात्मक आवेश से शुरू होती हैं और ऋणात्मक पर समाप्त होती हैं शुल्क।

क्षेत्र रेखा पर किसी भी बिंदु पर स्पर्श रेखा उस बिंदु पर विद्युत क्षेत्र की दिशा बताती है।

एल क्षेत्र रेखाओं के लंबवत खींची गई सतह के इकाई क्षेत्र से गुजरने वाली क्षेत्र रेखाओं की संख्या इस सतह पर क्षेत्र की ताकत के समानुपाती होती है।

। दो फ़ील्ड रेखाएँ कभी भी एक दूसरे को नहीं काटतीं।

17.4 विद्युत प्रवाह और गॉस का नियम

आइए r त्रिज्या के एक गोले पर विचार करें जिसके केंद्र पर $+q$ आवेश स्थित है। महत्व इस गोले की सतह पर प्रत्येक बिंदु पर विद्युत क्षेत्र का मान निम्न द्वारा दिया जाता है

$$E = k_e \times \frac{q}{r^2}$$

विद्युत क्षेत्र की दिशा सतह के सामान्य और बाहर की ओर होती है। आइए गोलाकार सतह पर क्षेत्रफल के एक छोटे तत्व पर विचार करें। Δs एक वेक्टर है जिसका परिमाण क्षेत्र Δs के तत्व के बराबर है और इसकी दिशा इस तत्व के लंबवत है (चित्र 17.16)। विद्युत प्रवाह Φ को Δs और E के अदिश उत्पाद के रूप में परिभाषित किया गया है:

$$\Phi = \mathbf{E} \cdot \Delta \mathbf{s}$$

संपूर्ण गोलाकार सतह पर कुल प्रवाह ऐसे सभी योगदानों को जोड़कर प्राप्त किया जाता है:

$$\Phi = \oint \mathbf{E} \cdot \Delta \mathbf{s} \quad (17.21)$$

चूँकि E और Δs के बीच का कोण शून्य है, गोलाकार सतह के माध्यम से कुल प्रवाह इस प्रकार दिया जाता है

$$\Phi = E \times \Delta s \cos 0$$

गोलाकार सतह पर क्षेत्रफल के सभी तत्वों का योग $4\pi r^2$ है। अतः गोलाकार सतह के माध्यम से शुद्ध प्रवाह है

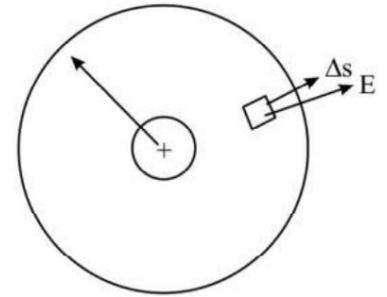
$$\Phi = E \times 4\pi r^2$$

$$= 4\pi k \times q$$

$k = 1/4\pi\epsilon_0$ के स्थान पर प्रतिस्थापित करने पर, हमें प्राप्त होता है

$$\Phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times 4\pi q$$

$$= \frac{q}{\epsilon_0} \quad (17.22)$$



चित्र 17.16

गोले की गोलाकार सतह को गॉसियन सतह कहा जाता है। समीकरण (17.22) को गॉस नियम के नाम से जाना जाता है। इसमें कहा गया है कि एक बंद गाऊसी सतह के माध्यम से शुद्ध विद्युत प्रवाह सतह के अंदर कुल चार्ज q के बराबर होता है जिसे ϵ_0 से विभाजित किया जाता है।

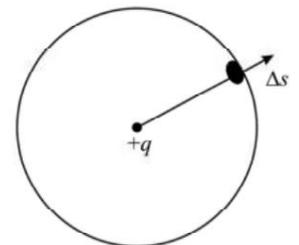
0°

गॉस का नियम विद्युत क्षेत्र के निर्धारण के लिए एक उपयोगी उपकरण है। आपको यह भी ध्यान रखना चाहिए कि गॉसियन सतह एक काल्पनिक गणितीय सतह है। जरूरी नहीं कि यह किसी वास्तविक सतह से मेल खाए।

बिंदु आवेश के कारण विद्युत क्षेत्र

आइए एक बिंदु आवेश के कारण विद्युत क्षेत्र की गणना के लिए गॉस का नियम लागू करें। गोले के केंद्र पर एक बिंदु आवेश के साथ त्रिज्या r की एक गोलाकार सतह बनाएं, जैसा कि चित्र 17.17 में दिखाया गया है।

विद्युत क्षेत्र E रेडियल दिशा में है जो केंद्र से दूर है और प्रत्येक बिंदु पर गोले की सतह के लंबवत है। क्षेत्रफल Δs के तत्व का अभिलंब E के समानांतर है। गॉस के नियम के अनुसार, हम लिख सकते हैं



चित्र 17.17: किसी गोलाकार सतह के केंद्र पर +q आवेश के कारण उस पर विद्युत क्षेत्र

$$\cos \theta = \frac{r}{R} = \frac{R \sin \theta}{R} = \sin \theta$$

चूँकि $\cos \theta = 1$ और E सतह पर सभी बिंदुओं पर समान है, हम $\oint E \cdot d\mathbf{s} = E \times 4\pi r^2$ लिख सकते हैं

$$E \times 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (17.23)$$

यदि गोले की सतह पर एक बिंदु पर दूसरा आवेश q_0 रखा गया है, तो इस आवेश पर बल का परिमाण होगा

$$F = q_0 \times E$$

ताकि

$$F = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (17.24)$$

क्या आप इस परिणाम को पहचानते हैं? यह दो स्थिर बिंदु आवेशों के बीच कूलम्ब के बल की अभिव्यक्ति है।

कार्ल फ्रेडरिक गॉस (1777 - 1855)

भौतिकी और गणित के क्षेत्र में जर्मन प्रतिभाशाली गॉस सबसे प्रभावशाली गणितज्ञों में से एक रहे हैं। उन्होंने प्रकाशिकी, बिजली और चुंबकत्व, खगोल विज्ञान, संख्या सिद्धांत, विभेदक ज्यामिति और गणितीय विश्लेषण जैसे विविध क्षेत्रों में योगदान दिया।



प्रतिभाशाली बालक के रूप में, गॉस ने अपने पिता के खातों में एक त्रुटि को ठीक किया जब वह केवल तीन वर्ष का था। प्राथमिक विद्यालय में, उन्होंने एक सेकंड के भीतर 1 से 100 तक पूर्णांक जोड़कर अपने शिक्षक को आश्चर्यचकित कर दिया।

हालाँकि उन्होंने वैज्ञानिक समुदाय के साथ बातचीत करना बंद कर दिया था और शिक्षण को नापसंद किया था, फिर भी उनके कई छात्र शीर्ष श्रेणी के गणितज्ञ बन गए - रिचर्ड डेडेकाइंड, बरहार्ड रीमैन, फ्रेडरिक बेसेल और सोफी जर्मैन उनमें से कुछ हैं।

जर्मनी ने उनके सम्मान में तीन डाक टिकट और 10 मार्क का बैंक नोट जारी किया। चंद्रमा पर एक गड्ढा जिसे गॉस क्रेटर कहा जाता है, और गौसिया नामक क्षुद्रग्रह 100 का नाम उनके नाम पर रखा गया है।

लंबी लाइन चार्ज के कारण विद्युत क्षेत्र

एक लाइन चार्ज एक समान रैखिक चार्ज घनत्व λ (चार्ज प्रति यूनिट लंबाई) के साथ अनंत लंबाई के पतले चार्ज तार के रूप में होता है। माना तार पर $+q$ आवेश है। हमें दूरी r पर बिंदु P पर विद्युत क्षेत्र की गणना करनी है। त्रिज्या r का एक लंब वृत्तीय बेलन बनाएं, जिसमें लंबे तार को बेलन का अक्ष माना जाए। सिलेंडर दोनों सिरों पर बंद है। इस सिलेंडर की सतह गाऊसी सतह है और चित्र 17.18 में दिखाई गई है। सिलेंडर की घुमावदार सतह पर प्रत्येक बिंदु पर विद्युत क्षेत्र E का परिमाण समान होता है

क्योंकि सभी बिंदु आवेशित तार से समान दूरी पर हैं। विद्युत क्षेत्र की दिशा और क्षेत्र तत्व का अभिलंब \perp समानांतर हैं।

माना गाऊसी बेलन की लंबाई l है। सिलेंडर में संलग्न कुल आवेश $q = \rho l$ है। बेलन की वक्र सतह का क्षेत्रफल $2 \pi r l$ है।

सिलेंडर के ऊपर और नीचे की सपाट सतहों के लिए, इन क्षेत्रों के मानक विद्युत क्षेत्र के लंबवत हैं ($\cos 90^\circ = 0$)। इसलिए, ये सतहें कुल प्रवाह में योगदान नहीं देती हैं। इस तरह

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \rho l$$

$$= E \times 2 \pi r l$$

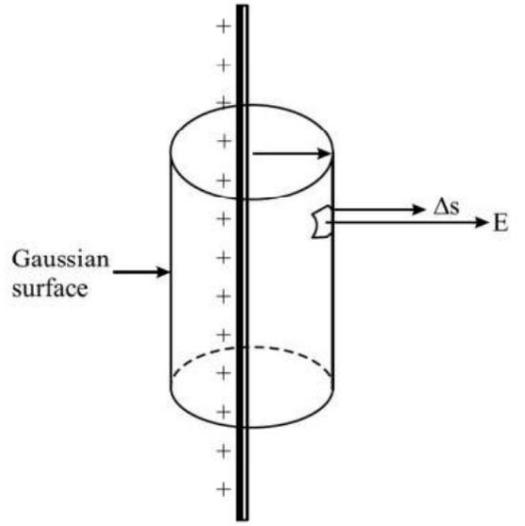
गॉस के नियम के अनुसार, $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \frac{q}{\epsilon_0}$

इस तरह

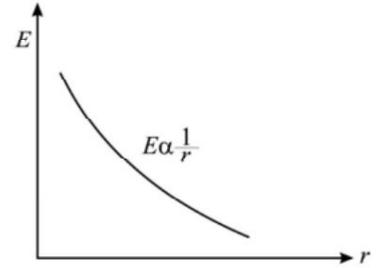
$$E \times 2 \pi r l = \frac{\rho l}{\epsilon_0} \quad \rho = \frac{q}{l} \text{ एल/}\epsilon_0$$

या
$$E = \frac{\rho}{2\pi\epsilon_0 r} \quad (17.25)$$

इससे पता चलता है कि विद्युत क्षेत्र दूरी के साथ व्युत्क्रमानुपाती होता है। इसे चित्र 17.19 में दर्शाया गया है।



चित्र 17.18: एकसमान रैखिक आवेश घनत्व वाले आवेशों की अनंत रेखा के कारण विद्युत क्षेत्र। गाऊसी सतह एक लम्ब वृत्तीय बेलन है।



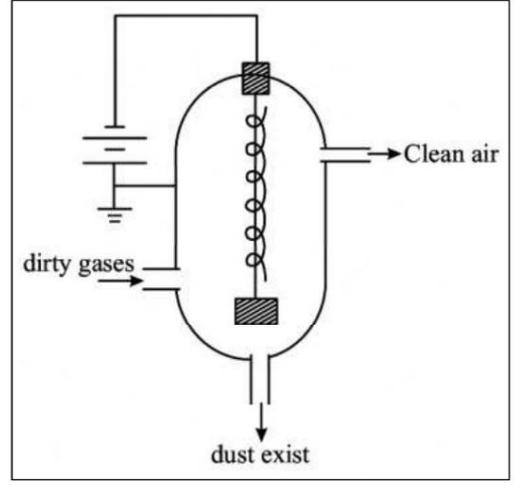
चित्र 17.19: एक लाइन चार्ज के लिए आर के साथ ई का परिवर्तन

पाठगत प्रश्न 17.4

- यदि गाऊसी सतह के माध्यम से विद्युत प्रवाह शून्य है, तो क्या इसका मतलब यह है
(ए) सतह के अंदर कुल चार्ज शून्य है?
(बी) सतह पर प्रत्येक बिंदु पर विद्युत क्षेत्र शून्य है?
(सी) सतह में प्रवेश करने वाली विद्युत क्षेत्र रेखाओं की संख्या सतह से बाहर जाने वाली संख्या के बराबर है?
- यदि विद्युत क्षेत्र का मान $3.0 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$ से अधिक हो तो हवा में स्पार्किंग होगी। यदि गोले की त्रिज्या 5.0 सेमी है, तो आवेश का उच्चतम मान क्या है जो एक धातु का गोला आसपास की हवा में स्पार्किंग के बिना धारण कर सकता है?
- (ए) एक समान विद्युत क्षेत्र, और (बी) गैर-समान विद्युत क्षेत्र के साथ रखे गए द्विध्रुव पर शुद्ध बल और शुद्ध टॉर्क का परिमाण और दिशा क्या है।

इलेक्ट्रोस्टैटिक फ़िल्टर

आपने धर्मल पावर स्टेशन या ईट भट्टे की चिमनी से काला धुआं और गंदगी के कण निकलते हुए देखा होगा। धुएँ में न केवल गैसों बल्कि बड़ी मात्रा में छोटे धूल (कोयला) कण भी होते हैं। गंदगी के साथ धुआं भी वायुमंडल में उत्सर्जित होता है। धूल के कण पृथ्वी पर जम जाते हैं और मिट्टी को प्रदूषित करते हैं। गैसों ग्लोबल वार्मिंग में योगदान करती हैं। ये जीवित प्रणालियों (स्वास्थ्य) के लिए बेहद हानिकारक हैं। इसलिए यह आवश्यक है कि धुएँ को वायुमंडल में छोड़ने से पहले गंदगी को हटा दिया जाए।



उच्च विद्युत क्षेत्र के अनुप्रयोग द्वारा गैसों में विद्युत निर्वहन का एक बहुत ही महत्वपूर्ण अनुप्रयोग इलेक्ट्रोस्टैटिक फ़िल्टर या प्रीसिपिटेटर नामक उपकरण का निर्माण है।

डिवाइस का मूल आरेख यहां दिखाया गया है। एक धातु कंटेनर के अंदर केंद्रीय तार को बहुत उच्च नकारात्मक क्षमता (लगभग 100 केवी) पर बनाए रखा जाता है।

कंटेनर की दीवार एक उच्च वोल्ट बैटरी के सकारात्मक टर्मिनल से जुड़ी हुई है और इसे अर्थ किया गया है। एक भार W तार को मध्य भाग में सीधा रखता है। इस प्रकार निर्मित विद्युत क्षेत्र दीवार से तार की ओर होता है। गंदगी और गैसों को कंटेनर के माध्यम से पारित किया जाता है। तार के पास उच्च क्षेत्र के कारण विद्युत् डिस्चार्ज होता है। धनात्मक एवं ऋणात्मक आयन एवं इलेक्ट्रॉन उत्पन्न होते हैं। ये नकारात्मक आवेशित कण दीवार की ओर तेजी से बढ़ते हैं। ये धूल के कणों से टकराकर चार्ज हो जाते हैं। अधिकांश धूल कण ऋणावेशित हो जाते हैं क्योंकि वे इलेक्ट्रॉनों या ऋणात्मक आयनों को ग्रहण कर लेते हैं। वे कंटेनर की दीवार की ओर आकर्षित होते हैं। कंटेनर को समय-समय पर हिलाया जाता है ताकि कण सतह छोड़ दें और कंटेनर के नीचे गिर जाएं। इन्हें निकास पाइप के माध्यम से बाहर निकाला जाता है।

इस प्रकार अवांछित धूल के कण गैसों से दूर हो जाते हैं और स्वच्छ हवा वायुमंडल में चली जाती है। इस प्रकार की अधिकांश कुशल प्रणालियाँ धुएँ से लगभग 98% राख और धूल हटाने में सक्षम हैं।

आपने क्या सीखा है

एल जब कांच की छड़ को रेशम से या रबर को फर से रगड़ा जाता है तो विद्युत आवेश उत्पन्न होता है।

परम्परा के अनुसार, कांच की छड़ पर आवेश धनात्मक लिया जाता है और रबर पर आवेश धनात्मक लिया जाता है नकारात्मक।

। समान आवेश प्रतिकर्षित करते हैं और विपरीत आवेश एक दूसरे को आकर्षित करते हैं।

एल कूलम्ब का नियम दो बिंदु आवेशों के बीच बल का परिमाण और दिशा बताता है:

$$F = k \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

कहाँ $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.0 \times 10^9 \text{ एनएमसी}^{-2}$

प्रकृति में आवेश की सबसे छोटी इकाई एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश है :

$$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ सी}$$

। चार्ज को इलेक्ट्रॉनिक चार्ज के रूप में संरक्षित और परिमाणित किया जाता है।

। अंतरिक्ष में एक बिंदु पर आवेश q के कारण विद्युत क्षेत्र E को बल के रूप में परिभाषित किया गया है

एक इकाई परीक्षण प्रभार q0 द्वारा अनुभव किया गया :

$$F = q_0 \times E$$

किसी चार्ज के कारण लगने वाले बल को प्राप्त करने के लिए सुपरपोजिशन सिद्धांत का उपयोग किया जा सकता है

आरोपों के एक समूह के लिए. यह एक समूह के कारण एक बिंदु पर विद्युत क्षेत्र पर भी लागू होता है आरोपों का.

एल विद्युत द्विध्रुव एक छोटे से अलग किए गए दो समान और असमान आवेशों की एक प्रणाली है

दूरी। इसका द्विध्रुव आघूर्ण $|p|$ है = क्यूआर; P की दिशा ऋणात्मक आवेश से है दोनों आवेशों को जोड़ने वाली रेखा के अनुदिश धनात्मक आवेश की ओर।

एल एंड-ऑन स्थिति और ब्रॉड-ऑन स्थिति में द्विध्रुव के कारण विद्युत क्षेत्र क्रमशः है

द्वारा दिए गए

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2q}{r^3}$$

और

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^3}$$

। विद्युत क्षेत्र रेखाएं (बल की रेखा) क्षेत्र को चित्रित करने का केवल एक सचित्र तरीका है।

। विद्युत प्रवाह किसी क्षेत्र से गुजरने वाली विद्युत बल रेखाओं की कुल संख्या है

और इसे $\oint E \cdot dA = EA$ के रूप में परिभाषित किया गया है

एल गॉस का नियम बताता है कि एक बंद क्षेत्र से गुजरने वाला कुल प्रवाह है

$$\frac{1}{\epsilon_0} \text{ कई बार}$$

इसके द्वारा संलग्न कुल शुल्क।

एल लाइन चार्ज के कारण विद्युत क्षेत्र द्वारा दिया जाता है

$$E = \frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0 r}$$

टर्मिनल व्यायाम

1. A + 12 C आवेश $x = 20$ सेमी पर है और a -18 C (-q) आवेश x-अक्ष पर $x = 29$ सेमी पर है। 18 C के आवेश पर बल के परिमाण और दिशा की गणना करें।
12 C आवेश पर बल की दिशा क्या होती है?
2. 3.0 मीटर की दूरी से अलग किए गए दो बिंदु आवेश q_1 और q_2 16×10^{-15} N के पारस्परिक बल का अनुभव करते हैं। जब पृथक्करण दूरी 6.0 मीटर तक चलती है तो बल के परिमाण की गणना करें।
3. दो बिंदु A और B दूरी x से अलग हैं। यदि दो बिंदु आवेश $+q$ प्रत्येक बिंदु A और B पर हैं, तो उनके बीच का बल F है। बिंदु आवेशों को अब दो समान धातु के गोले से बदल दिया जाता है, जिनमें से प्रत्येक पर समान आवेश $+q$ होता है।
उनके केन्द्रों के बीच की दूरी पुनः x ही है। क्या उनके बीच का बल बदल जाएगा? अपने जवाब का समर्थन करने के लिए कारण दीजिए।
4. दो अल्फा कण 10-13 मीटर की दूरी से अलग हो जाते हैं। के बीच बल की गणना करें उन्हें मुक्त स्थान में।
5. निर्वात में 16 सेमी की दूरी पर रखे गए दो बिंदु चार्जों के बीच प्रतिकर्षण बल 7.5×10^{-10} N है। यदि उन्हें ढांकता हुआ स्थिरांक $k = 2.5$ के माध्यम में रखा जाता है, तो उनके बीच कितना बल होगा?
6. x दूरी से अलग हुए दो प्रोटॉनों के बीच विद्युत बल की गुरुत्वाकर्षण बल से तुलना करें। प्रोटॉन पर आवेश 1.60×10^{-19} C, प्रोटॉन का द्रव्यमान 1.67×10^{-27} kg और गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक $G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm²kg⁻² लें।
7. चार समान बिंदु आवेश $+q$ प्रत्येक भुजा वाले एक वर्ग के चारों कोनों (एक कोने पर एक q) पर रखे गए हैं। वर्ग के केंद्र पर रखे गए परीक्षण आवेश q_0 द्वारा अनुभव किए गए बल का पता लगाएं।
8. विद्युत क्षेत्र रेखाएं एक दूसरे के समानांतर कब होती हैं?
9. किसी धातु के गोले को धनात्मक आवेश देने के लिए उसमें से कितने इलेक्ट्रॉन निकाले जाने चाहिए $= 6.4 \times 10^{-7}$ C।
10. $q = 3.0 \times 10^{-6}$ C और $2l = 4 \times 10^{-10}$ m के एक विद्युत द्विध्रुव पर विचार करें। द्विध्रुव आघूर्ण के परिमाण की गणना करें। भूमध्यरेखीय तल पर एक बिंदु $r = 6 \times 10^{-6}$ m पर विद्युत क्षेत्र की गणना करें।
11. एक आवेश $-q = 15 \times 10^{-6}$ C त्रिज्या $R = 3.0$ मिमी के एक धातु के गोले पर रखा गया है। गोले के केंद्र से एक बिंदु $r = 15$ सेमी पर विद्युत क्षेत्र के परिमाण और दिशा की गणना करें। यदि 3.0 मिमी गोले को समान आवेश वाले 9.0 मिमी गोले से प्रतिस्थापित कर दिया जाए तो उसी बिंदु पर क्षेत्र का परिमाण और दिशा क्या होगी?
12. +15 C का आवेश 20 सेमी त्रिज्या वाले एक गोले के केंद्र पर स्थित है। गोले की सतह से गुजरने वाले विद्युत प्रवाह की गणना करें।
13. एक प्रोटॉन को एक समान विद्युत क्षेत्र $E = 8.0 \times 10^4$ NC⁻¹ में रखा गया है। इसे परिकलित करें प्रोटॉन का त्वरण।

14. दो बिंदु आवेश q_1 और q_2 एक दूसरे से 3.0 सेमी दूर हैं और $(q_1 + q_2) = 20 \mu\text{C}$ हैं। यदि उनके बीच प्रतिकर्षण बल 750 N है, तो q_1 और q_2 की गणना करें।

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

17.1

1. (i) हां (ii) चार्ज = $3.2 \times 10^{-17} \text{ C}$ (नकारात्मक)।

2. A पर आवेश + Q है। जब A और B को संपर्क में लाया जाता है, तो आवेश वितरित हो जाएगा समान रूप से।

(i) हां, 3. क्यू (ii) + क्यू/2

$$= 4.8 \times 10^{-16}$$

चूंकि $Ne = q$, हमें प्राप्त होता है

$$= \frac{4.8 \times 10^{-16}}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.0 \times 10^3 \text{ चार्ज}$$

17.2

1. $Q_1 = 16 \mu\text{C}$, $Q_2 = 9 \mu\text{C}$ और $r = 12\text{m}$

तब से

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$= \frac{(9 \times 10^{-9} \text{ एनएमसी}) (16 \times 10^{-9} \text{ सी}) \times 9 \times 10^9}{(12\text{मी})^2} = 9 \times 10^{-3} \text{ एन}$$

(i) q_2 से q_1 की दिशा (ii) q_1 से q_2 की दिशा

B पर आवेश के कारण A पर बल,

$$F_1 = k \frac{q_1^2}{r^2} \text{ जहां एबी} = \text{ए}$$

चूंकि $AB = AC$, B पर आवेश के कारण A पर बल है

$$F_2 = k \frac{q_2^2}{r^2}$$

$$\text{आर} = F_1 - F_2 = 2F_2$$

$$\text{आर} = F_2 \sqrt{45} \text{ पर}$$

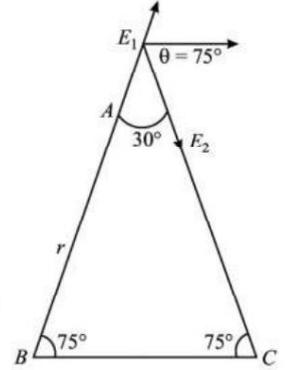
17.3

- (ए) ई + एक्स अक्ष के साथ।
(बी) +y अक्ष के साथ।
(सी) एक्स अक्ष के साथ 45° पर
- एबी = एसी = 40 सेमी

$$|E_1| = \frac{kq}{r^2} \quad |E_2| = \frac{9 \times 10^9 \text{ एनएम सी}^2 \times 2 \times 10^{-6} \text{ सी}}{(0.40 \text{ मी})^2} = 1.125 \times 10^5 \text{ एनसी}^{-1}$$

E1 और E2 का परिणाम BC के समानांतर होगा। इस तरह

$$\begin{aligned} \text{आर2} \quad E &= E_1 + E_2 + 2E_1 E_2 \cos 150^\circ \\ &= 2E_1^2 + 2E_1 E_2 \cos(180 - 30) \\ &= 2E_1^2 + 2E_1 E_2 \cos^2 30 = 2E_1^2 + 2E_1 E_2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 4.723 \times 10^5 \text{ एनसी}^{-1} \end{aligned}$$



दिशा BAC में दिशा BC के समानांतर होगी।

- E पृथ्वी की ओर निर्देशित है। -ve आवेश पर बल लंबवत ऊपर की ओर होगा।
- आवेश के मध्य बिंदु पर क्षेत्र शून्य होगा।

17.4

- (ए) हां (बी) जरूरी नहीं (सी) हां।

$$2. \quad E = \frac{kq}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$\square \quad kq = 4\pi\epsilon_0 r^2 E$$

$$= 3 \times 10^9 \text{ एनसी}^{-1} \times \frac{1}{9 \times 10^9 \text{ एनएम सी}^{-2}} \times 25 \times 10^{-4} \text{ मी}^2$$

$$= 8.3 \times 10^{-7} \text{ सी}$$

- (ए) एफ = 0, ए = 0
(बी) एफ = 0, ए = 0

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

1. 240N ऋणात्मक x-दिशा की ओर। +12 μC आवेश पर बल +x दिशा की ओर है।
2. एफ = 4×10^{-15} एन
4. 92.39×10^{-3} एन
5. $3 \times 10^{-10}\text{N}$
6. विद्युत बल गुरुत्वाकर्षण बल का 1036 गुना है।
7. शून्य।
9. 4×10^{12} इलेक्ट्रॉन
10. 12×10^{-16} सेमी. 0.5×10^{11} एनसी-1
- 11। केंद्र की ओर 6×10^6 एनसी-1, वही क्षेत्र।
12. 1.7×10^6 सी-1 एन एम²
13. 7.6×10^{12} एमएस-2
14. $15\mu\text{C}$ और $5\mu\text{C}$.



इलेक्ट्रोस्टैटिक क्षमता और धारिता

परिचय

पिछले अध्यायों में आपने तरल पदार्थ के प्रवाह की दिशा और तापीय ऊर्जा के बारे में सीखा। आपको याद होगा कि पानी का प्रवाह दो परस्पर जुड़े कंटेनरों में पानी की सापेक्ष ऊंचाई से निर्धारित होता है। यदि एक कंटेनर में पानी का स्तर दूसरे कंटेनर से अधिक है, तो पानी उच्च स्तर से निचले स्तर की ओर बहेगा, चाहे कंटेनर में पानी की मात्रा कुछ भी हो। एक वस्तु से दूसरी वस्तु में तापीय ऊर्जा के प्रवाह के मामले में तापमान समान भूमिका निभाता है। तापीय ऊर्जा हमेशा उच्च तापमान वाले पिंड से कम तापमान वाले पिंड की ओर प्रवाहित होती है। यहां भी, प्रवाह की दिशा किसी वस्तु में मौजूद तापीय ऊर्जा की मात्रा पर निर्भर नहीं करती है।

विद्युत विभव एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक आवेशों के प्रवाह में समान भूमिका निभाता है। धनात्मक आवेश हमेशा उच्च क्षमता वाले बिंदु से कम क्षमता वाले बिंदु की ओर बढ़ता है। एक धनात्मक परीक्षण आवेश, जब विद्युत क्षेत्र में मुक्त छोड़ दिया जाता है, तो यह विद्युत क्षेत्र की दिशा में गति करता है। धनात्मक परीक्षण आवेश के इस व्यवहार से, आप यह कहने के लिए प्रलोभित हो सकते हैं कि विद्युत क्षेत्र (ई) और विद्युत क्षमता (वी) निकट से संबंधित हैं। इस पाठ में आप इन भौतिक राशियों के बीच संबंध स्थापित करना सीखेंगे। आप कैपेसिटर नामक एक उपकरण के बारे में भी जानेंगे, जिसका उपयोग चार्ज को स्टोर करने, प्रत्यावर्ती धारा को फ़िल्टर करने के लिए किया जाता है और इलेक्ट्रॉनिक सर्किटरी के साथ-साथ पावर ट्रांसमिशन में भी इसका व्यापक अनुप्रयोग होता है।

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

- मैं एक बिंदु पर विद्युत क्षमता और संभावित अंतर का अर्थ समझ सकूंगा;
- मैं एक बिंदु आवेश और एक द्विध्रुव के कारण विद्युत क्षमता के लिए एक अभिव्यक्ति प्राप्त कर सकता हूँ;
- मैं कैपेसिटर के सिद्धांत और उनके अनुप्रयोगों की व्याख्या कर सकूंगा;
- मैं एक समानांतर प्लेट संधारित्र की धारिता के लिए एक व्यंजक प्राप्त कर सकूंगा;
- कैपेसिटर के समूहन में समतुल्य धारिता प्राप्त करना ;
- मैं संधारित्र में संग्रहीत ऊर्जा की गणना कर सकूंगा;
- मैं विद्युत क्षेत्र में ढांकता हुआ पदार्थों के ध्रुवीकरण की व्याख्या करूंगा।

18.1 विद्युत क्षमता और संभावित अंतर

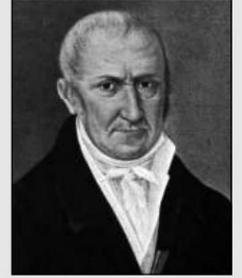
जब किसी आवेशित कण को इलेक्ट्रोस्टैटिक क्षेत्र में क्षेत्र की दिशा के विपरीत दिशा में ले जाया जाता है, तो कार्य एक बाहरी एजेंसी द्वारा किया जाता है। यह कार्य इस प्रकार संग्रहीत है

ऊर्जा संरक्षण के नियम के अनुसार आवेश की स्थितिज ऊर्जा। तो हम कह सकते हैं कि विद्युत क्षेत्र में एक बिंदु पर रखे गए विद्युत आवेश में स्थितिज ऊर्जा होती है, जो उसकी स्थिति पर निर्भर करती है। हम क्षेत्र में आवेश की स्थितिज ऊर्जा को स्थिति के अदिश फलन के रूप में देख सकते हैं और एक इकाई आवेश के लिए इसे विभव कहा जाता है। इसका मतलब है कि विद्युत क्षेत्र में अलग-अलग बिंदु अलग-अलग क्षमता पर होंगे। और यदि किसी धनावेशित कण को विद्युत क्षेत्र में रखा जाए, तो वह अपनी स्थितिज ऊर्जा को कम करने के लिए उच्च से निम्न क्षमता की ओर गति करेगा। अगले पाठ में, आप सीखेंगे कि संभावित अंतर की अवधारणा विद्युत परिपथों में विद्युत धारा के प्रवाह को कैसे प्रेरित करती है।

विद्युत क्षेत्र में किसी भी बिंदु पर विद्युत क्षमता एक इकाई धनात्मक आवेश को अनंत से उस बिंदु तक ले जाने में विद्युत बल के विरुद्ध किए गए कार्य के बराबर होती है। विद्युत विभव एक अदिश राशि है, क्योंकि यह किये गये कार्य से संबंधित है।

एलेसेंड्रो, कोटे वोल्टा (1745-1827)

इटली के कोमो में जन्मे वोल्टा 20 से अधिक वर्षों तक पाविया में प्रोफेसर रहे। वह एक अच्छी तरह से यात्रा करने वाला व्यक्ति था, वह अपने समय के कई प्रसिद्ध लोगों से परिचित था। उन्होंने निर्णायक रूप से साबित किया कि लुइगी गैलवानी द्वारा मेंढक की मांसपेशियों में देखी गई पशु बिजली अम्लीय या नमक समाधान द्वारा अलग की गई दो असमान धातुओं के बीच होने वाली एक सामान्य घटना थी। इसी अवलोकन के आधार पर उन्होंने प्रथम विद्युत-रासायनिक सेल का आविष्कार किया, जिसे वोल्टायिक सेल कहा जाता है। संभावित अंतर की इकाई को उनके सम्मान में वोल्ट नाम दिया गया है।



किसी बिंदु पर विभव तब सकारात्मक माना जाता है जब क्षेत्र के विरुद्ध धनात्मक आवेश द्वारा कार्य किया जाता है, लेकिन जब इकाई धनात्मक आवेश को क्षेत्र में अनंत से बिंदु तक ले जाने में विद्युत क्षेत्र द्वारा कार्य किया जाता है तो ऋणात्मक माना जाता है।

एक विद्युत क्षेत्र में दो बिंदुओं A और B पर विचार करें (चित्र 18.1)। यदि एक परीक्षण आवेश q_0 को किसी बाहरी बल द्वारा किसी भी पथ पर बिंदु A से बिंदु B तक ले जाया जाता है, तो बाहरी बल द्वारा किए गए कार्य की मात्रा इस प्रकार दी जाती है

$$W_{AB} = q_0 (V_B - V_A) \quad (18.1)$$

इस प्रकार, बिंदु A और B के बीच संभावित अंतर होगा

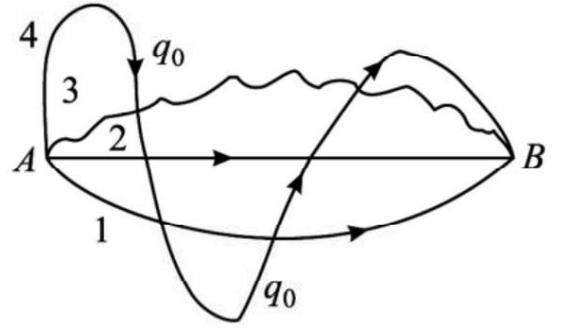
$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \quad (18.2)$$

यहां V_A और V_B क्रमशः बिंदु A और B पर विभव हैं।

विद्युत क्षेत्र में दो बिंदुओं के बीच संभावित अंतर को तब माना जाता है, जब किसी धनात्मक परीक्षण आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में विद्युत बल के विरुद्ध कार्य किया जाता है। ध्यान दें कि यह कार्य पथ से स्वतंत्र है। (इस कारण से, विद्युत क्षेत्र को एक रूढ़िवादी क्षेत्र कहा जाता है)। विभव और विभवांतर की SI इकाई वोल्ट है:

$$1 \text{ वोल्ट} = 1 \text{ जूल} / 1 \text{ कूलम्ब}$$

यदि किसी विद्युत क्षेत्र में एक कूलॉम के परीक्षण आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में एक जूल कार्य किया जाता है, तो इन बिंदुओं के बीच संभावित अंतर एक वोल्ट कहा जाता है। यदि एक कूलॉम के परीक्षण आवेश को अनंत से क्षेत्र के एक बिंदु तक लाने में एक जूल कार्य किया जाता है, तो उस बिंदु पर क्षमता एक वोल्ट होती है।



चित्र 18.1: विद्युत क्षेत्र में एक परीक्षण आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में किया गया कार्य अनुसरण किए गए पथ से स्वतंत्र होता है।

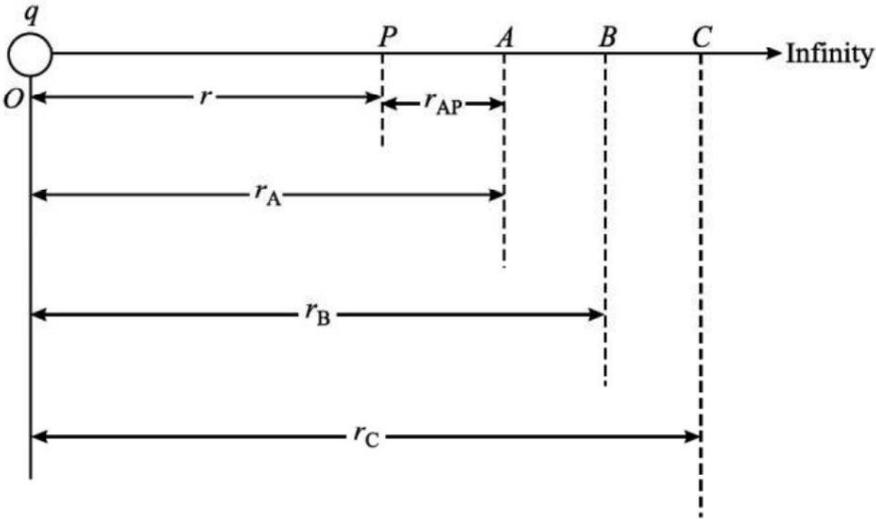
ध्यान दें कि किसी बिंदु पर क्षमता एक अद्वितीय मात्रा नहीं है क्योंकि इसका मूल्य शून्य संभावित ऊर्जा (अनंत) की हमारी पसंद पर निर्भर करता है।

हालाँकि, स्थिर क्षेत्र में दो बिंदुओं के बीच संभावित अंतर का एक अद्वितीय मान होगा। आइए अब हम एकल आवेश के कारण किसी बिंदु पर विभव की गणना करना सीखें।

एक बिंदु आवेश के कारण एक बिंदु पर क्षमता

मान लीजिए कि हमें O पर स्थित एकल बिंदु आवेश +q के कारण बिंदु P पर विद्युत क्षमता की गणना करनी है (चित्र 18.2), जहाँ OP = r है। बिंदु आवेश के कारण P पर विद्युत क्षेत्र का परिमाण इस प्रकार दिया जाता है

$$E_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r^2} \quad (18.3)$$



चित्र 18.2: विद्युत क्षेत्र E में किसी आवेश qO को अनंत से बिंदु P तक ले जाने में प्रति इकाई आवेश पर किया गया कार्य उस बिंदु पर विभव है।

इसी प्रकार बिंदु A पर विद्युत क्षेत्र होगा

$$E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r_A^2} \quad (18.4)$$

यदि बिंदु P और A बहुत करीब हैं, तो इन बिंदुओं के बीच औसत फ़िल्ड EAP हो सकता है
ईपी और ईए के ज्यामितीय माध्य के रूप में लिया गया :

$$\begin{aligned} E &= \frac{E_P + E_A}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0}} \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \end{aligned} \tag{18.5}$$

इसलिए, इस क्षेत्र पर परीक्षण आवेश q0 द्वारा अनुभव किए गए बल का परिमाण होगा
होना

$$F = q_0 E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0^2}{r^2} \tag{18.6}$$

और आवेश q0 को A से P तक ले जाने में किया गया कार्य इस प्रकार दिया गया है

$$\begin{aligned} W_{AP} &= \int_A^P F \cdot dr \\ &= \int_A^P \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0^2}{r^2} \cdot dr \\ &= \frac{q_0^2}{4\pi\epsilon_0} \left[-\frac{1}{r} \right]_A^P \\ &= \frac{q_0^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{A} - \frac{1}{P} \right) \end{aligned} \tag{18.7}$$

जहां rAP बिंदु A और P के बीच की दूरी है।

इसी प्रकार, इस आवेश को B से A तक ले जाने में किया गया कार्य होगा

$$W_{BA} = \frac{q_0^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{B} - \frac{1}{A} \right) \tag{18.8 ए}$$

तथा परीक्षण आवेश को C से B तक ले जाने में किया गया कार्य होगा

$$W_{CB} = \frac{q_0^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{C} - \frac{1}{B} \right) \tag{18.8 बी}$$

और इसी तरह। आवेश को अनंत से बिंदु P तक ले जाने में किया गया कुल कार्य होगा
होना

$$W_{\infty P} = \frac{q_0^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{\infty} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \dots + \frac{1}{r} \right)$$

$$= \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{r^2}$$

$$= \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (18.9)$$

परिभाषा के अनुसार, किसी बिंदु पर विभव किसके द्वारा दिया जाता है?

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{q_i}{r_i}$$

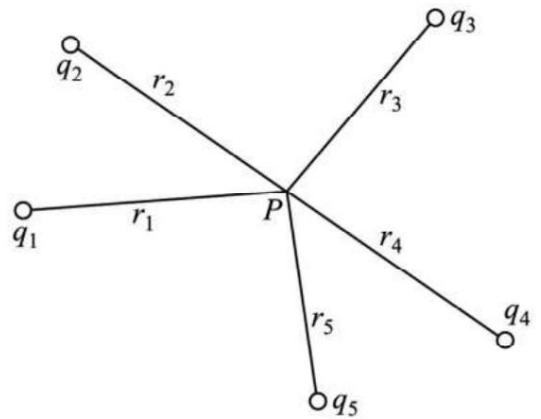
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{q_i}{r_i} \quad (18.10)$$

ध्यान दें कि क्षमता दूरी के व्युत्क्रमानुपाती होती है। यह सकारात्मक या नकारात्मक है, यह इस पर निर्भर करता है कि q सकारात्मक है या नकारात्मक।

यदि परिमाण के कई आवेश हैं तो किसी बिंदु पर विद्युत क्षमता q1 , q2 , अदिश योग है (चित्र q3 ,..., व्यक्तिगत आवेशों के कारण संभावित क्षमता का 18.3):

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i} \quad (18.11)$$



चित्र 18.3: आवेशों की एक प्रणाली के कारण बिंदु P पर विभव

विद्युत द्विध्रुव के कारण एक बिंदु पर क्षमता

आइए एक विद्युत द्विध्रुव पर विचार करें जिसमें दो समान और विपरीत बिंदु आवेश हैं - A पर q और B पर +q, O पर केंद्र के साथ 2l की दूरी से अलग हैं। हम एक बिंदु P पर क्षमता की गणना करना चाहते हैं, जिसके ध्रुवीय निर्देशांक हैं (A, r); यानी OP = r और BOP = θ, जैसा कि चित्र 18.4 में दिखाया गया है। यहां AP = r1 और BP = r2 है। हम समीकरण (18.10) का उपयोग करके P और B पर बिंदु आवेशों के कारण P पर क्षमता की आसानी से गणना कर सकते हैं:

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r_1}$$

और

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{-q}{r_2}$$

द्विध्रुव के दोनों आवेशों के कारण P पर कुल विभव इस प्रकार दिया गया है

$$V = V_1 + V_2$$

वह है,

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cos\theta \quad (18.12)$$

इस परिणाम को अधिक सुविधाजनक रूप में रखने के लिए, हम ए और बी से सामान्य खींचते हैं O और P को जोड़ने वाली रेखा। BOD से, हम देखते हैं कि $OD = l \cos\theta$ और OAC से हम कर सकते हैं $OC = l \cos\theta$ लिखें। चित्र 18.4 से एक छोटे द्विध्रुव ($AB \ll OP$) के लिए, हम $PB = PD$ ले सकते हैं और

पीए = पीसी. इस तरह

$$r_1 = r + l \cos\theta$$

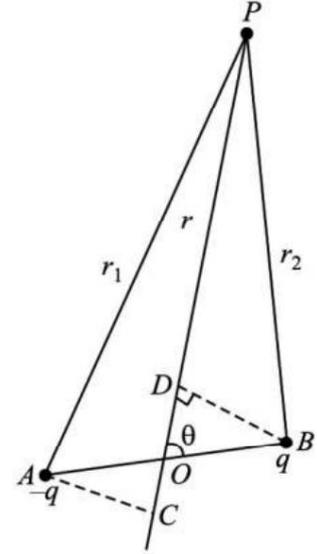
$$r_2 = r - l \cos\theta$$

समीकरण (18.12) में इन परिणामों का उपयोग करने पर, हम पाते हैं

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cos\theta \left[\frac{1}{r + l \cos\theta} - \frac{1}{r - l \cos\theta} \right]$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{2 \cos\theta}{r^2} \frac{l \cos\theta}{2}$$

$$= \frac{q \times 2 \cos\theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$



चित्र 18.4: a पर विद्युत विभव विद्युत द्विध्रुव के कारण बिंदु P.

यहां हमने $l \ll r$ के बाद से l की दूसरी घात वाले पद की उपेक्षा की है।

द्विध्रुव आघूर्ण ($p = q \times 2l$) के संदर्भ में, हम इस परिणाम को इस प्रकार व्यक्त कर सकते हैं

$$V = \frac{p \cos\theta}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (18.13)$$

यह परिणाम दर्शाता है कि किसी बिंदु आवेश के कारण विभव के विपरीत, विभव के कारण होता है एक द्विध्रुव दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

विशेष स्थितियां

केस I: जब बिंदु P धनात्मक पक्ष पर द्विध्रुव की अक्षीय रेखा पर स्थित होता है आवेश q ($\theta = 0$) और $\cos 0 = 1$. तब समीकरण (18.13) से कम हो जाता है

$$V = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (18.14)$$

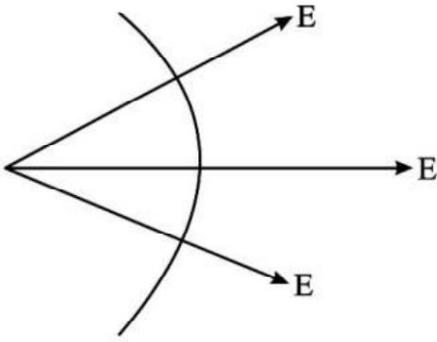
केस II: जब बिंदु P द्विध्रुव की अक्षीय रेखा पर स्थित है, लेकिन इसके किनारे पर है ऋणात्मक आवेश q ($\theta = 180^\circ$) और $\cos 180^\circ = -1$. इस तरह

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (18.15)$$

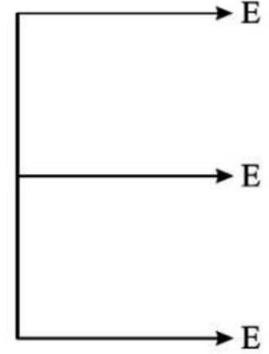
स्थिति III: जब बिंदु P द्विध्रुव की विषुवत रेखा (AB का लंबवत समद्विभाजक) पर स्थित है, $\theta = 90^\circ$ और $\cos 90^\circ = 0$. तब

$$V_{\text{भूमध्यरेखीय}} = 0 \quad (18.16)$$

अर्थात्, द्विध्रुव के कारण विद्युत विभव द्विध्रुव की विषुवत रेखा पर प्रत्येक बिंदु पर शून्य होता है। इस तल में सभी बिंदुओं पर विभव एक समान अर्थात् शून्य होगा। ऐसी सतह को समविभव सतह कहा जाता है। विद्युत क्षेत्र हमेशा समविभव सतह के लंबवत होता है। समविभव सतह पर किसी आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में कोई कार्य नहीं किया जाता है।



(ए) गोलाकार समविभव सतह



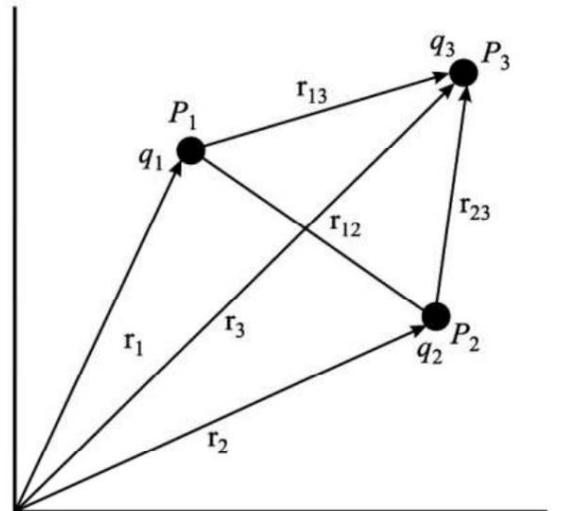
(बी) समतल समविभव सतह

चित्र 18.5: समविभव सतह और विद्युत क्षेत्र की दिशाएँ

बिंदु आवेशों की एक प्रणाली की संभावित ऊर्जा

विद्युत स्थितिज ऊर्जा वह ऊर्जा है जो विद्युत क्षेत्र में होने के कारण बिंदु आवेशों की एक प्रणाली के पास होती है। जब आवेश अनंत दूरी पर होते हैं, तो वे परस्पर क्रिया नहीं करते हैं और उनकी स्थितिज ऊर्जा शून्य होती है। यदि हम एक चार्ज सिस्टम को असेंबल करना चाहते हैं, यानी चार्ज को एक-दूसरे के पास लाना चाहते हैं, तो काम करना होगा।

यह कार्य इन आवेशों की प्रणाली में स्थितिज ऊर्जा के रूप में संग्रहीत होता है। इसे आवेश प्रणाली की विद्युत स्थितिज ऊर्जा कहा जाता है। इसलिए, हम बिंदु आवेशों की एक प्रणाली की स्थितिज ऊर्जा को प्रणाली के विभिन्न बिंदु आवेशों को असीम रूप से बड़े पारस्परिक पृथक्करणों से उनके संबंधित स्थानों पर लाने में किए गए कार्य की कुल मात्रा के रूप में परिभाषित कर सकते हैं।



चित्र 18.6: दूरी द्वारा अलग किए गए बिंदु आवेशों की एक प्रणाली की संभावित ऊर्जा

मान लीजिए कि एक बिंदु आवेश q_1 अंतरिक्ष में स्थिति वेक्टर r_1 के साथ एक बिंदु P_1 पर स्थित है। मान लें कि बिंदु आवेश q_2 अनंत पर है।

इसे स्थिति वेक्टर r_2 वाले बिंदु P_2 पर लाना होगा जहां $P_1 P_2 = r_{12}$, जैसे चित्र 18.6 में दिखाया गया है। हम जानते हैं कि P_1 पर आवेश q_1 के कारण P_2 पर विद्युत विभव है

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r_{12}} \quad (18.17)$$

विभव की परिभाषा से आवेश q_2 को अनंत से बिंदु तक लाने में किया गया कार्य W_2 है

$$W = (P_2 \text{ पर विभव}) \times \text{आवेश का मान यह कार्य विद्युत स्थितिज}$$

ऊर्जा U के रूप में आवेश q_1 और q_2 की प्रणाली में संग्रहीत होता है।

$$U = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{12}} \quad (18.18)$$

इस स्थिति में दोनों आवेशों का चिह्न समान होता है, इसलिए उन्हें करीब लाने के लिए प्रतिकारक बल के विरुद्ध कार्य किया जाता है और इसलिए, सिस्टम की विद्युत स्थितिज ऊर्जा बढ़ जाती है। दूसरी ओर, इन्हें एक-दूसरे से अलग करने में क्षेत्र द्वारा कार्य किया जाता है। परिणामस्वरूप सिस्टम की स्थितिज ऊर्जा कम हो जाती है। यदि आवेश विपरीत चिह्न के हैं, अर्थात् एक धनात्मक है और दूसरा ऋणात्मक है, तो आवेश प्रणाली की स्थितिज ऊर्जा आवेशों को पास लाने में कम हो जाती है और उन्हें एक दूसरे से अलग करने पर बढ़ जाती है।

तीन बिंदु आवेश प्रणाली के लिए (चित्र 18.6), समीकरण (18.18) के रूप में लिखा जा सकता है

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q_1 q_2}{r_{12}} + \frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}} \right] \quad (18.19)$$

इसी प्रकार आगे बढ़ते हुए, हम किसी भी संख्या में आवेश वाले सिस्टम की स्थितिज ऊर्जा की गणना कर सकते हैं।

समीकरणों को मिलाकर, (18.3) और (18.13), एकसमान में द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा विद्युत क्षेत्र को इस प्रकार लिखा जा सकता है

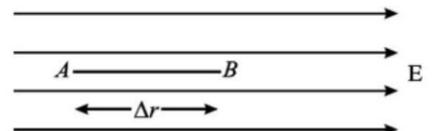
$$Uq = -pE \cos\theta = -pE \quad (18.20)$$

जहाँ p विद्युत क्षेत्र E में द्विध्रुव आघूर्ण है और θ p और E के बीच का कोण है।

18.2 विद्युत क्षेत्र और क्षमता के बीच संबंध

एक समान विद्युत क्षेत्र E में दो बिंदुओं A और B पर विचार करें, जो थोड़ी दूरी r से अलग हैं। परिभाषा के अनुसार, A और B के बीच संभावित अंतर ΔV एक इकाई सकारात्मक परीक्षण चार्ज को A से B तक ले जाने में किए गए कार्य के बराबर है:

$$\begin{aligned} \Delta V &= (\text{इकाई धनात्मक आवेश पर बल}) \times (AB) \\ &= E \cdot r = E (r) \cos 180^\circ \end{aligned}$$



$$= -E \cdot r$$

या
$$E = \frac{\Delta V}{\Delta r} \quad (18.21)$$

ऋणात्मक चिन्ह दर्शाता है कि कार्य विद्युत क्षेत्र के विपरीत किया गया है।

इसलिए, किसी भी बिंदु पर, विद्युत क्षेत्र क्षेत्र की दिशा में उस बिंदु पर दूरी (जिसे संभावित ढाल कहा जाता है) के साथ क्षमता के नकारात्मक परिवर्तन के अनुपात के बराबर होता है। याद रखें कि विद्युत विभव एक अदिश राशि है लेकिन विद्युत विभव प्रवणता एक सदिश राशि है क्योंकि यह संख्यात्मक रूप से विद्युत क्षेत्र के बराबर है।

उपरोक्त संबंध से, एक समान विद्युत क्षेत्र के लिए, हम लिख सकते हैं

$$E = \frac{V_B - V_A}{r_B - r_A} \quad (18.22)$$

यहां वीए और वीबी क्रमशः दूरी से अलग बिंदु ए और बी पर क्षमताएं हैं डी।

उदाहरण 18.1

10 वोल्ट की बैटरी में धनावेशित कण होने पर कितना कार्य होता है?

$1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ आवेश को इसके ऋणात्मक टर्मिनल से धनात्मक टर्मिनल की ओर ले जाया जाता है?

समाधान :

समीकरण के अनुसार. (18.2)

$$W_{AB} = q(V_B - V_A)$$

चूँकि $V_B = 10 \text{ V}$ और $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, हमें मिलता है

$$\begin{aligned} W_{AB} &= (1.6 \times 10^{-19}) \times (10 - 0) \\ &= 1.6 \times 10^{-18} \text{ जे} \end{aligned}$$

उदाहरण 18.2

कार्टेशियन समन्वय प्रणाली के मूल में एक बिंदु आवेश q है। विद्युत विभव 400 V है और एक बिंदु x पर विद्युत क्षेत्र का परिमाण 150 NC^{-1} है। x और q की गणना करें।

समाधान :

विद्युत क्षेत्र

$$E = \frac{V}{r}$$

संख्यात्मक मान डालने पर हमें प्राप्त होता है

$$150 = \frac{400}{r}$$

या
$$r = 2.67 \text{ मी}$$

याद रखें कि विद्युत क्षेत्र अभिव्यक्ति द्वारा दिया गया है

$$E = \frac{1 \text{ क्यू}}{4\pi\epsilon \text{ एक्स}^2}$$

हम स्थानापन्न करते हैं $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10 \text{ एनसी मी}^{-2}$, $E = 150 \text{ एनसी}$ और $\text{एक्स} = 2.67$ और प्राप्त करें

$$\begin{aligned} \text{क्यू} &= \frac{9 \times 10 \text{ एनसी} \times 2.67^2 \text{ मी}^2}{150 \text{ एनसी}} \\ &= 11.9 \times 10^{-8} \text{ सी} \end{aligned}$$

पाठगत प्रश्न 18.1

1. R त्रिज्या वाले एक धातु के गोले की सतह पर आवेश +q समान रूप से वितरित है। गोले के केंद्र से एक बिंदु r (> R) पर क्षमता क्या है?
2. जब एक बिंदु आवेश को त्रिज्या r के वृत्त में घुमाया जाता है तो किए गए कार्य की गणना करें एक बिंदु प्रभार q.
3. किसी क्षेत्र में विद्युत विभव V स्थिर रहता है। बिजली के बारे में आप क्या कह सकते हैं इस क्षेत्र में फ़ील्ड ई?
4. यदि किसी बिंदु पर विद्युत क्षेत्र शून्य है, तो क्या विद्युत विभव आवश्यक रूप से शून्य होगा वह बिंदु.
5. क्या दो समविभव सतहें प्रतिच्छेद कर सकती हैं?

आवेश चालन के आधार पर पदार्थों को मोटे तौर पर चालक के रूप में वर्गीकृत किया जाता है और इन्सुलेटर. ठोस पदार्थों में विद्युत का संचालन सामान्यतः मुक्त इलेक्ट्रॉनों के कारण होता है। कंडक्टरों में मुक्त आवेश वाहक होते हैं जिनके माध्यम से विद्युत धाराएँ स्थापित की जा सकती हैं एक विद्युत क्षेत्र लागू करना. धातुएँ अच्छी चालक होती हैं। ऐसे पदार्थ जिनका कोई निःशुल्क शुल्क नहीं है वाहकों को इन्सुलेटर कहा जाता है। सामान्य इंसुलेटर लकड़ी, एबोनाइट, कांच, क्वार्ट्ज, अभ्रक हैं आदि ऐसे पदार्थ जिनमें कंडक्टर और इंसुलेटर के बीच विद्युत चालकता होती है अर्धचालक कहलाते हैं। अच्छे चालकों की विद्युत चालकता का अच्छे से अनुपात इंसुलेटर 1020 के क्रम का है। आइए अब जानें कि विद्युत में कंडक्टर कैसे व्यवहार करते हैं मैदान।

विद्युत क्षेत्र में कंडक्टरों का व्यवहार

कंडक्टरों में इलेक्ट्रॉन होते हैं जो उनके परमाणुओं में कसकर बंधे नहीं होते हैं। ये मुफ्त हैं कंडक्टर के भीतर जाने के लिए. हालाँकि, इलेक्ट्रॉनों (आवेशों) का कोई शुद्ध स्थानांतरण नहीं होता है किसी भी लागू विद्युत क्षेत्र की अनुपस्थिति में कंडक्टर के एक हिस्से को दूसरे से। कंडक्टर को इलेक्ट्रोस्टैटिक संतुलन में कहा जाता है।

चित्र 18.7 (ए) देखें जो बाहरी विद्युत क्षेत्र ई में रखे गए एक कंडक्टर को दिखाता है। मुक्त इलेक्ट्रॉनों को विद्युत क्षेत्र के विपरीत दिशा में त्वरित किया जाता है। यह जिसके परिणामस्वरूप चालक की सतह ABCD पर इलेक्ट्रॉनों का निर्माण होता है। सतह FGHK इलेक्ट्रॉनों को हटाने के कारण धनात्मक रूप से आवेशित हो जाता है। ये आवेश सतह पर (-ve) हैं

सतह FGHK पर ABCD और +ve एक विद्युत क्षेत्र E1 बनाते हैं जो लागू क्षेत्र E के विपरीत दिशा में होता है। ABCD से FGHK में इलेक्ट्रॉनों का स्थानांतरण तब तक जारी रहता है जब तक E, E1 के बराबर नहीं हो जाता। इलेक्ट्रोस्टैटिक संतुलन की ऐसी स्थिति आमतौर पर 10-16 सेकेंड में पहुंच जाती है। फिर हम कहते हैं कि संतुलन लगभग तुरंत ही पहुँच जाता है। यदि किसी चालक के अंदर एक गुहा है, तो गुहा के अंदर विद्युत क्षेत्र शून्य है [चित्र। 18.7 (बी)]।

ये परिणाम किसी आवेशित कंडक्टर के लिए या जब तटस्थ पर चार्ज प्रेरित होते हैं तो सही होते हैं बाह्य विद्युत क्षेत्र द्वारा चालक।

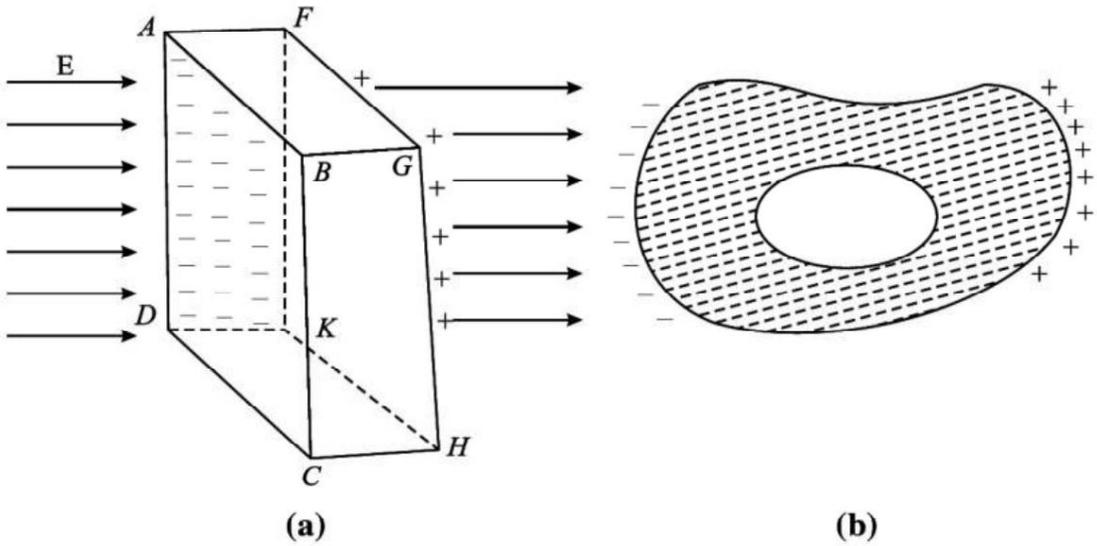
कंडक्टर की इस संपत्ति का उपयोग इलेक्ट्रोस्टैटिक शील्डिंग में किया जाता है - बाहरी विद्युत क्षेत्रों से अंतरिक्ष के एक निश्चित क्षेत्र की रक्षा करने की एक घटना। नाजुक उपकरणों को बाहरी विद्युत क्षेत्रों से बचाने के लिए, उन्हें खोखले कंडक्टरों में बंद कर दिया जाता है। इसीलिए बिजली के साथ गरज वाले तूफान में, बाहर की तुलना में कार या बस के अंदर रहना अधिक सुरक्षित होता है। कार या बस की धातु बॉडी बिजली से इलेक्ट्रोस्टैटिक परिरक्षण प्रदान करती है।

इलेक्ट्रोस्टैटिक संतुलन में कंडक्टर निम्नलिखित गुण प्रदर्शित करते हैं:

। किसी चालक के अंदर कोई विद्युत क्षेत्र नहीं होता है।

। किसी आवेशित चालक के बाहर का विद्युत क्षेत्र चालक की सतह के लंबवत होता है, चाहे चालक का आकार कुछ भी हो।

। कंडक्टर पर कोई भी चार्ज कंडक्टर की सतह पर रहता है।



चित्र 18.7: इलेक्ट्रोस्टैटिक परिरक्षण: (ए) बाहरी विद्युत क्षेत्र ई सतह एबीसीडी पर मुक्त इलेक्ट्रॉनों को खींचता है।

सतह FGHK, जिसमें इलेक्ट्रॉनों की कमी होती है, धनात्मक रूप से आवेशित हो जाती है; चालक के अंदर शुद्ध क्षेत्र शून्य है। (बी) यदि किसी चालक के अंदर एक गुहा है, तो गुहा के अंदर का क्षेत्र शून्य है।

18.3 धारिता

आइए हम दो ऐसे चालकों पर विचार करें जिन पर समान लेकिन विपरीत आवेश +Q और -Q हैं। उनके बीच संभावित अंतर V है। कंडक्टरों की ऐसी प्रणाली को संधारित्र कहा जाता है। प्रायोगिक तौर पर यह पाया गया है कि किसी चालक पर संभावित अंतर सीधे आवेश के समानुपाती होता है। जैसे-जैसे चार्ज बढ़ता है, उनके बीच संभावित अंतर भी बढ़ता है लेकिन उनका अनुपात स्थिर रहता है। इस अनुपात को संधारित्र की धारिता कहा जाता है:

QV□

$$क्यू = सीवी$$

$$सी = क्यू/वी$$

(18.23)

यहाँ C को आनुपातिकता स्थिरांक के रूप में प्रस्तुत किया गया है। धारिता आवेश से स्वतंत्र होती है और क्षमता. धारिता प्लेटों के क्षेत्रफल, प्लेटों के बीच की दूरी पर निर्भर करती है संधारित्र और प्लेटों के बीच रखा ढांकता हुआ। धारिता को इस प्रकार परिभाषित किया गया है किसी भी चालक पर आवेश और उनके बीच संभावित अंतर के बीच का अनुपात उन्हें। यह कैपेसिटर की चार्ज स्टोर करने की क्षमता का माप है।

इकाइयों की एसआई प्रणाली में, धारिता को फैराड (एफ) में मापा जाता है। धारिता एक है फैराड, यदि एक कूलम्ब का आवेश एक वोल्ट का संभावित अंतर पैदा करता है:

$$\frac{1 \text{ कूलम्ब } 1 \text{ फैराड}}{1 \text{ वोल्ट}}$$

(18.24)

आपको पिछली इकाई से याद होगा कि कूलॉम आवेश की एक बहुत बड़ी इकाई है। यह अर्थात् फैराड भी धारिता की एक बहुत बड़ी इकाई है। आमतौर पर हम कैपेसिटर का उपयोग करते हैं माइक्रोफ़ैराड या पिकोफ़ैराड में मान:

$$1 \text{ माइक्रोफ़ैराड} = 10^{-6} \text{ फैराड, जिसे } \mu\text{F के रूप में लिखा जाता है}$$

$$1 \text{ पिकोफ़ैराड} = 10^{-12} \text{ फैराड, जिसे पीएफ के रूप में लिखा जाता है}$$

एक विद्युत परिपथ में, एक संधारित्र को दो समानांतर रेखाओं द्वारा दर्शाया जाता है।

एक गोलाकार कंडक्टर की धारिता

मान लीजिए कि त्रिज्या r के एक गोले पर आवेश q दिया गया है। माना गोले की क्षमता है वी. फिर

$$वी = \frac{1 \text{ क्यू}}{4\pi\epsilon_0 \text{ आर}}$$

चूँकि $C = q/V$, हम पाते हैं कि

$$सी = \frac{4\pi\epsilon_0 \text{ आर}}{क्यू/4\pi\epsilon_0 \text{ आर}} = \frac{4\pi\epsilon_0 \text{ आर}^2}{क्यू} \quad (18.25)$$

इससे पता चलता है कि एक गोलाकार चालक की धारिता उसकी धारिता के समानुपाती होती है त्रिज्या. वास्तव में, यह संख्यात्मक रूप से इसकी त्रिज्या को 9×10^9 से विभाजित करने के बराबर है मीटर में. उदाहरण के लिए, 0.18 मीटर त्रिज्या वाले एक गोले की धारिता है

, जहां त्रिज्या ली गई है

$$सी = \frac{0.18}{9} \times 10^9 \text{ एफ} = 20 \text{ पीएफ}$$

संधारित्र का कार्य सिद्धांत

आप अपनी भौतिकी प्रयोगशाला में कई प्रकार के कैपेसिटर देखेंगे। शक्ति आपके शहर की आपूर्ति प्रणाली भी कैपेसिटर का उपयोग करती है। ये भी महत्वपूर्ण घटक बनते हैं रेडियो, टीवी, एम्प्लीफ़ायर और ऑसिलेटर जैसे उपकरण। एक संधारित्र अनिवार्य रूप से शामिल होता है

दो कंडक्टर, एक चार्ज और दूसरा आमतौर पर अर्थ किया हुआ। संधारित्र के सिद्धांत को समझने के लिए, आइए एक इंसुलेटेड धातु प्लेट A पर विचार करें और इसे तब तक सकारात्मक चार्ज (q) दें जब तक इसकी क्षमता (V) अधिकतम न हो जाए। (इस पर कोई भी अतिरिक्त चार्ज दिया गया तो वह लीक हो जाएगा।) इस प्लेट की धारिता q/V के बराबर है।

अब प्लेट ए के पास एक और इंसुलेटेड मेटल प्लेट बी लाएँ। प्रेरण द्वारा, बी के निकटतम चेहरे पर नकारात्मक चार्ज उत्पन्न होता है और इसके दूर के चेहरे पर समान सकारात्मक चार्ज विकसित होता है (चित्र 18.8 ए)।

प्रेरित ऋणात्मक आवेश कम हो जाता है जबकि प्रेरित धनात्मक आवेश A की क्षमता को बढ़ा देता है। यदि प्लेट B को भूसंपर्कित किया जाता है (चित्र 18.8 b), तो उस पर प्रेरित धनात्मक आवेश मुक्त होने के कारण पृथ्वी की ओर प्रवाहित होता है। (वास्तव में, यह ऋणात्मक आवेश है जो पृथ्वी से प्लेट की ओर प्रवाहित होता है। प्लेट में धनात्मक आवेश स्थिर होते हैं।)

लेकिन ऋणात्मक आवेश बना रहेगा क्योंकि यह A पर धनात्मक आवेश से बंधा हुआ है। B पर इस प्रेरित ऋणात्मक आवेश के कारण, A की क्षमता कम हो जाती है और इसकी धारिता बढ़ जाती है।

इसलिए, हम कह सकते हैं कि एक इंसुलेटेड कंडक्टर की धारिता को उसके पास एक अनावेशित भूसंचालित कंडक्टर लाकर बढ़ाया जा सकता है।

यह संधारित्र का मूल सिद्धांत है। कैपेसिटर का उपयोग बड़ी मात्रा में विद्युत आवेश और इसलिए विद्युत ऊर्जा को एक छोटे से स्थान में थोड़े समय के अंतराल के लिए संग्रहीत करने के लिए किया जाता है।

एक समानांतर प्लेट संधारित्र

एक समानांतर प्लेट कैपेसिटर सबसे सरल कैपेसिटर में से एक है जिसमें दो समानांतर धातु प्लेटें, प्रत्येक क्षेत्र A, एक छोटी दूरी d द्वारा एक दूसरे से अलग होती हैं। वायु, कागज, अभ्रक, कांच आदि जैसा एक रोधक माध्यम प्लेटों को अलग करता है। प्लेटें बैटरी के टर्मिनलों से जुड़ी होती हैं, जैसा चित्र 18.9 में दिखाया गया है। मान लीजिए कि संधारित्र पूरी तरह से चार्ज होने पर ये प्लेटें +q और -q चार्ज प्राप्त कर लेती हैं। ये आवेश प्लेटों के बीच एक समान विद्युत क्षेत्र E स्थापित करते हैं। जब पृथक्करण d प्लेटों के आकार की तुलना में छोटा होता है, तो प्लेटों की सीमाओं पर विद्युत क्षेत्र की विकृति को नजरअंदाज किया जा सकता है।

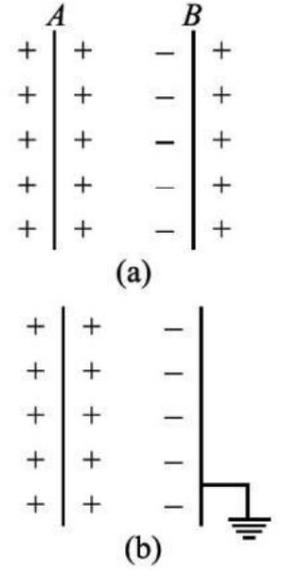
यदि किसी भी प्लेट पर सतह आवेश घनत्व σ है, तो प्लेटों के बीच विद्युत क्षेत्र का परिमाण निम्न द्वारा दिया जाता है

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad \frac{\text{ए.ए.}}{\text{मी.}} \quad 0$$

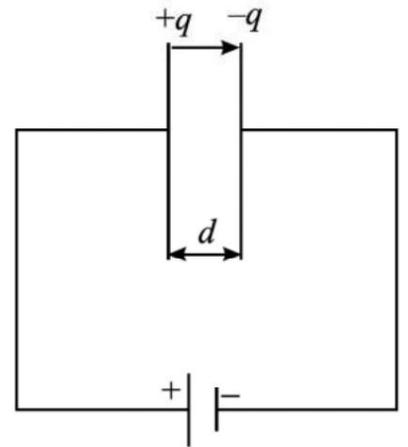
और प्लेटों के बीच संभावित अंतर द्वारा दिया गया है

$$V = Ed$$

इसलिए, एक समानांतर प्लेट संधारित्र की धारिता, जिसकी प्लेटें d और द्वारा अलग की जाती हैं इनके बीच में हवा होती है



चित्र 18.8: संधारित्र का कार्य सिद्धांत



चित्र 18.9: संधारित्र का कार्य सिद्धांत

$$\begin{aligned} \epsilon_0 &= \frac{q_1}{\text{वी क्यूडी} / \epsilon \epsilon_0} \\ &= \frac{\epsilon \epsilon_0}{\text{डी}} \end{aligned} \quad (18.26)$$

यह दर्शाता है कि एक समानांतर प्लेट संधारित्र की धारिता प्लेटों के क्षेत्रफल के सीधे आनुपातिक और उनके पृथक्करण के व्युत्क्रमानुपाती होती है। इसका मतलब है कि उच्च धारिता प्राप्त करने के लिए प्लेटों का क्षेत्रफल बड़ा होना चाहिए और उनके बीच का पृथक्करण छोटा होना चाहिए।

यदि किसी संधारित्र की प्लेटें हवा या वैक्यूम के अलावा किसी ढांकता हुआ पदार्थ से अलग हो जाती हैं, एक समान्तर प्लेट संधारित्र की धारिता किसके द्वारा दी जाती है?

$$\epsilon = \frac{\epsilon \epsilon_0 \text{ के } \epsilon \epsilon_0}{\text{डी}} \quad \text{डी}$$

जहाँ ϵ को माध्यम की पारगम्यता कहा जाता है। इसलिए, हम पाते हैं कि ढांकता हुआ समान्तर प्लेट संधारित्र की धारिता हवा या निर्वात के साथ ढांकता हुआ के रूप में धारिता का K गुना हो जाती है:

$$\epsilon = \text{केसी}0 \quad (18.27)$$

सापेक्ष पारगम्यता या ढांकता हुआ स्थिरांक

हम आवेशों के बीच बल की गणना करके ढांकता हुआ स्थिरांक भी परिभाषित कर सकते हैं। कूलम्ब के नियम के अनुसार, निर्वात में दूरी r से अलग दो आवेशों q1 और q2 के बीच परस्पर क्रिया के बल का परिमाण है:

$$F = \frac{1 \text{ क्यूक्यू}_{1,2,2}}{4\pi\epsilon \text{ आर}} \quad (18.28)$$

कहाँ ϵ_0 मुक्त स्थान की परमिटिविटी है।

यदि इन आवेशों को किसी भौतिक माध्यम में समान दूरी पर रखा जाता है, तो परस्पर क्रिया का बल उनके बीच द्वारा दिया जाएगा

$$F = \frac{1 \text{ क्यूक्यू}_{1,2,2}}{4\pi\epsilon \text{ आर}} \quad (18.29)$$

समीकरणों को संयोजित करने पर. (18.28) और (18.29), हमें मिलता है

$$\frac{F}{F} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \epsilon \quad (18.30)$$

कहाँ ϵ (या K) सापेक्ष पारगम्यता है। इसे माध्यम का ढांकता हुआ स्थिरांक भी कहा जाता है। ध्यान दें कि यह भौतिक माध्यम की परमिटिविटी और मुक्त स्थान की परमिटिविटी का अनुपात है। हम किसी माध्यम के ढांकता हुआ स्थिरांक को हवा या निर्वात में एक निश्चित दूरी पर रखे गए दो बिंदु आवेशों के बीच परस्पर क्रिया के इलेक्ट्रोस्टैटिक बल और भौतिक माध्यम में समान दूरी पर रखे गए उनके बीच परस्पर क्रिया के बल के अनुपात के रूप में भी परिभाषित कर सकते हैं।

ढांकता हुआ स्थिरांक को इस प्रकार भी व्यक्त किया जा सकता है

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\text{प्लेटों के बीच परावैद्युत युक्त धारिता}}{\text{प्लेटों के बीच वैक्यूम के साथ कैपेसिटेंस}} \\ &= \frac{\epsilon_0}{\epsilon_0} \end{aligned}$$

इस प्रकार

$$\epsilon = KC0 \tag{18.31}$$

धातुओं के लिए $K = \infty$, अभ्रक के लिए $K = 6$, और कागज के लिए $K = 3.6$ ।

18.4 कैपेसिटर का समूहन

कैपेसिटर विद्युत और इलेक्ट्रॉनिक सर्किट के बहुत महत्वपूर्ण तत्व हैं। हमें विभिन्न उद्देश्यों के लिए विभिन्न कैपेसिटेंस के कैपेसिटर की आवश्यकता होती है। कभी-कभी उचित मूल्य का कैपेसिटेंस उपलब्ध नहीं हो पाता है। ऐसी स्थितियों में, कैपेसिटर का समूहन हमें उपलब्ध कैपेसिटर के साथ कैपेसिटेंस का वांछित (छोटा या बड़ा) मूल्य प्राप्त करने में मदद करता है। दो सबसे आम संधारित्र समूह हैं:

एल श्रृंखला समूहन, और

एल समानांतर समूहन.

कैपेसिटर का समानांतर समूहन

समानांतर समूहन में, प्रत्येक संधारित्र की एक प्लेट एक टर्मिनल से जुड़ी होती है और दूसरी प्लेट बैटरी के दूसरे टर्मिनल से जुड़ी होती है, जैसा चित्र 18.10 में दिखाया गया है। मान लीजिए V बिंदु A और B के बीच संयोजन पर लागू संभावित अंतर है। ध्यान दें कि समानांतर संयोजन में, प्रत्येक संधारित्र पर संभावित अंतर समान होता है। इसलिए प्रत्येक संधारित्र पर चार्ज अलग-अलग होगा, मान लीजिए q_1 , q_2 और q_3 इस प्रकार कि $q_1 = C_1V$, $q_2 = C_2V$, $q_3 = C_3V$ चूंकि चार्ज पर विचार किया जाता है, संयोजन के सभी कैपेसिटर पर कुल चार्ज है:

(18.32)

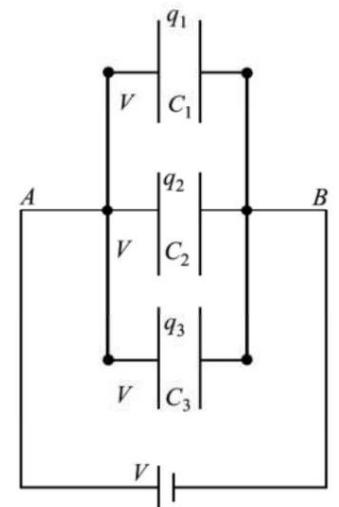
$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

$$q = (C_1 + C_2 + C_3 + \dots) V \text{ समानांतर} \tag{18.33}$$

चलो ϵ_0 संयोजन में समतुल्य धारिता है।

तब

$$\epsilon_0 = \epsilon_0 \epsilon_0$$



चित्र 18.10: कैपेसिटर समानांतर में जुड़े हुए हैं

इन रिश्तों से हमें मिलता है

$$Q = C_1 V_1 = (C_1 + C_2 + C_3) V$$

सामान्य तौर पर, हम लिख सकते हैं

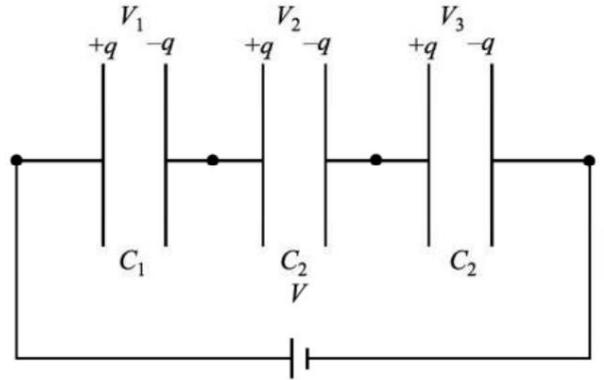
$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 \quad (18.34)$$

इस प्रकार, हम देखते हैं कि समानांतर में जुड़े कई कैपेसिटर की समतुल्य धारिता व्यक्तिगत कैपेसिटेंस के योग के बराबर है।

याद रखें कि समानांतर संयोजन में, सभी कैपेसिटर की प्लेटों के बीच समान संभावित अंतर होता है लेकिन चार्ज उनकी कैपेसिटेंस के अनुपात में वितरित होता है। इस तरह के संयोजन का उपयोग चार्ज संचय के लिए किया जाता है।

कैपेसिटर की श्रृंखला समूहन

कैपेसिटर के श्रृंखला संयोजन में, पहले कैपेसिटर की पहली प्लेट विद्युत स्रोत से जुड़ी होती है। पहले संधारित्र की दूसरी प्लेट दूसरे संधारित्र की पहली प्लेट से जुड़ी होती है। दूसरे संधारित्र की दूसरी प्लेट संयोजन के अगले संधारित्र की पहली प्लेट से जुड़ी होती है इत्यादि। संयोजन के अंतिम संधारित्र की दूसरी प्लेट विद्युत स्रोत से जुड़ी है, जैसा चित्र 18.11 में दिखाया गया है। मान लीजिए स्रोत से संधारित्र C1 की पहली प्लेट को +q इकाई आवेश दिया गया है। विद्युत प्रेरण के कारण, जैसा कि संधारित्र के सिद्धांत में बताया गया है, -q चार्ज C1 की दाहिनी प्लेट के अंदरूनी हिस्से पर दिखाई देता है और +q चार्ज C2 की दूसरी प्लेट के बाहरी तरफ विकसित होता है। आवेश की -q इकाई C2 की पहली प्लेट में प्रवाहित होती है इत्यादि। इस प्रकार, प्रत्येक संधारित्र को परिमाण q का समान आवेश प्राप्त होता है। चूंकि उनकी धारियाँ भिन्न हैं, इन संधारित्रों में संभावित अंतर होगा



चित्र 18.11: श्रृंखला समूहन में कैपेसिटर। प्रत्येक संधारित्र प्लेट पर आवेश की मात्रा समान होती है।

$$V_1 = \frac{q}{C_1}, \quad V_2 = \frac{q}{C_2}, \quad V_3 = \frac{q}{C_3} \quad (18.35)$$

यदि Cs श्रृंखला समूहन की कुल धारिता है, तो

$$V = \frac{q}{C_s}$$

और

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (18.36)$$

इस तरह

$$\frac{q}{C_s} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}$$

या
$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_3} \quad (18.37)$$

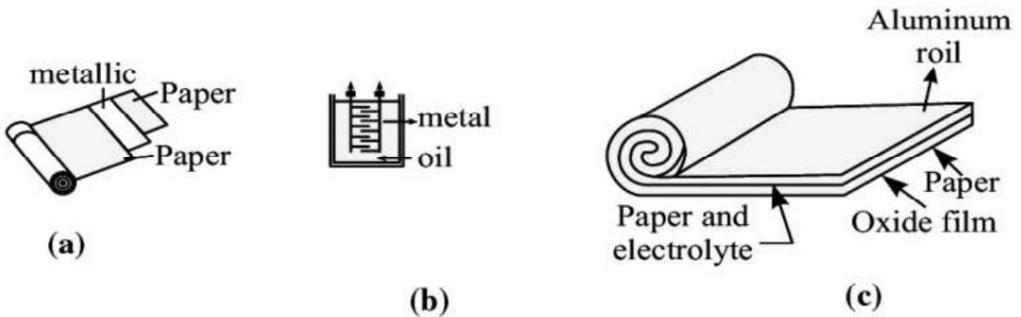
श्रृंखला में जुड़े n कैपेसिटर के लिए, हम लिख सकते हैं

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

कैपेसिटर के प्रकार

व्यावसायिक उपयोग में कैपेसिटर की तीन सामान्य किस्में हैं। उनकी योजनाबद्ध चित्र 18.12 में चित्र दिखाए गए हैं।

1. पेपर कैपेसिटर: पैराफिन संसेचित कागज की कई बड़ी पतली शीट या माइलर को उचित आकार (आयताकार) में काटा जाता है। धातु की पन्नी की कई शीटें भी एक ही आकार में काटे जाते हैं। ये बारी-बारी से एक के ऊपर एक फैले रहते हैं। बाहरी शीट मायलर है, फिर उसके ऊपर धातु की पन्नी की एक शीट, उसके ऊपर फिर से ए माइलर की शीट और फिर धातु की पन्नी की शीट इत्यादि। पूरा सिस्टम फिर इसे चित्र 18.12 (ए) में दिखाए अनुसार एक सिलेंडर के रूप में रोल किया जाता है एक छोटा उपकरण।
2. धातु प्लेट कैपेसिटर: बड़ी संख्या में धातुओं को बारी-बारी से जोड़ा जाता है दो धातु की छड़ें जैसा चित्र 18.12 (बी) में दिखाया गया है। पूरा प्लेट सिस्टम डूबा हुआ है सिलिकॉन तेल में जो प्लेटों के बीच ढांकता हुआ पदार्थ के रूप में काम करता है। उच्च वोल्टेज कैपेसिटर आमतौर पर इसी प्रकार के होते हैं। माइक्रो फैराड के परिवर्तनीय कैपेसिटर कैपेसिटेंस आमतौर पर इसी प्रकार के होते हैं और हवा को ढांकता हुआ के रूप में उपयोग करते हैं। का एक सेट प्लेटें स्थिर हैं और दूसरा सेट चलायमान है। घूमने योग्य प्लेटें, जब घुमाई जाती हैं, उनके प्रभावी क्षेत्र को बदलें, जिससे सिस्टम की धारिता बदल जाए। आप रेडियो रिसेवर में ऐसे कैपेसिटर देख सकते हैं। परिवर्तनीय धारिता मदद करती है विभिन्न रेडियो स्टेशनों पर ट्यूनिंग में।



चित्र 18.12: विभिन्न प्रकार के कैपेसिटर: (ए) पेपर कैपेसिटर, (बी) वैरिएबल कैपेसिटर, और (सी) इलेक्ट्रोलाइटिक कैपेसिटर

3. इलेक्ट्रोलाइटिक कैपेसिटर: एक इलेक्ट्रोलाइटिक कैपेसिटर चित्र 18.12 (सी) में दिखाया गया है। एक धातु की पन्नी को बढ़ते व्यास वाले सिलेंडर के आकार में लपेटा जाता है ताकि एक सतह और दूसरी सतह के बीच हमेशा एक जगह बनी रहे। प्रणाली घोल के रूप में इलेक्ट्रोलाइट में डुबोया जाता है। ये समाधान है

विलयन में आयनों के कारण संचालन। के बीच एक वोल्टेज लगाया जाता है इलेक्ट्रोलाइट और धातुई पन्नी। की संचालनात्मक प्रकृति के कारण इलेक्ट्रोलाइट, धातु ऑक्साइड की एक पतली परत, जो एक इन्सुलेटर है, बनती है पन्नी पर. ऑक्साइड परत ढांकता हुआ पदार्थ के रूप में काम करती है। ढांकता हुआ के बाद से परत अत्यंत पतली है, सिस्टम धारिता का बहुत उच्च मूल्य प्रदान करता है। इस प्रकार के कैपेसिटर में सकारात्मक और नकारात्मक को चिह्नित करना महत्वपूर्ण है टर्मिनल. सकारात्मक और नकारात्मक टर्मिनलों का गलत कनेक्शन हटा देता है ऑक्साइड परत. (तब संधारित्र संचालन शुरू कर देता है।) इस प्रकार का संधारित्र कम वोल्टेज पर बड़ी मात्रा में चार्ज संग्रहीत करने में उपयोग किया जाता है।

इस प्रकार, जुड़े हुए किसी भी संख्या में कैपेसिटर की समतुल्य धारिता का व्युत्क्रम श्रृंखला में व्यक्तिगत धारिता के व्युत्क्रमों के योग के बराबर है। ऊपर में से संबंध, आप इस बात से सहमत होंगे कि C , C1 , C2 , और C3 के न्यूनतम से कम है ।

ध्यान दें कि श्रृंखला समूहन में सभी कैपेसिटर में चार्ज की मात्रा समान होती है उनकी प्लेटों के बीच संभावित अंतर उनकी धारिता के व्युत्क्रमानुपाती होता है इसका मतलब है कि संयोजन की न्यूनतम क्षमता वाले संधारित्र की क्षमता अधिकतम होगी इसकी प्लेटों के बीच संभावित अंतर।

उदाहरण 18.3

एक समान्तर प्लेट वायु संधारित्र की धारिता 22.0 μF है। के बीच अलगाव प्लेटें डी है. प्लेटों के बीच में मोटाई d/2 का एक ढांकता हुआ स्लैब रखा जाता है। इसे परिकल्पित करें प्रभावी धारिता, यदि ढांकता हुआ स्थिरांक K = 5.

समाधान :

वायु संधारित्र की धारिता किसके द्वारा दी जाती है?

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

नई प्रणाली को दो कैपेसिटर के श्रृंखला संयोजन के रूप में माना जा सकता है:

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d/2} = 2KC_0$$

और

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 2\epsilon_r A}{d} = 2C_0$$

प्रभावी धारिता C द्वारा दी गई है

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

या

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2KC_0 \times 2C_0}{2KC_0 + 2C_0}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2 \text{ के.सी } 0}{\text{के} + 1} \\
 &= \frac{10 \times 22 \times 10 \text{ एफ}^6}{6} \\
 &= 36.7 \text{ एफ}
 \end{aligned}$$

पाठगत प्रश्न 18.2

- धारिता की मूलभूत इकाइयाँ लिखिए।
- a में d दूरी से अलग हुए दो बिंदुओं के बीच संभावित अंतर क्या है? एकसमान विद्युत क्षेत्र E?
- वायु संधारित्र से संबंधित सामान्य मात्राएँ C₀, E₀ और V₀ हैं। ये ढांकता हुआ स्थिरांक K से भरे एक ही संधारित्र के C, E और V से कैसे संबंधित हैं?
- वायु भरी संधारित्र प्लेट के क्षेत्रफल की गणना करें जब प्लेटों के बीच पृथक्करण 50 सेमी है और धारिता 1.0 μF है।

संधारित्र में संग्रहीत ऊर्जा

किसी संधारित्र की चार्जिंग की कल्पना ऐसे की जा सकती है जैसे कोई बाहरी एजेंट, मान लीजिए बैटरी, संधारित्र की धनात्मक प्लेट से इलेक्ट्रॉनों को खींचता है और उन्हें ऋणात्मक प्लेट में स्थानांतरित कर देता है। इस चार्ज को स्थानांतरित करने में कुछ काम किया जाता है, जो इलेक्ट्रोस्टैटिक संभावित ऊर्जा के रूप में संधारित्र में संग्रहीत होता है। यह ऊर्जा बैटरी से प्राप्त की जाती है (रासायनिक ऊर्जा के रूप में संग्रहीत)। जब इस संधारित्र को एक प्रतिरोधक के माध्यम से डिस्चार्ज किया जाता है, तो यह ऊर्जा ऊष्मा के रूप में निकलती है।

आइए मान लें कि एक अनावेशित संधारित्र, जब बैटरी से जुड़ा होता है, तो अधिकतम चार्ज q विकसित करता है। चार्जिंग धीरे-धीरे होती है। संधारित्र प्लेटों के बीच प्रारंभिक संभावित अंतर शून्य है और अंतिम संभावित अंतर V है। चार्जिंग की पूरी प्रक्रिया के दौरान औसत संभावित अंतर है

$$\frac{0 + \text{वीवी डब्ल्यू}}{2} \quad \frac{\text{_____}}{2 \text{ सी}}$$

चार्जिंग के दौरान किए गए कार्य की जानकारी दी गई है

$$\text{डब्ल्यू} = \text{चार्ज} \times \text{संभावित अंतर}$$

$$= \frac{\text{_____}}{2 \text{ सी}} = \frac{1 \text{ क्यू}}{2 \text{ सी}}$$

इसलिए संभावित ऊर्जा

$$\text{यू} = \frac{1}{2} \text{ क्यूवी} = \frac{\text{_____}}{2 \text{ सी}} = \text{सीवी } 2^2 \quad (18.38)$$

यह ऊर्जा प्लेटों के बीच विद्युत क्षेत्र में संग्रहीत होती है। संग्रहीत ऊर्जा सीधे धारिता के समानुपाती होती है। संभावित अंतर बढ़ने पर यह भी बढ़ता है।

हालाँकि, प्रत्येक संधारित्र केवल सीमित मात्रा में ही ऊर्जा संग्रहीत कर सकता है। जब संभावित अंतर इसके थ्रेशोल्ड मान से अधिक हो जाता है तो स्वचालित डिस्चार्ज हो जाएगा।

आवेशित संधारित्र की प्लेटों को छूना खतरनाक है। कैपेसिटर आपके शरीर से डिस्चार्ज हो सकता है जिसके परिणामस्वरूप बिजली का झटका लग सकता है। पूरी तरह चार्ज होने पर उच्च मूल्य वाले कैपेसिटर के लिए ऐसा झटका घातक हो सकता है।

18.5 ढांकता हुआ और ढांकता हुआ ध्रुवीकरण

हम जानते हैं कि डाइलेक्ट्रिक्स इन्सुलेशन सामग्री हैं, जो बिना संचालन के विद्युत प्रभाव संचारित करते हैं। डाइलेक्ट्रिक्स दो प्रकार के होते हैं: गैर-ध्रुवीय और ध्रुवीय। अब हम इनके बारे में सीखते हैं।

(ए) गैर-ध्रुवीय परावैद्युत: गैर-ध्रुवीय परावैद्युत के अणुओं में, धनात्मक आवेश का केंद्र ऋणात्मक आवेश के केंद्र के साथ मेल खाता है। प्रत्येक अणु की सामान्य अवस्था में शून्य द्विध्रुव आघूर्ण होता है। ये अणु अधिकतर सममित होते हैं जैसे नाइट्रोजन, ऑक्सीजन, बेंजीन, मीथेन, CO₂, (बी) ध्रुवीय डाइलेक्ट्रिक्स: ध्रुवीय डाइलेक्ट्रिक्स में पानी, NH₃, HCl आदि जैसे अणुओं का आकार असममित होता है। ऐसे अणुओं में, सकारात्मक और नकारात्मक के केंद्र होते हैं। आवेश एक निश्चित दूरी से ^{वगैरह}।

अलग होते हैं और इनमें परिमित स्थायी द्विध्रुव होता है

पल।

जब एक गैर-ध्रुवीय ढांकता हुआ एक बाहरी विद्युत क्षेत्र में रखा जाता है, तो प्रत्येक अणु में सकारात्मक चार्ज का केंद्र ई की दिशा में धकेल दिया जाता है और नकारात्मक चार्ज का केंद्र ई के विपरीत दिशा में विस्थापित हो जाता है। बाहरी विद्युत क्षेत्र के कारण, गैर-ध्रुवीय ढांकता हुआ अणुओं में सकारात्मक और नकारात्मक आवेशों के केंद्र अलग हो जाते हैं। तब परावैद्युत को ध्रुवीकृत कहा जाता है और प्रत्येक अणु में एक छोटा द्विध्रुवीय क्षण विकसित होता है। वास्तव में, बाहरी विद्युत क्षेत्र के कारण आवेश केंद्रों को अलग खींचने वाला बल केंद्रों के बीच पारस्परिक आकर्षण बल को संतुलित करता है (यानी संतुलन स्थापित होता है) और अणु को ध्रुवीकृत कहा जाता है। अणु द्वारा प्राप्त प्रेरित द्विध्रुव आघूर्ण p को इस प्रकार लिखा जा सकता है

$$p = \alpha \epsilon_0 E$$

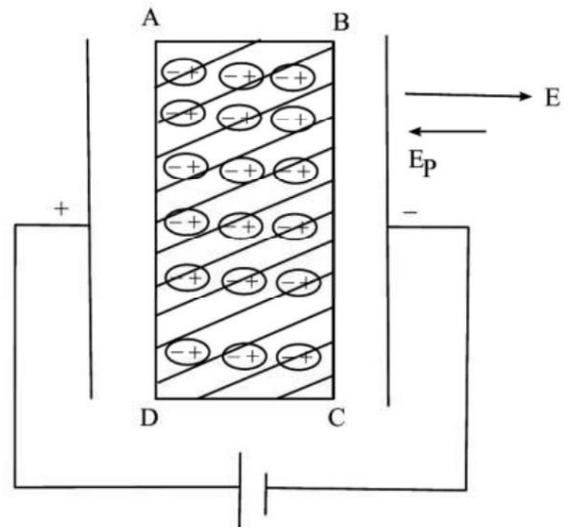
जहां α आनुपातिकता का स्थिरांक है और परमाणु/आण्विक ध्रुवीकरण कहा जाता है।

आइए अब एक गैर-ध्रुवीय स्लैब ABCD पर विचार करें जो एक संधारित्र की प्लेटों के बीच बनाए गए विद्युत क्षेत्र E में रखा गया है। जैसा कि चित्र 18.13 में दिखाया गया है, ढांकता हुआ स्लैब ध्रुवीकृत हो जाता है।

ढांकता हुआ अणुओं के नाभिक नकारात्मक प्लेट की ओर और इलेक्ट्रॉन सकारात्मक प्लेट की ओर विस्थापित हो जाते हैं। ध्रुवीकरण के कारण, ढांकता हुआ के भीतर एक विद्युत क्षेत्र E उत्पन्न होता है, जो E के विपरीत होता है।

३।

इसलिए, गैर-ध्रुवीय ढांकता हुआ की उपस्थिति के कारण, प्लेटों के बीच का क्षेत्र कम हो जाता है, अर्थात प्रभावी विद्युत क्षेत्र



चित्र 18.13: आवेशित संधारित्र प्लेटों के बीच एक ढांकता हुआ स्लैब।

ध्रुवीकृत ढांकता हुआ द्वारा दिया जाता है

$$ई (प्रभावी) = ई - ईपी$$

(18.39)

इस प्रकार, संधारित्र प्लेटों के बीच संभावित अंतर तदनुसार कम हो जाता है (जैसे $V = Ed$), संधारित्र की धारिता का मान बढ़ाना (जैसे $C = q/V$)।

इलेक्ट्रोस्टैटिक्स का अनुप्रयोग

इलेक्ट्रोस्टैटिक्स विज्ञान और प्रौद्योगिकी के कई क्षेत्रों में उपयोगी सहायता के अलावा, इलेक्ट्रोमैग्नेटिक्स के सिद्धांत के लिए आधार प्रदान करता है।

एल कैपेसिटर अधिकांश इलेक्ट्रॉनिक और इलेक्ट्रिकल सर्किट्री के आवश्यक भाग हैं। ये विद्युत पारेषण में बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

एल गोल्ड लीफ इलेक्ट्रोस्कोप - चार्ज का पता लगाने के लिए इस्तेमाल किया जाने वाला सरल उपकरण, ने कॉस्मिक किरण अनुसंधान का मार्ग प्रशस्त किया।

एल बेंजामिन फ्रैंकलिन द्वारा तैयार किए गए तड़ित चालक का उपयोग अभी भी आकाश की सुरक्षा के लिए किया जाता है- बिजली और गड़गड़ाहट के झटके से स्क्रीपर्स।

फोटोकॉपियर की कार्यप्रणाली, जो आजकल बहुत आम है, इलेक्ट्रोस्टैटिक्स के सिद्धांत पर आधारित है।

पाठगत प्रश्न 18.3

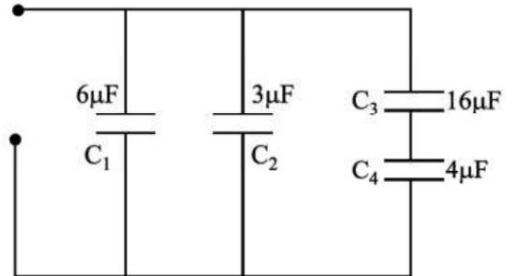
1. दो कैपेसिटर $C_1 = 12 \text{ mF}$ और $C_2 = 4 \text{ mF}$ समूह कनेक्शन में हैं। सिस्टम की प्रभावी धारिता की गणना करें जब वे (ए) श्रृंखला में (बी) समानांतर में जुड़े हों।
2. चित्र 18.14 में दिखाए अनुसार चार कैपेसिटर एक साथ जुड़े हुए हैं। समतुल्य की गणना करें सिस्टम की धारिता.
3. एक वायु संधारित्र $C = 8 \text{ mF}$ एक 12V बैटरी से जुड़ा है। गणना

(ए) पूरी तरह चार्ज होने पर Q का मान क्या होगा?

(बी) प्लेटों पर चार्ज, जब ढांकता हुआ स्थिरांक $K = 5$ का स्लैब प्लेटों के बीच के अंतर को पूरी तरह से भर देता है।

(सी) प्लेटों के बीच संभावित अंतर; और

(डी) नए संधारित्र की धारिता



चित्र 18.14: कैपेसिटर का समूहन

4. C_0 धारिता का एक समानांतर प्लेट संधारित्र एक बैटरी से जुड़ा है और संभावित अंतर V_0 पर चार्ज किया गया है। बैटरी को डिस्कनेक्ट करने के बाद, प्लेटों के बीच का अंतर पूरी तरह से ढांकता हुआ स्थिरांक K के स्लैब से भर जाता है। पहली अवस्था में कैपेसिटर (ए) में कितनी ऊर्जा संग्रहीत होती है? (बी) दूसरे राज्य में? और (सी) कौन सा बड़ा है और क्यों?

आपने क्या सीखा है

एल विद्युत क्षेत्र में किसी भी बिंदु पर क्षमता एक इकाई आवेश को अनंत से उस बिंदु तक ले जाने में विद्युत क्षेत्र के विरुद्ध किए गए कार्य के बराबर होती है।

एल इलेक्ट्रोस्टैटिक में चार्ज को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक स्थानांतरित करने में किया गया कार्य फ़ील्ड पथ स्वतंत्र है।

यदि एक कूलॉम के परीक्षण आवेश को अनंत से क्षेत्र के एक बिंदु तक लाने में एक जूल कार्य किया जाता है, तो हम कहते हैं कि उस बिंदु पर क्षमता एक वोल्ट है।

। किसी द्विध्रुव के कारण विषुवत रेखा पर प्रत्येक बिंदु पर विद्युत विभव शून्य होता है
द्विध्रुवीय।

। एक समविभव सतह में, प्रत्येक बिंदु की विद्युत क्षमता समान होती है।

। किसी भी बिंदु पर विद्युत क्षेत्र विभव के ऋणात्मक परिवर्तन के अनुपात के बराबर होता है
दूरी के साथ (संभावित ढाल कहा जाता है) क्षेत्र देता है।

एल इलेक्ट्रोस्टैटिक परिरक्षण अंतरिक्ष के एक क्षेत्र को बिजली से बचाने की घटना है
मैदान।

किसी चालक की धारिता उसके पदार्थ के बजाय उसके आकार, साइज़ और माध्यम की प्रकृति पर निर्भर करती है।

। ढांकता हुआ समान्तर प्लेट संधारित्र की धारिता K गुना हो जाती है
ढांकता हुआ के रूप में हवा या निर्वात के साथ धारिता।

एल सापेक्ष पारगम्यता प्लेटों के बीच ढांकता हुआ के साथ धारिता का अनुपात है
प्लेटों के बीच हवा या वैक्यूम के साथ कैपेसिटेंस तक।

एल कैपेसिटर के श्रृंखला संयोजन में, समतुल्य धारिता किसी भी व्यक्तिगत धारिता के न्यूनतम से कम होती है।

। कैपेसिटर के समानांतर संयोजन में, समतुल्य धारिता योग के बराबर होती है
व्यक्तिगत कैपेसिटेंस का।

एल एक गैर-ध्रुवीय ढांकता हुआ की उपस्थिति के कारण, संधारित्र की प्लेटों के बीच का क्षेत्र
कम किया गया है।

टर्मिनल व्यायाम

1. एक बिंदु आवेश से 30 सेमी की दूरी पर एक बिंदु P पर क्षमता की गणना करें $q = 20 \text{ } \mu\text{C}$
2. तीन बिंदु आवेश q_1 , q_2 और q_3 , प्रत्येक का परिमाण $200 \text{ } \mu\text{C}$, एक समबाहु त्रिभुज के कोनों A , B और C पर क्रमशः रखे गए हैं।
भुजा की लंबाई 10 सेमी है। सिस्टम की संभावित ऊर्जा की गणना करें।
3. 3 मिमी द्वारा अलग किए गए संधारित्र की प्लेटों के बीच संभावित अंतर 12.0 V है। प्लेटों के बीच E के परिमाण की गणना करें?
4. $+e$ और $-e$ आवेश वाले दो आयन 4.0×10^{-10} मीटर की दूरी पर हैं। सिस्टम की संभावित ऊर्जा की गणना करें।

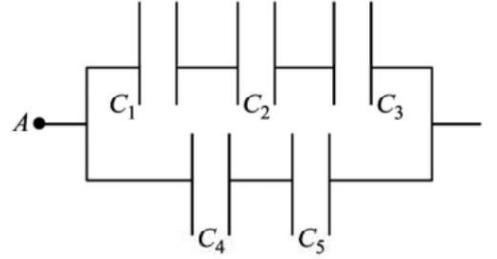
5. एक समानांतर प्लेट संधारित्र की प्लेट A और B का विभवांतर 15 V है। एक प्रोटॉन ($m = 1.67 \times 10^{-27}$ kg) को धनात्मक प्लेट A से B की ओर ले जाया जाता है।
प्लेट बी के पास प्रोटॉन की गति की गणना करें।
6. दिखाएँ कि विमीय दृष्टि से मात्राएँ Vq और $(\frac{1}{2}) mv^2$ समतुल्य हैं। प्रतीक सामान्य अर्थ रखें।
7. किसी समान्तर प्लेट संधारित्र की प्लेटों के बीच विद्युत क्षेत्र किस स्थिति में होता है? एकसमान है?
8. r त्रिज्या वाले एक धातु के गोले पर $+q$ आवेश है। एक परीक्षण आवेश q_0 को व्यास के एक सिरे से दूसरे सिरे तक ले जाने में किए गए कार्य की गणना करें।
9. C_0 मान का एक समानांतर प्लेट एयर कैपेसिटर प्लेटों के बीच संभावित V_0 पर चार्ज किया जाता है और एक प्लेट पर $+q_0$ चार्ज किया जाता है। प्लेटों के बीच पृथक्करण d है। ढांकता हुआ स्थिरांक $K = 3$ का एक ढांकता हुआ प्लेटों के बीच की जगह को भरता है। इनमें से कौन सी मात्रा बदलेगी और क्यों? (i) धारिता (ii) आवेश (iii) संभावित अंतर और (iv) क्षेत्र घनत्व?

10. कैपेसिटर के निम्नलिखित नेटवर्क की जांच करें। A और B के बीच संभावित अंतर 16V है:

$$C_1 = 2 \mu F, C_2 = 4 \mu F, C_3 = 8 \mu F, C_4 = 3 \mu F, C_5 = 3 \mu F$$

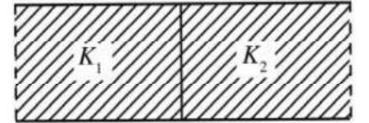
गणना करें (ए) ए और बी के

बीच प्रभावी समाई, (बी) प्रत्येक संधारित्र पर चार्ज, और (सी) प्रत्येक संधारित्र में संभावित अंतर।

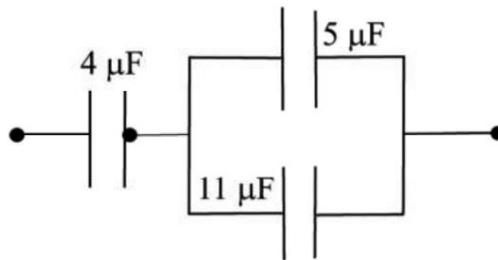


11. एक वायु संधारित्र की धारिता का मान $8 \mu F$ है।

दिखाए गए अनुसार समान आकार के दो डाइलेक्ट्रिक्स प्लेटों के बीच की जगह को भरते हैं। ढांकता हुआ स्थिरांक $K_1 = 3.0$ और $K_2 = 6.0$ हैं। नई धारिता के मान की गणना करें।

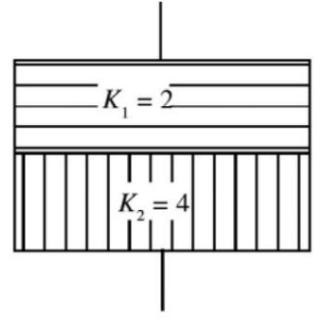


12. निम्नलिखित प्रणाली की समतुल्य धारिता की गणना करें।



13. एक $3.0 \mu F$ वायु संधारित्र को 12.0 V विभव तक चार्ज किया जाता है। स्थान को भरने के लिए ढांकता हुआ स्थिरांक $K = 7$ का एक स्लैब बनाया जाता है। दोनों प्रणालियों में संग्रहीत ऊर्जा के अनुपात की गणना करें।
14. द्विध्रुव आघूर्ण $P = 3.5 \times 10^{-15}$ सेमी का एक द्विध्रुव एक समान विद्युत क्षेत्र $E = 2.0 \times 10^4$ NC⁻¹ में रखा गया है। द्विध्रुव क्षेत्र के साथ 60° का कोण बनाता है। (ए) द्विध्रुव की संभावित ऊर्जा और (बी) द्विध्रुव पर टोर्क की गणना करें।

15. एक समान्तर प्लेट वायु संधारित्र की धारिता $12 \mu\text{F}$ है। प्लेटों के बीच की दूरी 8 मिमी है। दो ढांकता हुआ समान आकार के स्लैब वायु स्थान को भरते हैं। इसे परिकलित करें धारिता का नया मान.



पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

18.1

1. r पर विभव ($r > R$)

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q}{r^2}$$

2. एक बिंदु आवेश के चारों ओर का क्षेत्र गोलाकार समरूपता रखता है। इस प्रकार हर बिंदु पर गोले की सतह समविभव है। और जब कोई चार्ज चलता है तो कोई कार्य नहीं होता है एक समविभव सतह पर

3. $E = \frac{V}{d}$ चूंकि V स्थिरांक है, E शून्य है।

हम समीकरण का उपयोग करके समान परिणाम प्राप्त कर सकते हैं। (18.22) :

$$E = \frac{V}{d} \cdot \text{चूंकि } V = \text{वीबी}, \quad E \text{ शून्य है}$$

4. नहीं. जरूरी नहीं. जब $E = 0$, विभव या तो स्थिर या शून्य होता है।
5. दो समविभव सतहें कभी भी प्रतिच्छेद नहीं करतीं। यदि वे ऐसा करते हैं, तो चौराहे के बिंदु पर हम विद्युत क्षेत्र की दो दिशाएँ देते हुए दो मानक खींच सकते हैं, जो संभव नहीं है।

18.2

$$1. \quad C = \frac{Q}{V} = \frac{\text{काम किया}}{V} = \frac{Q \times V}{V^2} = \frac{2}{\epsilon n \epsilon_0}$$

मूल इकाई है

$$C = \frac{C}{m}$$

$$\square \quad C = \frac{2}{\epsilon n \epsilon_0} = \frac{2}{\epsilon n \epsilon_0} = \text{द्रव्यमान} \times \text{एसीसी} = \text{किग्रा}$$

$$\frac{C}{m}$$

$$\text{धारिता} = \frac{\text{सीए एस ए एस}^2}{\text{एनएम}} = \frac{24}{\frac{2 \text{ मी}}{2} \text{ किलो मी}^2}$$

$$= 2 \text{ एस}^4 \text{ (किलो एम}^2) \text{ }^{-1}$$

2. एक संधारित्र में, E इन प्लेटों के बीच एकसमान होता है। के बीच संभावित अंतर प्लेटें

$$\text{वीए - वीबी} = \text{ई} \times \text{डी।}$$

3. वायु संधारित्र के लिए C0 , E0 , V0 और

ढांकता हुआ संधारित्र के लिए सी, ई, वी। तब

$$C = \frac{C_0}{\epsilon_r}, \quad \text{वीई के = के} = \frac{0}{\text{वी.ई}}$$

4. सी = 1.0 \times एफ = 1.0 \times 10⁻⁶ एफ।

$$\text{डी} = 50 \text{ सेमी} = 0.5 \text{ मीटर।}$$

$$\text{सी} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r}{\text{डी}}$$

$$\epsilon_r = \frac{\text{सीडी}}{\epsilon_0} \text{ चूंकि } \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ ,}$$

$$\epsilon_r = \frac{1.0 \times 10^{-6} \times 0.5}{8.85 \times 10^{-12}}$$

$$= \frac{5 \times 10^{-7}}{8.85 \times 10^{-12}}$$

$$= 0.56 \times 10^5 \text{ एम}^2$$

18.3

- (ए) 3 एमएफ (बी) 16 एमएफ
- 12.2 \times F
- (ए) 96 एमसी (बी) 96 एमसी (सी) 2.4 वी (डी) 40 एमएफ

$$4. \text{ (ए) } \frac{1}{2} \text{ सी}^2 \text{ (बी) } \frac{1}{2} \text{ सीवी}^2 = \frac{1}{2} \text{ सीबी}^2$$

(सी) पहले मामले में ऊर्जा अधिक है, क्योंकि वही ऊर्जा चूसने के लिए उपयोग की जाती है
ढांकता हुआ स्लैब में.

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

1. 6×105 वी
2. 1.08×104 जे
3. 4×103 वीएम-1
4. 5.76×10^{-19} जे
5. 5.36×104 मी/से

10. (ए) $\frac{37}{14} \mu\text{F}$,

(बी) $\frac{128}{7} \mu\text{C}$, $\frac{128}{7} \mu\text{C}$, $\frac{128}{7} \mu\text{C}$, $\frac{24}{7} \mu\text{C}$,

(सी) $\frac{64}{7} \text{ वी}$, $\frac{32}{7} \text{ वी}$, $\frac{16}{7} \text{ वी}$, 8 वी , 8 वी

11. $36 \square\text{F}$.

12. $\frac{16}{5} \mu\text{F}$

13. 1 : 7

14. (ए) 3.5×10^{-11} जे (बी) 6×10^{-11} एनएम।

15. $32 \square\text{F}$



चालू बिजली

परिचय

हम अपने दैनिक जीवन में विभिन्न गतिविधियों के लिए बिजली का उपयोग करते हैं। बिजली के लैंप और ट्यूब हमारे घरों को रोशन करते हैं, हम टेप रिकॉर्डर या रेडियो पर संगीत सुनते हैं, टेलीविजन पर विभिन्न कार्यक्रम देखते हैं, बिजली के पंखे या कूलर से ठंडी हवा का आनंद लेते हैं, और खेतों की सिंचाई के लिए बिजली पंप का उपयोग करते हैं। वस्तुतः बिजली मानव जाति के लिए विज्ञान का एक अनुपम उपहार है। आधुनिक दुनिया में हम बिजली के बिना जीवन की कल्पना नहीं कर सकते। घर में आपने देखा होगा कि जैसे ही बिजली का लैंप चालू किया जाता है, वह चमकने लगता है। ऐसा क्यों होता है? स्विच का कार्य क्या है?

पिछले पाठों में आपने स्थैतिक विद्युत आवेशों और उनके बीच लगने वाले बलों के बारे में पढ़ा है। इस पाठ में आप गतिमान विद्युत आवेशों के बारे में सीखेंगे। आप यह भी सीखेंगे कि किसी चालक के माध्यम से आवेश के प्रवाह की दर उसके सिरों पर संभावित अंतर पर निर्भर करती है। आप सर्किट में करंट के वितरण और इसे नियंत्रित करने वाले किरचॉफ के नियमों का भी अध्ययन करेंगे।

भौतिकी एक प्रायोगिक विज्ञान है और प्रकृति के नियमों को उजागर करने में इसने जो प्रगति की है वह सैद्धांतिक भविष्यवाणियों को सत्यापित करने या प्रयोगात्मक परिणामों को पुनः पेश करने की हमारी क्षमता के कारण संभव हो पाई है। इससे उपकरणों और तकनीकों में निरंतर सुधार हुआ है। इस पाठ में आप पोर्टेशियोमीटर के बारे में सीखेंगे, जो एक बहुत ही बहुमुखी उपकरण है। इसका उपयोग शून्य विधि का उपयोग करके प्रतिरोध के साथ-साथ इलेक्ट्रो-मोटिव बल को मापने के लिए किया जा सकता है।

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

ओम के नियम को बता सकेंगे और ओमिक और गैर-ओमिक कंडक्टरों के बीच अंतर कर सकेंगे;

मैं प्रतिरोधों की एक श्रृंखला और समानांतर संयोजन के लिए समतुल्य प्रतिरोध प्राप्त करता हूँ;

मैं किरचॉफ के नियमों को बंद विद्युत परिपथों पर लागू करता हूँ;

एल अज्ञात प्रतिरोध निर्धारित करने के लिए व्हीटस्टोन ब्रिज समीकरण लागू करें;

मैं पोर्टेशियोमीटर के सिद्धांत को समझाऊंगा और इसे ईएमएफ और आंतरिक मापने के लिए लागू करूंगा एक सेल का प्रतिरोध.

मुक्त और बाध्य इलेक्ट्रॉन

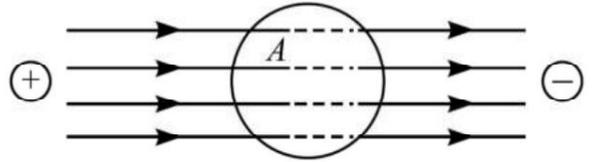
एक परमाणु विद्युत रूप से तटस्थ होता है, यानी उसके अंदर जितने सकारात्मक रूप से चार्ज किए गए प्रोटॉन होते हैं, उतने ही नकारात्मक चार्ज वाले इलेक्ट्रॉन बंद कक्षाओं में नाभिक के चारों ओर घूमते हैं। इलेक्ट्रॉन कूलम्ब (आकर्षक) बलों के माध्यम से नाभिक से बंधे होते हैं।

नाभिक से इलेक्ट्रॉन जितना दूर होंगे, कूलम्ब बल उतना ही कमजोर होगा। इसलिए, सबसे बाहरी कक्षा में इलेक्ट्रॉन नाभिक के साथ सबसे शिथिल रूप से बंधे होते हैं। इन्हें वैलेंस इलेक्ट्रॉन कहा जाता है। धात्विक ठोसों में, एक छोटा संभावित अंतर लागू होने पर वैलेंस इलेक्ट्रॉन गति करने के लिए स्वतंत्र हो जाते हैं।

19.1 विद्युत धारा

आपने पिछले पाठ में पढ़ा है कि जब किसी चालक के सिरों पर विभवांतर लगाया जाता है, तो उसके भीतर एक विद्युत क्षेत्र स्थापित हो जाता है। मुक्त इलेक्ट्रॉन चालक के माध्यम से क्षेत्र के विपरीत दिशा में चलते हैं। इससे विद्युत धारा बनती है। परंपरागत रूप से, धारा की दिशा को उस दिशा के रूप में लिया जाता है जिसमें धनात्मक आवेश गति करता है। इलेक्ट्रॉन विपरीत दिशा में चलते हैं।

करंट को सटीक रूप से परिभाषित करने के लिए, आइए मान लें कि आवेश क्षेत्र A की सतह पर लंबवत घूम रहे हैं, जैसा कि चित्र 19.1 में दिखाया गया है। धारा प्रवाह की दिशा के लंबवत रखे गए सतह क्षेत्र के माध्यम से आवेश के प्रवाह की दर है। यदि चार्ज Δq समय Δt में प्रवाहित होता है, तो औसत धारा को इस प्रकार परिभाषित किया जाता है:



चित्र 19.1: पृष्ठीय क्षेत्रफल A वाले किसी चालक के अंदर आवेशों की गति

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (19.1)$$

यदि आवेश के प्रवाह की दर समय के साथ बदलती रहती है, तो धारा भी समय के साथ बदलती रहती है। तात्कालिक धारा को इस प्रकार व्यक्त किया जाता है:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (19.2)$$

किसी चालक के माध्यम से विद्युत धारा प्रवाह की दिशा के सामान्य स्थिति में रखी सतह पर आवेश के स्थानांतरण की दर है। धारा के प्रवाह के लिए ध्यान देने योग्य अन्य दो महत्वपूर्ण बिंदु हैं:

1. धारा प्रवाह के लिए सर्किट को बंद कर देना चाहिए। खुले परिपथ में धारा प्रवाहित नहीं होगी।
2. धारा प्रवाह के लिए दोनों बिंदुओं के बीच संभावित अंतर मौजूद होना चाहिए। यदि दोनों बिंदु समान क्षमता पर हैं तो धारा प्रवाहित नहीं होगी। किसी भी विद्युत नेटवर्क के लिए यह बुनियादी नियम लागू होते हैं धारा की एसआई इकाई एम्पीयर है। इसका

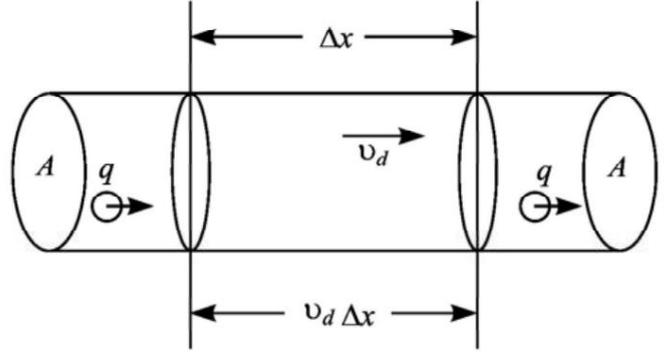
प्रतीक A है:

$$\text{एम्पीयर} = \frac{1 \text{ कूलम्ब}}{1 \text{ सेकंड}} \quad (19.3)$$

धारा की छोटी इकाइयाँ मिलीएम्पियर, $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$, और माइक्रोएम्पियर, $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$ हैं। धातुओं की तरह, विद्युत धारा ऋणात्मक आवेशों (इलेक्ट्रॉनों) के प्रवाह के कारण उत्पन्न हो सकती है। अर्धचालक में, इलेक्ट्रॉनों (ऋणात्मक आवेश) और छिद्रों के प्रवाह से धारा बनती है।

क्रिस्टल में छेद रिक्त स्थान होते हैं। इन्हें सकारात्मक रूप से आवेशित कणों के रूप में लिया जाता है जिनमें इलेक्ट्रॉन पर आवेश की मात्रा समान होती है।

आइए चित्र 19.2 में दिखाए गए क्रॉस-सेक्शनल क्षेत्र A के एक कंडक्टर पर विचार करें। लंबाई Δx के लिए आयतन तत्व $A \Delta x$ है। यदि n प्रति इकाई आयतन में इलेक्ट्रॉनों की संख्या है, तो इस आयतन तत्व में इलेक्ट्रॉनों की संख्या $nA\Delta x$ होगी। इस आयतन तत्व में कुल आवेश $\Delta q = nA\Delta x e$ है, जहाँ e इलेक्ट्रॉन का आवेश है। यदि तापीय ऊर्जा के कारण इलेक्ट्रॉन v_d गति से बहते हैं, तो समय Δt में तय की गई दूरी $\Delta x = v_d \Delta t$ है। Δq के व्यंजक में Δx के इस मान को प्रतिस्थापित करने पर, हम पाते हैं कि विचाराधीन आयतन तत्व में कुल आवेश इस प्रकार दिया गया है



चित्र 19.2: क्षेत्र A की सतह के माध्यम से आवेश Δq गति से चलते हैं। लंबाई Δx में आवेशों की संख्या $nA \Delta x$ है।

$$\Delta q = nAe v_d \Delta t$$

ताकि

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = I = nAe v_d \quad (19.4)$$

आप धारा 19.9 में बहाव वेग के बारे में अधिक जानेंगे।

19.2 ओम का नियम

1828 में, ओम ने एक कंडक्टर में करंट और उस पर लागू संभावित अंतर के बीच संबंध का अध्ययन किया। उन्होंने इस संबंध को एक नियम के रूप में व्यक्त किया, जिसे ओम का नियम कहा जाता है।

जॉर्ज साइमन ओम (1787-1854)

जर्मन भौतिक विज्ञानी जॉर्ज साइमन ओम अपने नाम पर बने कानून के लिए प्रसिद्ध हैं। वह तापीय और विद्युत चालन के बीच सादृश्य पर विचार करके कानून पर पहुंचे। उन्होंने सायरन के सिद्धांत, क्रिस्टल में ध्रुवीकृत प्रकाश के हस्तक्षेप आदि में भी योगदान दिया। प्रतिरोध की व्यावहारिक इकाई ओम का नाम उनके सम्मान में रखा गया है।



ओम के नियम के अनुसार, किसी चालक के माध्यम से विद्युत धारा उसके पार संभावित अंतर के सीधे आनुपातिक होती है, बशर्ते तापमान और दबाव जैसी भौतिक स्थितियाँ अपरिवर्तित रहें।

मान लीजिए कि V एक चालक पर लागू संभावित अंतर है और I इसके माध्यम से बहने वाली धारा है। ओम के नियम के अनुसार,

$$V \propto I$$

या

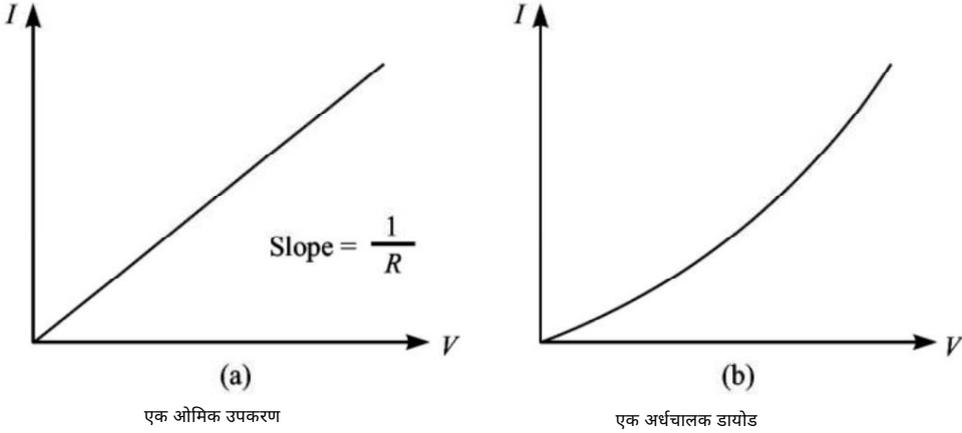
$$V = IR$$

□

$$\frac{V}{I} = \text{आर}$$

(19.5)

जहां आनुपातिकता का स्थिरांक आर एक कंडक्टर द्वारा विद्युत धारा के प्रवाह के लिए पेश किए गए विद्युत प्रतिरोध को दर्शाता है। प्रतिरोध किसी चालक का वह गुण है जिसके कारण वह उसमें से प्रवाहित होने वाली धारा का विरोध करता है। धात्विक कंडक्टर के लिए I-V ग्राफ एक सीधी रेखा है [चित्र 19.3 (ए)]।



चित्र 19.3 : धारा-वोल्टेज ग्राफ

प्रतिरोध की SI इकाई ओम है। इसे प्रतीक □ द्वारा व्यक्त किया जाता है (ओमेगा के रूप में पढ़ें)

$$1 \text{ ओम} = 1 \text{ वोल्ट}/1 \text{ एम्पीयर}$$

अधिकांश धातुएँ ओम के नियम का पालन करती हैं और वोल्टेज और करंट के बीच संबंध रैखिक होता है। ऐसे प्रतिरोधकों को ओमिक कहा जाता है। जो प्रतिरोधक ओम के नियम का पालन नहीं करते, उन्हें गैर-ओमिक कहा जाता है। वैक्यूम डायोड, सेमीकंडक्टर डायोड, ट्रांजिस्टर जैसे उपकरण गैर ओमिक चरित्र दिखाते हैं। सेमीकंडक्टर डायोड के लिए, ओम का नियम वोल्टेज के कम मूल्यों के लिए भी अच्छा नहीं है। चित्र 19.3 (बी) अर्धचालक डायोड के लिए एक गैर-रैखिक I-V ग्राफ दिखाता है।

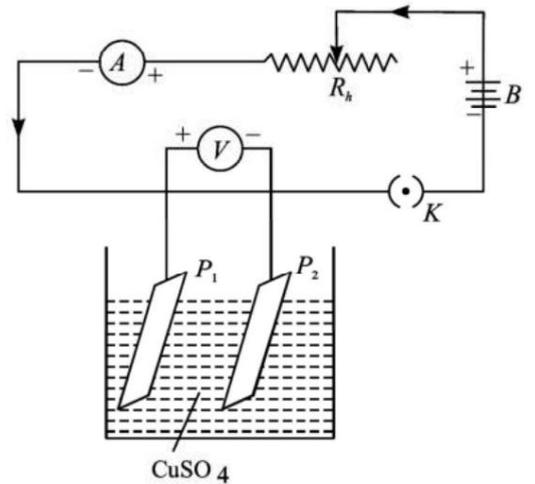
गतिविधि 19.1

उद्देश्य: इलेक्ट्रोलाइट के माध्यम से बिजली के संचालन का अध्ययन करना।

आवश्यक सामग्री एमीटर, वोल्टमीटर, कॉपर सल्फेट घोल वाला एक जार, दो कॉपर प्लेट, एक बैटरी, प्लग कुंजी, कनेक्टिंग तार और एक रिओस्टेट।

आगे कैसे बढ़ें :

1. चित्र 19.4 में दिखाए अनुसार उपकरण स्थापित करें।
2. कुंजी प्लग इन करें और एमीटर और वोल्टमीटर रीडिंग नोट करें।



चित्र 19.4: इलेक्ट्रोलाइट के माध्यम से विद्युत संचालन

3. रिओस्टेट के स्लाइडिंग संपर्क को घुमाकर एमीटर रीडिंग का मान बदलें और वोल्टमीटर रीडिंग को फिर से नोट करें।

4. चरण-3 को कम से कम पांच बार दोहराएं और एमीटर और वोल्टमीटर की प्रत्येक रीडिंग रिकॉर्ड करें समय।

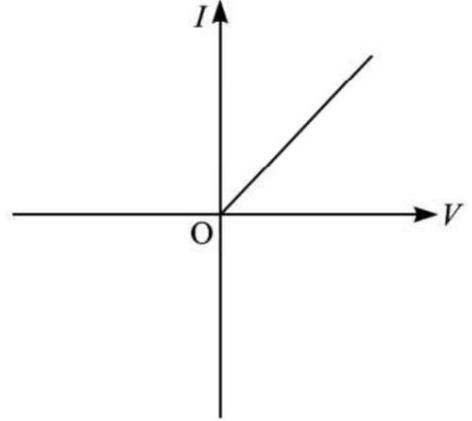
5. (ए) पी1 और पी2 के बीच पृथक्करण, (बी) इलेक्ट्रोलाइट में डूबा हुआ प्लेट क्षेत्र, और (सी) इलेक्ट्रोलाइट की सांद्रता को बदलकर प्रयोग को दोहराएं।

6. प्रत्येक मामले में I-V ग्राफ प्लॉट करें।

आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

एल यदि I-V ग्राफ मूल से गुजरने वाली एक सीधी रेखा है, जैसा कि चित्र 19.5 में दिखाया गया है, तो हम कहते हैं कि आयनिक समाधान एक ओमिक अवरोधक के रूप में व्यवहार करता है।

प्लेटों के बीच इलेक्ट्रोलाइट की मात्रा में परिवर्तन के साथ ग्राफ का ढलान तेजी से बदलता है। इसका मतलब है कि इलेक्ट्रोलाइट की प्रतिरोधकता न केवल इसकी प्रकृति पर बल्कि इलेक्ट्रोड के क्षेत्र और उनके बीच के पृथक्करण पर भी निर्भर करती है।



चित्र 19.5: आयनिक विलयन के लिए I-V ग्राफ

प्रतिरोध और प्रतिरोधकता

आइए अब उन कारकों का अध्ययन करें जो किसी चालक के प्रतिरोध को प्रभावित करते हैं। आप प्रदर्शन कर सकते हैं दो सरल प्रयोग. ऐसा करने के लिए, चित्र 19.6 में दिखाए अनुसार एक सर्किट स्थापित करें।

गतिविधि 19.2

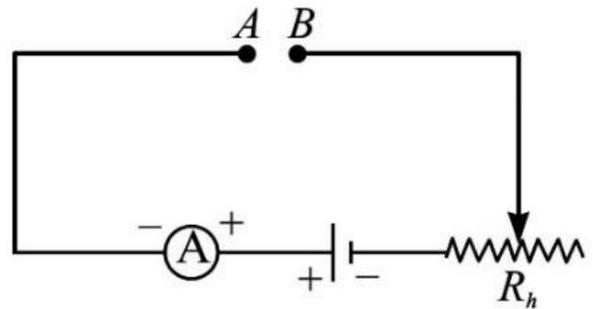
एकसमान अनुप्रस्थ काट का एक लम्बा चालक तार लीजिए। इसमें से अलग-अलग लंबाई, मान लीजिए एल आदि के टुकड़े काट लें।

यह सुनिश्चित करता है कि तारों का क्रॉस-सेक्शन क्षेत्र समान है। एलबी को कनेक्ट करें और इस तार के माध्यम से करंट को I_1 ए और के बीच नोट करें। मान लीजिए कि यह धारा I है। और लंबाई के तारों के साथ भी यही प्रयोग करें

3 एक के बाद एक। माना कि तारों में धाराएँ क्रमशः I2 और I3 हैं।

एल -1 और आई के बीच एक ग्राफ बनाएं। आप पाएंगे कि ग्राफ एक सीधी रेखा है और लंबे तार छोटी धाराओं को प्रवाहित करने की अनुमति देते हैं। अर्थात्, लंबे तार अधिक प्रतिरोध प्रदान करते हैं [चित्र। 19.7 (ए)].

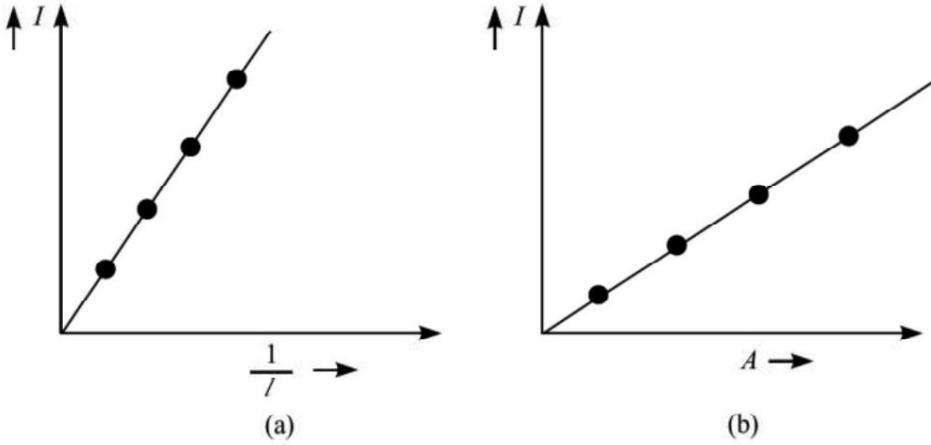
गणितीय रूप से हम इस तथ्य को इस प्रकार व्यक्त करते हैं



चित्र 19.6: चालकों के प्रतिरोध को प्रभावित करने वाले कारकों का अध्ययन करने के लिए विद्युत सर्किट

आर □ एल

(19.6)



चित्र 19.7

गतिविधि 19.3

किसी दिए गए पदार्थ की समान लंबाई के लेकिन क्रॉस सेक्शन के अलग-अलग क्षेत्र वाले तार लें, जैसे A1, A2, A3 आदि। तारों को A और B के बीच एक-एक करके जोड़ें और प्रत्येक में I1, I2, I3 आदि धाराओं को नोट करें। मामला। I और A का प्लॉट एक सीधी रेखा देगा। अधिक क्रॉस-सेक्शनल क्षेत्र के तार अधिक धाराओं को प्रवाहित करने की अनुमति देते हैं। आप कह सकते हैं कि बड़े क्रॉस-सेक्शन क्षेत्र के तार कम प्रतिरोध प्रदान करते हैं [चित्र। 19.7 (बी)]। गणितीय रूप से हम लिख सकते हैं

$$\text{आर} \propto \frac{1}{\text{ए}} \quad (19.7)$$

समीकरणों को संयोजित करने पर. (19.6) और (19.7), हम लिख सकते हैं

$$\text{आर} \propto \frac{\rho l}{\text{ए}}$$

$$\text{या} \quad \text{आर} = \rho \frac{l}{\text{ए}} \quad (19.8)$$

जहां ρ स्थिर तापमान पर सामग्री के लिए एक स्थिरांक है। इसे विशिष्ट कहा जाता है सामग्री का प्रतिरोध या प्रतिरोधकता। पदों को पुनर्व्यवस्थित करके हम लिख सकते हैं

$$\rho = \frac{\text{आरए}}{l} \quad (19.9)$$

यदि $l = 1 \text{ m}$ और $A = 1 \text{ m}^2$ है, तब $\rho = R$ ओम-मीटर. इस प्रकार किसी सामग्री की प्रतिरोधकता एक मीटर लंबाई और एक वर्ग मीटर क्षेत्रफल वाले तार द्वारा दिया गया प्रतिरोध है। प्रतिरोधकता की इकाई ओम मीटर (Ωm) है

प्रतिरोधकता के व्युत्क्रम को चालकता (विशिष्ट चालकता) कहा जाता है और इसे σ द्वारा दर्शाया जाता है:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (19.10)$$

चालकता की इकाई ओम-1 मीटर-1 या एमएचओ-मीटर-1 या एसएम-1 है।

जबकि, प्रतिरोधकता सामग्री के आयामों के बजाय उसकी प्रकृति पर निर्भर करती है किसी चालक का प्रतिरोध उसके आयामों के साथ-साथ उसकी प्रकृति पर भी निर्भर करता है सामग्री।

अब आपको निम्नलिखित उदाहरणों का ध्यानपूर्वक अध्ययन करना चाहिए।

उदाहरण 19.1

हमारे घरों में बिजली की आपूर्ति 220 V पर की जाती है। बल्ब के प्रतिरोध की गणना करें यदि इसके द्वारा खींची गई धारा 0.2 A है।

समाधान :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220 \text{ वोल्ट आर}}{0.2 \text{ amp.}} \quad \square$$

उदाहरण 19.2

प्रति चालक तार के किसी भी क्रॉस सेक्शन से कुल 6.0×10^{16} इलेक्ट्रॉन गुजरते हैं दूसरा। तार में धारा का मान ज्ञात कीजिए।

समाधान :

एक सेकंड में क्रॉस-सेक्शन से गुजरने वाला कुल चार्ज है

$$\Delta Q = ne = 6.0 \times 10^{16} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} = 9.6 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{9.6 \times 10^{-3} \text{ C}}{1 \text{ s}} \\ &= 9.6 \times 10^{-3} \text{ ए} \\ &= 9.6 \text{ एमए} \end{aligned}$$

उदाहरण 19.3

दो तांबे के तार A और B की लंबाई समान है। A का व्यास उससे दोगुना है B. उनके प्रतिरोधों की तुलना करें।

समाधान :

समीकरण से. (19.8) हम यह जानते हैं

$$\begin{aligned} R_A &= \rho \frac{L}{\pi r_A^2} \quad \text{और} \quad R_B = \rho \frac{L}{\pi r_B^2} \\ \square \quad \frac{R_A}{R_B} &= \frac{\frac{L}{\pi r_A^2}}{\frac{L}{\pi r_B^2}} \end{aligned}$$

चूँकि A का व्यास = 2 × B का व्यास, हमारे पास $r_A = 2r_B$ है। अतः B का प्रतिरोध A के प्रतिरोध का चार गुना होगा।

उदाहरण 19.4

एक प्रवाहकीय तार की लंबाई 60.0 मीटर है और इसकी त्रिज्या 0.5 सेमी है। 5.0 V का संभावित अंतर तार में 2.5 A की धारा उत्पन्न करता है। तार के पदार्थ की प्रतिरोधकता की गणना करें।

समाधान :

$$V = IR \Rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{5.0}{2.5} = 2.0 \Omega$$

तार की त्रिज्या = 0.5 सेमी = 5.0×10^{-3} मीटर

क्रॉस सेक्शन A का क्षेत्रफल = $\pi R^2 = 3.14 \times (5.0 \times 10^{-3})^2 = 78.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

$$\rho = \frac{R \cdot A}{L} = \frac{2.0 \times 78.5 \times 10^{-6} \Omega \text{m}^2}{60.0 \text{ मी}} = 2.6 \times 10^{-6} \Omega \text{m}$$

पाठगत प्रश्न 19.1

- (ए) लंबाई l एल के तांबे के तार में एक करंट I स्थापित किया गया है। यदि तार की लम्बाई दोगुना हो गया है, उसी सेल के कारण धारा की गणना करें।
(बी) यदि क्रॉस सेक्शन का क्षेत्रफल हो तो समान तांबे के तार में करंट का क्या होता है मूल मूल्य से आधा हो गया है?
- लंबाई 1 और अनुप्रस्थ काट A क्षेत्रफल वाले तार की प्रतिरोधकता $2 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ है। 2l लंबाई तथा 2A अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल वाले समान धातु के तार की प्रतिरोधकता क्या होगी?
- 3 मीटर लंबाई और 2 सेमी² क्रॉस सेक्शन वाले एक प्रवाहकीय तार के सिरों पर 8 V का संभावित अंतर लगाया जाता है। तार में परिणामी धारा 0.15 A है। तार के प्रतिरोध और प्रतिरोधकता की गणना करें।
- क्या सभी कंडक्टर ओम के नियम का पालन करते हैं? अपने उत्तर के समर्थन में उदाहरण दीजिए।
- 5×10^{17} इलेक्ट्रॉन प्रति सेकंड एक चालक तार के क्रॉस-सेक्शन से बाएं से दाएं गुजरते हैं। धारा का मान एवं दिशा ज्ञात करें।

19.3 प्रतिरोधों का समूहन

एक विद्युत सर्किट में कई घटक और उपकरण एक साथ जुड़े होते हैं।

इनमें से कुछ बैटरी, प्रतिरोधक, कैपेसिटर, इंडक्टर, डायोड, ट्रांजिस्टर आदि हैं (इन्हें सर्किट तत्वों के रूप में जाना जाता है।) इन्हें प्रतिरोधक और प्रतिक्रियाशील के रूप में वर्गीकृत किया गया है। सबसे आम प्रतिरोधक घटक हैं प्रतिरोधक, चाबियाँ, रिओस्टेट, प्रतिरोध कुंडलियाँ, प्रतिरोध बक्से और कनेक्टिंग तार। प्रतिक्रियाशील घटकों में कैपेसिटर, इंडक्टर और ट्रांसफार्मर शामिल हैं।

इन तत्वों द्वारा व्यक्तिगत या सामूहिक रूप से निष्पादित कई अन्य कार्यों के अलावा,

वे सर्किट में करंट को नियंत्रित करते हैं। पिछले पाठ में आपने सीखा कि चार्ज और वोल्टेज को नियंत्रित करने के लिए कैपेसिटर के समूह का उपयोग कैसे किया जा सकता है। आइए अब हम करंट और वोल्टेज को नियंत्रित करने में प्रतिरोधों के संयोजन की भूमिका पर चर्चा करें।

प्रतिरोधों के दो प्रकार के समूह आम उपयोग में हैं। ये हैं: श्रृंखला समूह और समानांतर समूह। हम संयोजन के समतुल्य प्रतिरोध को एक एकल प्रतिरोध के रूप में परिभाषित करते हैं जो दिए गए संयोजन के समान धारा को प्रवाहित करने की अनुमति देता है जब इसके पार समान संभावित अंतर लागू होता है।

श्रृंखला संयोजन

आप कई प्रतिरोधों को श्रृंखला में एक सिरे से दूसरे सिरे तक जोड़कर इस प्रकार जोड़ सकते हैं कि सभी प्रतिरोधों से समान धारा प्रवाहित हो। चित्र 19.8 में, R1 और R2 प्रतिरोध वाले दो प्रतिरोधक श्रृंखला में जुड़े हुए हैं। संयोजन ए और डी सिरो पर एक बैटरी से जुड़ा हुआ है। मान लीजिए कि धारा I श्रृंखला संयोजन के माध्यम से बहती है जब यह वोल्टेज V की बैटरी से जुड़ा होता है। संभावित अंतर V1 और V2 क्रमशः R1 और R2 में विकसित होते हैं।

तब $V_1 = IR_1$ और $V_2 = IR_2$ । लेकिन V1 और V2 का योग V के बराबर है, अर्थात्

$$\square \quad V = V_1 + V_2 = I R_1 + I R_2 \text{ यदि इस}$$

श्रृंखला संयोजन का समतुल्य प्रतिरोध R है, तो

$$V = I R = I (R_1 + R_2)$$

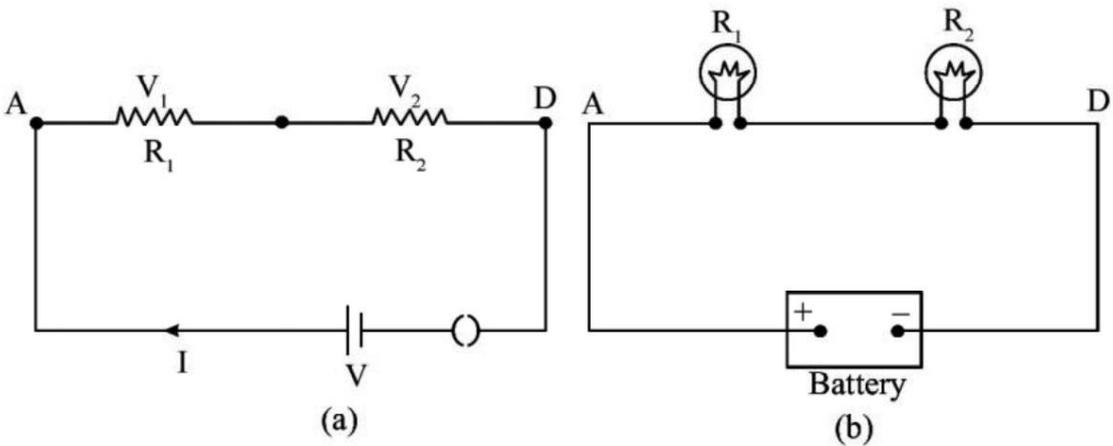
ताकि

$$R = R_1 + R_2$$

इस व्यवस्था को किसी भी संख्या में प्रतिरोधक प्राप्त करने के लिए बढ़ाया जा सकता है

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots \quad (19.11)$$

अर्थात्, प्रतिरोधों के श्रृंखला संयोजन का समतुल्य प्रतिरोध व्यक्तिगत प्रतिरोधों के योग के बराबर होता है। यदि n समान प्रतिरोध श्रृंखला में जुड़े हुए हैं, तो समतुल्य प्रतिरोध nR के बराबर है और प्रत्येक प्रतिरोध के बीच संभावित अंतर V/n है। यदि हम किसी प्रतिरोधक (जैसे विद्युत लैंप) पर स्थिर वोल्टेज आपूर्ति स्रोत द्वारा प्रदान किए गए वोल्टेज से कम वोल्टेज लागू करना चाहते हैं, तो हमें इसके साथ श्रृंखला में एक और अवरोधक (लैंप) जोड़ना चाहिए।



दो प्रतिरोधक एक बैटरी से श्रृंखला में जुड़े हुए हैं

दो लैंप एक डीसी से श्रृंखला में जुड़े हुए हैं
स्रोत।

चित्र 19.8

दो प्रतिरोधकों के श्रृंखला संयोजन में वोल्टेज विभाजन

हम जानते हैं कि $V = V_1 + V_2$ और

$$V = \text{आईआर}_1 + \text{आईआर}_2 = (\text{आर}_1 + \text{आर}_2) \text{आई}$$

$$V = (\text{आर}_1 + \text{आर}_2) \text{आई}$$

$$\text{आई} = \frac{V}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2}$$

R1 पर वोल्टेज या क्षमता, द्वारा दी गई है

$$V_1 = \text{आईआर}_1 \text{ लेकिन } \text{आई} = \frac{V}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2}$$

$$\square \quad V_1 = \frac{V}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2} \times \text{आर}_1 = \frac{\text{आर}_1}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2} V$$

इसी प्रकार R2 के पार विभव या वोल्टेज किसके द्वारा दिया जाता है

$$V_2 = \text{आईआर}_2 \text{ लेकिन } \text{आई} = \frac{V}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2}$$

$$V_2 = \frac{V}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2} \times \text{आर}_2$$

$$V_2 = \frac{\text{आर}_2}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2} V$$

सामान्य तौर पर किसी भी प्रतिरोध पर संभावित गिरावट की गणना करने के लिए यह उस प्रतिरोध के बराबर होता है कुल प्रतिरोध से विभाजित और कुल वोल्टेज से गुणा किया जाता है।

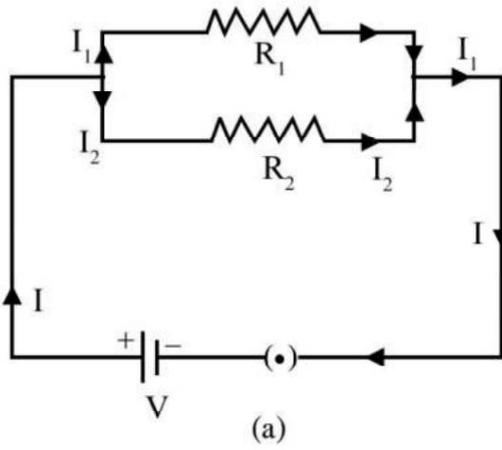
समानांतर संयोजन

आप प्रतिरोधों के एक सिरे को एक बिंदु पर और दूसरे सिरे को दूसरे बिंदु पर जोड़कर समानांतर में जोड़ सकते हैं। समानांतर संयोजन में, सभी प्रतिरोधों में समान संभावित अंतर मौजूद होता है। चित्र 19.9 दो प्रतिरोधकों R1 और R2 का समानांतर संयोजन दर्शाता है। मान लीजिए कि संयोजन को वोल्टेज V की बैटरी से जोड़ा जाता है और स्रोत से धारा I खींची जाती है।

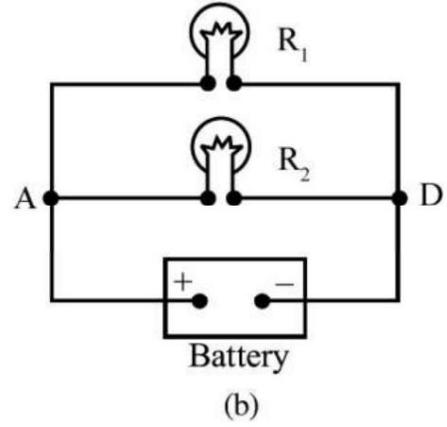
मुख्य धारा दो भागों में बँट जाती है। मान लीजिए I1 और I2 क्रमशः प्रतिरोधक R1 और R2 से प्रवाहित होने वाली धाराएँ हैं। तब $I_1 = V/R_1$ और $I_2 = V/R_2$ ।

मुख्य धारा I1 और I2 का योग है। इसलिए, हम लिख सकते हैं

$$\square \quad \text{आई} = \text{आई}_1 + \text{आई}_2 = \frac{V}{\text{आर}_1} + \frac{V}{\text{आर}_2}$$



दो प्रतिरोधक समानांतर में जुड़े हुए हैं। बैटरी दोनों प्रतिरोधों को समान वोल्टेज की आपूर्ति करता है



लैंप समानांतर में जुड़े हुए हैं एक बैटरी के लिए

चित्र 19.9

यदि संयोजन का समतुल्य प्रतिरोध R है, तो हम $V = IR$ या $I = V/R$ लिखते हैं:

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (19.12 \text{ ए})$$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (19.12 \text{ बी})$$

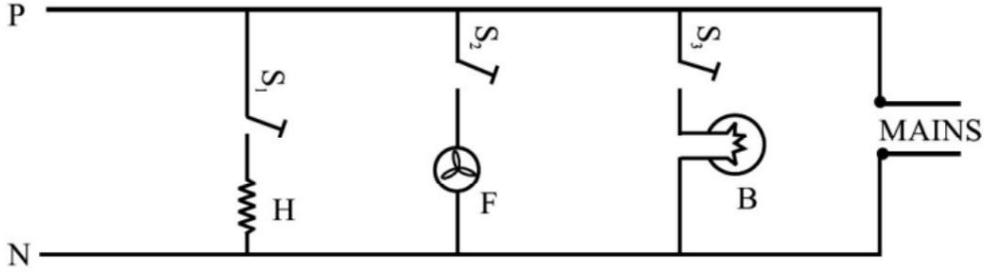
समीकरण से. (19.12 ए) हम देखते हैं कि समानांतर के समतुल्य प्रतिरोध का व्युत्क्रम संयोजन व्यक्तिगत प्रतिरोधों के व्युत्क्रमों के योग के बराबर है। प्रक्रिया किसी भी संख्या में प्रतिरोधों के लिए बढ़ाया जा सकता है, ताकि

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (19.13)$$

ध्यान दें कि समानांतर संयोजन का समतुल्य प्रतिरोध सबसे छोटे से छोटा होता है व्यक्तिगत प्रतिरोध. यदि n मान R के बराबर प्रतिरोध समानांतर में जुड़े हुए हैं समतुल्य प्रतिरोध R/n के बराबर है। इस बात को आप एक साधारण इलेक्ट्रिकल माध्यम से आसानी से देख सकते हैं 2 V बैटरी से जुड़ा 2 Ω का प्रतिरोधक वाला सर्किट। यह एक करंट खींचेगा एक एम्पीयर. जब 2 Ω का एक अन्य अवरोधक समानांतर में जुड़ा होता है, तो यह भी खींचेगा वही धारा. यानी, बैटरी से ली गई कुल धारा 2 ए है। इसलिए, का प्रतिरोध सर्किट आधा हो गया है. जैसे ही हम समानांतर में प्रतिरोधों की संख्या बढ़ाते हैं, का प्रतिरोध सर्किट कम हो जाता है और बैटरी से ली जाने वाली धारा बढ़ती चली जाती है।

हमारे घरों में बिजली के उपकरण जैसे लैंप, पंखे, हीटर आदि जुड़े होते हैं समानांतर और प्रत्येक में एक अलग स्विच होता है। प्रत्येक में संभावित अंतर समान रहता है और उनका कामकाज दूसरों से प्रभावित नहीं होता है. जैसे ही हम बल्ब और पंखे चालू करते हैं, प्रतिरोध

घर के विद्युत परिपथ का प्रवाह कम हो जाता है और मुख्य विद्युत धारा चली जाती है बढ़ने पर (चित्र 19.10)।



चित्र 19.10: हमारे घरों में उपकरणों की व्यवस्था। ये आपस में जुड़े हुए हैं समानांतर ताकि प्रत्येक उपकरण 220 V मुख्य आपूर्ति से जुड़ा हो। कुल धारा मुख्य से खींची गई धारा प्रत्येक उपकरण द्वारा खींची गई धाराओं का योग है।

दो प्रतिरोधों के समानांतर संयोजन में धारा विभाजन

हम जानते हैं कि $I = I_1 + I_2$

$$\text{वीए} \quad \text{में}_1 = \frac{\text{वी}}{\text{आर}_1} \quad \text{और} \quad \text{में}_2 = \frac{\text{वी}}{\text{आर}_2}$$

हमारे पास उपरोक्त समीकरण में इन मानों को प्रतिस्थापित करें

$$\text{में} = + \frac{\text{वी.वी}}{\text{आर}\text{आर}} \quad \frac{\quad}{2}$$

$$\text{में} = \text{वी} \quad \frac{\text{आर}_1 + \text{आर}_2}{\text{आर}_1 \text{आर}_2} \quad \frac{\quad}{2}$$

या

$$\text{वी} = \text{में} \quad \frac{\text{आर}\text{आर}_2}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2}$$

अब R1 रोकनेवाला में करंट

$$\text{में}_1 = \frac{\text{वी}}{\text{आर}\text{आर}} = \frac{\text{में} \quad \frac{\text{आर}\text{आर}_2}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2}}{\text{आर}\text{आर}} \times \frac{1}{2}$$

$$\text{में}_1 = \frac{(\text{आर})\text{आर}_2}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2} \quad (19.13 \text{ ए})$$

उसी प्रकार

$$\text{में}_2 = \frac{\text{वी}}{\text{आर}\text{आर}} = \frac{\text{में} \quad \frac{\text{आर}\text{आर}_1}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2}}{\text{आर}\text{आर}} \times \frac{1}{2}$$

$$\text{में}_2 = \frac{(\text{आर})\text{आर}_1}{\text{आर}_1 + \text{आर}_2} \quad (19.13 \text{ बी})$$

सामान्य तौर पर, दो प्रतिरोधों के समानांतर संयोजन में धारा विभाजन के लिए किसी भी प्रतिरोध के पार धारा को विपरीत शाखा प्रतिरोध के बराबर कुल प्रतिरोध से विभाजित किया जाता है और कुल धारा से गुणा किया जाता है। सामान्यतः, वोल्टेज विभाजन के लिए समान प्रतिरोध और धारा विभाजन के लिए विपरीत शाखा प्रतिरोध।

उदाहरण 19.5

चित्र 19.11 में दिखाए गए सर्किट के लिए, प्रतिरोध R2 और इसके माध्यम से बहने वाली धारा के मान की गणना करें।

सं. 2

समाधान :

यदि R1 और R2 के समानांतर संयोजन का समतुल्य प्रतिरोध R है, तो

$$आर = \frac{आर_1 आर_2}{आर_1 + आर_2} = \frac{10 आर_2}{10 + आर_2}$$

ओम के नियम के अनुसार,

$$आर = \frac{50}{5} = 10$$

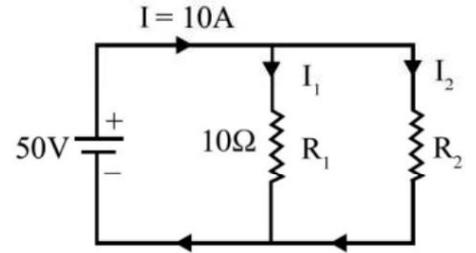
□

$$\frac{10 आर_2}{10 + आर_2} = 5$$

$$□ 10 R_2 = 50 + 5 R_2 \quad या \quad R_2 = 10 □$$

चूँकि R1 और R2 बराबर हैं, धारा उनके बीच समान रूप से विभाजित होगी।

अतः, I2 = 5A



चित्र 19.11: दो प्रतिरोधक समानांतर में

उदाहरण 19.6

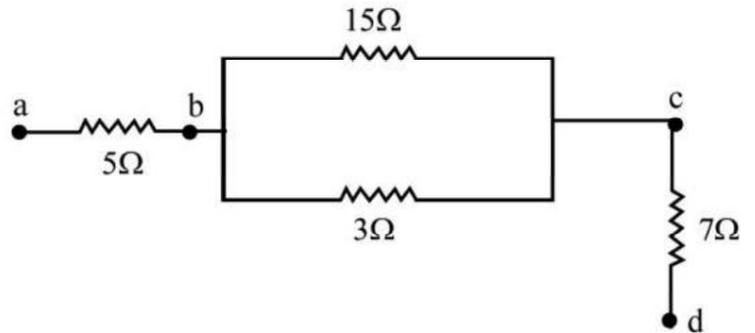
चित्र 19.12 में दिखाए गए सर्किट के लिए,

बिंदु a और d के बीच समतुल्य प्रतिरोध की गणना करें।

समाधान :

15Ω और 3Ω प्रतिरोधक समानांतर में जुड़े हुए

हैं। इस संयोजन का तुल्य प्रतिरोध है



चित्र 19.12: श्रृंखला और समानांतर समूहों का संयोजन

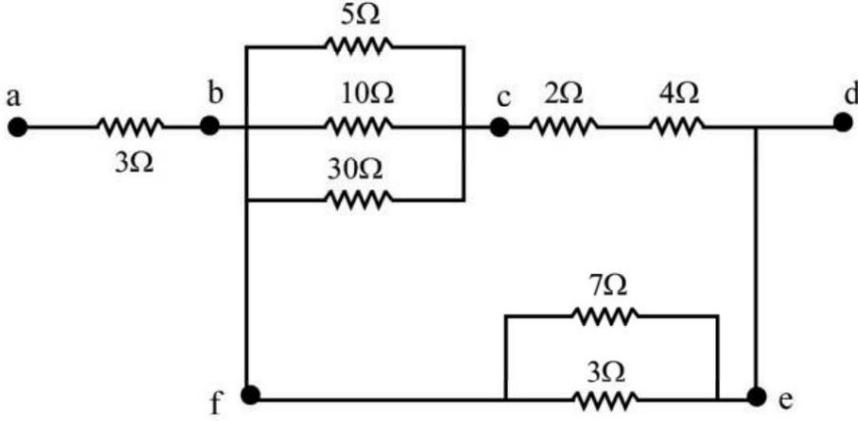
$$2.5Ω = \frac{15 \times 3}{15 + 3} = 2.5$$

अब हम प्रतिरोधों 5Ω, R1 = 2.5Ω और 7Ω को श्रृंखला में जुड़ा हुआ मान सकते हैं। इसलिए, बिंदु a और d के बीच समतुल्य प्रतिरोध है

$$आर = (5 + 2.5 + 7) = 14.5Ω$$

उदाहरण 19.7

चित्र 19.13 में दिखाए गए नेटवर्क को देखें। के बीच समतुल्य प्रतिरोध की गणना करें बिंदु (i) b और c (ii) c और d, और (iii) a और e।



चित्र 19.13: प्रतिरोधकों की श्रृंखला और समानांतर समूहों का संयोजन

समाधान :

(i) तीन प्रतिरोधक (5Ω, 10Ω और 30Ω) समानांतर में जुड़े हुए हैं। अतः समतुल्य प्रतिरोध द्वारा दिया जाता है

$$\frac{1}{\text{आर}_1} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{30} = \frac{6 + 3 + 1}{30} = \frac{10}{30}$$

या

$$\text{आर}_1 = 3\Omega$$

(ii) 2Ω और 4Ω प्रतिरोध वाले प्रतिरोधक श्रृंखला में हैं। समतुल्य प्रतिरोध

$$\text{आर}_2 = (2 + 4) = 6\Omega$$

(iii) प्रतिरोध 7Ω और 3Ω समानांतर में हैं। तो समकक्ष प्रतिरोध

$$\frac{1}{\text{आर}_3} = \frac{1}{7} + \frac{1}{3} = \frac{3 + 7}{21} = \frac{10}{21}$$

या

$$\text{आर}_3 = \frac{21}{10} = 2.1\Omega$$

अब हम समतुल्य प्रतिरोध R1 और R2 को श्रृंखला में मान सकते हैं। इसलिए

$$\text{आर}_4 = \text{आर}_1 + \text{आर}_2 = (3 + 6) = 9\Omega$$

अब R4 और R3 समानांतर हैं। इसलिए समतुल्य प्रतिरोध

$$\frac{1}{\text{आर}_5} = \frac{1}{9} + \frac{1}{2.1} = \frac{1}{9} + \frac{10}{21}$$

$$\frac{1}{21} = \frac{10}{63} + \frac{37}{\square} + \frac{\square}{\square} + \frac{9}{\square}$$

$$\text{आर} = \frac{63}{\Omega} = 1.70\Omega \text{ 57}$$

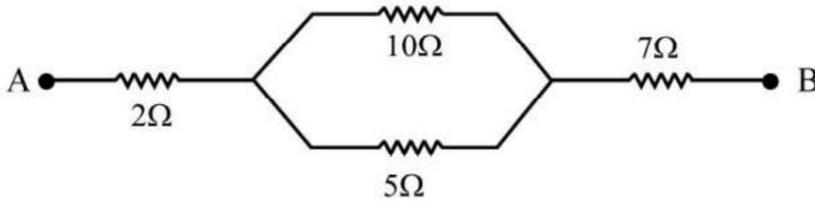
(iv) अंततः R5 और 3Ω (a और b के बीच) श्रृंखला में हैं। इस तरह

$$\text{आर} = (1.70 + 3) = 4.70 \Omega \text{ नोट: आसानी}$$

और सुविधा के लिए, आपको प्रत्येक के बाद एक नया समतुल्य सर्किट बनाना चाहिए गणना।

पाठगत प्रश्न 19.2

- आपके शयनकक्ष में दो बल्ब और एक पंखा है। क्या ये श्रृंखला में जुड़े हैं या समानांतर में? क्यों?
- किसी शहर में बिजली की आपूर्ति आमतौर पर 220 V पर होती है। कभी-कभी वोल्टेज 300 V तक पहुंच जाता है और आपके टीवी सेट और अन्य गैजेट्स को नुकसान पहुंचा सकता है। आपके उपकरणों को बचाने के लिए क्या सरल सावधानी बरती जा सकती है?
- निम्नलिखित सर्किट के लिए बिंदु A और B के बीच समतुल्य प्रतिरोध की गणना करें



- फंक्शन हॉल में सजावट के लिए कई छोटे बल्ब जुड़े होते हैं क्या ये समानांतर या श्रृंखला में जुड़े होते हैं? क्यों?

19.4 प्रतिरोधकों के प्रकार

के परिमाण को नियंत्रित करने के लिए हम सभी विद्युत और इलेक्ट्रॉनिक सर्किट में प्रतिरोधकों का उपयोग करते हैं मौजूदा। प्रतिरोधक आमतौर पर दो प्रकार के होते हैं:

एल कार्बन प्रतिरोधक

एल तार घाव प्रतिरोधक

एक तार घाव अवरोधक में, निश्चित लंबाई का एक प्रतिरोध तार (मैंगनीन, कॉन्स्टेंटन या नाइक्रोम का), जो प्रतिरोध के आवश्यक मूल्य पर निर्भर करता है, इसे गैर-प्रेरक बनाने के लिए एक इन्सुलेटिंग सिलेंडर पर दो बार लपेटा जाता है। कार्बन प्रतिरोधकों में, उपयुक्त बाइंडिंग एजेंट के साथ कार्बन को एक सिलेंडर में ढाला जाता है। विद्युत सर्किट से कनेक्शन बनाने के लिए तार के तार सिलेंडर से जुड़े होते हैं। प्रतिरोधों को उनके मान देने के लिए रंग कोडित किया गया है:

$$\text{आर} = \text{एबी} \times 10^{\text{सी}} \Omega, \text{ डी}$$

जहाँ A, B और C रंगीन धारियाँ हैं। विभिन्न रंगों का मान दिया गया है

तालिका - 19.1. जैसा कि ध्यान दिया जा सकता है,

- पहले दो रंग प्रतिरोध मान के पहले दो अंक दर्शाते हैं;
- तीसरा रंग प्रतिरोध के मान के गुणक के लिए दस की शक्ति देता है; और
- चौथा रंग (डी) (अंतिम वाला) प्रतिरोध की सहनशीलता देता है, जो 5% है सुनहरे रंग के लिए, चांदी के रंग के लिए 10% और शरीर के रंग के लिए 20%।

तालिका - 19.1 : प्रतिरोधों के रंग कोड

रंग	संख्या	गुणक
ब्लैक बी	0	1
ब्राउन बी	1	101
लाल आर	2	102
ऑरेंज ओ	3	103
पीला वाई	4	104
ग्रीन जी	5	105
नीला बी	6	106
वायलेट वी	7	107
ग्रे जी	8	108
सफेद डब्ल्यू	9	109

रंग कोड के लिए याद रखें कि BBROY गेट वे के माध्यम से बॉम्बे जाता है।

मान लीजिए कि एक अवरोधक पर चार रंग हैं नीला, ग्रे, हरा और सिल्वर। तब

पहला अंक 6 (नीला) होगा

दूसरा अंक 8 (ग्रे) होगा

तीसरा रंग गुणक 105 (हरा) को दर्शाता है

चौथा रंग सहनशीलता को परिभाषित करता है = 10% (रजत)

अतः प्रतिरोध का मान है

$$\begin{aligned}
 & 68 \times 105 \pm 10\% \\
 & = 68 \times 105 \pm (68 \times 105 \times 10/100) \\
 & = 68 \times 105 \pm 68 \times 104 \\
 & = (6.8 \pm 0.68) \text{ एम}\Omega
 \end{aligned}$$

19.5 प्रतिरोध की तापमान निर्भरता

किसी चालक की प्रतिरोधकता तापमान पर निर्भर करती है। अधिकांश धातुओं के लिए, प्रतिरोधकता तापमान के साथ बढ़ती है और परिवर्तन तापमान की एक सीमित सीमा पर रैखिक होता है:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)] \quad \text{जहां } \alpha \quad (19.14)$$

और ρ_0 क्रमशः तापमान T_0 और T_0 पर प्रतिरोधकताएं हैं। तापमान $^{\circ}\text{C}$ में लिया जाता है और T_0 संदर्भ तापमान है। α को प्रतिरोधकता का तापमान गुणांक कहा जाता है। इसकी इकाई प्रति डिग्री सेल्सियस है।

अतिचालक

प्रतिरोधकता की तापमान निर्भरता ने वैज्ञानिकों को बहुत कम तापमान पर सामग्रियों के व्यवहार का अध्ययन करने के लिए प्रेरित किया। उन्होंने देखा कि कुछ धातुएँ और उनके मिश्र धातु एक निश्चित तापमान, जिसे संक्रमण तापमान कहा जाता है, के नीचे पूरी तरह से अपनी प्रतिरोधकता खो देते हैं, जो सामग्री के लिए विशिष्ट होता है। ऐसी सामग्रियों में, करंट, एक बार स्थापित होने के बाद, इसे बनाए रखने के लिए किसी बाहरी स्रोत के उपयोग के बिना हमेशा के लिए अपरिवर्तित रहता है। ऐसी सामग्रियों को अतिचालक कहा गया।

यह जल्द ही महसूस किया गया कि सुपरकंडक्टर्स, यदि वे कमरे के तापमान के आसपास मौजूद हो सकते हैं, तो प्रौद्योगिकी में क्रांतिकारी बदलाव लाएंगे। (इन्हें उच्च तापमान सुपरकंडक्टर्स कहा गया है।) उदाहरण के लिए, सुपरकंडक्टिंग कॉइल्स से बने ऊर्जा कुशल शक्तिशाली इलेक्ट्रोमैग्नेट वाहनों को चुंबकीय ट्रैक से ऊपर ले जा सकते हैं और उच्च गति परिवहन प्रणाली को संभव बना सकते हैं।

उच्च तापमान वाले सुपरकंडक्टर्स विकसित करने के प्रयास किए जा रहे हैं। अब तक किए गए काम से पता चलता है कि कॉपर, बेरियम और येटेरियम के ऑक्साइड अच्छी संभावनाएं दिखा रहे हैं। एक सुपरकंडक्टर ($\text{T}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$) विकसित किया गया है जो -153°C पर मौजूद रह सकता है। अनुसंधान के इस क्षेत्र में भारत अग्रणी है।

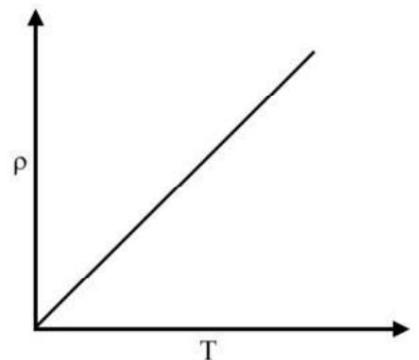
समीकरण. (19.14) को प्रतिरोधकता के तापमान गुणांक के लिए एक अभिव्यक्ति प्राप्त करने के लिए पुनर्व्यवस्थित किया जा सकता है:

$$\rho = \rho_0 + \alpha \rho_0 (T - T_0)$$

$$\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{T_0 \rho \Delta T_0} = \frac{1}{T_0} \frac{\Delta \rho}{\rho}$$

जहां $\Delta \rho = (\rho - \rho_0)$ और $\Delta T = T - T_0$ तांबे जैसी धातु के लिए प्रतिरोधकता बनाम तापमान ग्राफ चित्र 19.14 (ए) में दिखाया गया है। तापमान की एक विस्तृत श्रृंखला पर वक्र रैखिक होता है।

आपको याद होगा कि किसी चालक का प्रतिरोध उसकी प्रतिरोधकता के समानुपाती होता है। इसलिए, प्रतिरोध की तापमान भिन्नता को इस प्रकार लिखा जा सकता है:



चित्र 19.14: (ए) किसी धातु के लिए विशिष्ट प्रतिरोधकता-तापमान ग्राफ

$$\text{आर} = \text{आर}_0 [1 + \alpha (T_1 - T_0)] \quad (19.15)$$

दो अलग-अलग तापमानों T_1 और T_2 के संगत प्रतिरोध इस प्रकार दिए गए हैं

$$\text{आर}_1 = \text{आर}_0 [1 + \alpha (T_1 - T_0)] \quad (19.16)$$

और

$$\text{आर}_2 = \text{आर}_0 [1 + \alpha (T_2 - T_0)] \quad (19.17)$$

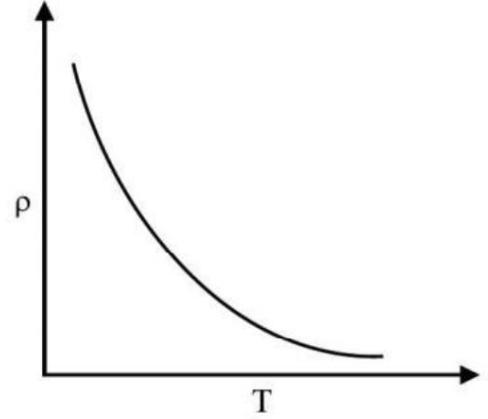
इन समीकरणों को संयोजित करने पर, हम प्रतिरोधकता के तापमान गुणांक के लिए एक अभिव्यक्ति लिख सकते हैं:

$$\alpha = \frac{(\text{आर}_2 - \text{आर}_1) / \text{आर}_0}{(T_2 - T_1)} = \frac{1}{\text{आर}_0} \frac{\Delta R}{\Delta T} \quad (19.18)$$

यदि $R_0 = 1 \Omega$ और $(T_2 - T_1) = 1^\circ\text{C}$, तो $\alpha = (R - R_0)$. इस प्रकार प्रतिरोध का तापमान गुणांक संख्यात्मक रूप से 0°C पर 1Ω प्रतिरोध वाले तार के प्रतिरोध में परिवर्तन के बराबर होता है जब तापमान 1°C बदलता है। धातुओं की इस संपत्ति का उपयोग आरटीडी (प्रतिरोध तापमान डिटेक्टर) नामक प्रतिरोध थर्मामीटर बनाने में किया जाता है।

तापमान बढ़ने पर मिश्रधातुओं की प्रतिरोधकता भी बढ़ जाती है। लेकिन धातुओं की तुलना में यह वृद्धि बहुत कम है। मैंगनीन, कॉन्स्टेंट और नाइक्रोम जैसे मिश्र धातुओं के लिए, प्रतिरोधकता का तापमान गुणांक गायब हो जाता है ($\sim 10^{-6}$ डिग्री सेल्सियस $^{-1}$) और प्रतिरोधकता अधिक होती है। इसलिए इन सामग्रियों का उपयोग प्रतिरोध तार या मानक प्रतिरोध बनाने के लिए किया जाता है।

जर्मनियम और सिलिकॉन जैसे अर्धचालकों में प्रतिरोधकता होती है जो धातुओं और इन्सुलेटर के बीच होती है। अर्धचालकों की प्रतिरोधकता आमतौर पर तापमान बढ़ने के साथ कम हो जाती है [चित्र. 19.14 (बी)]। यह प्रतिरोध का नकारात्मक तापमान गुणांक देता है।



चित्र 19.14 (बी): तापमान के साथ अर्धचालकों की प्रतिरोधकता कम हो जाती है

अर्धचालकों पर पाठ में इस पर विस्तार से चर्चा की जाएगी।

19.6 इलेक्ट्रोमोटिव बल (ईएमएफ) और संभावित अंतर

ईएमएफ इलेक्ट्रोमोटिव बल का संक्षिप्त रूप है। किसी सेल या बैटरी का ईएमएफ उसके टर्मिनलों के बीच संभावित अंतर के बराबर होता है जब ये बाहरी रूप से जुड़े (खुले सर्किट) नहीं होते हैं।

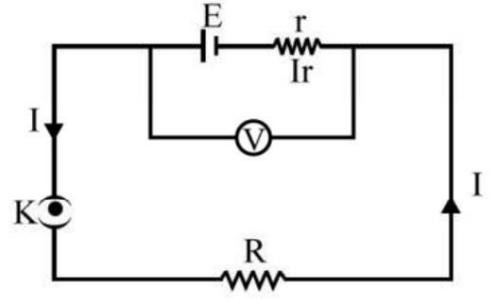
आप निम्नलिखित गतिविधि करके सेल के ईएमएफ और संभावित अंतर के बीच अंतर को आसानी से समझ सकते हैं।

गतिविधि 19.4

एक सेल को एक प्रतिरोधक R और कुंजी K वाले सर्किट में कनेक्ट करें। बहुत उच्च प्रतिरोध का एक वोल्टमीटर सेल के समानांतर जुड़ा हुआ है, जैसा कि चित्र 19.15 (ए) में दिखाया गया है। जब कुंजी K बंद हो जाती है, तो वोल्टमीटर की रीडिंग कम हो जाएगी। क्या आप वोल्टमीटर में इस कमी का कारण बता सकते हैं?

पढ़ना? वास्तव में जब कुंजी K खुली होती है, तो सेल और वोल्टमीटर वाले लूप के माध्यम से कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है: (सर्किट में प्रतिरोध अनंत है!) इसलिए वोल्टमीटर की रीडिंग ईएमएफ देती है

सेल का ई, जो सेल के टर्मिनलों के बीच संभावित अंतर है जब इससे कोई करंट नहीं खींचा जाता है। जब कुंजी K बंद होती है, तो सेल के बाहर और अंदर करंट प्रवाहित होता है। सेल एक प्रतिरोध r प्रस्तुत करता है, जिसे सेल का आंतरिक प्रतिरोध कहा जाता है। मान लीजिए कि परिपथ में धारा I प्रवाहित हो रही है। वर्तमान प्रवाह के कारण आंतरिक प्रतिरोध r पर संभावित गिरावट Ir सेल के ईएमएफ के विपरीत कार्य करती है। अतः वोल्टमीटर की रीडिंग होगी



चित्र 19.15 (ए)

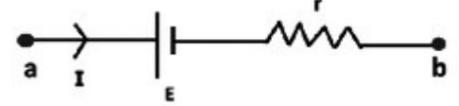
$$E - Ir = V$$

या

$$E = V + IR$$

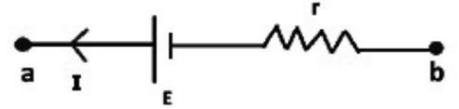
(19.19)

इस प्रकार किसी सेल से करंट खींचते समय, सेल का ईएमएफ हमेशा बाहरी प्रतिरोध के बीच संभावित अंतर से अधिक होता है, जब तक कि आंतरिक प्रतिरोध शून्य न हो। एक आदर्श सेल का आंतरिक प्रतिरोध शून्य होता है। जब विद्युत धारा कोशिका में प्रवेश करती है जैसा कि चित्र 19.15 (बी) में दिखाया गया है। सेल के बीच आंतरिक संभावित अंतर $V_{ab} = E + Ir$ को सेल की चार्जिंग कहा जाता है।



चित्र 19.15 (बी)

यदि चित्र 19.15 (सी) में दिखाए अनुसार सेल से धारा खींची जाती है।



चित्र 19.15 (सी)

टर्मिनल संभावित अंतर $V_{ab} = E - Ir$ को सेल का डिस्चार्जिंग कहा जाता है।

किसी सेल का EMF इस पर निर्भर करता है:

- सेल में प्रयुक्त इलेक्ट्रोलाइट;
- इलेक्ट्रोड की सामग्री; और
- कोशिका का तापमान.

ध्यान दें कि सेल का ईएमएफ सेल के आकार, यानी प्लेटों के क्षेत्रफल और उनके बीच की दूरी पर निर्भर नहीं करता है। इसका मतलब यह है कि यदि आपके पास अलग-अलग आकार की दो कोशिकाएँ हैं, एक बड़ी और एक छोटी, तो इलेक्ट्रोड और इलेक्ट्रोलाइट की सामग्री समान होने पर ईएमएफ समान हो सकता है। हालाँकि, बड़े आकार की कोशिकाएँ इसके माध्यम से करंट के पारित होने के लिए उच्च प्रतिरोध प्रदान करेंगी लेकिन इनका उपयोग लंबे समय तक किया जा सकता है।

उदाहरण 19.8

जब बैटरी से विद्युत धारा 0.5 A है, तो टर्मिनलों पर संभावित अंतर 20 V है। और जब इससे धारा 2.0 A ली जाती है, तो इसका वोल्टेज घटकर 16 V हो जाता है। बैटरी के ईएमएफ और आंतरिक प्रतिरोध की गणना करें।

समाधान :

माना E और r बैटरी का ईएमएफ और आंतरिक प्रतिरोध है। जब इससे धारा I खींची जाती है, तो सेल के आंतरिक प्रतिरोध में संभावित गिरावट Ir होती है। फिर हम लिख सकते हैं

$$V = I - \text{आईआर}$$

$I = 0.5 \text{ A}$ और $V = 20$ वोल्ट के लिए, हमारे पास है

$$20 = I - 0.5 \text{ आर} \quad (i)$$

$I = 2.0 \text{ A}$ और $V = 16$ वोल्ट के लिए, हम लिख सकते हैं

$$16 = I - 2 \text{ आर} \quad (ii)$$

हम समीकरणों को फिर से लिख सकते हैं। (i) और (ii) जैसे

$$2 I - \text{आर} = 40$$

और

$$I - 2 \text{ आर} = 16$$

इन्हें हल करने पर, हम पाते हैं

$$I = 21.3 \text{ वी और आर} = 2.67 \Omega$$

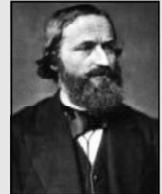
19.7 किरचॉफ के नियम

अब आप जानते हैं कि ओम का नियम प्रतिरोधक सर्किट के लिए करंट-वोल्टेज संबंध देता है। लेकिन जब सर्किट जटिल होता है, तो ओम के नियम द्वारा वर्तमान वितरण को जानना मुश्किल होता है।

1842 में, किरचॉफ ने दो नियम बनाए जो हमें जटिल विद्युत सर्किट या विद्युत नेटवर्क में करंट के वितरण को जानने में सक्षम बनाते हैं।

गुस्ताव रॉबर्ट किरचॉफ (1824-1887)

जर्मन भौतिक विज्ञानी किरचॉफ का मौलिक योगदान ब्लैक बॉडी विकिरण और स्पेक्ट्रोस्कोपी के क्षेत्र में था। लेकिन उन्होंने कई अन्य क्षेत्रों में भी योगदान दिया। उनके नियम जिनका आप इस पाठ में अध्ययन करेंगे, हमें जटिल विद्युत नेटवर्क का विश्लेषण करने में सक्षम बनाते हैं। बन्सेन स्पेक्ट्रम विश्लेषण की सहायता से उन्होंने रुबिडियम और सीज़ियम तत्वों की खोज की।



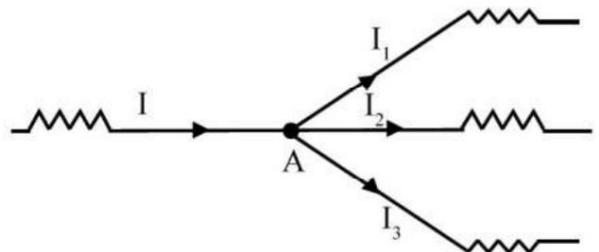
- (i) किरचॉफ का पहला नियम (जंक्शन नियम): यह बताता है कि विद्युत नेटवर्क में एक जंक्शन (बिंदु) की ओर निर्देशित सभी धाराओं का योग जंक्शन से दूर निर्देशित सभी धाराओं के योग के बराबर है। यह आवेश के संरक्षण पर आधारित है।

चित्र 19.16 देखें। यदि हम बिंदु A की ओर आने वाली धाराओं को सकारात्मक और उससे निकलने वाली धाराओं को नकारात्मक मानते हैं, तो हम लिख सकते हैं

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \text{ या } I -$$

$$(I_1 + I_2 + I_3) = 0 \quad (19.20)$$

दूसरे शब्दों में, एक जंक्शन पर सभी धाराओं का बीजगणितीय योग शून्य है।



चित्र 19.16: किरचॉफ का पहला नियम: किसी जंक्शन पर आने वाली धाराओं का योग उससे दूर जाने वाली धाराओं के योग के बराबर होता है।

किरचॉफ का पहला नियम हमें बताता है कि यदि किसी बिंदु पर स्थिर धारा प्रवाहित होती है तो उस पर आवेश का संचय नहीं होता है। किसी बिंदु की ओर आने वाला शुद्ध आवेश उसी समय में उससे दूर जाने वाले आवेश के बराबर होना चाहिए। एक तरह से यह विद्युत परिपथों में निरंतरता प्रमेय का विस्तार है।

(ii) किरचॉफ का दूसरा नियम (लूप नियम): यह नियम विद्युत परिपथों के लिए ऊर्जा संरक्षण के नियम का अनुप्रयोग है। यह हमें बताता है कि विद्युत नेटवर्क के किसी भी बंद लूप में धाराओं और प्रतिरोधों के उत्पादों का बीजगणितीय योग लूप में कार्यरत इलेक्ट्रोमोटिव बलों के बीजगणितीय योग के बराबर है।

यह ऊर्जा के संरक्षण पर आधारित है।

इस नियम का उपयोग करते समय, हम लूप पर एक बिंदु से शुरू करते हैं और लूप के साथ या तो दक्षिणावर्त या वामावर्त चलते हैं और फिर से उसी बिंदु पर पहुंचते हैं। जब हम धारा की दिशा में चलते हैं तो धारा और प्रतिरोध का गुणनफल सकारात्मक माना जाता है। जब हम सेल के माध्यम से नकारात्मक से सकारात्मक इलेक्ट्रोड की ओर जाते हैं तो ईएमएफ को सकारात्मक लिया जाता है। गणितीय रूप से हम लिख सकते हैं

$$\sum IR = \sum E \quad (19.21)$$

आइए चित्र 19.17 में दिखाए गए विद्युत नेटवर्क पर विचार करें। बंद जाल ADCBA के लिए, हम लिख सकते हैं

$$\text{में } 1 \text{ आर}1 - \text{आई}2 \text{ आर}2 = \text{ई}1 - \text{ई}2$$

इसी तरह, मेष डीएचजीसीडी के लिए

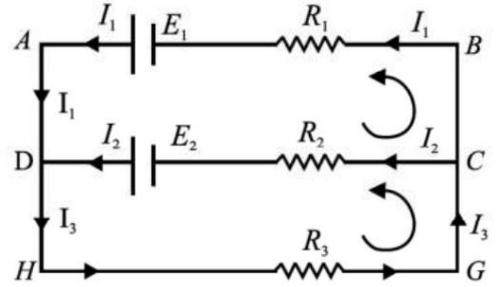
$$I_2 R_2 + (I_1 + I_2) R_3 = E_2$$

और जाल AHGHA के लिए

$$I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1 \text{ बिंदु}$$

D पर $I_1 + I_2 = I_3$ अधिक सामान्य

रूप में, किरचॉफ का दूसरा नियम इस प्रकार बताया गया है: एक सर्किट में एक बंद लूप के साथ सभी संभावित अंतरों का बीजगणितीय योग शून्य है।



चित्र 19.17: किरचॉफ के दूसरे नियम को दर्शाने वाला एक नेटवर्क

उदाहरण 19.9

चित्र 19.18 में दिखाए गए नेटवर्क पर विचार करें। नेटवर्क को करंट की आपूर्ति दो बैटरियों द्वारा की जाती है। धाराओं I_1 , I_2 और I_3 के मानों की गणना करें। धाराओं की दिशाएँ तीरों द्वारा इंगित की गई हैं।

समाधान :

जंक्शन पर किरचॉफ का पहला नियम लागू करना

सी, हमें मिलता है

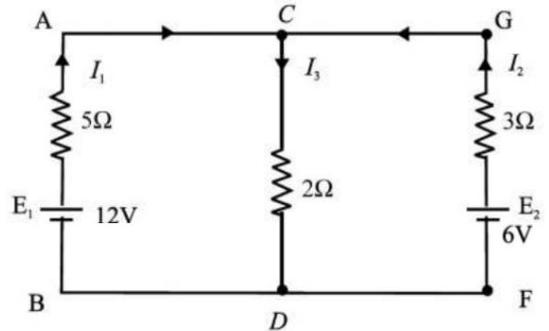
$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (i)$$

किरचॉफ के दूसरे नियम को बंद लूप ACDBA और GCDGF पर लागू करने पर, हमें मिलता है

$$5\text{आई}1 + 2\text{आई}3 = 12 \quad (ii)$$

और

$$3\text{आई}2 + 2\text{आई}3 = 6 \quad (iii)$$



चित्र 19.18: प्रतिरोधों और बैटरियों के नेटवर्क में धाराओं की गणना।

इन समीकरणों को मिलाने पर हमें प्राप्त होता है

$$5I_1 - 3I_2 = 6 \quad (iv)$$

प्राप्त करने के लिए (i) को 2 से गुणा करें और (ii) में जोड़ें

$$\text{समीकरण को गुणा करने} \quad (v)$$

पर $7I_1 + 2I_2 = 12$ (iv) 2 और समीकरण से। (v) 3 से और उन्हें जोड़ने पर, हमें प्राप्त होता है

$$31I_1 = 48$$

या

$$I_1 = 1.548 \text{ ए}$$

I_1 के इस मान को समीकरण में रखने पर। (v), हम पाते हैं

$$I_2 = 0.582 \text{ ए}$$

और (i) से, हमें मिलता है

$$I_3 = I_1 + I_2 = 2.13 \text{ ए}$$

19.7.1 व्हीटस्टोन ब्रिज

आपने सीखा है कि विद्युत परिपथ में वोल्टमीटर और एमीटर का उपयोग करके

प्रतिरोध को ओम के नियम द्वारा मापा जा सकता है। लेकिन यह माप कम प्रतिरोध के लिए सटीक नहीं हो सकता है। इस कठिनाई को दूर करने के लिए हम व्हीटस्टोन ब्रिज का उपयोग करते हैं। यह चार प्रतिरोधों की एक व्यवस्था है जिसका उपयोग उनमें से एक को अन्य तीन के संदर्भ में मापने के लिए किया जा सकता है।

चित्र 19.19 में दिखाए गए सर्किट पर विचार करें

(i) P और Q दो समायोज्य प्रतिरोध हैं
भुजाएँ AB और BC में जुड़े हुए हैं।

(ii) R एक समायोज्य ज्ञात प्रतिरोध है।

(iii) S एक अज्ञात प्रतिरोध है जिसे मापा जाना है।

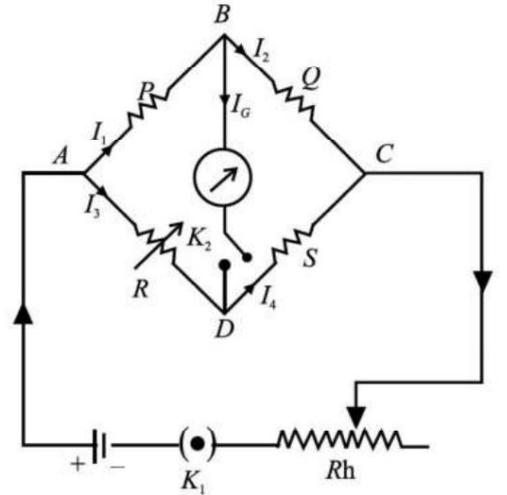
(iv) एक संवेदनशील गैल्वेनोमीटर G एक कुंजी K₂ के साथ भुजा BD में जुड़ा हुआ है। (v) एक बैटरी E एक कुंजी K₁ के साथ आर्म AC में जुड़ी हुई है।

चाबियाँ बंद करने पर, सामान्य तौर पर, गैल्वेनोमीटर के माध्यम से कुछ धारा प्रवाहित होगी और आपको गैल्वेनोमीटर में एक विक्षेप दिखाई देगा। यह इंगित करता है कि बिंदु B और D के बीच कुछ संभावित अंतर है। अब हम निम्नलिखित तीन संभावनाओं पर विचार करते हैं:

(i) बिंदु B, बिंदु D से अधिक विभव पर है: धारा B से दिशा की ओर प्रवाहित होगी
डी और गैल्वेनोमीटर एक दिशा में विक्षेप दिखाएगा, सही कहें

(ii) बिंदु B बिंदु D की तुलना में कम क्षमता पर है: धारा बिंदु D से B की ओर प्रवाहित होगी और गैल्वेनोमीटर विपरीत दिशा में विक्षेप दिखाएगा।

(iii) दोनों बिंदु B और D समान क्षमता पर हैं: इस स्थिति में, गैल्वेनोमीटर के माध्यम से कोई धारा प्रवाहित नहीं होगी और यह कोई विक्षेप नहीं दिखाएगा, अर्थात् गैल्वेनोमीटर है



चित्र 19.19: एक व्हीटस्टोन पुल

शून्य स्थिति में। इस स्थिति में व्हीटस्टोन ब्रिज संतुलन की स्थिति में बताया जा रहा है।

बिंदु B और D केवल तभी समान विभव पर होंगे जब P के पार विभव गिरावट R के पार विभव गिरावट के बराबर हो। इस प्रकार

लेकिन $I_1 P = I_3 R$ (19.22)

$$I_1 = I_2 + \text{आईजी}$$

और $\text{आई4} = \text{आई3} + \text{आईजी}$ (19.23)

शून्य स्थिति (आईजी = 0) में जंक्शन बी और डी पर किरचॉफ के पहले नियम को लागू करने पर, हम पाना

$$I_1 = I_2$$

और $I_3 = I_4$ (19.24)

साथ ही, Q के पार संभावित गिरावट, S के पार संभावित गिरावट के बराबर होगी

$$I_2 Q = I_4 S$$
 (19.25)

विभाजन समीकरण। (19.22) समीकरण द्वारा। (19.25), हम प्राप्त करते हैं

$$\frac{\text{आईपीआईआर}}{\text{आईक्यूआईएस}} \quad (19.26)$$

समीकरण का उपयोग करना। (19.24), हम पाते हैं

$$\frac{\text{जनसंपर्क}}{\text{क्यूएस}} \quad (19.27)$$

यह वह स्थिति है जिसके लिए व्हीटस्टोन ब्रिज को संतुलित किया जाएगा। समीकरण से. (19.27), हम पाते हैं कि अज्ञात प्रतिरोध S द्वारा दिया गया है

$$S = \frac{QR}{P}$$

चित्र 19.19 में प्रतिरोधों को P, Q, R, S नाम दिया गया है। अधिकांश पाठ्यपुस्तकों में समान अंकन का पालन किया जाता है। यदि प्रतिरोधों P, Q, R, S की स्थिति चित्र 19.19 में दिखाए अनुसार ठीक से नहीं रखी गई है। यदि इन्हें अलग-अलग रखा जाए तो ब्रिज संतुलन की स्थिति बनती है

$$\frac{\text{जनसंपर्क}}{\text{क्यूएस}}$$

समान नहीं हो सकता। इसलिए यह याद रखना हमेशा बेहतर होता है कि विपरीत भुजा के प्रतिरोधों का गुणनफल बराबर होता है। चित्र 19.19 का संदर्भ लें

पीएस = आरक्यू की ओर ले जाता है

$$\frac{\text{जनसंपर्क}}{\text{क्यूएस}}$$

व्हीटस्टोन ब्रिज में यदि प्रतिरोधों के स्थान पर चार कैपेसिटेंस जुड़े हों, तो यदि विपरीत भुजाओं की प्रतिक्रियाओं का गुणनफल बराबर हो तो ब्रिज संतुलित होता है।

आप आसानी से देख सकते हैं कि व्हीटस्टोन ब्रिज विधि द्वारा प्रतिरोध के मापन में निम्नलिखित गुण हैं

(i) समीकरण द्वारा दी गई संतुलन की स्थिति। शून्य स्थिति पर (19.27) लागू वोल्टेज वी से स्वतंत्र है। दूसरे शब्दों में, भले ही आप सेल के ईएमएफ को बदल दें, संतुलन की स्थिति नहीं बदलेगी।

(ii) प्रतिरोध का माप गैल्वेनोमीटर के अंशांकन की सटीकता पर निर्भर नहीं करता है। गैल्वेनोमीटर का उपयोग केवल शून्य संकेतक (वर्तमान डिटेक्टर) के रूप में किया जाता है।

व्हीटस्टोन ब्रिज द्वारा माप की सटीकता को प्रभावित करने वाला मुख्य कारक इसकी संवेदनशीलता है जिसके साथ शून्य स्थिति में परिवर्तन का पता लगाया जा सकता है। यह पाया गया है कि पुल की संवेदनशीलता सबसे अधिक तब होती है जब सभी भुजाओं में प्रतिरोध लगभग बराबर होता है।

उदाहरण 19.10

चित्र 19.20 में दिखाए गए R के मान की गणना करें जब 50Ω प्रतिरोधक में कोई धारा न हो।

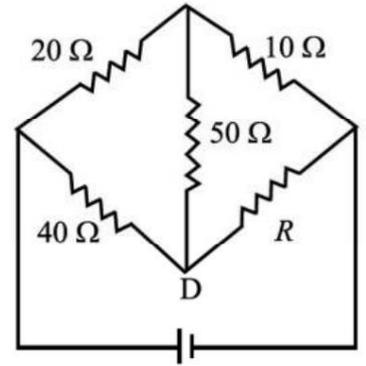
समाधान :

यह व्हीटस्टोन ब्रिज है जहां गैल्वेनोमीटर को 50Ω अवरोधक द्वारा प्रतिस्थापित किया गया है। ब्रिज संतुलित है क्योंकि 50Ω अवरोधक में कोई करंट नहीं है। इस तरह,

$$\frac{20}{40} = \frac{10}{R}$$

या

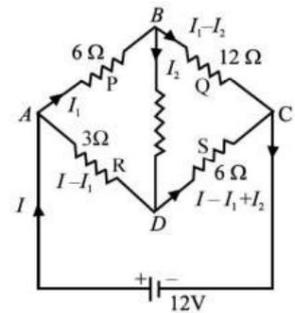
$$R = \frac{40 \times 10}{20} = 20\Omega$$



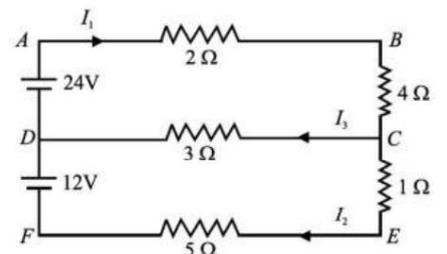
चित्र 19.20: जब 50Ω अवरोधक के माध्यम से कोई धारा नहीं होती है, तो पुल संतुलित होता है।

पाठगत प्रश्न 19.3

1. नीचे दिए गए चित्र को देखें। के मूल्य की गणना करें भुजाओं AB, AD और BD में धाराएँ।



2. निम्नलिखित सर्किट प्रतिरोधकों और बैटरियों की जांच करें। वर्तमान की गणना करें।



में I₁, I₂ और I₃ .

19.8 पोर्टेशियोमीटर

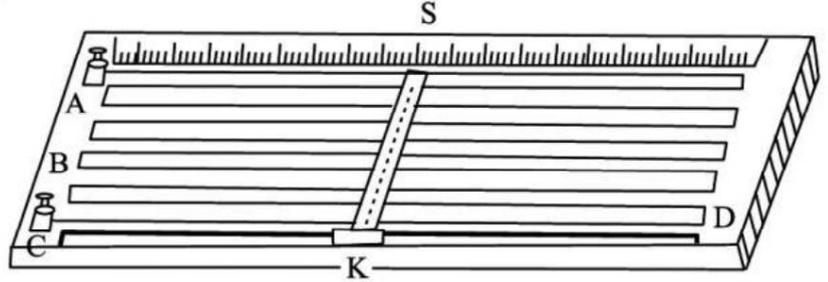
अब आप जानते हैं कि वोल्टमीटर का उपयोग करके किसी स्रोत के ईएमएफ या सर्किट तत्व में संभावित अंतर को कैसे मापना है। (एक आदर्श वोल्टमीटर में अनंत प्रतिरोध होना चाहिए ताकि ईएमएफ के स्रोत से कनेक्ट होने पर यह कोई करंट न खींचे) व्यावहारिक रूप से ऐसा वोल्टमीटर बनाना संभव नहीं है जो कोई करंट न खींचे। इस कठिनाई को दूर करने के लिए, हम एक पोर्टेशियोमीटर का उपयोग करते हैं, जो इससे कोई करंट नहीं खींचता है। यह एक शून्य विधि को नियोजित करता है। पोर्टेशियोमीटर का उपयोग किसी सेल के आंतरिक प्रतिरोध, सर्किट में बहने वाली धारा को मापने और प्रतिरोधों की तुलना के लिए भी किया जा सकता है।

19.8.1 पोर्टेशियोमीटर का विवरण

पोर्टेशियोमीटर में एक लकड़ी का बोर्ड होता है जिस पर समान क्रॉस-सेक्शनल क्षेत्र के कई प्रतिरोध तार (आमतौर पर दस) एक दूसरे के समानांतर फैले होते हैं। तार मैग्नीन या नाइक्रोम का होता है। इन तारों को मोटी तांबे की पट्टियों द्वारा श्रृंखला में जोड़ा जाता है। इस प्रकार, ये तार मिलकर सभी तारों की लंबाई के योग के बराबर लंबाई वाले एक तार के रूप में कार्य करते हैं। तारों के अंतिम टर्मिनलों पर कनेक्टिंग स्क्रू लगे होते हैं।

लकड़ी के बोर्ड पर तारों के समानांतर एक मीटर स्केल लगा होता है।

व्यवस्था के साथ एक जॉकी (एक स्लाइडिंग संपर्क निर्माता) प्रदान किया जाता है। यह तार पर किसी वांछित बिंदु पर चाकू की धार से संपर्क बनाता है। जॉकी के पास एक सूचक होता है जो स्केल के ऊपर घूमता है। यह चाकू की धार के संपर्क की स्थिति निर्धारित करता है।



चित्र 19.21: पोर्टेशियोमीटर का एक निदर्शी आरेख

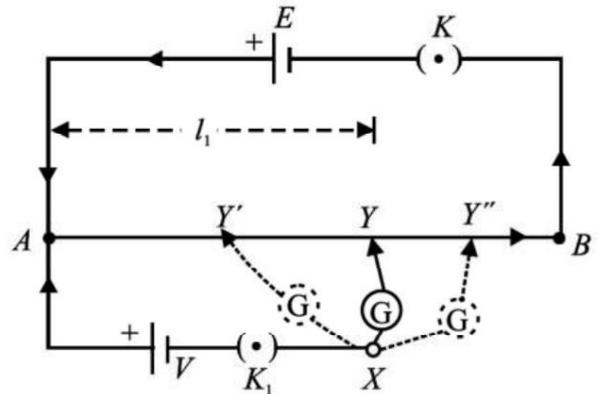
चित्र 19.21 में एक दस तार वाला पोर्टेशियोमीटर दिखाया गया है। A और B तार के सिरे हैं। K एक जॉकी है और S एक स्केल है। जॉकी एक रॉड सीडी पर स्लाइड करता है।

19.8.2 पोर्टेशियोमीटर से माप

आइए मान लें कि ईएमएफ ई का एक स्थिर स्रोत (जैसे एक संचायक) लंबाई एल के एक समान तार एबी से जुड़ा हुआ है। संचायक का धनात्मक टर्मिनल सिरे A पर जुड़ा हुआ है (चित्र 19.22)। तार के माध्यम से एक स्थिर धारा I प्रवाहित होती है। AB के पार संभावित अंतर किसके द्वारा दिया गया है?

वीएबी = आरआई

यदि r तार की प्रति इकाई लंबाई में प्रतिरोध है, और k तार की इकाई लंबाई में संभावित गिरावट है, तो



चित्र 19.22: सेल के टर्मिनलों के बीच संभावित अंतर को मापने के लिए पोर्टेशियोमीटर सर्किट।

आर = आरएल

और

ई = केएल

या

$$के = \frac{ई}{\dots}$$

लंबाई के लिए एल₁ तार की, संभावित गिरावट द्वारा दी गई है

$$वी = केएल \dots \frac{ई}{\dots} \dots \dots \dots (19.28)$$

इस प्रकार तार के धनात्मक से ऋणात्मक सिरे तक की दूरी के साथ विभव रैखिक रूप से गिरता है।

हम एक अज्ञात वोल्टेज V को मापना चाहते हैं। सेल का धनात्मक टर्मिनल तार के सिरे A से जुड़ा है और ऋणात्मक टर्मिनल एक गैल्वेनोमीटर के माध्यम से चर संपर्क Y वाले जॉकी से जुड़ा है। ध्यान दें कि $V > E$ के लिए, यह संभव नहीं होगा एक शून्य बिंदु प्राप्त करें। इसलिए हम ईएमएफ ई (> वी) के एक मानक सेल का उपयोग करते हैं, जैसा कि चित्र 19.22 में दिखाया गया है। इसे जांचने के लिए, कुंजी K और K1 डालें और सिरों A और B पर टैप करें। गैल्वेनोमीटर को विपरीत दिशाओं में विक्षेप दिखाना चाहिए। यदि हां, तो सर्किट में सब कुछ ठीक है।

कुंजी K1 डालें और जॉकी को A से B की ओर ले जाना प्रारंभ करें। मान लीजिए कि स्थिति Y' पर तार की लंबाई AY' में संभावित गिरावट वोल्टेज V से कम है। वोल्टेज V के कारण लूप AY' XA में धारा, देय धारा से अधिक है AY' में संभावित अंतर के लिए।

इसलिए गैल्वेनोमीटर एक दिशा में कुछ विक्षेप दिखाता है। फिर जॉकी को दूर ले जाया जाता है, मान लीजिए Y'' पर इस तरह कि AY'' पर संभावित गिरावट वोल्टेज V से अधिक है। यदि गैल्वेनोमीटर दूसरी दिशा में विक्षेप दिखाता है, तो AY'' पर वोल्टेज ड्रॉप AY' पर संभावित गिरावट से अधिक है। इसलिए, जॉकी को धीरे-धीरे Y' और Y'' के बीच ले जाया जाता है। एक चरण पहुंच गया है, मान लीजिए बिंदु Y पर, जहां AY पर संभावित गिरावट वोल्टेज V के बराबर है। तब बिंदु X और Y एक ही क्षमता पर होंगे और इसलिए गैल्वेनोमीटर कोई विक्षेप नहीं दिखाएगा, अर्थात् शून्य बिंदु प्राप्त हो गया है। यदि एल

1 तो, A और Y के बीच की लंबाई है

$$वी = केएल \dots \frac{ई}{\dots} \dots \dots \dots (19.29)$$

इस प्रकार, अज्ञात वोल्टेज V को तब मापा जाता है जब कोई करंट नहीं खींचा जाता है।

पोर्टेशियोमीटर से माप के निम्नलिखित फायदे हैं:

जब पोर्टेशियोमीटर संतुलित होता है, तो उस सर्किट से कोई करंट नहीं खींचा जाता है जिस पर माप किया जा रहा है।

। यह उस सर्किट की स्थितियों में कोई बदलाव नहीं लाता है जिससे यह जुड़ा हुआ है।

एल यह माप के लिए शून्य विधि का उपयोग करता है और उपयोग किए गए गैल्वेनोमीटर को कैलिब्रेट करने की आवश्यकता नहीं होती है।

19.8.3 दो सेलों की ईएमएफ की तुलना

आपने पोर्टेशियोमीटर का उपयोग करके सेल का ईएमएफ मापना सीखा है। अब हम दो कोशिकाओं के ईएमएफ की तुलना के लिए उसी तकनीक का विस्तार करेंगे। आइए, उदाहरण के लिए, एक डैनिअल सेल और एक लेक्लांश सेल लें और मान लें कि E1 और E2 उनके संबंधित ईएमएफ हैं।

चित्र 19.23 में दिखाए गए सर्किट आरेख को देखें। ईएमएफ E1 का सेल कुंजी K1 के टर्मिनल 1 और 3 के माध्यम से सर्किट में जुड़ा हुआ है। जैसा कि पहले बताया गया है, पोर्टेशियोमीटर तार पर जॉकी को घुमाकर संतुलन बिंदु प्राप्त किया जाता है। ध्यान दें कि सेल E का ईएमएफ होना चाहिए

E1 और E2 के ईएमएफ से अलग-अलग अधिक।

(अन्यथा संतुलन बिंदु प्राप्त नहीं होगा।)

मान लीजिए कि पोर्टेशियोमीटर पर संतुलन बिंदु Y1 पर है और लंबाई AY1 = l। E2 कुंजी K2 के टर्मिनल 2 और 3 के माध्यम से ईएमएफ की कोशिका से सर्किट में जुड़ा हुआ है। मान लीजिए संतुलन बिंदु Y2 पर प्राप्त होता है और लंबाई AY2 = l है

2.

पोर्टेशियोमीटर सिद्धांत को लागू करके हम लिख सकते हैं

$$E_1 = kl \text{ और } E_2 = kl \text{ जहां } k \text{ तार AB के } l \text{ अनुदिश संभावित ढाल है। इस तरह}$$

अनुदिश संभावित ढाल है। इस तरह

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

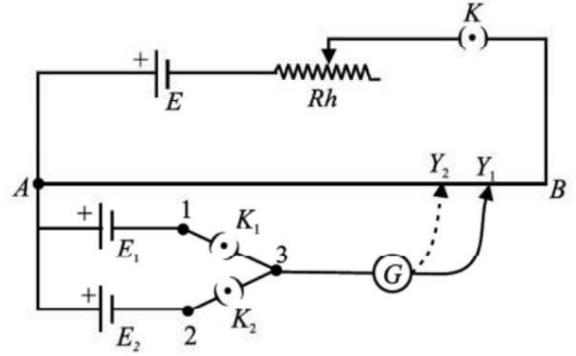
(19.30)

19.8.4 किसी सेल के आंतरिक प्रतिरोध का निर्धारण

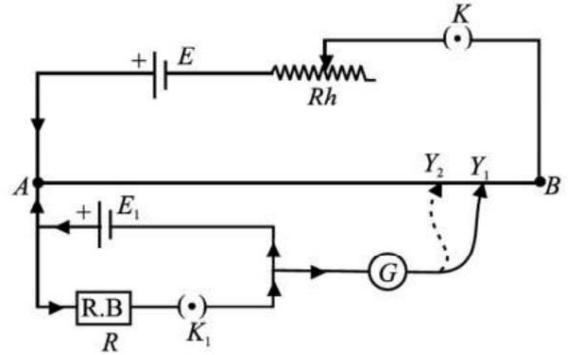
आपने सीखा है कि कोशिकाएँ हमेशा अपने माध्यम से विद्युत प्रवाह के लिए प्रतिरोध प्रदान करती हैं, जो अक्सर बहुत छोटा होता है। इस प्रतिरोध को सेल का आंतरिक प्रतिरोध कहा जाता है और यह सेल के आकार पर निर्भर करता है, यानी तरल में डूबी प्लेटों का क्षेत्रफल, प्लेटों के बीच की दूरी और सेल में प्रयुक्त इलेक्ट्रोलाइट की ताकत पर निर्भर करता है।

आइए अब सीखें कि पोर्टेशियोमीटर का उपयोग करके सेल के आंतरिक प्रतिरोध को कैसे मापें। चित्र 19.24 देखें, जो ईएमएफ E1 के सेल के आंतरिक प्रतिरोध 'आर' को मापने के लिए सर्किट आरेख दिखाता है।

कुंजी K1 के साथ एक प्रतिरोध बॉक्स R सेल के समानांतर जुड़ा हुआ है। प्राथमिक सर्किट में एक मानक सेल, एक रिओस्टेट और एक तरफा कुंजी K होती है। जैसे ही कुंजी K को बंद किया जाता है, तार AB के माध्यम से एक धारा I प्रवाहित होने लगती है। कुंजी K1 को खुला रखा जाता है और जॉकी को हिलाने पर, सेल E1 के साथ बिंदु पर एक संतुलन प्राप्त होता है, मान लीजिए Y1। माना AY1 = l



चित्र 19.23: दो कोशिकाओं E1 और E2 के ईएमएफ की तुलना के लिए सर्किट आरेख।



चित्र 19.24: किसी सेल के आंतरिक प्रतिरोध r का मापन

1. फिर हम लिख सकते हैं

$$E_1 = \text{केएल } l$$

(19.31 ए)

अब कुंजी K1 बंद है। यह पूरे सेल में एक प्रतिरोध उत्पन्न करता है। एक धारा, मान लीजिए I1, सेल E के कारण लूप E1R1K1 E1 में प्रवाहित होता है। ओम के नियम का उपयोग करके, हम लिख सकते हैं

$$E_1 = \frac{I_1}{\text{आर} + \text{आर}}$$

जहाँ r सेल का आंतरिक प्रतिरोध है। इसका मतलब है कि सेल का टर्मिनल संभावित अंतर V_1 , E_1 से $I_1 r$ की मात्रा से कम होगा। V_1 का मान है

$$V_1 = \text{आईआर} = \frac{E_1}{\text{आर} + \text{आर}} \text{आर}$$

फिर, संभावित अंतर V_1 को बिना किसी बदलाव के पोटेंशियोमीटर तार पर संतुलित किया जाता है वर्तमान I_1 मान लीजिए कि संतुलन बिंदु Y_2 पर है जैसे कि $AY_2 = l$

तब

$$V_1 = k l \quad (19.31 \text{ बी})$$

समीकरणों का उपयोग करते हुए। (19.31 ए, बी) हमें मिलता है

$$\frac{E_1}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} \frac{\text{आर} + \text{आर}}{\text{आर}}$$

या

$$\text{आर} = \text{आर} \frac{I_1}{I_2} \frac{\text{आर} + \text{आर}}{\text{आर}} \quad (19.32)$$

इस प्रकार R_1 , I_1 जानने से I_2 और r का मान आसानी से परिकलित किया जा सकता है।

उदाहरण 19.11

एक पोटेंशियोमीटर तार की लंबाई 5 मीटर है। यह निश्चित ईएमएफ की बैटरी से जुड़ा होता है डेनियल सेल के लिए 100 सेमी पर शून्य बिंदु प्राप्त होता है। यदि तार की लंबाई 7 मीटर रखी जाए तो शून्य बिंदु की स्थिति क्या होगी?

समाधान :

माना बैटरी का ईएमएफ E वोल्ट है। 5 मीटर लंबाई के लिए संभावित ढाल है

$$k_1 = \frac{E}{5} \quad (1)$$

जब पोटेंशियोमीटर तार की लंबाई 7 मीटर है, तो संभावित ढाल है

$$k_2 = \frac{E}{7} \quad (2)$$

अब, यदि लंबाई l पर शून्य बिंदु प्राप्त होता है तब

$$I_1 k_1 = I_2 k_2 \quad \text{एल} \quad (3)$$

यहां एक ही सेल का उपयोग दो व्यवस्थाओं में किया जाता है। इस तरह

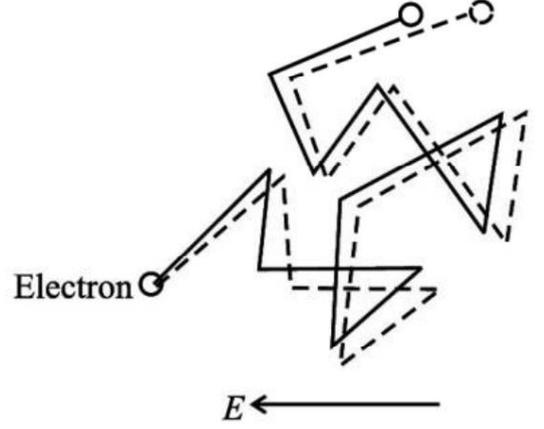
$$\frac{\text{बाम}}{\text{मछली}} = \frac{5}{7}$$

$$I_2 = 7/5 = 1.4 \text{ मीटर}$$

19.9 इलेक्ट्रॉनों का बहाव वेग

आइए अब हम किसी धातु में विद्युत चालन के सूक्ष्म चित्र को समझें। यहां प्रस्तुत मॉडल सरल है लेकिन इसकी ताकत इस तथ्य में निहित है कि यह ओम के नियम के अनुरूप है।

हम मानते हैं कि एक धात्विक ठोस में नियमित रूप से व्यवस्थित परमाणु होते हैं। प्रत्येक परमाणु आमतौर पर मुक्त इलेक्ट्रॉनों का योगदान करता है, जिन्हें चालन इलेक्ट्रॉन भी कहा जाता है। ये इलेक्ट्रॉन धातु में यादृच्छिक तरीके से घूमने के लिए स्वतंत्र हैं, लगभग उसी तरह जैसे गैस के परमाणु या अणु एक कंटेनर में स्वतंत्र रूप से घूमते हैं। यही कारण है कि कभी-कभी चालन इलेक्ट्रॉनों को इलेक्ट्रॉन गैस कहा जाता है। चालन इलेक्ट्रॉनों की औसत गति लगभग 106 ms^{-1} है।



चित्र 19.25: विद्युत क्षेत्र में रखे किसी चालक में इलेक्ट्रॉनों की गति।

हम जानते हैं कि विद्युत क्षेत्र की अनुपस्थिति में किसी चालक से कोई विद्युत धारा प्रवाहित नहीं होती, क्योंकि मुक्त इलेक्ट्रॉनों का औसत वेग शून्य होता है। औसतन, $+x$ दिशा में चलने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या $-x$ दिशा में चलने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या के बराबर होती है। इस प्रकार किसी भी दिशा में आवेश का कोई शुद्ध प्रवाह नहीं होता है।

चालन इलेक्ट्रॉन अक्सर ठोस में परमाणुओं से टकराते हैं। मुक्त इलेक्ट्रॉन लागू विद्युत क्षेत्र की दिशा के विपरीत दिशा में धीरे-धीरे बहते हैं। औसत बहाव वेग 10^{-4} एमएस⁻¹ के क्रम का है। यह दो क्रमिक टकरावों (106 एमएस^{-1}) के बीच मुक्त इलेक्ट्रॉनों की औसत गति की तुलना में बहुत छोटा है। विद्युत क्षेत्र लगाने पर चालन इलेक्ट्रॉन त्वरित हो जाते हैं। इलेक्ट्रॉनों द्वारा प्राप्त अतिरिक्त ऊर्जा परमाणुओं के साथ टकराव के दौरान नष्ट हो जाती है। परमाणु ऊर्जा प्राप्त करते हैं और अधिक तीव्रता से कंपन करते हैं। कंडक्टर गरम हो जाता है। चित्र 19.25 दिखाता है कि विद्युत क्षेत्र लागू होने पर इलेक्ट्रॉनों की गति कैसे संशोधित होती है।

आइए अब चालन इलेक्ट्रॉनों के बहाव वेग के लिए एक अभिव्यक्ति प्राप्त करें। मान लीजिए e और m क्रमशः एक इलेक्ट्रॉन का आवेश और द्रव्यमान हैं। यदि E विद्युत क्षेत्र है, तो इलेक्ट्रॉन पर बल eE है। अतः इलेक्ट्रॉन द्वारा अनुभव किया गया त्वरण इस प्रकार दिया जाता है

$$a = \frac{eE}{m}$$

यदि टकरावों के बीच का औसत समय τ है, तो हम बहाव वेग के लिए अभिव्यक्ति लिख सकते हैं विद्युत क्षेत्र के संदर्भ में एक इलेक्ट्रॉन का

$$v_{drift} = eE\tau$$

इस परिणाम को समीकरण के साथ मिलाने पर. (19.4), हम धारा के लिए अभिव्यक्ति प्राप्त करते हैं:

$$I = neAv$$

$$= \text{एनईए } \tau \frac{\text{ईई}}{\text{एम}}$$

$$= \frac{\text{अने ई}^2}{\text{एम}} \tau$$

चूँकि विद्युत क्षेत्र विभव ϕ का ऋणात्मक स्थानिक प्रवणता है

$$\frac{d\phi}{dx} = -\frac{qV}{\epsilon_0 A} \quad \square \text{ हम पुनः लिख सकते हैं}$$

वर्तमान के लिए अभिव्यक्ति

$$i = + \frac{neE}{\epsilon_0} \tau \quad (19.33)$$

$$\square \quad \frac{V}{\epsilon_0} = \frac{neE}{\epsilon_0} \tau \quad (19.34)$$

समीकरण. (19.34) का तात्पर्य है कि चालन धारा ओम के नियम का पालन करती है।

इस परिणाम को समीकरण के साथ मिलाने पर. (19.9), हम पाते हैं

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m}{ne^2 \tau} \quad (19.35)$$

विद्युतीय ऊर्जा

हम जानते हैं कि जब किसी प्रतिरोधक से विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तो प्रतिरोधक में ऊष्मा उत्पन्न होती है वास्तव में ईएमएफ (विद्युत सेल) की सीट द्वारा किए गए कार्य के कारण होता है। विद्युत सेल है अपनी संग्रहित रासायनिक ऊर्जा से कार्य करने में सक्षम। इस प्रकार, एक विद्युत सेल परिवर्तित हो जाता है रासायनिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में।

आइए मान लें कि विद्युत सेल प्रतिरोध के अवरोधक के माध्यम से चार्ज q चलाता है R एक समय t में, प्रतिरोधक से गुजरने वाली धारा i है। परिणामस्वरूप, एक संभावित अंतर V को प्रतिरोधक के पार विकसित किया जाएगा। ड्राइविंग में सेल द्वारा किया गया विद्युत कार्य (डब्ल्यू)। प्रतिरोधक के प्रतिरोध के विरुद्ध पीडी V के माध्यम से चार्ज क्यू होगा

$$\text{डब्ल्यू} = \text{क्यू} V$$

आवेश q और धारा i एक दूसरे से संबंधित हैं

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \text{या क्यू} = \text{यह.}$$

इसलिए, हमारे पास $W = Vq$ है।

पुनः, ओम के नियम से हमारे पास $V = iR$ है।

$$\text{डब्ल्यू} = \text{वित} = \text{आई आरटी} = \text{टी} \frac{V^2}{\text{आर}}$$

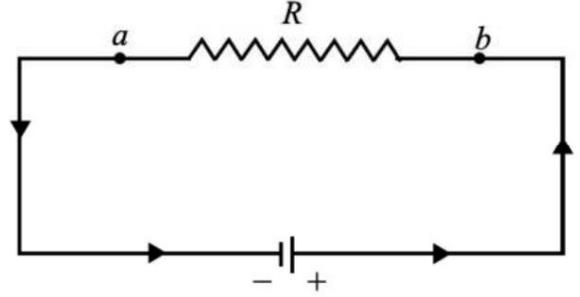
विद्युत कार्य की इकाई जूल है।

विद्युतीय ऊर्जा

$$\text{डब्ल्यू} = \text{विट} = \text{आई आरटी} = \text{टी} \frac{\text{वी}^2}{\text{आर}}$$

19.10 विद्युत सर्किट में बिजली की खपत

आइए चित्र 19.26 में सर्किट की जांच करें जहां एक बैटरी बाहरी प्रतिरोधी आर से जुड़ी हुई है। सकारात्मक चार्ज (कहने के लिए) प्रतिरोधी में वर्तमान की दिशा में और बैटरी के अंदर नकारात्मक से सकारात्मक टर्मिनल की ओर प्रवाहित होता है। दो बिंदुओं के बीच संभावित अंतर आवेशों को गतिज ऊर्जा देता है। ये गतिमान आवेश प्रतिरोधक में परमाणुओं (आयनों) से टकराते हैं और इस प्रकार अपनी गतिज ऊर्जा का एक हिस्सा खो देते हैं। यह ऊर्जा प्रतिरोधक के तापमान के साथ बढ़ती है। आवेशों के गतिमान होने से होने वाली ऊर्जा की हानि की पूर्ति बैटरी की रासायनिक ऊर्जा की कीमत पर की जाती है।



चित्र 19.26: एक सर्किट जिसमें एक बैटरी और एक अवरोधक है। खपत की गई बिजली बिंदु ए और बी के बीच संभावित अंतर, प्रतिरोधक के माध्यम से प्रवाहित धारा पर निर्भर करती है।

प्रतिरोधक के माध्यम से जाने पर चार्ज ΔQ को स्थानांतरित करने से संभावित ऊर्जा की हानि की दर है

$$\frac{\Delta U \Delta Q}{\Delta t} = \text{वी} = -VI \Delta t \quad (19.36)$$

जहां I सर्किट में करंट है और V सिरों के बीच संभावित अंतर है रोकनेवाला।

यह माना जाता है कि कनेक्टिंग तारों का प्रतिरोध नगण्य है। कुल हानि केवल अवरोधक R में है। ऊर्जा हानि की दर को शक्ति के रूप में परिभाषित किया गया है:

$$\text{पी} = VI$$

चूंकि $V = IR$, हम लिख सकते हैं

$$\text{पी} = \text{आई}^2 \text{आर} = \text{वी}^2 / \text{आर} \quad (19.37)$$

शक्ति की SI इकाई वाट (W) है।

किसी चालक में ऊष्मा के रूप में नष्ट होने वाली विद्युत शक्ति को जूल ऊष्मा कहा जाता है। उत्पन्न ऊष्मा निम्न के समानुपाती होती है: (i) धारा का वर्ग (I), (ii) चालक का प्रतिरोध (R), और (iii) धारा प्रवाहित होने का समय (t)।

कथन $Q = I^2 R t$, को धारा के तापीय प्रभाव के लिए जूल का नियम कहा जाता है।

उदाहरण 19.12

एक 60W लैंप आपके घर में 220 V बिजली आपूर्ति से जुड़ा है। इसे परिकलित करें इसके द्वारा खपत की गई शक्ति, इसके फिलामेंट का प्रतिरोध और इसके माध्यम से प्रवाहित धारा।

समाधान :

हम वह जानते हैं

में = पी/वी

$$\square = \frac{60 \text{ डब्ल्यू } 3}{0.27 \times 220 \text{ वी } 11}$$

दीपक का प्रतिरोध

$$\text{आर} = \frac{\text{वी}}{\text{में}}$$

$$= \frac{220 \text{ वी}}{3/11 \text{ ए}}$$

$$\square = \frac{220 \times 11 \square}{3 \times 807 \square \square}$$

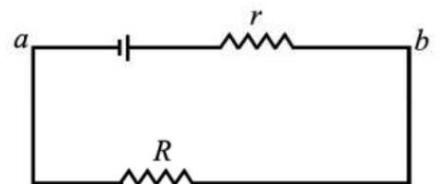
लैंप प्रति सेकंड 60 J ऊर्जा की खपत करता है। यह एक घंटे में 60 Wh ऊर्जा और एक दिन में $60 \times 24 = 1440 \text{ Wh}$ ऊर्जा की खपत करेगा।

प्रति दिन खपत ऊर्जा = 1.440 kWh

आम आदमी की भाषा में इसे ऊर्जा की 1.4 इकाई कहा जाता है।

पाठगत प्रश्न 19.4

- जब किसी सेल से खींची जाने वाली धारा बढ़ जाती है, तो सेल के बीच संभावित अंतर बढ़ जाता है इलेक्ट्रोड कम हो जाते हैं। क्यों?
- एक धातु के तार का प्रतिरोध 20°C पर $30 \square$ और 40°C पर $30.16 \square$ है। गणना करें प्रतिरोध का तापमान गुणांक.
- एक सेल का ईएमएफ 5.0 V है और सर्किट में $R \ 4.5 \square$ है। यदि बिंदु a और b के बीच संभावित अंतर 3.0 V है, तो सेल के आंतरिक प्रतिरोध r की गणना करें।



- एक पोटेन्शियोमीटर सर्किट में, अज्ञात ईएमएफ मापने पर संतुलन बिंदु अंत A से 45 सेमी पर प्राप्त होता है। जब सर्किट में 1.02 V का सेल डाला जाता है तो संतुलन बिंदु इस छोर से 30 सेमी की दूरी पर स्थानांतरित हो जाता है। मानक सेल E हमेशा एक स्थिर धारा की आपूर्ति करता है। अज्ञात ईएमएफ के मान की गणना करें
- दो कोशिकाओं E1 और E2 के e mf की तुलना करने के लिए एक पोटेन्शियोमीटर सर्किट का उपयोग किया जाता है। संतुलन बिंदु E1 और E2 के लिए क्रमशः 30 सेमी और 45 सेमी लंबाई पर प्राप्त होता है। यदि E2 3.0 V है, तो E1 का ईएमएफ क्या है ?
- $500 \square$ के प्रतिरोध से 0.30 A की धारा प्रवाहित होती है। कितनी शक्ति नष्ट हो जाती है रोकनेवाला में?

7. आपके पास दो विद्युत लैंप हैं। उन पर मुद्रित विनिर्देश 40 W, 220 V और 100 W, 220 V हैं। 220 V आपूर्ति लाइन के सर्किट में रखे जाने पर प्रत्येक लैंप की धारा और प्रतिरोध की गणना करें।

आपने क्या सीखा है

एल बहाव वेग वह औसत वेग है जिसके साथ किसी चालक में विद्युत क्षेत्र मौजूद होने पर इलेक्ट्रॉन क्षेत्र के विपरीत गति करते हैं।

एल किसी भी क्रॉस-सेक्शनल क्षेत्र के माध्यम से विद्युत धारा क्षेत्र के एक तरफ से दूसरी तरफ चार्ज के स्थानांतरण की दर है। धारा की इकाई एम्पीयर है और इसे A से दर्शाया जाता है।

ओम का नियम कहता है कि जब दबाव और तापमान जैसी भौतिक स्थितियां अपरिवर्तित रहती हैं तो एक कंडक्टर के माध्यम से बहने वाली धारा संभावित अंतर के समानुपाती होती है।

एल अनुपात V/I को प्रतिरोध कहा जाता है और इसे R से दर्शाया जाता है। प्रतिरोध की इकाई ओम है (Ω द्वारा दर्शाया गया है)

एल किसी सामग्री की प्रतिरोधकता (या विशिष्ट प्रतिरोध) एक मीटर लंबाई और एक एम² क्रॉस सेक्शन वाले सामग्री के तार के प्रतिरोध के बराबर होती है। प्रतिरोधकता की इकाई ओम मीटर है।

एल प्रतिरोधों के श्रृंखला संयोजन के लिए, समतुल्य प्रतिरोध प्रतिरोधों का योग है सभी प्रतिरोधों का।

। प्रतिरोधों के समानांतर संयोजन के लिए, समतुल्य प्रतिरोध का व्युत्क्रम बराबर होता है सभी प्रतिरोधों के व्युत्क्रमों का योग।

एल किरचॉफ के नियम हमें जटिल विद्युत परिपथों का व्यवस्थित अध्ययन करने में मदद करते हैं। पहला नियम बताता है कि विद्युत नेटवर्क में एक बिंदु की ओर निर्देशित सभी धाराओं का योग उस बिंदु से दूर निर्देशित सभी धाराओं के योग के बराबर होता है।

नियम II: विद्युत नेटवर्क में एक बंद लूप के साथ सभी संभावित अंतरों का बीजगणितीय योग शून्य है।

एल व्हीटस्टोन ब्रिज सर्किट का उपयोग अज्ञात प्रतिरोध (एस) को ज्ञात प्रतिरोध (पी, क्यू और आर) के साथ तुलना करके सटीक रूप से मापने के लिए किया जाता है। संतुलन की स्थिति में, $P/Q = R/S$.

जब कोई सर्किट इससे जुड़ा नहीं होता है तो सेल का ईएमएफ उसके टर्मिनलों के बीच संभावित अंतर के बराबर होता है।

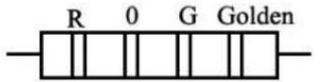
एल एक पोटेंशियोमीटर बिना करंट खींचे वोल्टेज मापता है। इसलिए, इसका उपयोग ऐसे स्रोत के ईएमएफ को मापने के लिए किया जा सकता है जिसका आंतरिक प्रतिरोध काफी है।

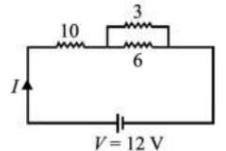
एल किसी चालक में इलेक्ट्रॉनों का बहाव वेग d द्वारा दिया जाता है वी= $\frac{\text{ईई र.}}{\text{एम}}$

एल जूल हीटिंग के माध्यम से विद्युत परिपथ में खपत की गई शक्ति निम्न द्वारा दी जाती है

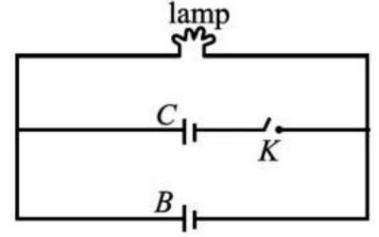
$$P = V I = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

टर्मिनल व्यायाम

1. बाह्य विद्युत के अंतर्गत किसी धात्विक चालक में मुक्त इलेक्ट्रॉनों के बहाव की व्याख्या करें
मैदान। बहाव वेग के लिए एक अभिव्यक्ति प्राप्त करें।
 2. विद्युत धारा को परिभाषित करें तथा ओम के नियम की चर्चा करें।
 3. किसी चालक की प्रतिरोधकता को परिभाषित करें। किसी तार का प्रतिरोध उसके पदार्थ की प्रतिरोधकता, उसकी लंबाई और क्रॉस-सेक्शन के क्षेत्र पर कैसे निर्भर करता है?
 4. विद्युत चालकता को परिभाषित करें। इसकी इकाई लिखिए। विद्युत चालकता किस प्रकार निर्भर करती है
चालक की मुक्त इलेक्ट्रॉन सांद्रता पर?
 5. ओमिक और गैर-ओमिक प्रतिरोधों के बीच अंतर स्पष्ट करें। कुछ उदाहरण दीजिए
गैर-ओमिक प्रतिरोधों का।
 6. किसी पदार्थ की प्रतिरोधकता पर तापमान का क्या प्रभाव पड़ता है? तापमान बढ़ने पर धातु की विद्युत
चालकता क्यों कम हो जाती है?
- 
7. यहां दिखाए गए अवरोधक पर बाएं से दाएं पढ़ने पर लाल, नारंगी, हरा और सुनहरा रंग हैं। रंग कोड के अनुसार प्रतिरोध कितना है?
 8. प्रतिरोध R₁, R₂ और R₃ के तीन प्रतिरोधक (i) श्रृंखला में, और (ii) समानांतर में जुड़े हुए हैं। प्रत्येक स्थिति में संयोजन के समतुल्य प्रतिरोध की गणना करें।
 9. इलेक्ट्रोड के बीच ईएमएफ और संभावित अंतर के बीच क्या अंतर है
एक कोशिका का। दोनों के बीच संबंध स्थापित करें।
 10. विद्युत नेटवर्क में धाराओं और इलेक्ट्रोमोटिव बलों को नियंत्रित करने वाले किरचॉफ के नियम बताएं?
 11. प्रतिरोध मापने के लिए व्हीटसन ब्रिज विधि का सिद्धांत दीजिए।
 12. पोर्टेशियोमीटर के सिद्धांत पर चर्चा करें।
 13. पोर्टेशियोमीटर की सहायता से आप अज्ञात संभावित अंतर को कैसे मापेंगे?
 14. दो कोशिकाओं के ईएमएफ की तुलना करने की पोर्टेशियोमीटर विधि का वर्णन करें।
 15. पोर्टेशियोमीटर की सहायता से आप किसी सेल का आंतरिक प्रतिरोध कैसे निर्धारित करेंगे?
किसी कोशिका के आंतरिक प्रतिरोध के लिए कौन से कारक जिम्मेदार हैं?
 16. 1 मीटर लंबाई और 0.1 मिमी त्रिज्या वाले एक तार का प्रतिरोध $100\ \Omega$ है। इसे परिकलित करें
सामग्री की प्रतिरोधकता।
 17. 4 मीटर लंबाई और 1 मिमी² क्रॉस-सेक्शनल क्षेत्रफल वाले एक तार पर विचार करें जिसमें 2 ए की धारा प्रवाहित हो रही है। यदि सामग्री के प्रत्येक घन मीटर
में 10^{29} मुक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं, तो एक इलेक्ट्रॉन द्वारा लंबाई को पार करने में लगने वाले औसत समय की गणना करें। तार।
 18. मान लीजिए आपके पास तीन प्रतिरोधक हैं, प्रत्येक का मान $30\ \Omega$ है। सभी विभिन्न प्रतिरोधों की सूची बनाएं
जिसे आप उन्हें मिलाकर प्राप्त कर सकते हैं।
 19. ईएमएफ की बैटरी के टर्मिनलों के बीच संभावित अंतर
 $6.0\ \text{V}$ और आंतरिक प्रतिरोध $1\ \Omega$ एक बाहरी अवरोधक से कनेक्ट होने पर $5.8\ \text{V}$ तक गिर जाता है। बाहरी अवरोधक
का प्रतिरोध ज्ञात करें।



20. यहां दिखाए गए सर्किट के लिए, वर्तमान I और समकक्ष के मूल्य की गणना करें प्रतिरोध आर.



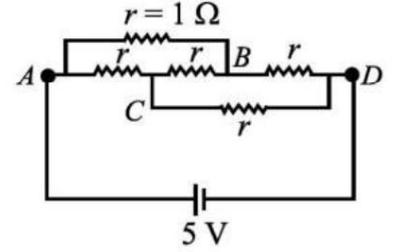
21. लैंप युक्त निम्नलिखित नेटवर्क का परीक्षण करें, a संधारित्र और एक बैटरी. दीपक जब जलता है सीधे बैटरी से जुड़ा हुआ है। इससे क्या होता है इस सर्किट में जब स्विच बंद होता है।

22. निम्नलिखित व्हीटस्टोन का पुल संतुलित है।

गणना

(ए) सर्किट में समतुल्य प्रतिरोध आर का मूल्य, और

(बी) भुजाओं एबी और डीसी में धारा।



पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

19.1

- (ए) जैसे ही तार का प्रतिरोध दोगुना हो जाता है, करंट आधा हो जाता है।
(बी) प्रतिरोध आधा होने पर धारा दोगुनी हो जाती है।
- प्रतिरोधकता तार के पदार्थ का एक गुण है। यह बदलाव के साथ नहीं बदलेगा क्रॉस-सेक्शन की लंबाई और क्षेत्र।

$$\rho = 2 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$3. \text{ वी 8 आर} = \frac{800}{15} = 53.3 \Omega$$

$$\text{आर} = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{2 \times 10^{-8} \cdot 800}{\pi \cdot (0.15)^2} = 35.5 \times 10^{-4} \Omega$$

- नहीं, केवल धात्विक चालक ही एक निश्चित सीमा तक ओम के नियम का पालन करते हैं। अर्धचालक और इलेक्ट्रोलाइट्स ओम के नियम का पालन नहीं करते हैं।

$$5. \vec{m} = \tau \cdot \vec{q} = \frac{5 \times 10^{-19} \cdot 1.6 \times 10^{-19}}{1} = 0.8 \times 10^{-38} \text{ एम}^3$$

धारा की दिशा इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह की दिशा के विपरीत होती है, अर्थात, से दाएं से बाएं।

19.2

1. समानांतर में। वे अपने संचालन के लिए आवश्यक विभिन्न धाराएँ खींच सकते हैं और हमने अलग-अलग स्विचों का उपयोग करके अलग-अलग संचालन किया।

2. हम वोल्टेज स्टेबलाइज़र का उपयोग करते हैं।

$$3. \text{ आर} = \text{आर} + 1 \frac{\text{आरआर}}{23} + \text{आर} 4$$

$$= 2 + \frac{10}{3} 7 \square$$

$$= 12.3 \square$$

4. फंक्शन हॉल में छोटे बल्ब श्रृंखला में जुड़े होते हैं।

19.3

$$1. \frac{\text{पी } 6}{\text{प्रश्न } 12} \text{ और } = = \frac{1}{2} \quad \frac{\text{आर } 3}{\text{एस } 6} \frac{1}{2} = = \frac{1}{2}$$

जनसंपर्क \square पुल संतुलित है
क्यूएस

इसलिए $V_B = V_D$ और $I_2 = 0$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{12}{18} = \frac{2}{3}$$

और

$$\text{द्वितीय } I_2 = \frac{12}{9} = \frac{4}{3}$$

2. किरचॉफ के दूसरे नियम को लूप ABCDA पर लागू करने पर, हमें प्राप्त होता है

$$2\text{आई}1 + 4\text{आई}1 + 3\text{आई}3 = 24$$

$$6\text{आई}1 + 3\text{आई}3 = 24 \quad \dots(1) \quad \square 2I_1 + I_3 = 8 \quad \dots (1)$$

इसी प्रकार, लूप DCEFD के लिए, हम लिख सकते हैं

$$-3\text{आई}3 + 6\text{आई}2 = 12 \quad \square 2I_2 - I_3 = 4 \quad \dots (2)$$

जंक्शन डी पर किरचॉफ का पहला नियम भी लागू करने पर हमें यह मिलता है

$$I_2 + \text{आई}3 = \text{आई}1$$

(1) में प्रतिस्थापित करने पर हमें प्राप्त होता है

$$2I_2 + 3I_3 = 8$$

$$2I_2 - I_3 = 4$$

$$4I_3 = 4$$

$$I_3 = 1 \text{ ए}$$

(2) में प्रतिस्थापित

$$2I_2 = 5 - I_3 \quad I_2 = 2.5 \text{ ए}$$

19.4

1. $V = E - I$ जैसे-जैसे I बढ़ता है V घटता जाता है।

2. $R_{20} = R_0 (1 + 20 \alpha)$

$$R_{40} = R_0 (1 + 40 \alpha)$$

$$\frac{R_{40} - R_{20}}{R_{20}} = \frac{40\alpha - 20\alpha}{1 + 20\alpha}$$

$$\frac{1 + 40\alpha - 1 - 20\alpha}{1 + 20\alpha} = \frac{20\alpha}{1 + 20\alpha} = \frac{0.16 - 0.16}{30} = 0$$

$$+ = 1 + \frac{20\alpha}{1 + 20\alpha} = \frac{0.16}{30}$$

क्रॉस-गुणा करने पर, हमें $600 \alpha = 0.16 + 3.2 \alpha$ प्राप्त होता है

$$\alpha = \frac{0.16}{600 - 3.2} = 2.67 \times 10^{-4}$$

3. $\frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1} = \frac{3 - 2}{4.5 - 3} = \frac{1}{1.5} = \frac{2}{3}$

$$V = E - IR \quad 3 = 5 - \frac{2}{3}R$$

$$R = \frac{2 \times 3}{2} = 3 \text{ ओम}$$

4. $\frac{V_2}{I_2} - \frac{V_1}{I_1} = \frac{1.02 - 0.51}{0.30 - 0.45} = \frac{0.51}{-0.15} = -3.4 \text{ ओम}$

5. $\frac{V_2}{I_2} - \frac{V_1}{I_1} = \frac{2}{1} - \frac{2}{1} = 0$

$$\frac{ई1}{3} = \frac{2}{3}$$

$$ई1 = 2 \text{ वी}$$

$$6. पी = I2R$$

$$= 0.3 \times 0.3 \times 500$$

$$= 45 \text{ डब्ल्यू.}$$

$$7. \text{ में } = \frac{पी 40}{वी} \text{ में } = \frac{220}{40} = 5.5 \text{ ए और आई } = \frac{220}{11} = 20 \text{ ए}$$

$$\text{आर } = \frac{वी 220}{पी} = \frac{220}{20} = 11 \text{ ओहम}$$

$$\text{और } = \frac{आर_2 220}{100} = \frac{220}{100} = 2.2 \text{ ओहम}$$

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

$$16. 3.14 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$17. 32 \text{ एमएस.}$$

18. (i) सभी प्रतिरोध श्रृंखला में; समतुल्य प्रतिरोध 90
 (ii) सभी प्रतिरोध समानांतर में; समतुल्य प्रतिरोध 10
 (iii) एक प्रतिरोध दो अन्य के साथ श्रृंखला में है जो समानांतर में जुड़े हुए हैं; समतुल्य प्रतिरोध 45
 (iv) श्रृंखला में दो प्रतिरोध और उनके समानांतर में एक प्रतिरोध; समकक्ष प्रतिरोध 20

$$19. 29$$

$$20. \text{ में } = 1 \text{ ए, आर } = 12$$

$$22. \text{ (ए) आर } = \text{ आर } = 1 \text{ (बी) में } = 2.5 \text{ ए}$$



चुंबकत्व

परिचय

पिछले अध्याय, विद्युत आवेश और क्षेत्र में हमने सीखा कि कैसे आवेशित छड़ें एक दूसरे या कागज के छोटे टुकड़ों को आकर्षित करती हैं। आपने चुम्बकों के साथ भी खेला होगा - वे पदार्थ जिनमें लोहे के छोटे-छोटे टुकड़ों को आकर्षित करने का गुण होता है। चुंबकत्व की घटना यूनानियों को 600 ईसा पूर्व में ज्ञात थी। उन्होंने देखा कि मैग्नेटाइट या लॉडस्टोन (Fe_3O_4) नामक कुछ पत्थर लोहे के टुकड़ों को आकर्षित करते हैं। प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले मैग्नेटाइट के टुकड़ों को प्राकृतिक चुम्बक कहा जाता है। चुंबक शब्द ग्रीस के मैग्नेशिया नामक द्वीप के नाम से लिया गया है जहां चुंबकीय अयस्क के भंडार पाए गए थे।

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

- मैं जानता हूँ कि चुम्बक क्या हैं और उनके गुण क्या हैं;
- मैं चुंबकीय क्षेत्र और क्षेत्र रेखाओं को परिभाषित कर सकूंगा;
- किसी निलंबित चुंबक (या द्विध्रुव) पर एकसमान चुंबकीय क्षेत्र के प्रभाव का वर्णन कर सकेंगे ;
- एल चुंबकीय प्रवाह, चुंबकीय क्षेत्र प्रेरण और उनकी इकाइयों को परिभाषित करें;
- मैं चुम्बकत्व में गॉस के नियम को समझ पाऊंगा;
- मैं चुंबकत्व और चुंबकीय तीव्रता को परिभाषित कर सकूंगा;
- मैं विभिन्न चुंबकीय सामग्रियों के चुंबकीय गुणों की व्याख्या कर सकूंगा;
- मैं पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के तत्वों की सूची बनाऊंगा।

20.1 चुम्बक और उनके गुण

किसी भी वस्तु का वह गुण जिसके कारण वह लोहे (या स्टील या कोबाल्ट या निकल) के टुकड़े को आकर्षित कर सकती है, चुंबकत्व कहलाता है। प्राकृतिक चुम्बक लोहे (Fe_3O_4) का एक अयस्क है, जो लोहे, कोबाल्ट और निकल के छोटे-छोटे टुकड़ों को अपनी ओर आकर्षित करता है। प्राकृतिक चुम्बक कमजोर होते हैं, लेकिन लोहा, निकल, कोबाल्ट जैसे पदार्थों को मजबूत स्थायी चुम्बकों में परिवर्तित किया जा सकता है, जिन्हें कृत्रिम चुम्बक के रूप में जाना जाता है, उदाहरण के लिए, एक बार चुम्बक, एक चुंबकीय सुई, एक घोड़े की नाल चुम्बक आदि। सभी चुम्बक- प्राकृतिक या कृत्रिम, समान गुण हैं। आप चुम्बकों के मूल गुणों से अवश्य परिचित होंगे। हालाँकि, पूर्णता के लिए, हम इन्हें पुनः दोहराते हैं।

1. निर्देशकीय गुण: एक छोटा छड़ चुंबक, जब अपने द्रव्यमान के केंद्र पर स्वतंत्र रूप से लटकया जाता है ताकि वह एक ऊर्ध्वधर अक्ष के चारों ओर घूम सके, तो वह हमेशा लगभग भौगोलिक उत्तर-दक्षिण दिशा में रहता है।

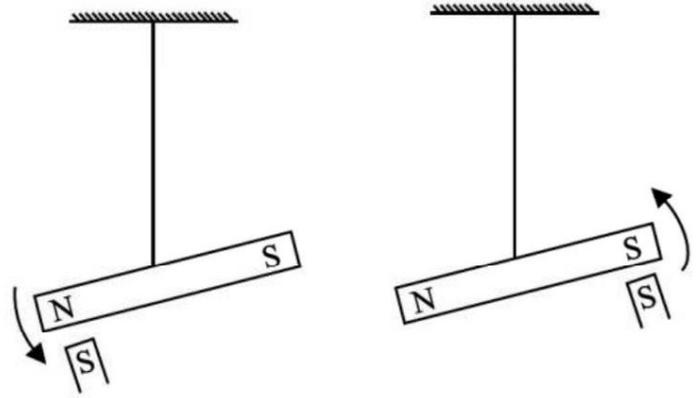
2. आकर्षक गुण: एक चुंबक लोहे, निकल और कोबाल्ट जैसे चुंबकीय पदार्थों के छोटे टुकड़ों को आकर्षित करता है। आकर्षण बल चुंबक के सिरों के निकट बिंदुओं पर अधिकतम होता है। इन बिन्दुओं को चुम्बक का ध्रुव कहा जाता है। स्वतंत्र रूप से लटके हुए चुंबक में, जो ध्रुव भौगोलिक उत्तर की ओर इंगित करता है उसे उत्तरी ध्रुव कहा जाता है और जो भौगोलिक दक्षिण की ओर इंगित करता है उसे दक्षिणी ध्रुव कहा जाता है। क्या निर्देशात्मक और आकर्षक गुण बताते हैं कि हमारी पृथ्वी भी चुंबक की तरह काम करती है?

हाँ ऐसा होता है।

3. दो चुम्बकों के विपरीत ध्रुव एक दूसरे को आकर्षित करते हैं और समान ध्रुव विकर्षित करते हैं (चित्र 20.1)।

4. चुंबक के ध्रुव अविभाज्य होते हैं, यानी चुंबकीय क्षेत्र प्रदान करने वाला सबसे सरल नमूना चुंबकीय द्विध्रुव है।

5. जब एक चुंबक को लोहे के टुकड़े के करीब लाया जाता है, तो लोहे के टुकड़े का निकटतम छोर विपरीत ध्रुवता प्राप्त कर लेता है और दूर का छोर समान ध्रुवता प्राप्त कर लेता है। इस घटना को चुंबकीय प्रेरण कहा जाता है।



चित्र 20.1: दो चुम्बकों के विपरीत ध्रुव एक दूसरे को आकर्षित करते हैं और समान ध्रुव विकर्षित करते हैं।

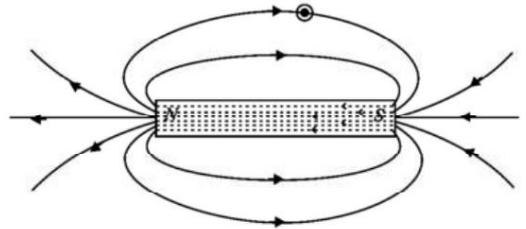
20.2 चुंबकीय क्षेत्र और क्षेत्र रेखाएँ

चुम्बक या चुम्बक और लोहे के टुकड़े के बीच परस्पर क्रिया अनिवार्य रूप से दूरी पर होने वाली क्रिया का प्रतिनिधित्व करती है। इसे चुंबकीय क्षेत्र के संदर्भ में समझा जा सकता है। किसी चुंबक के चारों ओर का क्षेत्र जिसमें एक चुंबकीय सुई (दूसरा चुंबक) एक टॉर्क (बल) का अनुभव करती है और एक निश्चित दिशा में टिकी होती है, 'चुंबकीय क्षेत्र' कहलाता है। इस क्षेत्र को एक सदिश राशि B द्वारा दर्शाया जाता है, जिसे चुंबकीय क्षेत्र या चुंबकीय प्रेरण कहा जाता है।

चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं द्वारा चुंबकीय क्षेत्र का प्रतिनिधित्व चुंबकीय क्षेत्र की ताकत और दिशा को देखने में बहुत उपयोगी है। चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ काल्पनिक रेखाएँ हैं जिनके अनुदिश कोई चुंबकीय उत्तरी ध्रुव गति करेगा। चुंबकीय क्षेत्र को निम्न प्रकार से दायर रेखाओं द्वारा दर्शाया जा सकता है:

किसी भी बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र वेक्टर B की दिशा उस बिंदु पर क्षेत्र रेखा की स्पर्शरेखा द्वारा दी जाती है।

एल रेखाओं के लंबवत रखे गए सतह के इकाई क्षेत्र से गुजरने वाली क्षेत्र रेखाओं की संख्या उस क्षेत्र में चुंबकीय क्षेत्र (बी) की ताकत के समानुपाती होती है। इस प्रकार, चुंबकीय क्षेत्र बी बड़ा होता है जहां क्षेत्र रेखाएँ एक-दूसरे के करीब होती हैं और जहां वे दूर होती हैं वहां छोटा होता है।

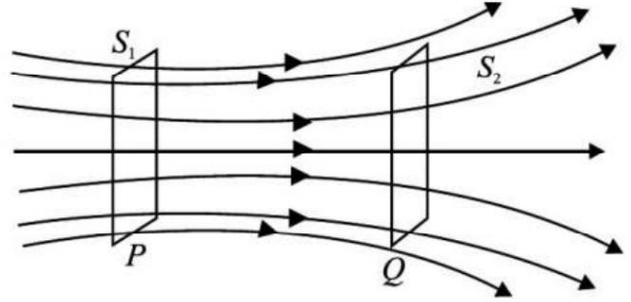


चित्र 20.2: एक छड़ चुंबक की चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ

एल चुंबक के बाहर, क्षेत्र रेखाएं उत्तरी ध्रुव से दक्षिणी ध्रुव तक चलती हैं और इसके अंदर, ये दक्षिणी ध्रुव से उत्तरी ध्रुव तक बंद वक्र बनाती हुई चलती हैं (चित्र 20.2 देखें)।

1. दो चुंबकीय क्षेत्र रेखाएं कभी भी एक दूसरे को नहीं काट सकतीं।

चित्र 20.3 समानांतर सतहों S_1 और S_2 से गुजरने वाली एक निश्चित संख्या में क्षेत्र रेखाओं को दर्शाता है। S_1 का सतह क्षेत्र S_2 के समान है लेकिन S_1 से गुजरने वाली क्षेत्र रेखाओं की संख्या S_2 से गुजरने वाली रेखाओं की संख्या से अधिक है।



चित्र 20.3: दो समानांतर सतहों से गुजरने वाली चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ

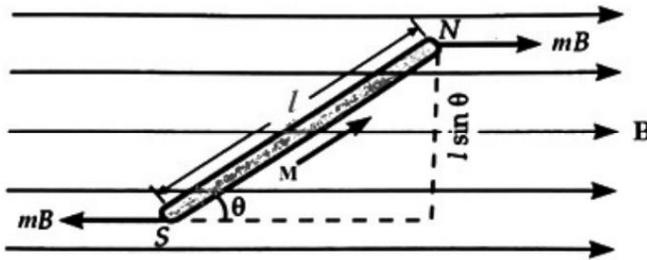
इसलिए, S_1 से गुजरने वाली प्रति इकाई क्षेत्र रेखाओं की संख्या S_2 से गुजरने वाली रेखाओं की संख्या से अधिक है। इसलिए, हम कह सकते हैं कि P के आसपास के क्षेत्र में चुंबकीय क्षेत्र Q के आसपास के क्षेत्र की तुलना में अधिक मजबूत है।

पाठगत प्रश्न 20.1

1. आपको एक चुंबक दिया जाता है। आप इसके उत्तरी ध्रुव का पता कैसे लगाएंगे?
2. आपको दो समान दिखने वाली लोहे की छड़ें प्रदान की जाती हैं। इनमें से एक चुंबक है। बस इन दोनों का उपयोग करके आप कैसे पहचानेंगे कि दोनों में से कौन सा चुंबक है।
3. आपको एक धागा और दो छड़ चुंबक दिए जाते हैं। एक ऐसी विधि का वर्णन करें जिससे आप ऐसा कर सकें दोनों चुंबकों की ध्रुवताएँ पहचानें।

20.3 एकसमान चुंबकीय क्षेत्र में द्विध्रुव

एक चुंबकीय द्विध्रुव दो ध्रुवों से बना होता है जो बिल्कुल विपरीत और अलग होते हैं थोड़ी सी दूरी से। एक छोटे छड़ चुंबक को चुंबकीय द्विध्रुव माना जा सकता है।



चित्र 20.4: एक छोटा छड़ चुंबक शक्ति B के एकसमान चुंबकीय क्षेत्र में निलंबित है।

आइए हम लंबाई l और ध्रुव शक्ति m की एक छोटी छड़ चुंबक (NS) को प्रेरण B के एक समान चुंबकीय क्षेत्र में चुंबकीय क्षेत्र की दिशा के कोण θ पर रखें। बार चुंबक के उत्तरी ध्रुव पर चुंबकीय क्षेत्र का बल (एमबी) चुंबकीय क्षेत्र की दिशा में कार्य करता है, जबकि दक्षिणी ध्रुव पर बल (एमबी) चुंबकीय क्षेत्र के विपरीत दिशा में कार्य करता है। ये दोनों नई ताकतें एक जैसी हैं और एक-दूसरे की विपरीत भी हैं। परिणामस्वरूप, एक युगल या एक पुनर्स्थापना टॉर्क (τ) बनता है और इसलिए हमारे पास है,

पुनर्स्थापन बलाघूर्ण = (बलों के बीच सामान्य दूरी) × (बल)

चूँकि चित्र 20.4 से, उत्तर और दक्षिण पर कार्यरत बलों के बीच सामान्य दूरी है डंडे एल पाप है \square . हम लिख सकते हैं,

$$\square = (\text{एल पाप } \square) \times (\text{एम बी})$$

$$\square \square = (\text{एमएल}) \text{ बी पाप } \square \quad (20.1)$$

यहां, एक बार चुंबक की ध्रुव शक्ति और लंबाई के उत्पाद को उस बार चुंबक के चुंबकीय क्षण के रूप में परिभाषित किया गया है और इसे एम (= एमएल) द्वारा दर्शाया गया है। इसलिए, हम उपरोक्त समीकरण को इस प्रकार लिख सकते हैं,

$$\square \square = \text{एमबी पाप } \square \quad (20.2)$$

सदिश रूप में,

$$\tau = \text{एम} \times \text{बी} \quad (20.3)$$

इसे रिस्टोरिंग टॉर्क के रूप में जाना जाता है और इस रिस्टोरिंग टॉर्क के कारण चुंबक में एक संभावित ऊर्जा जमा हो जाती है। चुंबकीय संभावित ऊर्जा के लिए एक अभिव्यक्ति इस प्रकार प्राप्त की जा सकती है

$$यू = \frac{\text{एमबी}}{\text{एम}} \text{ पाप } \theta \text{ डी } \theta$$

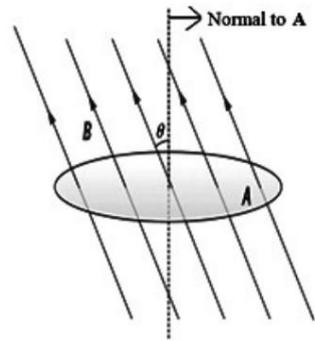
$$\text{उम} = -\text{एमबी कॉस } \square \quad (20.4)$$

समीकरण. 20.4 दर्शाता है कि $\square \square = 0^\circ$ (सबसे अधिक स्थिर) पर स्थितिज ऊर्जा न्यूनतम (= -एमबी) है स्थिति) और अधिकतम (= +एमबी) $\square \square = 180^\circ$ पर (सबसे अस्थिर स्थिति)।

20.4 चुंबकीय प्रवाह (\square बी) और चुंबकीय क्षेत्र प्रेरण (बी)

किसी चुंबकीय क्षेत्र में किसी सतह क्षेत्र से गुजरने वाली चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं को उस सतह क्षेत्र के माध्यम से चुंबकीय प्रवाह (\square बी) के रूप में परिभाषित किया जाता है। यह एक अदिश राशि है. चुंबकीय प्रवाह की SI इकाई 'वेबर' है।

चुंबकीय प्रेरण को चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं के संदर्भ में भी परिभाषित किया जा सकता है। क्षेत्र रेखाओं के लम्बवत रखे गए एक इकाई सतह क्षेत्र से गुजरने वाली चुंबकीय क्षेत्र रेखाएं चुंबकीय प्रेरण या चुंबकीय प्रवाह घनत्व बी के परिमाण को मापती हैं। चुंबकीय प्रेरण की एसआई इकाई वेबर / मीटर 2 (या) टेस्ला है।



चित्र 20.5: प्रेरण बी के चुंबकीय क्षेत्र में सतह क्षेत्र ए के माध्यम से चुंबकीय प्रवाह।

जाहिर है, किसी क्षेत्र में, दायर की गई रेखाएं एक-दूसरे के करीब होती हैं, चुंबकीय प्रेरण उतना ही अधिक होता है। किसी भी बिंदु पर क्षेत्र रेखा की स्पर्श रेखा उस बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र प्रेरण (बी) की दिशा देती है। चुंबकीय क्षेत्र रेखाएं केवल ग्राफ़िक रूप से दर्शाती हैं कि अंतरिक्ष के एक निश्चित क्षेत्र में चुंबकीय क्षेत्र प्रेरण (बी) कैसे बदलता है (ध्रुवों पर अधिक)। यहां सतह क्षेत्र को वेक्टर माना जाता है, जिसे सतह वेक्टर ए के रूप में जाना जाता है और इसकी दिशा सतह से बाहर की दिशा में खींचे गए सामान्य के अनुरूप होती है जैसा कि चित्र 20.5 में दिखाया गया है।

गणितीय रूप से, सतह क्षेत्र 'ए' के माध्यम से चुंबकीय प्रवाह 'बी', का एक चुंबकीय क्षेत्र है
इंडक्शन 'बी' को इस प्रकार परिभाषित किया गया है,

$$B_n = B \cos \theta \quad \text{ए} = B \cos \theta \quad (20.5)$$

जहां B_n चुंबकीय प्रेरण वेक्टर बी के बीच का कोण है

और क्षेत्र वेक्टर ए

20.5 चुंबकत्व और गॉस का नियम

एक छोटे वेक्टर क्षेत्र तत्व पर विचार करें

एक बंद सतह का जैसा चित्र 20.6 में दिखाया गया है।

मान लीजिए ΔA के माध्यम से चुंबकीय प्रवाह है

तब इसे इस प्रकार परिभाषित किया गया है $B_n \Delta A$. ए, बीहां बी

ΔA पर चुंबकीय क्षेत्र है . जैसे बंद हो गया

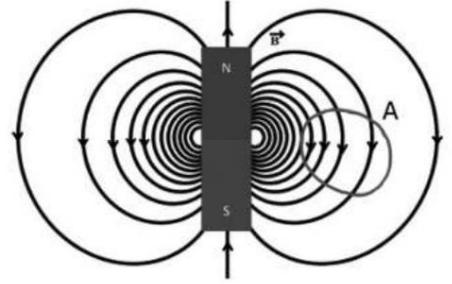
सतह क्षेत्र A को छोटे क्षेत्र वाले तत्वों में विभाजित किया गया है

जैसे ΔA , बंद के माध्यम से कुल प्रवाह

सतह क्षेत्र A को जोड़कर गणना की जा सकती है

क्षेत्र के सभी तत्वों के माध्यम से प्रवाह

बंद सतह क्षेत्र A. इसलिए, शुद्ध प्रवाह $B_n \Delta A$ है,



चित्र 20.6: एक छड़ चुंबक की क्षेत्र रेखाएँ और एक बंद सतह क्षेत्र A.

$$B_n \Delta A = \int_{\Delta A} B_n \Delta A \quad \text{ए} \quad (20.6)$$

चूँकि चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ सतत लूप हैं, सभी बंद सतहों पर इतनी ही संख्याएँ होती हैं

अंदर की ओर जाने वाली चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ बाहर की ओर आ रही हैं। इसलिए, एक बंद के माध्यम से शुद्ध चुंबकीय प्रवाह सतह शून्य है. इसलिए, हम लिख सकते हैं,

$$B_n \Delta A = \int_{\Delta A} B_n \Delta A \quad \text{ए} \quad 0 \quad (20.7)$$

यह चुंबकत्व में गॉस के नियम की अभिव्यक्ति है। चुंबकत्व के लिए गॉस का नियम बताता है किसी भी बंद सतह के माध्यम से शुद्ध चुंबकीय प्रवाह शून्य है।

गॉस के चुंबकत्व के नियम और इलेक्ट्रोस्टैटिक्स के नियम के बीच अंतर है

इस तथ्य का प्रतिबिंब कि पृथक चुंबकीय ध्रुव (जिन्हें मोनोपोल भी कहा जाता है) मौजूद नहीं हैं।

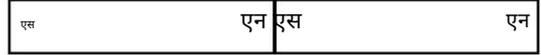
चुंबकीय क्षेत्र (बी) का कोई स्रोत या सिंक नहीं हैं और सबसे सरल चुंबकीय तत्व है

एक द्विध्रुवीय या धारा लूप। सभी चुंबकीय घटनाओं को एक व्यवस्था के संदर्भ में समझाया जा सकता है

द्विध्रुव और/या धारा लूप का।

20.6 चुंबकत्व और चुंबकीय तीव्रता

जब लोहे के टुकड़े को चुंबकीय क्षेत्र के अधीन किया जाता है, तो वह चुंबकित हो जाता है, और इसके चुंबकत्व का स्तर क्षेत्र की ताकत पर निर्भर करता है। इसलिए हमें एक मात्रा की आवश्यकता है उस डिग्री का वर्णन करने के लिए जिस तक कोई पिंड चुंबकित होता है।



(ए): दो समान चुंबक एक तरफ रखे गए हैं एक संयुक्त चुंबक बनाने के लिए,

(बी) दो समान चुंबकों को एक सिरे पर रखा गया है अंत में एक मिश्रित चुंबक बनता है

चित्र 20.7

एक ही आकार और आकृति के दो बार चुंबकों पर विचार करें, जिनमें से प्रत्येक का ध्रुव समान है ताकत एम और लंबाई एल। यदि इन्हें चित्र 20.7 (ए) में दिखाए अनुसार अगल-बगल रखा जाए, तो ध्रुवों की ताकत जुड़ जाती है और चुंबकीय क्षण $[M = (2m)l = 2 (ml)]$ दोगुना हो जाता है व्यक्तिगत चुंबक के क्षण तक। यदि दो चुंबकों को दिखाए गए अनुसार एक सिरे से दूसरे सिरे तक रखा जाए चित्र 20.7 (बी) में, आसन्न खंभे रद्द हो जाएंगे और लंबाई जोड़ी जाएगी। फिर चुंबकीय क्षण $M = m (2l) = 2 (ml)$ व्यक्तिगत चुंबक से दोगुना हो जाता है। जाहिर है, कुल चुंबकीय क्षण व्यक्तिगत चुंबकों के चुंबकीय क्षणों का योग है।

इन उदाहरणों में, आयतन को दोगुना करके चुंबकीय क्षण को दोगुना कर दिया गया था। लेकिन, प्रति इकाई आयतन का चुंबकीय क्षण नहीं बदला है और इसलिए यह एक मात्रा है चुंबकों के चुम्बकत्व की डिग्री का वर्णन करता है। की तीव्रता कहलाती है चुम्बकत्व (I), या बस इसे चुम्बकत्व के नाम से भी जाना जाता है। इसलिए, हम लिख सकते हैं अभिव्यक्ति,

$$\text{चुम्बकत्व की तीव्रता} = \frac{\text{कुल चुंबकीय क्षण}}{\text{आयतन}}$$

$$M = \frac{EM}{V} \tag{20.8}$$

जहाँ V आयतन है और M कुल चुंबकीय क्षण है जिसे इस रूप में जाना जा सकता है एम = एमएल.

उपरोक्त समीकरण से,

$$M = \frac{mM}{V \times E} = \frac{mM}{V \times E} \tag{20.9}$$

जहाँ A चुंबक का अनुप्रस्थ-अनुभागीय क्षेत्र है। इसलिए, हम इसे भी परिभाषित कर सकते हैं चुम्बकीकरण (I) क्रॉस सेक्शन के प्रति इकाई क्षेत्र में ध्रुव शक्ति के रूप में।

चूंकि चुंबकीय क्षण की सीजीएस इकाई (एम) है $\frac{\text{एर्ग}}{\text{एस्टड}}$, चुम्बकत्व की इकाई (I) है $\frac{\text{एर्ग}}{\text{ओस्टर्ड सेमी}^3}$ जबकि चुम्बकत्व की SI इकाई है $\frac{\text{एम्पेयर}}{\text{मीटर}}$.

पदार्थों के चुंबकीय गुणों का वर्णन करने के लिए निम्नलिखित कुछ अन्य शब्द भी हैं आवश्यक। किसी पदार्थ के चुम्बकत्व में, चुम्बकीय क्षेत्र का प्रयोग किया जाता है। जब ऐसा चुंबकीय क्षेत्र चुंबकीय सामग्रियों से होकर गुजरते हैं जो स्वयं आंतरिक चुंबकीय क्षेत्र का योगदान करते हैं। यहां इस बात को लेकर अस्पष्टता पैदा हो सकती है कि क्षेत्र का कौन सा हिस्सा बाहरी क्षेत्र से आता है और

सामग्री से ही क्या आता है। किसी अन्य चुंबकीय क्षेत्र की मात्रा को परिभाषित करना आम बात है, जिसे आमतौर पर एच द्वारा निर्दिष्ट "चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता या चुंबकीय बल" कहा जाता है। इसे संबंध द्वारा परिभाषित किया जा सकता है,

$$\text{एच} = \frac{\text{बी बी}}{\mu_0} \quad (20.10)$$

जहाँ μ_0 माध्यम (सामग्री) की पारगम्यता है और μ_0 निर्वात या मुक्त स्थान की पारगम्यता है। चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता एच सामग्री में बाहरी क्षेत्र से चुंबकीय प्रभाव है और सामग्री की चुंबकीय प्रतिक्रिया से स्वतंत्र है। बी के लिए संबंध को समकक्ष रूप में लिखा जा सकता है,

$$\text{बी} = \mu (\text{एच} + \text{एम}) \quad (20.11)$$

और एम की इकाइयाँ समान होंगी। इस संबंध में मात्रा M है $\frac{\text{एम्पीयर एच}}{\text{मीटर}}$

पदार्थ का चुम्बकत्व कहलाता है। बी को एच से अलग करने के लिए, चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता एच बाहरी चुंबकीय क्षेत्र का एक विचार हो सकता है जबकि चुंबकीय क्षेत्र प्रेरण बी कुल चुंबकीय क्षेत्र है जिसमें क्षेत्र में सामग्रियों के चुंबकीय गुणों द्वारा किया गया योगदान शामिल है।

समीकरण में. 20.10, मात्रा μ को चुंबकीय पारगम्यता के रूप में जाना जाता है। इसे इस प्रकार परिभाषित किया गया है किसी सामग्री की उसके माध्यम से चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं को पारित करने की अनुमति देने की क्षमता।

$$\text{चुंबकीय पारगम्यता } (\mu) = \frac{\text{बी}}{\text{एच}} \quad (20.12)$$

सामग्री में प्रेरित चुम्बकत्व (I) की तीव्रता और चुम्बकत्व की तीव्रता का अनुपात लगाए गए बल (H) को चुंबकीय संवेदनशीलता कहा जाता है और इसे χ द्वारा दर्शाया जाता है।

$$\chi = \frac{\text{म}}{\text{एच}} \quad (20.13)$$

उपरोक्त समीकरणों से. 20.12 और 20.13, चुंबकीय पारगम्यता और संवेदनशीलता के बीच संबंध दिया गया है

$$\mu = \mu_0 (1 + \chi) \quad (20.14)$$

जहाँ μ_0 को मुक्त स्थान की पारगम्यता के रूप में जाना जाता है। किसी मीडिया (सामग्री) की पारगम्यता और मुक्त स्थान की पारगम्यता के अनुपात को सापेक्ष पारगम्यता (μ_r) के रूप में परिभाषित किया गया है।

$$\text{सापेक्ष पारगम्यता } (\mu_r) = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (20.15)$$

20.7 पदार्थों के चुंबकीय गुण

चुंबकीय क्षेत्र में सामग्रियों के व्यवहार के आधार पर, हम उन्हें मोटे तौर पर तीन श्रेणियों में विभाजित कर सकते हैं: (i) प्रतिचुंबकीय सामग्री चुंबक द्वारा कमजोर रूप से प्रतिकर्षित होती है। (ii) अनुचुम्बकीय

पदार्थ चुंबक द्वारा कमजोर रूप से आकर्षित होते हैं। (iii) लौहचुंबकीय पदार्थ चुंबक द्वारा बहुत तीव्रता से आकर्षित होते हैं। लोहा, निकल और कोबाल्ट जैसे पदार्थ लौहचुंबकीय होते हैं। आइए हम पदार्थों के चुंबकीय व्यवहार का कुछ विस्तार से अध्ययन करें।

20.7.1 प्रतिचुंबकीय सामग्री

प्रतिचुंबकीय सामग्री लागू चुंबकीय क्षेत्र के विपरीत दिशा में कमजोर रूप से चुंबकीय सामग्री होती है। उदाहरण हैं सोना, चांदी, सीसा, तांबा, सुरमा, बिस्मथ, सिलिकॉन, पारा, पानी, वायु, हाइड्रोजन, नाइट्रोजन आदि।

सामान्य तौर पर, परमाणुओं के चुंबकीय क्षण इस प्रकार उन्मुख होते हैं कि परमाणुओं के चुंबकीय क्षणों का सदिश योग शून्य होता है। जब ऐसी प्रतिचुंबकीय सामग्री को बाहरी चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो संपूर्ण सामग्री लागू क्षेत्र के विपरीत दिशा में एक शुद्ध चुंबकीय क्षण प्राप्त करती है। प्रतिचुंबकीय पदार्थों के परमाणुओं में कोई भी अयुग्मित इलेक्ट्रॉन नहीं होता है।

विशेषताएँ:

1. प्रतिचुंबकीय पदार्थों में छोटी और नकारात्मक संवेदनशीलता होती है। इसलिए, उनके पास है $\chi_m < 0$.
2. प्रतिचुंबकीय पदार्थ के परमाणुओं का चुंबकीय क्षण लागू चुंबकीय क्षेत्र के विपरीत दिशा में संरेखित होता है।
3. इन सामग्रियों के परमाणु चुंबक चुंबकीय क्षेत्र द्वारा थोड़ा प्रतिकर्षित होते हैं।
4. जब प्रतिचुंबकीय पदार्थों को एक असमान चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो वे प्रवृत्त होते हैं क्षेत्र के मजबूत से कमजोर हिस्से की ओर बढ़ें।
5. बाहरी क्षेत्र हटा दिए जाने पर इनमें चुंबकीय गुण बरकरार नहीं रहते।
6. संवेदनशीलता सामग्री के तापमान से स्वतंत्र है।

20.7.2 अनुचुंबकीय पदार्थ

पैरामैग्नेटिक सामग्री लागू चुंबकीय क्षेत्र के समान दिशा में कमजोर रूप से चुंबकीय सामग्री होती है। उदाहरण हैं एल्युमीनियम, प्लैटिनम, मैंगनीज, क्रोमियम, सोडियम, कैल्शियम, लिथियम, टंगस्टन, नाइओबियम, ऑक्सीजन आदि।

अनुचुंबकीय सामग्रियों में, परमाणुओं के कक्षीय और स्पिन चुंबकीय क्षण इस तरह से उन्मुख होते हैं कि, प्रत्येक परमाणु में एक स्थायी चुंबकीय द्विध्रुवीय क्षण होता है। हालाँकि, तापीय गति (कंपन) के कारण, चुंबकीय क्षणों में यादृच्छिक अभिविन्यास होता है। परिणामस्वरूप, शुद्ध चुंबकीय क्षण शून्य है। जब इन सामग्रियों को बाहरी चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो प्रत्येक परमाणु चुंबक क्षेत्र की दिशा में संरेखित हो जाता है। सामग्रियाँ एक शुद्ध चुंबकीय क्षण प्राप्त करती हैं और चुंबकित हो जाती हैं। अनुचुंबकीय पदार्थों के परमाणुओं में कुछ अयुग्मित इलेक्ट्रॉन होते हैं।

विशेषताएँ:

1. अनुचुंबकीय पदार्थों में छोटी और सकारात्मक संवेदनशीलता होती है। इसलिए, उनके पास है $\chi_m > 0$.
2. अनुचुंबकीय पदार्थों के परमाणुओं का चुंबकीय क्षण समान रूप से संरेखित होता है

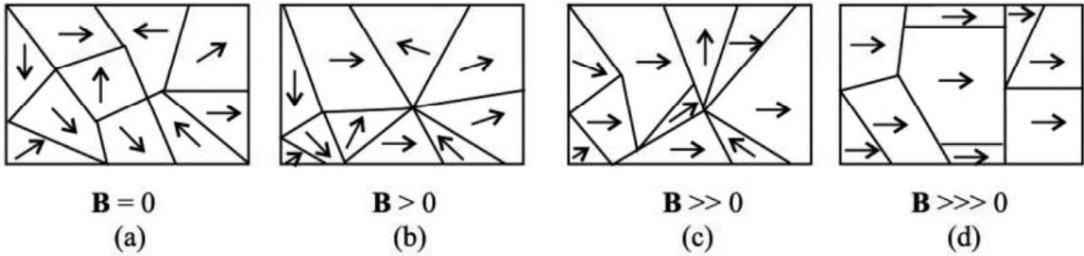
लागू चुंबकीय क्षेत्र की दिशा के समान दिशा।

3. इन सामग्रियों के परमाणु चुंबक चुंबकीय क्षेत्र से थोड़ा आकर्षित होते हैं।
4. जब अनुचुंबकीय पदार्थों को चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो वे गैर-समान बाहरी चुंबकीय क्षेत्र के कमजोर हिस्सों से मजबूत हिस्सों की ओर बढ़ते हैं।
5. बाहरी क्षेत्र होने पर ये सामग्रियां चुंबकीय गुणों को बरकरार नहीं रखती हैं निकाला गया।
6. अनुचुंबकीय पदार्थों की संवेदनशीलता सामग्री के तापमान पर निर्भर करती है।

20.7.3 लौहचुंबकीय सामग्री

लौहचुंबकीय पदार्थ लागू चुंबकीय क्षेत्र की दिशा में उसी दिशा में दृढ़ता से चुंबकीय सामग्री हैं और लागू क्षेत्र को हटाने के बाद भी अपने चुंबकीय क्षण को बरकरार रखते हैं। उदाहरण लोहा, कोबाल्ट, निकल आदि हैं।

लौहचुंबकीय सामग्रियों में, परमाणुओं के चुंबकीय द्विध्रुवीय क्षण में स्पिन चुंबकीय क्षण का योगदान बहुत बड़ा होता है। लौहचुंबकीय पदार्थ में छोटे क्षेत्र होते हैं जिन्हें डोमेन कहा जाता है। एक डोमेन में सभी चुंबकीय द्विध्रुव पूरी तरह से संरेखित होते हैं। डोमेन का चुंबकत्व अधिकतम होता है। लेकिन डोमेन यादृच्छिक रूप से उन्मुख हैं। परिणामस्वरूप, नमूने का कुल चुंबकीय क्षण शून्य है। जब हम बाहरी चुंबकीय क्षेत्र लागू करते हैं, तो डोमेन थोड़ा घूमता है और क्षेत्र की दिशा में खुद को संरेखित करता है, जिससे परिणामी चुंबकीय क्षण उत्पन्न होता है। इस प्रक्रिया को चित्र 20.8 में दिखाए गए एक सरल चित्र की सहायता से आसानी से समझा जा सकता है।



चित्र 20.8: लौहचुंबकीय पदार्थ में डोमेन।

चित्र 20.8 (ए) दस डोमेन दिखाता है। सरलता के लिए हम एक द्वि-आयामी उदाहरण लेते हैं।

सभी डोमेन इस प्रकार निर्देशित हैं कि नमूने का कुल चुंबकत्व शून्य है।

चित्र 20.8 (बी) बाहरी चुंबकीय क्षेत्र के अनुप्रयोग के बाद की स्थिति को दर्शाता है। डोमेन की सीमाएं (डोमेन दीवारें) इस तरह से पुनर्गठित होती हैं कि क्षेत्र की दिशा में चुंबकीय क्षण वाले डोमेन का आकार दूसरों की कीमत पर बढ़ा हो जाता है। बाहरी क्षेत्र की ताकत बढ़ाने पर, अनुकूल डोमेन का आकार बढ़ जाता है, और डोमेन का अभिविन्यास थोड़ा बदल जाता है जिसके परिणामस्वरूप अधिक चुंबकत्व होता है [चित्र। 20.8 (सी)]।

बहुत मजबूत लागू क्षेत्र की कार्रवाई के तहत, लगभग संपूर्ण आयतन एक एकल डोमेन की तरह व्यवहार करता है जो संतृप्त चुंबकीयकरण को जन्म देता है जैसा कि चित्र 20.8 (डी) में दिखाया गया है। जब बाहरी क्षेत्र हटा दिया जाता है, तो नमूना शुद्ध चुंबकत्व बरकरार रखता है। लौहचुंबकीय नमूनों में डोमेन को उच्च-शक्ति माइक्रोस्कोप की सहायता से आसानी से देखा जा सकता है।

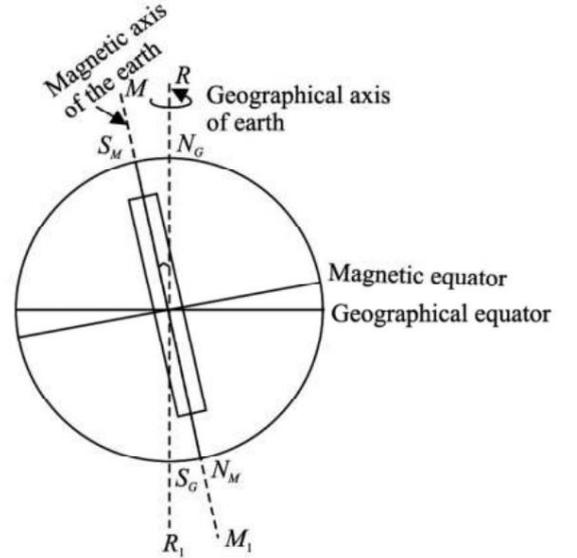
जब लौहचुंबकीय पदार्थ का तापमान एक निश्चित क्रांतिक मान से अधिक बढ़ा दिया जाता है, तो पदार्थ अनुचुंबकीय हो जाता है। इस क्रांतिक तापमान को क्यूरी तापमान T_c के नाम से जाना जाता है।

विशेषताएँ:

1. लौहचुंबकीय पदार्थों में बड़ी और सकारात्मक संवेदनशीलता और संवेदनशीलता होती है है $\mu_m > 1$.
2. लौहचुंबकीय पदार्थों के परमाणुओं का चुंबकीय क्षण समान रूप से संरेखित होता है लागू चुंबकीय क्षेत्र की दिशा के समान दिशा।
3. लौहचुंबकीय पदार्थ के परमाणु चुम्बकों में चुंबकीय क्षेत्र के प्रति प्रबल आकर्षण होता है।
4. जब लौहचुंबकीय पदार्थों को चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो उनमें गैर-समान बाहरी चुंबकीय क्षेत्र के कमजोर हिस्सों से मजबूत हिस्सों की ओर जाने की प्रबल प्रवृत्ति होती है।
5. लौहचुंबकीय पदार्थ बाहरी क्षेत्र के बाद भी अपने चुंबकीय गुणों को बरकरार रखते हैं हटा दिया गया।
6. लौहचुम्बकीय पदार्थों की संवेदनशीलता सामग्री के तापमान पर निर्भर करती है।
7. लौहचुम्बकीय सामग्रियों में, चुम्बकत्व लागू क्षेत्र के समानुपाती नहीं होता है और हिस्टैरिसिस नामक गुण प्रदर्शित करता है।

20.8 पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र

चुम्बकों के निर्देशक गुण को इस आधार पर समझाया जा सकता है कि पृथ्वी एक चुम्बक के रूप में कार्य करती है, अर्थात्, जैसे कि एक बड़ा छड़ चुम्बक पृथ्वी के अंदर रखा गया हो। इस चुम्बक का दक्षिणी ध्रुव भौगोलिक उत्तरी ध्रुव के निकट तथा चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव भौगोलिक दक्षिणी ध्रुव के निकट माना जाता है जैसा कि चित्र 20.9 में दिखाया गया है। पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के तत्वों को समझाने के लिए, विचार करें कि RR1 पृथ्वी का घूर्णन अक्ष है और MM1 पृथ्वी का चुंबकीय अक्ष है।



चित्र 20.9: पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र

गतिविधि 20.1

आइए हम एक चुंबकीय सुई के साथ एक विचार प्रयोग करें। (आप वास्तव में एक ग्लोब के साथ प्रयोग कर सकते हैं जिसमें एक बार चुंबक होता है जिसके घूर्णन अक्ष के साथ चुंबक का उत्तरी ध्रुव दक्षिण की ओर होता है।) सुई को स्वतंत्र रूप से इस तरह से लटकाएं कि वह क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर दोनों दिशाओं में घूम सके।

यदि सुई पृथ्वी की सतह पर भूमध्य रेखा के निकट है, तो यह क्षैतिज तल में टिकी हुई है। मान लीजिए कि इस सुई को उत्तरी गोलार्ध में स्थानों पर ले जाया जाता है, सुई ऊर्ध्वाधर तल में घूमती है और जैसे ही हम भौगोलिक उत्तरी ध्रुव की ओर बढ़ते हैं, उत्तरी ध्रुव पृथ्वी की ओर झुक जाता है।

अंततः कनाडा में हडसन की खाड़ी के बहुत निकट एक बिंदु पर, सुई का उत्तरी ध्रुव लंबवत नीचे की ओर इंगित करेगा। उत्तर से 6° पूर्व में स्थित यह स्थान माना जाता है

पृथ्वी के चुम्बक का दक्षिणी ध्रुव. यह स्थान पृथ्वी के भौगोलिक उत्तरी ध्रुव से लगभग 650 किमी दूर है। यदि हम उसी चुंबकीय सुई को दक्षिणी गोलार्ध में स्थानों पर ले जाएं, तो सुई का दक्षिणी ध्रुव नीचे की ओर झुक जाएगा और भौगोलिक दक्षिण से 650 किमी पश्चिम में एक बिंदु पर लंबवत नीचे की ओर इंगित करेगा। इस बिंदु को पृथ्वी के चुंबक का उत्तरी ध्रुव माना जा सकता है। इससे हम यह निष्कर्ष निकालते हैं कि पृथ्वी का चुंबकीय अक्ष भौगोलिक अक्ष से मेल नहीं खाता है।

पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का एक महत्वपूर्ण पहलू यह है कि यह स्थिर नहीं रहता है। इसका समय के साथ परिमाण और दिशा बदलती रहती है।

पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के तत्व

पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का वर्णन करने के लिए तीन मापनीय मात्राओं का उपयोग किया जाता है। ये हैं पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के तत्व कहलाते हैं:

एक। झुकाव या डुबकी (θ);

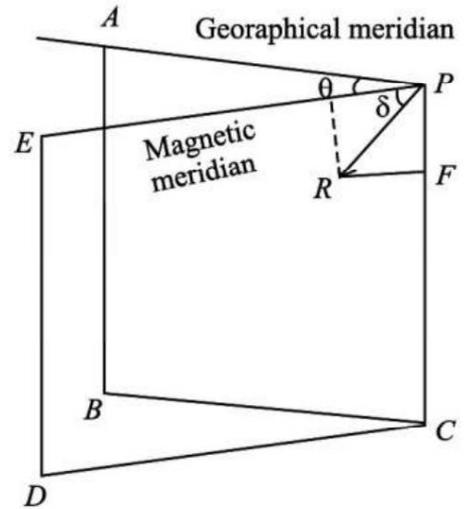
बी। झुकाव (ϕ) और

सी। पृथ्वी के क्षेत्र का क्षैतिज घटक (बीएच)।

20.8.1 झुकाव या गिरावट (θ)

यदि आप एक चुंबकीय सुई को एक स्थान पर स्वतंत्र रूप से लटकाते हैं, तो आप देखेंगे कि सुई क्षैतिज तल में नहीं टिकी हुई है। यह पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र की परिणामी तीव्रता की दिशा बताएगा।

चित्र 20.10 में समतल PCDE दिखाया गया है, जो पृथ्वी की सतह पर बिंदु P (अर्थात्, पृथ्वी के चुंबक के उत्तरी और दक्षिणी ध्रुवों से गुजरने वाला ऊर्ध्वाधर तल) पर चुंबकीय याम्योत्तर है और PABC भौगोलिक याम्योत्तर है (अर्थात्, पृथ्वी के भौगोलिक उत्तरी और दक्षिणी ध्रुवों से होकर गुजरने वाला ऊर्ध्वाधर तल)। मान लीजिए कि PR बिंदु P पर पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के परिमाण और दिशा को दर्शाता है। ध्यान दें कि PR क्षैतिज दिशा के साथ θ कोण बनाता है। इस कोण को पृथ्वी की सतह पर P पर झुकाव या झुकाव के रूप में जाना जाता है।



पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र चुंबकीय याम्योत्तर में क्षैतिज दिशा के साथ जो कोण बनाता है उसे झुकाव या झुकाव कहा जाता है।

चित्र 20.10: पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के तत्व।

20.8.2 झुकाव (ϕ)

चित्र 20.10 को पुनः देखें। समतल PCDE में पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र वेक्टर (PR) होता है। समतल PCDE और PABC के बीच के कोण को बिंदु P पर झुकाव कहा जाता है। इसे कोण ϕ के रूप में दिखाया गया है।

वह कोण जो किसी स्थान पर चुंबकीय याम्योत्तर भौगोलिक याम्योत्तर के साथ बनाता है उस स्थान पर झुकाव कहलाता है।

20.8.3 क्षैतिज घटक (बीएच)

चित्र 20.10 से पता चलता है कि पीआर बिंदु पी पर परिणामी चुंबकीय क्षेत्र है। पीई परिमाण और दिशा में पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के क्षैतिज घटक और पीएफ ऊर्ध्वाधर घटक का प्रतिनिधित्व करता है। माना बिंदु P पर चुंबकीय क्षेत्र B है। पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक है

$$\text{बीएच} = \text{बी क्यॉकि} \quad (20.16)$$

और ऊर्ध्वाधर घटक है

$$\text{बी.वी.} = \text{बी पाप} \quad (20.17)$$

चुकता करके और समीकरण जोड़कर। 20.16 और समीकरण. 20.17, हमारे पास है

$$\text{बी}^2 + \text{बी} = \text{बी क्यॉकि}^2 \quad \delta + \text{बी पाप} \delta = \text{बी}^2$$

समीकरण को विभाजित करने पर. समीकरण द्वारा 20.17. 20.16, हमारे पास है

$$\frac{\text{बी}}{\text{बी}} = \text{तन } \delta \quad (20.18)$$

आपने क्या सीखा है

किसी भी वस्तु का वह गुण जिसके कारण वह लोहे के टुकड़े को अपनी ओर आकर्षित कर सकती है, कहलाती है चुंबकत्व.

। प्रत्येक चुम्बक के दो ध्रुव होते हैं। ये अविभाज्य हैं.

। दो चुम्बकों के विपरीत ध्रुव एक दूसरे को आकर्षित करते हैं और समान ध्रुव प्रतिकर्षित करते हैं।

एल चुंबक के चारों ओर का क्षेत्र जिसमें एक चुंबकीय सुई (दूसरा चुंबक) अनुभव करती है एक टॉर्क (बल) को 'चुंबकीय क्षेत्र' कहा जाता है।

एल चुंबकीय क्षेत्र रेखाएं काल्पनिक रेखाएं हैं जिनके साथ एक चुंबकीय उत्तरी ध्रुव होगा एक चुंबकीय क्षेत्र में घूमें.

जब एक बार चुंबक या क्षण M का चुंबकीय द्विध्रुव प्रेरण B के चुंबकीय क्षेत्र में चुंबकीय क्षेत्र की दिशा के कोण θ पर निलंबित किया जाता है, तो चुंबक या द्विध्रुव पर एक युग्म या पुनर्स्थापन बलाघूर्ण $\tau = MB \sin \theta$ निर्मित होता है। .

एल किसी चुंबकीय क्षेत्र में किसी सतह क्षेत्र से गुजरने वाली चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं को उस सतह क्षेत्र के माध्यम से चुंबकीय प्रवाह (Φ_B) के रूप में परिभाषित किया जाता है।

एल चुंबकीय प्रवाह की एसआई इकाई 'वेबर' है।

एल क्षेत्र रेखाओं के सामान्य स्थित इकाई सतह क्षेत्र से गुजरने वाली चुंबकीय क्षेत्र रेखाएं चुंबकीय प्रेरण या चुंबकीय प्रवाह घनत्व बी के परिमाण को मापती हैं।

एल चुंबकीय प्रेरण की एसआई इकाई वेबर/मीटर² (या) टेस्ला है।

चुंबकत्व के लिए गॉस का नियम बताता है कि किसी भी बंद के माध्यम से शुद्ध चुंबकीय प्रवाह सतह शून्य है।

। किसी चुंबकीय पदार्थ के इकाई आयतन में प्रेरित चुंबकीय क्षण बाहरी चुंबकीय क्षेत्र के अधीन, चुंबकत्व (I) के रूप में परिभाषित किया गया है।

एल सामग्रियों को उनके चुंबकीय व्यवहार के आधार पर मोटे तौर पर तीन श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया है और वे हैं: (i) प्रतिचुंबकीय सामग्री (ii) अनुचुंबकीय सामग्री और (iii) लौहचुंबकीय सामग्री।

चुम्बकों के निर्देशक गुण को पृथ्वी पर विचार करके समझाया जा सकता है चुम्बक की तरह कार्य करता है। अतः पृथ्वी एक बड़ा चुम्बक है और पृथ्वी के चारों ओर क्षेत्र है पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के रूप में जाना जाता है।

एल वह कोण जो पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र क्षैतिज दिशा के साथ बनाता है चुंबकीय मेरिडियन को झुकाव या झुकाव (θ) कहा जाता है।

। वह कोण जो किसी स्थान पर चुंबकीय याम्योत्तर भौगोलिक के साथ बनाता है मेरिडियन को उस स्थान पर झुकाव (θ) कहा जाता है।

एल यदि B पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का परिणामी वेक्टर, क्षैतिज घटक है $B_H = B \cos \theta$ है .

टर्मिनल व्यायाम

1. चुंबकीय क्षेत्र और चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं को परिभाषित करें।
2. चुंबकीय प्रवाह, चुंबकीय क्षेत्र प्रेरण को परिभाषित करें और उनकी इकाइयों का उल्लेख करें।
3. चुंबकत्व में गॉस का नियम बताएं और समझाएं।
4. चुम्बकत्व एवं चुम्बकीय तीव्रता को परिभाषित करें।
5. चुंबकीय पदार्थों का वर्गीकरण कीजिए तथा उनकी व्याख्या कीजिए।
6. पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के तत्व क्या हैं? उन्हें समझाओ।
7. पदार्थ का एक छोटा टुकड़ा चुंबक के पास लाया जाता है। निम्नलिखित को पूरा करें तालिका में रिक्त स्थान को हां या ना लिखकर भरें।

सामग्री	घृणा		आकर्षण	
	कमज़ोर	मज़बूत	कमज़ोर	मज़बूत
प्रति-चुंबकीय				
अनुचुम्बकीय				
लौह-चुंबकीय				

8. आपको दो समान बार मैग्नेट को एक बॉक्स में एक साथ पैक करके रखना होगा। कैसे मुझे तुम पैक करें और क्यों?

एन एस या एन एस

एन एस

एस.एन.

9. दो ध्रुवों के बीच चुंबकीय बल 80 इकाई है। ध्रुवों के बीच अलगाव दोगुना हो गया है. उनके बीच कौन सा बल है?
10. एक छड़ चुंबक की लंबाई 10 सेमी है और अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 1.0 सेमी² है। चुम्बकत्व $I = 102 \text{ A m}^{-1}$ । ध्रुव शक्ति की गणना करें।
11. दो समान छड़ चुम्बकों को उत्तरी ध्रुव के साथ एक सिरे से दूसरे सिरे तक एक ही रेखा पर रखा गया है उत्तरी ध्रुव की ओर मुख करके. यदि कोई अन्य क्षेत्र मौजूद न हो तो बल की रेखाएँ खींचिए।
12. वे बिंदु, जहां चुंबक का चुंबकीय क्षेत्र पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के क्षैतिज घटक के बराबर और विपरीत होता है, तटस्थ बिंदु कहलाते हैं,
- (ए) जब बार चुंबक को चुंबकीय मेरिडियन में रखा जाता है, जिसका उत्तरी ध्रुव उत्तर की ओर होता है, तो तटस्थ बिंदुओं का पता लगाएं।
- (बी) जब एक बार चुंबक को चुंबकीय मेरिडियन में रखा जाता है, जिसका उत्तरी ध्रुव दक्षिण की ओर होता है, तो तटस्थ बिंदुओं का पता लगाएं।
13. यदि 10 सेमी लंबाई वाले एक बार चुंबक को 5 सेमी लंबाई वाले दो बराबर टुकड़ों में काटा जाता है। तो फिर पुराने की तुलना में नए बार चुंबक की ध्रुव शक्ति क्या है एक।
14. एक 10 सेमी लंबे छड़ चुंबक की ध्रुव शक्ति 10 A m है। बार चुंबक के केंद्र से 30 सेमी की दूरी पर अक्ष पर एक बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र की गणना करें।

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

20.1

- चुंबक को उसके द्रव्यमान के केंद्र पर एक धागे से लटकाएं। इसे संतुलन में आने दें।
चुंबक का जो सिरा भौगोलिक उत्तर की ओर इंगित करता है वह इसका उत्तरी ध्रुव है।
- किन्हीं दो पट्टियों के सिरों को एक-दूसरे के करीब लाएँ। यदि उनके बीच आकर्षण है, तो एक छड़ चुंबक है और दूसरी लोहे की छड़ है। अब इनमें से एक पट्टी को मेज पर रखें और दूसरी को उसकी लंबाई के अनुसार चिपका दें। यदि एक समान बल का अनुभव होता है, तो हाथ में रखी छड़ एक चुंबक है और मेज पर रखी छड़ लोहे का टुकड़ा है। यदि गैर-समान बल का अनुभव होता है, तो स्थिति विपरीत होती है।
- किसी एक छड़ चुम्बक को धागे से लटकाकर हम उसका दक्षिणी ध्रुव ज्ञात कर सकते हैं। फिर दूसरे चुंबक का सिरा, जो पहले से प्रतिकर्षित होता है, उसका दक्षिणी ध्रुव होता है।

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

9. 20 इकाइयाँ
10. 1.02×10^{-2} पूर्वाह्न
13. वही. चुम्बक की ध्रुव शक्ति चुम्बक की लम्बाई पर निर्भर नहीं करती।
14. 2.3×10^{-6} टी



मूविंग चार्ज और

चुंबकत्व

परिचय

पिछले अध्याय में, हमने विद्युत क्षेत्र और चुंबकीय क्षेत्र के बारे में सीखा। क्या आपने कभी बिजली और चुंबकत्व के बीच किसी संबंध के बारे में सोचा? इस तरह के संबंध की खोज 1820 में ओस्टेड ने की थी। अब हम निश्चित रूप से जानते हैं कि चुंबकत्व और बिजली कितने घनिष्ठ रूप से संबंधित हैं।

इस पाठ में आप विद्युत धारा के चुंबकीय प्रभाव के बारे में जानेंगे। चुंबकीय क्षेत्र में धारा प्रवाहित करने वाले कंडक्टरों और गतिमान आवेशों के व्यवहार पर भी चर्चा की गई है। इन सिद्धांतों के आधार पर, हम मोटर जैसे विद्युत उपकरणों और एमीटर, वोल्टमीटर और गैल्वेनोमीटर जैसे मापने वाले उपकरणों की कार्यप्रणाली पर चर्चा करेंगे।

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

एल विद्युत धारा के चुंबकीय प्रभाव का वर्णन करें: ओस्टेड का प्रयोग;

बायोट -सावर्ट का नियम बता सकेंगे और इसके अनुप्रयोगों की व्याख्या कर सकेंगे;

विद्युत धारा के कारण चुंबकीय क्षेत्र प्रेरण के लिए अभिव्यक्ति प्राप्त कर सकेंगे ;

एल किसी चालक में धारा के कारण चुंबकीय क्षेत्र की दिशा दर्शाता है;

मैं एम्पीयर के सर्किट नियम और उसके अनुप्रयोग की व्याख्या कर सकूंगा;

एकसमान चुंबकीय क्षेत्र में आवेशित कण की गति का वर्णन कर सकेंगे ;

मैं रखे गए धारावाही कंडक्टर द्वारा अनुभव किए गए बल के लिए एक अभिव्यक्ति प्राप्त करता हूँ
एक समान चुंबकीय क्षेत्र में;

मैं दो अनंत लंबे विद्युत धारावाही चालकों के बीच बल के लिए एक अभिव्यक्ति प्राप्त करता हूँ
एक दूसरे के समानांतर रखा गया;

मैं गैल्वेनोमीटर, एमीटर और वोल्टमीटर के कार्य सिद्धांत को समझाऊंगा।

21.1 बिजली और चुंबकत्व: बुनियादी अवधारणाएँ

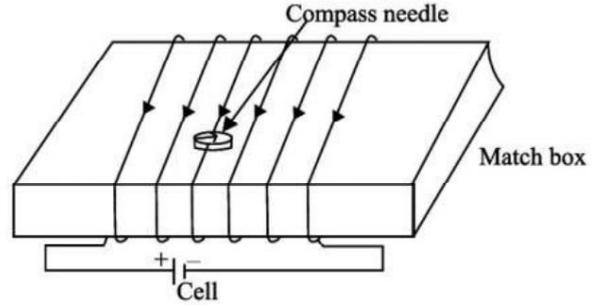
अब आप जानते हैं कि किसी चालक में संभावित अंतर के कारण इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह विद्युत धारा का निर्माण करता है। ऐसा देखा जाता है कि किसी चालक में प्रवाहित धारा उसके आसपास के क्षेत्र में रखी एक मुक्त चुंबकीय सुई पर एक बल लगाती है। एक चुंबकीय सुई भी चुंबक से प्रभावित होती है और इसलिए हम कहते हैं कि एक विद्युत धारावाही चालक के चारों ओर एक चुंबकीय क्षेत्र होता है। चुंबकीय क्षेत्र B को चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं द्वारा देखा जाता है। आप इस पाठ में बाद में इनके बारे में और चुंबकीय पारगम्यता जैसे कुछ और शब्दों के बारे में जानेंगे।

21.2 विद्युत धारा के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र

आइए एक सरल प्रयोग करें.

गतिविधि 21.1

1.5 वोल्ट की बैटरी, लगभग 1 मीटर लंबा एक तार, एक कम्पास सुई और एक माचिस लें। बिजली के तार को उसके आधार पर 10-15 घुमाएँ। वाइडिंग्स के नीचे, एक कंपास सुई रखें, जैसा चित्र 21.1 में दिखाया गया है। माचिस की डिब्बी को मेज पर इस प्रकार रखें कि तार उत्तर-दक्षिण दिशा में रहें। तार के मुक्त सिरों को बैटरी से कनेक्ट करें।

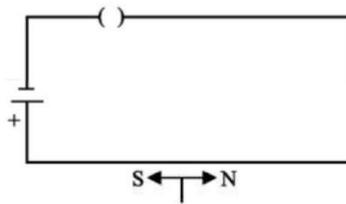


चित्र 21.1: विद्युत धारा के कारण चुंबकीय क्षेत्र का प्रदर्शन।

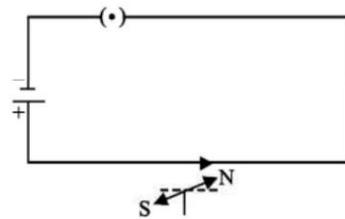
सुई का क्या होता है? आप देखेंगे कि सुई विक्षेपण दर्शाती है। इसका मतलब है कि कुंडली के अंदर और उसके चारों ओर एक चुंबकीय क्षेत्र है।

यदि आप बैटरी के टर्मिनलों को बदलकर धारा की दिशा उलट देते हैं तो विक्षेपण विपरीत हो जाएगा। जब तार में कोई करंट नहीं होता है, तो चित्र 21.2 (ए) में दिखाए अनुसार करंट ले जाने वाले तार के पास रखी कंपास सुई उत्तर-दक्षिण दिशा में इंगित करती है।

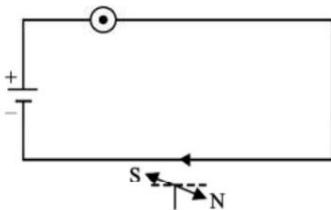
जब तार से धारा प्रवाहित होती है तो कंपास सुई चित्र 21.2 (बी) में दर्शाए अनुसार परावर्तित होती है और यदि धारा की दिशा उलट जाती है, तो कंपास सुई भी उलट जाती है जैसा चित्र 21.2 (सी) में दिखाया गया है। जब एक चुंबकीय सुई को ऊर्ध्वाधर धारा प्रवाहित तार के करीब लाया जाता है, तो चुंबकीय क्षेत्र रेखाएं तार के चारों ओर संकेंद्रित वृत्त के रूप में पाई जाती हैं, जैसा कि चित्र 21.2 (डी) में दिखाया गया है।



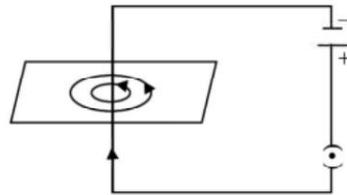
(a) No current, No deflection



(b) Current towards north, deflection of north pole towards west



(c) When direction of current is reversed, direction of deflection is reversed



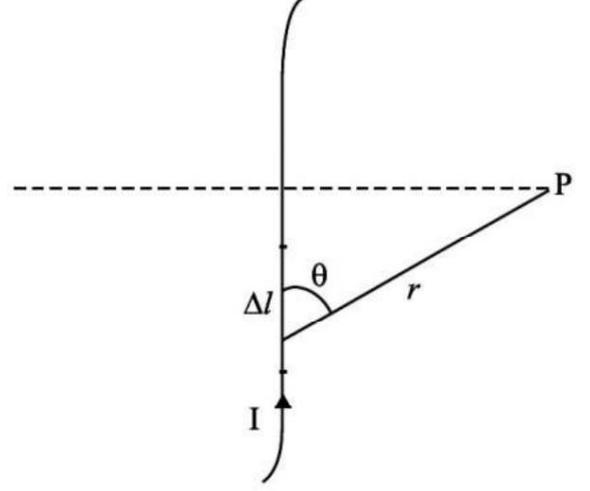
(d) Circular field lines around a straight current carrying conductor

चित्र 21.2: विद्युत धारावाही चालक के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र

1820 में, डेनमार्क के कोपेनहेगन में भौतिकी के प्रोफेसर हंस क्रिश्चियन ओस्टेड ने इसी तरह के प्रयोग किए और स्थापित किया कि एक विद्युत धारा ले जाने वाले कंडक्टर के चारों ओर एक चुंबकीय क्षेत्र होता है।

21.3 बायोट-सावर्ट का नियम

बायोट-सावर्ट का नियम कंडक्टर में करंट और उसके आसपास के स्थान में एक बिंदु पर परिणामी चुंबकीय क्षेत्र के बीच एक मात्रात्मक संबंध देता है। किसी विद्युत धारावाही चालक का प्रत्येक भाग उसके चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र में योगदान देता है। इस प्रकार एक बिंदु पर B का शुद्ध मान कंडक्टर के सभी अलग-अलग हिस्सों का संयुक्त प्रभाव है। जैसा कि चित्र 21.3 में दिखाया गया है, किसी भी धारावाही चालक के कारण उत्पन्न शुद्ध चुंबकीय क्षेत्र लंबाई Δl के प्रत्येक अनंत तत्व में धारा के कारण योगदान का वेक्टर योग है।



प्रयोगों से पता चलता है कि क्षेत्र ΔB एक तत्व Δl के कारण है

चित्र 21.3: धारा तत्व Δl के कारण P पर चुंबकीय क्षेत्र।

- 1) चालक के माध्यम से बहने वाली धारा के समानुपाती, I
- 2) तत्व Δl की लंबाई के समानुपाती
- 3) तत्व Δl और तत्व को अवलोकन बिंदु P से जोड़ने वाली रेखा के बीच के कोण के समानुपाती
- 4) तत्व Δl से अवलोकन बिंदु P की दूरी (r) के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती

इस प्रकार, हम लिख सकते हैं,

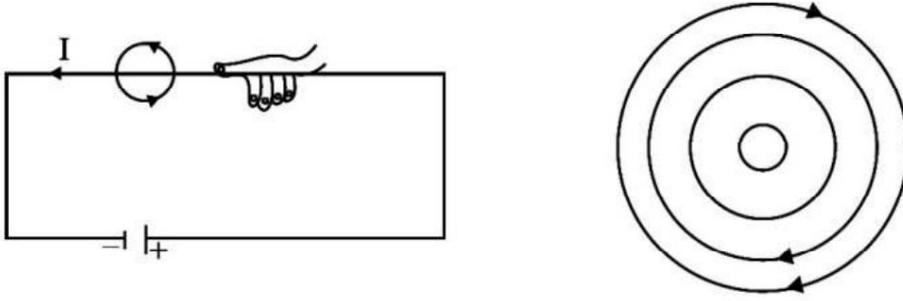
$$|\Delta \vec{B}| \propto \frac{\mu_0 I \Delta l \sin \theta}{4\pi r^2}$$

$$B = \int \frac{\mu_0 I \Delta l \sin \theta}{4\pi r^2} \quad (21.1)$$

जहाँ μ_0 निर्वात की पारगम्यता है। इसका मान $4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb A}^{-1} \text{ m}^{-1}$ है। वायु की पारगम्यता का मान भी लगभग μ_0 के बराबर होता है। यदि कंडक्टर को हवा के अलावा किसी अन्य माध्यम में रखा जाता है, तो क्षेत्र का मान बदल जाता है और $B = \mu B_0$ द्वारा दिया जाता है। यहाँ μ माध्यम की पारगम्यता को दर्शाता है।

B की दिशा : एक बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र एक सदिश राशि है। दाहिने हाथ की पकड़ के नियम को लागू करके बी की दिशा निर्धारित की जा सकती है। इस नियम को लागू करने के लिए, आइए कुछ साधारण मामलों में उत्पन्न क्षेत्र की दिशा पर विचार करें। जैसा कि चित्र 21.4 (ए) में दिखाया गया है, तार को अपने दाहिने हाथ में पकड़ें ताकि अंगूठा करंट की दिशा में इंगित करे। तब

हाथ की मुड़ी हुई उंगलियां चुंबकीय क्षेत्र की दिशा को इंगित करेंगी। कागज पर चुंबकीय क्षेत्र का प्रतिनिधित्व करने के लिए, आइए मान लें कि कागज के तल में विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है। फिर दाहिने हाथ के नियम के अनुसार, फ़िल्ड रेखाएँ कागज के तल में होंगी जैसा कि चित्र 21.4 (बी) में दिखाया गया है।



(ए) दाहिने हाथ का नियम: अंगूठा धारा की दिशा में, क्षेत्र रेखाएँ मुड़ी हुई उंगलियों की दिशा में

(बी) जब करंट कागज के तल में है, तो दाहिने हाथ के नियम के अनुसार, क्षेत्र रेखाएँ कागज के तल में होंगी

चित्र 21.4 : चुंबकीय क्षेत्र की दिशा

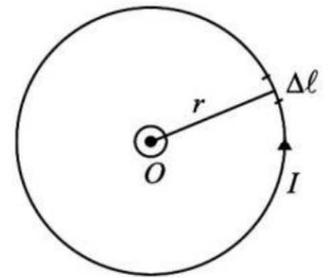
21.3.1 बायो-सावर्ट के नियम का अनुप्रयोग: एक वृत्ताकार धारा लूप की धुरी पर चुंबकीय क्षेत्र

अब आप जानते हैं कि बायो-सावर्ट का नियम चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण बताता है।

आइए अब हम इसे विभिन्न आकृतियों के चालकों के आसपास के क्षेत्र को खोजने के लिए लागू करें। ध्यान दें कि कंडक्टर के विभिन्न खंडों के कारण शुद्ध क्षेत्र की गणना करने के लिए, हमें उनमें से प्रत्येक के कारण क्षेत्र योगदान को जोड़ना होगा। सबसे पहले हम विद्युत धारा ले जाने वाली एक वृत्ताकार कुंडली पर विचार करते हैं और इसके केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र की गणना करते हैं।

धारा प्रवाहित करने वाली गोलाकार कुंडली के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र

चित्र 21.5 देखें। यह त्रिज्या r की एक वृत्ताकार कुंडली को दर्शाता है जिसमें धारा I प्रवाहित हो रही है। इसके केंद्र O पर चुंबकीय क्षेत्र की गणना करने के लिए, हम पहले वृत्ताकार कुंडली के एक छोटे धारा तत्व Δl पर विचार करते हैं। ध्यान दें कि वर्तमान तत्व Δl और r के बीच का कोण 90° है। समीकरण से. 21.1, हम जानते हैं कि Δl के कारण केंद्र O पर क्षेत्र है



चित्र 21.5: धारा प्रवाहित करने वाली वृत्ताकार कुंडली।

$$|\Delta B| = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \Delta l}{r^2} \sin 90^\circ$$

$$|\Delta B| = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \Delta l}{r^2} \quad (\text{पाप } 90^\circ \text{ के रूप में})$$

ΔB की दिशा कुंडली के तल के लिए सामान्य है। चूँकि वृत्ताकार कुंडल के प्रत्येक तत्व के कारण क्षेत्र एक ही दिशा में होगा, परिणामी लूप के केंद्र में सभी योगदानों को जोड़कर प्राप्त किया जाता है। इसलिए,

$$|बी| = \sum |\Delta B| = 4\pi r \frac{\mu_0 I}{2} \frac{\Sigma \Delta}{2} = 4\pi r \frac{\mu_0 I}{2} (2\pi r)$$

अतः, I धारा प्रवाहित करने वाली r त्रिज्या की कुंडली के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र इस प्रकार दिया जाता है

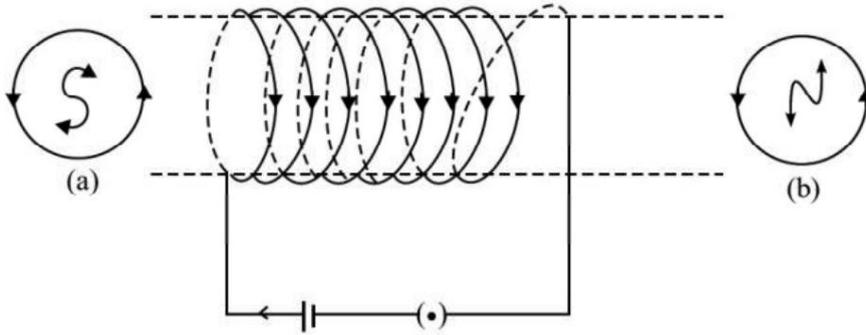
$$|बी| = \frac{\mu_0 I}{2a} \quad (21.2)$$

यदि तार के एक से अधिक लूप हैं (मान लें कि n मोड़ हैं), तो फ़ील्ड दी गई है

द्वारा

$$|बी| = \frac{\mu_0 n I}{2a} \quad (21.3)$$

आप चित्र 21.4 में दिए गए नियम का उपयोग करके नेट फ़ील्ड की दिशा की जांच कर सकते हैं। तुम कर सकते हो कुंडल के किसी भी खंड में दाहिने हाथ के नियम का उपयोग करें और समान परिणाम प्राप्त करेंगे। (एक और धारा प्रवाहित कुंडली के कारण चुंबकीय क्षेत्र की दिशा की पहचान करने के लिए सरल त्वरित नियम तथाकथित अंत-नियम है, जो चित्र 21.6 (ए) और (बी) में दिखाया गया है।



चित्र 21.6: चुंबकीय क्षेत्र की दिशा: अंत-नियम

जब एक पर्यवेक्षक इसके दोनों छोर पर गोलाकार कुंडल को देखता है, तो उसे करंट का पता चलता है दक्षिणावर्त दिशा में प्रवाहित होने पर कुंडली का मुख दक्षिणी ध्रुव की तरह व्यवहार करता है समतुल्य चुंबक, यानी, बी अंदर की ओर निर्देशित है। दूसरी ओर, यदि करंट देखा जाए वामावर्त दिशा में प्रवाहित होने पर, कुंडली का मुख उत्तरी ध्रुव की तरह व्यवहार करता है समतुल्य चुंबक या क्षेत्र उस छोर से निर्देशित होता है।

पाठगत प्रश्न 21.1

- आप (i) एक स्थिर इलेक्ट्रॉन द्वारा विकसित क्षेत्र के बारे में क्या कह सकते हैं
(ii) एक गतिमान इलेक्ट्रॉन?
- किसी चालक में इलेक्ट्रॉन तापीय ऊर्जा के कारण निरंतर गति में रहते हैं। वे ऐसा क्यों करते हैं? उस समय तक चुम्बकत्व प्रदर्शित न करें जब तक इसके आर-पार विभवान्तर लागू न हो जाए?
- एक लम्बे तार में विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है। इसे पहले एक चक्कर की गोलाकार कुंडली के आकार का बनाया जाता है, और फिर छोटी त्रिज्या के दो घुमावों वाली एक कुंडली में। पर चुंबकीय क्षेत्र होगा केंद्र कुंडल परिवर्तन? यदि हां, तो कितना?

आंद्रे मैरी एम्पीयर (1775 - 1836)

फ्रांसीसी भौतिक विज्ञानी, गणितज्ञ और रसायनज्ञ, एम्पीयर एक प्रतिभाशाली बालक थे। उन्होंने 12 साल की उम्र में उन्नत गणित में महारत हासिल की। प्रायोगिक कौशल और सैद्धांतिक कौशल का मिश्रण, एम्पीयर ने कठोर प्रयोग किए और अपने परिणामों को इलेक्ट्रोडायनामिक्स के सिद्धांत के रूप में प्रस्तुत किया, जो बिजली और उसके चुंबकीय प्रभावों का गणितीय सूत्रीकरण प्रदान करता है। करंट की इकाई का नाम उनके सम्मान में रखा गया है। अपने काम और विचारों में खोये रहने के कारण उन्हें कभी-कभार ही सम्मान और पुरस्कारों की परवाह होती थी। एक बार वह सम्राट नेपोलियन द्वारा अपने साथ भोजन करने का निमंत्रण भूल गया। उनकी समाधि पर शिलालेख है: तेन्दुन फेलिक्स (अंत में खुश), जो बताता है कि उन्हें बहुत कठिन और दुखी जीवन का सामना करना पड़ा था। लेकिन इससे उनकी रचनात्मकता की भावना कभी कम नहीं हुई



21.4 एम्पीयर का सर्किट नियम

एम्पीयर का सर्किट नियम कुछ साधारण स्थितियों में विद्युत धारा प्रवाहित कंडक्टर के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र की गणना करने का एक और तरीका प्रदान करता है।

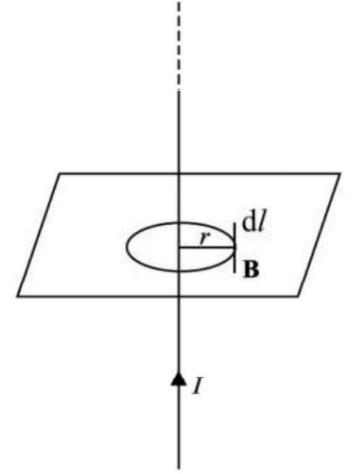
एक सीधी रेखा के चारों ओर त्रिज्या 'r' के एक बंद लूप पर विचार करें चित्र 21.7 में दर्शाए अनुसार विद्युत धारा 'I' ले जाने वाला तार। तब,

एम्पीयर के सर्किट नियम में कहा गया है कि एक बंद लूप के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र बी का अभिन्न अंग कुल धारा का μ_0 गुना है, I. गणितीय रूप से, हम लिखते हैं

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I \quad (21.4)$$

यहां, 'डीएल' बंद लूप के साथ एक छोटी लंबाई है।

ध्यान दें कि यह बंद लूप के आकार या आकृति से स्वतंत्र है।



चित्र 21.7: एम्पीयर का परिपथ नियम

21.4.1 एम्पीयर के परिपथीय नियम के अनुप्रयोग

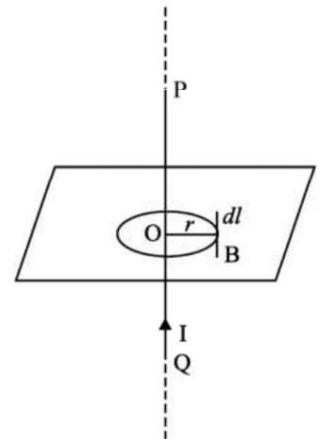
अब हम चुंबकीय प्राप्त करने के लिए एम्पीयर के सर्किट नियम को लागू करते हैं दो साधारण स्थितियों में फ्रील्ड।

(ए) एक अनंत लंबे विद्युत प्रवाह वाले कंडक्टर के कारण चुंबकीय क्षेत्र: चित्र 21.8 देखें। यह एक अनंत लंबे विद्युत धारा प्रवाहित करने वाले कंडक्टर POQ को दर्शाता है जिसमें विद्युत धारा I प्रवाहित हो रही है। दिखाए गए अनुसार समतल में इसके चारों ओर त्रिज्या r के एक गोलाकार लूप पर विचार करें। फिर $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$ डीएल = बी ($2\pi r$)

एम्पीयर के सर्किट नियम को लागू करके, हम $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$ लिख सकते हैं। डीएल = |बी|

$$(2\pi r) = \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I$$

$$\text{या } |\mathbf{B}| = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (21.5)$$



चित्र 21.8: अनंत लम्बा विद्युत धारा प्रवाहित करने वाला चालक

यह एक अनंत लंबे सीधे धारा प्रवाहित कंडक्टर के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र देता है। सोलनॉइड्स और टोरोइड्स का व्यापक रूप से मोटर, जनरेटर, खिलौने, पंखे-वाइंडिंग, ट्रांसफार्मर, इलेक्ट्रोमैग्नेट आदि में उपयोग किया जाता है। इनका उपयोग एक समान चुंबकीय क्षेत्र प्रदान करने के लिए किया जाता है। जब हमें बड़े खेतों की आवश्यकता होती है, तो कुंडल के अंदर नरम लोहा रखा जाता है।

(बी) सोलनॉइड के कारण चुंबकीय क्षेत्र (सोलनॉइड): सोलनॉइड एक कुंडल है जिसमें एक सामान्य अक्ष के साथ एक सीधी रेखा में बड़ी संख्या में लूप सेट होते हैं, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

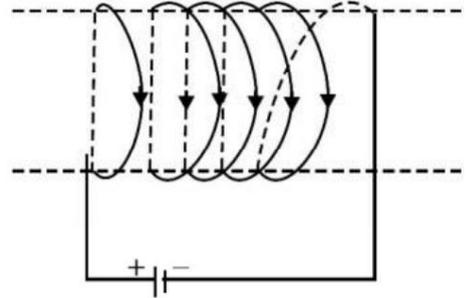
21.9. हम जानते हैं कि किसी तार से प्रवाहित होने वाली धारा उसके चारों ओर एक चुंबकीय क्षेत्र स्थापित कर देती है। मान लीजिए कि परिनालिका की लंबाई L है और इसमें प्रति इकाई लंबाई में घुमावों की संख्या n है, तो संलग्न धारा I है

$B = \mu_0 n I$ एम्पीयर के परिपथीय नियम से

$$B = \mu_0 n I \quad (\text{या})$$

$$B = \mu_0 n I \quad (\text{एनएल})$$

$$|B| = \mu_0 n I$$

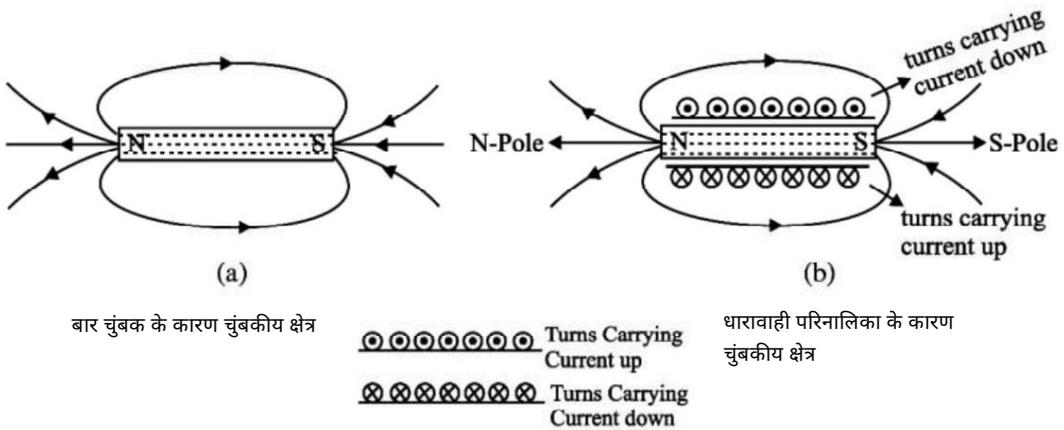


चित्र 21.9 : एक परिनालिका

क्षेत्र की दिशा परिनालिका के अक्ष के अनुदिश है। लंबे सोलनॉइड के लिए, $|B| = \mu_0 n I$ को सोलनॉइड के ठीक अंदर, उसके केंद्र के पास सही होना चाहिए। छोटे सोलनॉइड के लिए सिरों पर B का परिमाण इस प्रकार दिया जाता है

$$|B| = \frac{\mu_0 n I}{2} \quad (21.6)$$

जब विद्युत धारा किसी परिनालिका से प्रवाहित होती है, तो यह उसके चारों ओर एक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। सोलनॉइड द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र रेखाएं एक बार चुंबक की क्षेत्र रेखाओं के समान होती हैं जैसा चित्र 21.10 में दिखाया गया है।



बार चुंबक के कारण चुंबकीय क्षेत्र

Turns Carrying Current up
Turns Carrying Current down

धारावाही परिनालिका के कारण चुंबकीय क्षेत्र

चित्र 21.10: सोलनॉइड एक बार चुंबक की तरह व्यवहार करता है

उदाहरण 21.1

50 सेमी लंबे सोलनॉइड में 250 घुमावों की वाइंडिंग की 3 परतें हैं। सबसे निचली परत की त्रिज्या 2 सेमी है। यदि इसके माध्यम से धारा 4.0 ए है, तो (ए) परिनालिका के केंद्र के पास और अक्ष के आसपास B के परिमाण की गणना करें; (बी) अपनी धुरी पर सिरों के पास; और (सी) मध्य के पास सोलनॉइड के बाहर।

समाधान :

क) केंद्र में या उसके निकट

$$\begin{aligned}
 |B| &= \mu_0 nI \\
 &= 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{3250}{0.5} \times 4 \\
 &= 16\pi \times 1500 \times 10^{-7} \text{ टी} \\
 &= 24\pi \times 10^{-4} \text{ टी}
 \end{aligned}$$

ख) अंत में

$$\begin{aligned}
 B_{\text{अंत}} &= \frac{\mu_0 nI}{2} \\
 &= \frac{24\pi \times 10^{-4}}{2} \text{ टी} \\
 &= 12\pi \times 10^{-4} \text{ टी}
 \end{aligned}$$

ग) परिनालिका के बाहर क्षेत्र शून्य है।

उदाहरण 21.2

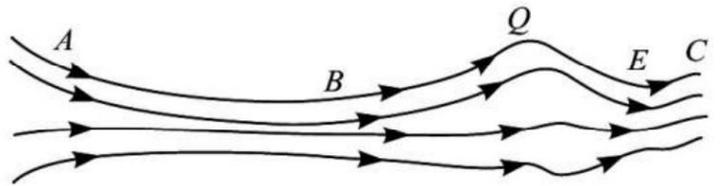
12 A विद्युत धारा प्रवाहित करने वाले एक लंबे सीधे तार से दूरी की गणना करें चुंबकीय क्षेत्र $3 \times 10^{-5} \text{ T}$ के बराबर होगा।

समाधान :

$$\begin{aligned}
 |B| &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad \text{आर} = \frac{\mu_0 I}{2\pi B} \\
 \text{आर} &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12}{2\pi \times 3 \times 10^{-5}} = 0.25 \text{ मी}
 \end{aligned}$$

पाठगत प्रश्न 21.2

- चुंबकीय क्षेत्र की बल रेखाओं का चित्रण किस बारे में जानकारी प्रदान करता है (ए) केवल क्षेत्र की दिशा (बी) केवल क्षेत्र का परिमाण (सी) दिशा और दोनों क्षेत्र का परिमाण (डी) क्षेत्र का बल।
- बायोट-सावर्ट के नियम और एम्पीयर के सर्किट नियम के बीच क्या समानता है?
- निम्नलिखित चित्र में एक गैर-समान चुंबकीय क्षेत्र की बल रेखाओं की, पर फ़ील्ड कौन सा बिंदु है: (i) एकसमान, (ii) सबसे कमजोर और (iii) सबसे मजबूत?



चित्र 21.11: एक विशिष्ट चुंबकीय क्षेत्र

- एक 10 सेमी लम्बी परिनालिका है इसका मतलब है कि इसके अंदर 0.002 T का चुंबकीय क्षेत्र है, जब 3 A की धारा प्रवाहित होती है यह। आवश्यक संख्या की गणना करें. घुमावों का.

21.5 चुंबकीय क्षेत्र में गतिमान आवेश पर बल

जब कोई आवेशित वस्तु चुंबकीय क्षेत्र में चलती है, तो उस पर एक बल का अनुभव होता है। किसी गतिमान आवेश द्वारा अनुभव किए जाने वाले ऐसे बल को लॉरेंट्ज़ बल कहा जाता है। चुंबकीय क्षेत्र B में v वेग से गतिमान +q आवेश वाले कण पर लॉरेंट्ज़ बल इस प्रकार दिया जाता है

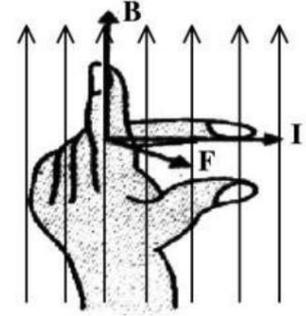
$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

या

$$|\mathbf{F}| = qvB \sin \theta$$

(21.7)

जहां θ v और B की दिशाओं के बीच का कोण है। F की दिशा फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम द्वारा दी गई है।



चित्र 21.12: फ्लेमिंग का बाएँ हाथ का नियम

फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम के अनुसार यदि हम अपने बाएँ हाथ की तर्जनी, मध्यमा और अंगूठे को एक दूसरे से समकोण पर फैलाएँ और उन्हें इस तरह पकड़ें कि तर्जनी चुंबकीय क्षेत्र और केंद्र की दिशा में इंगित करें उंगली धनावेशित कण की गति की दिशा में इंगित करेगी, तो अंगूठा लॉरेंट्ज़ बल की दिशा में इंगित करेगा जैसा चित्र 21.12 में दिखाया गया है।

ध्यान देने योग्य कुछ महत्वपूर्ण बिंदु

एल एफ एक यांत्रिक बल है जिसके परिणामस्वरूप खिंचाव या धक्का लगता है।

बल की दिशा फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम द्वारा दी जाती है।

एल ऋणात्मक आवेश के मामले में, केंद्रीय उंगली को उसकी गति की दिशा के विपरीत दिशा में इंगित करना चाहिए।

एल यदि आवेश रुक जाए तो बल तुरंत शून्य हो जाता है।

जब आवेश क्षेत्र B के अनुदिश गति करते हैं तो बल शून्य होता है।

जब आवेश क्षेत्र के लंबवत चलते हैं तो बल अधिकतम होता है। फिर, $F = qvB$.

21.6 ए में करंट ले जाने वाले कंडक्टर पर बल

एकसमान चुंबकीय क्षेत्र

लॉरेंट्ज़ बल की अवधारणा को समान चुंबकीय क्षेत्र बी में रखे गए वर्तमान ले जाने वाले कंडक्टरों तक आसानी से बढ़ाया जा सकता है। मान लीजिए कि चुंबकीय क्षेत्र कागज के विमान के समानांतर है और वर्तमान I ले जाने वाले लंबाई l का एक कंडक्टर क्षेत्र के सामान्य रूप से रखा गया है। आगे मान लीजिए कि धारा बहाव वेग vd के साथ नीचे की ओर बह रही है और इसलिए धारा का गठन करने वाले प्रत्येक मुक्त इलेक्ट्रॉन पर लॉरेंट्ज़ बल, $F = e vdB$ का अनुभव होता है।

यदि चालक में N मुक्त इलेक्ट्रॉन हैं, तो उस पर कुल बल किसके द्वारा दिया जाता है?

$$F = eNvB = (eNl) vB$$

(21.8)

जहाँ n प्रति इकाई आयतन में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या को दर्शाता है। लेकिन, $neAvd = I$. इसलिए,

$$\text{एफ} = \text{आई} \times \text{एल बी}$$

(21.9)

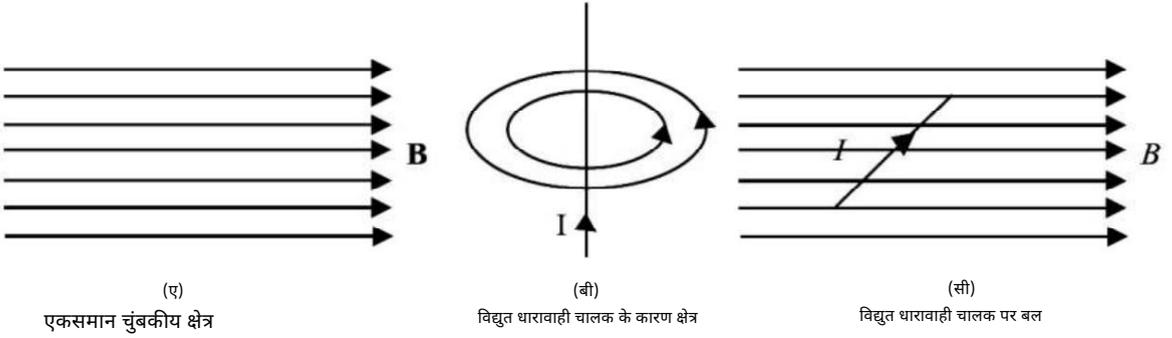
यदि धारा की दिशा चुंबकीय क्षेत्र की दिशा के साथ $\square\square$ कोण बनाती है
जैसा कि चित्र 21.13 (सी) में दिखाया गया है, तो उपरोक्त समीकरण। (21.9) के रूप में संशोधित होता है

$$|\text{एफ}| = \text{आई} \times \text{एल बी} \sin \theta$$

(21.9 ए)

यदि धारा की दिशा चुंबकीय क्षेत्र की दिशा के अनुरूप है जैसा कि दिखाया गया है
चित्र 21.13 (ए), तो $\sin \theta = 0$ और चालक पर लगने वाला बल शून्य है।

यदि विद्युत धारा की दिशा चित्र 21.13 (बी) में दर्शाए अनुसार चुंबकीय क्षेत्र की दिशा के लंबवत है, तो $\sin \theta = 90^\circ$ और अधिकतम बल चालक पर कार्य करता है
अर्थात्, $F = I \times \text{एल} \times B$.



चित्र 21.13

बल की दिशा फिर से फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम द्वारा दी गई है। समीकरण. 21.9 का उपयोग किसी धारावाही चालक द्वारा अनुभव किए गए बल के संदर्भ में चुंबकीय क्षेत्र की इकाई को परिभाषित करने के लिए किया जा सकता है। पदों को पुनर्व्यवस्थित करके हम लिख सकते हैं

$$B = \frac{\text{एफ}}{\text{आई} \times \text{एल}}$$

चूँकि F को न्यूटन में, I को एम्पीयर में और एल को मीटर में लिया जाता है, B की इकाई $\text{N A}^{-1} \text{m}^{-1}$ होगी। इसे टेस्ला (टी) कहा जाता है।

21.7 विद्युत धारा प्रवाहित करने वाले दो समानान्तर तारों के बीच का बल

अब आप जानते हैं कि प्रत्येक धारावाही चालक एक चुंबकीय क्षेत्र से घिरा होता है।

इसका मतलब है कि यह पास के विद्युत प्रवाहित कंडक्टर पर बल लगाएगा। एक दूसरे के समानांतर रखे गए दो विद्युत धारावाही चालकों के बीच लगने वाला बल मूलतः परस्पर और चुंबकीय होता है।

एक विद्युत धारा प्रवाहित तार में कोई शुद्ध विद्युत आवेश नहीं होता है, और इसलिए वह ऐसे किसी अन्य तार के साथ विद्युतीय रूप से संपर्क नहीं कर सकता है।

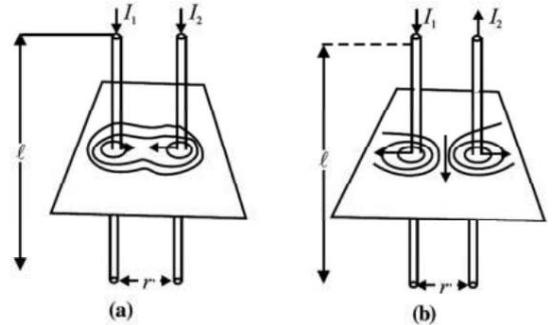
चित्र 21.14 में दो समानांतर तार दिखाए गए हैं जो दूरी r से अलग हैं और क्रमशः I_1 और I_2 धारा प्रवाहित कर रहे हैं। चुंबकीय क्षेत्र I_1 के कारण

1

तार से r दूरी पर है

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

चित्र 21.14: धारा ले जाने वाले दो समानांतर तारों के बीच बल का प्रायोगिक प्रदर्शन।



इसी प्रकार, उससे r दूरी पर दूसरे तार के कारण क्षेत्र होगा

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r}$$

ये क्षेत्र तारों की लंबाई के लंबवत हैं और इसलिए a पर बल पड़ता है अन्य धारावाही चालक की लंबाई l द्वारा दी गई है

$$F = B_2 I_1 l = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$$

या प्रति इकाई लंबाई पर बल

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} \quad (21.10)$$

जब धाराएँ एक ही दिशा में हों तो बल आकर्षक और प्रतिकारक होते हैं जबकि वे विपरीत दिशाओं में हैं। समीकरण. धारा की इकाई को परिभाषित करने के लिए 21.10 का उपयोग किया जा सकता है।

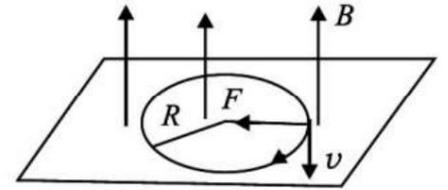
यदि $I_1 = I_2 = 1 \text{ A}$, $l = 1 \text{ m}$ और $r = 1 \text{ m}$, तो

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} (2 \times 10^{-7} \text{ एन } \cdot \text{ एम }^{-1})$$

इस प्रकार, यदि दो समानांतर तारों में समान धारा प्रवाहित होती है और उन्हें निर्वात या हवा में अलग रखा जाता है $2 \times 10^{-7} \text{ N m}^{-1}$ के पारस्परिक बल का अनुभव करें, प्रत्येक तार में धारा एक मानी जाती है एम्पीयर.

21.8 एक समान क्षेत्र में आवेशित कण की गति

अब हम विभिन्न स्थितियों के बारे में सोच सकते हैं जिनमें एक गतिशील आवेशित कण या धारा चुंबकीय क्षेत्र में ले जाने वाले कंडक्टर पर लॉरेंट्ज़ बल का अनुभव होता है। किसी बल द्वारा किया गया कार्य किसी पिंड की गति की दिशा उसके घटक पर निर्भर करती है। जब बल चुंबकीय क्षेत्र में किसी आवेशित कण पर उसकी गति की दिशा लंबवत होती है, नहीं कहा जाता है कि काम हो गया है. अतः कण रखता है वही गति और गतिज ऊर्जा जो उसके पास थी क्षेत्र में घूम रहा है, भले ही वह विक्षेपित हो। पर दूसरी ओर, आवेशित की गति और ऊर्जा विद्युत क्षेत्र में कण हमेशा प्रभावित होते हैं कण पर क्षेत्र द्वारा लगाए गए बल के लिए। एक आरोप लगाया कण चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत गति कर रहा है जैसा कि चित्र 21.15 में दिखाया गया है, एक वृत्ताकार पथ का अनुसरण करता है क्योंकि यह प्रत्येक स्थिति में गति की दिशा के समकोण पर एक बल का अनुभव करता है।



चित्र 21.15: आवेशित का पथ एक समान चुंबकीय क्षेत्र में कण

आवेशित कण के वृत्ताकार पथ की त्रिज्या जानने के लिए हम ध्यान देते हैं कि चुंबकीय

बल qvB कण को अभिकेन्द्रीय बल प्रदान करता है

$$\frac{mv^2}{r} = qvB$$

एक चक्र। तो, हम लिख सकते हैं

$$r = \frac{mv}{qB}$$

पुनर्व्यवस्थित करने पर हमें प्राप्त होता है

$$\text{आर} = \frac{\text{एमवी}}{\text{क्यूबी}} \quad (21.11)$$

एक समान चुंबकीय क्षेत्र में आवेशित कण द्वारा अनुरेखित पथ की त्रिज्या सीधी होती है इसके संवेग (एमवी) के समानुपाती और इसके आवेश और चुंबकीय के व्युत्क्रमानुपाती मैदान। इसका मतलब है कि गति जितनी अधिक होगी, वृत्त उतना ही बड़ा होगा और क्षेत्र उतना मजबूत होगा घेरा छोटा। वृत्ताकार पथ में कण के घूमने की समयावधि निम्न द्वारा दी गई है

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{Bq} \quad (21.12)$$

ध्यान दें कि समयावधि कण के वेग और त्रिज्या से स्वतंत्र है की परिक्रमा। इसका मतलब यह है कि एक बार जब कण चुंबकीय क्षेत्र में होगा, तो वह चक्कर लगाएगा समान त्रिज्या के वृत्त में गोल। यदि m , B , q स्थिर रहते हैं, तो समयावधि नहीं रहती है v और R बदल जाने पर भी परिवर्तन।

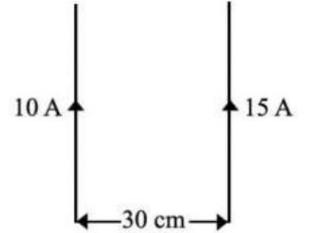
अब सोचिए, आर और टी का क्या होगा यदि (ए) फील्ड बी को मजबूत बनाया जाए, (बी) फील्ड बी को बनाया जाए कमजोर, (सी) क्षेत्र बी का अस्तित्व समाप्त हो जाता है, (डी) बी की दिशा बदल जाती है, (ई) कण बन जाता है उच्च गति से चुंबकीय क्षेत्र में प्रवेश करने के लिए, (एफ) कण बी के कोण पर प्रवेश करता है (छ) आवेशित कण अपना आवेश खो देता है।

उदाहरण 21.3

चित्र 21.16 देखें और तारों के बीच बल की गणना करें 10 ए और 15 ए धारा प्रवाहित कर रहे हैं, यदि उनकी लंबाई 5 मीटर है। क्या है इस बल की प्रकृति?

समाधान :

जब दो लम्बे समानान्तर तारों में धारा प्रवाहित होती है दिशा, तार एक दूसरे को आकर्षित करते हैं और आकर्षण बल द्वारा दिया जाता है



चित्र 21.16

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10 \times 15}{2\pi \times 0.3} = 10 \text{ एनएम}^{-1}$$

$$F = 5 \times 10^{-4} \text{ एनएम}^{-1}$$

बल प्रकृति में आकर्षक है

उदाहरण 21.4

$3 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$ वेग वाला एक इलेक्ट्रॉन एक समान चुंबकीय क्षेत्र में एक वृत्ताकार पथ का वर्णन करता है 0.2 टी का क्षेत्र, इसके लंबवत। पथ की त्रिज्या की गणना करें।

समाधान :

हम वह जानते हैं

$$\text{आर} = \frac{\text{एमवी}}{\text{क्यूबी}}$$

यहाँ, $m_e = 9 \times 10^{-31}$ किग्रा, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, $v = 3 \times 10^7$ ms⁻¹ और $B = 0.2$ T।

इस तरह,

$$\text{आर} \approx \frac{9 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^7}{0.2 \times 1.6 \times 10^{-19}} \approx 8.5 \times 10^4 \text{ मी}^4$$

पाठगत प्रश्न 21.3

- प्रोटॉनों की एक धारा इलेक्ट्रॉनों की धारा के समानांतर लेकिन विपरीत दिशा में चल रही है दिशा। उनके बीच बल की प्रकृति क्या है?
- विद्युत और चुंबकीय दोनों क्षेत्र एक इलेक्ट्रॉन को विक्षेपित कर सकते हैं। क्या अंतर है उन दोनों के बीच?
- एक पिंड ऊर्ध्वाधर स्प्रिंग से लटका हुआ है। जब स्प्रिंग से धारा प्रवाहित की जाती है तो वस्तु की स्थिति पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

21.9 वर्तमान लूप एक द्विध्रुव के रूप में

समीकरण से. 21.2, आपको याद होगा कि कुंडल के केंद्र पर क्षेत्र द्वारा दिया गया है

$$B = \frac{\mu_0 I}{2a}$$

अंश और हर को $2\pi r$ से गुणा करने पर

, हम इसे इस प्रकार पुनः लिख सकते हैं

$$B = \frac{\mu_0 I 2\pi r}{2\pi r}$$

$$B = \frac{\mu_0 IA}{4\pi a^3}$$

$$B = \frac{\mu_0 M}{4\pi a^3} \quad (21.13)$$

जहाँ A कुंडल का क्षेत्रफल है और $M (=AI)$ चुंबकीय क्षण है। इससे पता चलता है कि एक विद्युत धारा प्रवाहित कुंडली उत्तरी और दक्षिणी ध्रुव वाले चुंबकीय द्विध्रुव की तरह व्यवहार करती है। लूप का एक मुख उत्तरी ध्रुव की तरह व्यवहार करता है जबकि दूसरा दक्षिणी ध्रुव की तरह व्यवहार करता है।

आइए अब एक सरल कार्यकलाप करें।

गतिविधि 21.2

जैसा चित्र 21.17 में दिखाया गया है, घोड़े की नाल के मैग्नेट के ध्रुव के टुकड़ों के बीच एक बार चुंबक को धागे से लटकाएं।

क्या होगा जब चित्र 21.17 (ए) में दिखाया गया बार चुंबक थोड़ा बगल में विस्थापित हो जाता है? चूंकि ध्रुव प्रतिकर्षित करते हैं, इसलिए बार चुंबक एक टॉर्क का अनुभव करता है और घूमने लगता है

180° से गुजरें और संरेखित हो जाएं, जैसा कि इसमें दिखाया गया है चित्र 21.17 (बी)। चूँकि एक करंट लूप व्यवहार करता है एक चुंबक के रूप में, यह बाहरी क्षेत्र में संरेखित होगा उसी तरह से।

21.10 इलेक्ट्रोस्टैटिक

वर्तमान लूप का एनालॉग

आप पहले ही निम्नलिखित का अध्ययन कर चुके हैं इलेक्ट्रोस्टैटिक्स पर पाठ में समीकरण। किसी दूर बिंदु पर किसी द्विध्रुव का विद्युत क्षेत्र (मान लीजिए) इसके केंद्र से r दूरी पर) इसके अक्ष पर दिया गया है

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2q}{r^3} \quad (21.13 \text{ ए})$$

किसी धारा प्रवाहित कुंडली के कारण उसके अक्ष पर (इसके केंद्र पर और यदि r है) चुंबकीय क्षेत्र (त्रिज्या) द्वारा दी गई है

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I}{r^3} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2M}{r^3} \quad (21.13 \text{ बी})$$

जहाँ M चुंबकीय द्विध्रुव आघूर्ण है।

इन अभिव्यक्तियों के बीच तुलना हमें निम्नलिखित उपमाओं की ओर ले जाती है:

एल एक धारा लूप चुंबकीय क्षण के साथ चुंबकीय द्विध्रुव के रूप में व्यवहार करता है,

$$M = I A \quad (21.13 \text{ सी})$$

एल चुंबकीय द्विध्रुव के ध्रुवों की तरह, वर्तमान लूप के दो चेहरे अविभाज्य हैं।

। एक समान चुंबकीय क्षेत्र में एक चुंबकीय द्विध्रुव विद्युत के समान व्यवहार करता है एक समान विद्युत क्षेत्र में द्विध्रुव।

। एक चुंबकीय द्विध्रुव के चारों ओर विद्युत क्षेत्र के समान एक चुंबकीय क्षेत्र भी होता है एक विद्युत द्विध्रुव के चारों ओर।

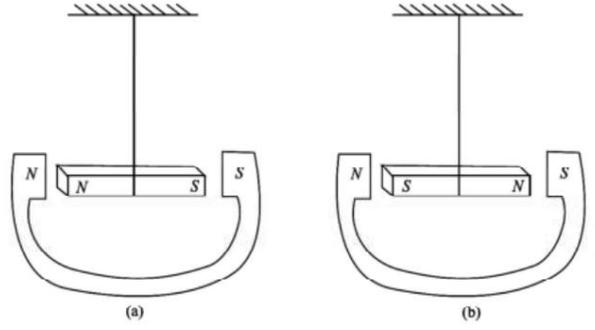
इस प्रकार, चुंबकीय द्विध्रुव के कारण चुंबकीय क्षेत्र उससे दूरी r के अक्षीय बिंदु पर होता है केंद्र द्वारा दिया गया है

$$B = \frac{\mu_0 M}{4\pi r^3} \quad (21.13 \text{ डी})$$

जबकि विषुवतरेखीय बिंदु पर क्षेत्र द्वारा दिया जाता है

$$B = \frac{\mu_0 M}{4\pi r^3} \quad (21.13 \text{ ई})$$

इलेक्ट्रोस्टैटिक एनालॉग: यदि उपरोक्त समीकरण (समीकरण 21.13 डी) चुंबकीय के लिए व्युत्पन्न है द्विध्रुव की तुलना विद्युत द्विध्रुव के समीकरण (समीकरण 21.13 ए) से की जाती है, हम यह निष्कर्ष निकालते हैं



चित्र 21.17: एक छड़ चुंबक के बीच लटका हुआ है घोड़े की नाल का चुंबक.

बड़ी दूरी पर चुंबकीय क्षण M के एक बार चुंबक के कारण चुंबकीय क्षेत्र समरूप होता है किसी विद्युत क्षेत्र में द्विध्रुव आघूर्ण P के विद्युत द्विध्रुव के बराबर। इसी संबंधों को नीचे दिए अनुसार बताया जा सकता है,

$$\text{ईबीपीएम,} \quad \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \square \quad \frac{\mu_0}{4\pi}$$

उदाहरण 21.5

चुंबकीय क्षण का सबसे छोटा मान (परमाणु में परिक्रमा करने वाले इलेक्ट्रॉन से जुड़ा) है

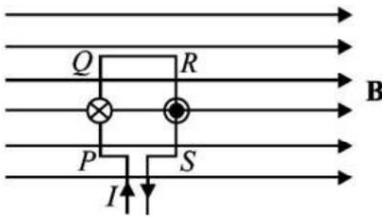
बोह मैग्नेटन बी कहा जाता है $\mu = \frac{e\hbar}{4\pi m}$. यह एक मौलिक स्थिरांक है. इसके मूल्य की गणना करें.

समाधान :

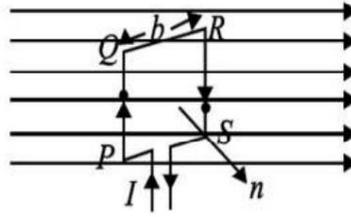
$$\mu = \frac{e\hbar}{4\pi m} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \text{ सी (6.6 \times 10^{-34} \text{ जेएस})}}{4 \times 3.14 (9 \times 10^{-31} \text{ किग्रा})} = 9.34 \times 10^{-24} \text{ जेटी}^2$$

21.11 वर्तमान लूप पर टॉर्क

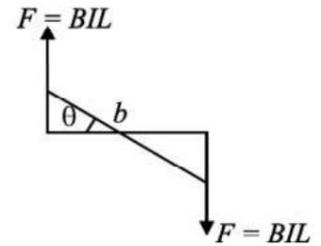
धारा प्रवाहित तार का एक लूप 'PQRS' (L और b क्रमशः लंबाई और चौड़ाई हैं)। एक समान चुंबकीय क्षेत्र में रखा गया (बी) उस पर कोई शुद्ध बल नहीं बल्कि एक टॉर्क कार्य का अनुभव करता है। यह टॉर्क अपने विमान को क्षेत्र की दिशा में लंबवत लाने के लिए लूप को घुमाता है। यह वह सिद्धांत है जो सभी विद्युत मोटरों, मीटरों आदि के संचालन को रेखांकित करता है। आइए जांच करें एक आयताकार धारा प्रवाहित लूप के प्रत्येक पक्ष पर बल जहां समतल एक के समानांतर है एकसमान चुंबकीय क्षेत्र बी. चित्र 21.18 (ए) देखें।



(ए) लूप समानांतर है फील्ड



(बी) कुंडली लंबवत है फील्ड में



(सी) धारा पर टॉर्क ले जाने वाला लूप.

चित्र 21.18: एक आयताकार लूप के किनारों पर बल जब

लूप की भुजाएँ 'PS' और 'QR' B के समानांतर हैं। इसलिए, उन पर कोई बल कार्य नहीं करेगा। हालाँकि, भुजाएँ 'PQ' और 'RS', B के लंबवत हैं, और इन पर अधिकतम बल का अनुभव होता है। हम 'PQ' और 'RS' पर बल की दिशा आसानी से ज्ञात कर सकते हैं।

वास्तव में, $|FPQ| = |FRS|$ और ये विपरीत दिशाओं में कार्य करते हैं। इसलिए, कोई शुद्ध बल नहीं है पाश पर। चूँकि FPQ और FRS एक ही रेखा पर कार्य नहीं करते हैं, वे उस पर एक बलाघूर्ण लगाते हैं लूप जो इसे घुमाता है। यह चुंबकीय क्षेत्र में किसी भी आकार के करंट लूप के लिए अच्छा है मैदान।

यदि लूप का तल चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत है, तो ऐसा नहीं होगा इस पर कोई शुद्ध बल न ही कोई शुद्ध बल आघूर्ण हो [चित्र 21.18 (बी) देखें]।

$$\text{टॉर्क} = \text{बल} \times \text{बलों के बीच लंबवत दूरी}$$

$$= \text{बीआईएल बी पाप} \square$$

चित्र 21.18 (बी) और (सी) देखें जो एक लूप पीक्यूआरएस दिखाता है जिसमें धारा I प्रवाहित होती है। \square चुंबकीय क्षेत्र बी और कुंडल के तल पर सामान्य (एन) के बीच का कोण है। फिर, टॉर्क है

$$\square = \text{एनबीआईएल बी पाप} \square$$

जहाँ N कुंडली के घुमावों की संख्या है। हम इसे इस प्रकार पुनः लिख सकते हैं,

$$|\square| = \text{एनबीआईए पाप} \square$$

□□□□□□

जहाँ A (= L × b) कुंडली का क्षेत्रफल है।

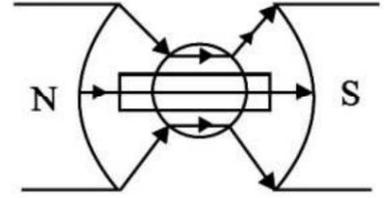
$$|\square| = \text{बी (एनआईए) पाप} \square$$

$$|\square| = |\text{बी}| |\text{एम}| \text{पाप} \square$$

(21.15)

जहाँ M (=NIA) को धारावाही कुंडली के चुंबकीय आघूर्ण के रूप में जाना जाता है। इस प्रकार, हम देखते हैं कि टॉर्क B, A, I, N और \square पर निर्भर करता है।

यदि चुंबकीय क्षेत्र में लूप का एक समान घुमाव वांछित है, तो हमें एक स्थिर टॉर्क की आवश्यकता होती है। यदि कुंडली का तल हमेशा चुंबकीय क्षेत्र के अनुदिश या समानांतर हो तो युग्म लगभग स्थिर रहेगा। यह चुंबक के ध्रुव के टुकड़ों को घुमावदार बनाकर और केंद्र में एक नरम लोहे की कोर रखकर प्राप्त किया जाता है ताकि एक रेडियल क्षेत्र दिया जा सके। लूप के अंदर रखा नरम लोहे का कोर चुंबकीय क्षेत्र को भी मजबूत और एक समान बना देगा जिसके परिणामस्वरूप अधिक टॉर्क होगा (चित्र 21.19 देखें)।

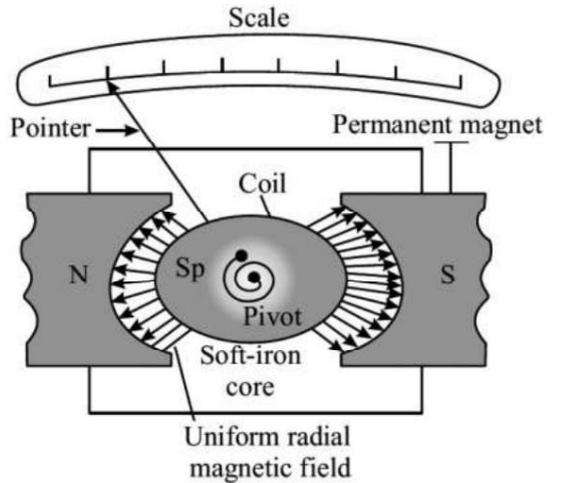


चित्र 21.19: रेडियल क्षेत्र में एक कुंडली पर स्थिर बलाघूर्ण

21.12 गैल्वेनोमीटर

अब तक आपने जो सीखा है, उससे आप किसी भी सर्किट में करंट का पता लगाने के लिए एक उपकरण के बारे में सोच सकते हैं। ठीक ऐसा करने वाले उपकरण को गैल्वेनोमीटर कहा जाता है, जो इस सिद्धांत पर काम करता है कि एक विद्युत धारा प्रवाहित करने वाली कुंडली, जब चुंबकीय क्षेत्र में रखी जाती है, तो एक टॉर्क का अनुभव करती है।

गैल्वेनोमीटर में एक गैर-चुंबकीय फ्रेम पर कुंडल घाव होता है। कुंडल के अंदर एक नरम लोहे का सिलेंडर रखा जाता है। असेंबली एक पॉइंटर के साथ स्प्रिंग्स से जुड़े दो पिवोट्स पर समर्थित है। इसे रेडियल क्षेत्र प्रदान करने वाले घोड़े की नाल चुंबक के ध्रुव टुकड़ों के बीच रखा जाता है (चित्र 21.20 देखें)।



चित्र 21.20: एक गतिमान कुंडल गैल्वेनोमीटर

गतिमान कुंडल गैल्वेनोमीटर की कार्यप्रणाली को समझने के लिए, हम याद करते हैं कि जब कुंडल के माध्यम से धारा प्रवाहित की जाती है, तो यह उस पर लगने वाले बलाघूर्ण के कारण घूमेगा। स्प्रिंग एक पुनर्स्थापना बल स्थापित करता है और इसलिए, एक पुनर्स्थापना बलाघूर्ण स्थापित करता है। यदि θ मोड़ का कोण है और k प्रति इकाई मोड़ या मरोड़ वाला पुनर्स्थापन टॉर्क है, तो हम NBIA पाप $\theta = k\theta$ लिख सकते हैं। $\theta = 90^\circ$ के लिए, तो पाप $\theta = 1$. तो, तत्काल मामले में, हम लिख सकते हैं

$$\text{एनबीआईए} = \text{के}\theta$$

$$\theta = \frac{k\alpha}{\text{एनबीए}}$$

□□□□□□

कहाँ $\frac{k}{\text{एनबीए}}$ गैल्वेनोमीटर स्थिरांक कहलाता है। इससे हम यह निष्कर्ष निकालते हैं कि एन.बी.ए

$$\alpha \text{ में } \theta$$

अर्थात् गैल्वेनोमीटर में उत्पन्न विक्षेप धारा प्रवाह के समानुपाती होता है

इसके माध्यम से बशर्ते कि N , B , A और k स्थिर हों। अनुपात $\frac{\alpha}{\theta}$ वर्तमान संवेदनशीलता के रूप में जाना जाता है

गैल्वेनोमीटर का। इसे प्रति इकाई धारा कुंडली के विक्षेपण के रूप में परिभाषित किया गया है। करंट जितना अधिक होगा टॉर्क उतना ही मजबूत होगा और कॉइल अधिक घूमेगी। गैल्वेनोमीटर का निर्माण बहुत छोटी धाराओं ($0.1 \mu\text{A}$ के क्रम में) पर प्रतिक्रिया करने के लिए किया जा सकता है।

गैल्वेनोमीटर की संवेदनशीलता: अधिक संवेदनशील गैल्वेनोमीटर प्राप्त करने के लिए,

आर एन बड़ा होना चाहिए

आर बी बड़ा, एकसमान और रेडियल होना चाहिए

आर कॉइल का क्षेत्रफल बड़ा होना चाहिए और

आर टोर्टनल स्थिरांक छोटा होना चाहिए।

एन और ए के मूल्यों को एक निश्चित सीमा से अधिक नहीं बढ़ाया जा सकता है। एन और ए के बड़े मान विद्युत और जड़त्व प्रतिरोध और गैल्वेनोमीटर के आकार में वृद्धि करेंगे।

बी को एक मजबूत धोड़े की नाल चुंबक का उपयोग करके और कुंडल को नरम लोहे की कोर पर चढ़ाकर बढ़ाया जा सकता है। क्वार्ट्ज या फॉस्फर कांस्य जैसी सामग्रियों के उपयोग से k का मूल्य कम किया जा सकता है।

21.13 एक एमीटर और एक वोल्टमीटर

(ए) एमीटर: एक एमीटर एक उपयुक्त रूप से शंट किया गया गैल्वेनोमीटर है। सर्किट में करंट का मान देने के लिए इसका स्केल कैलिब्रेट किया जाता है। गैल्वेनोमीटर को एमीटर में बदलने के लिए गैल्वेनोमीटर के समानांतर एक कम प्रतिरोध तार जोड़ा जाता है। शंट का प्रतिरोध एमीटर की सीमा पर निर्भर करता है और इसकी गणना निम्नानुसार की जा सकती है:

मान लीजिए G गैल्वेनोमीटर का प्रतिरोध है और N गैल्वेनोमीटर में स्केल डिवीजनों की संख्या है। मान लीजिए कि गैल्वेनोमीटर में एक स्केल विक्षेपण के लिए k योग्यता या धारा के आंकड़े को दर्शाता है। तब गैल्वेनोमीटर में पूर्ण पैमाने पर विक्षेप उत्पन्न करने वाली धारा $I = Nk$ है।

॥

मान लीजिए I गैल्वेनोमीटर द्वारा मापी जाने वाली अधिकतम धारा है।

चित्र 21.21 देखें। बिंदु A और B के बीच वोल्टेज द्वारा दिया गया है

$$वीएबी = \frac{आईजी}{जी} = \frac{(आई - आई)एस}{जी}$$

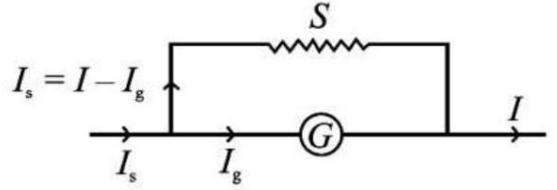
$$एस = \frac{आईजी}{द्वितीय} \quad (21.17)$$

जहाँ S शंट प्रतिरोध है।

चूंकि जी और एस समानांतर हैं, एमीटर का प्रभावी प्रतिरोध आर द्वारा दिया गया है

$$आर = \frac{जी एस}{जी + एस} \quad (21.18)$$

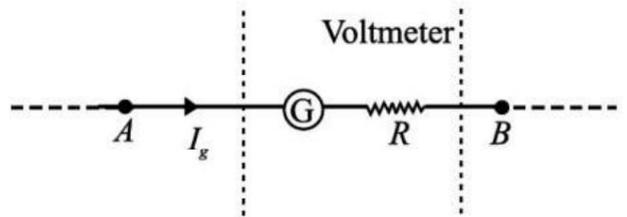
चूंकि शंट प्रतिरोध छोटा है, गैल्वेनोमीटर और शंट का संयुक्त प्रतिरोध बहुत कम है और इसलिए, एमीटर का प्रतिरोध गैल्वेनोमीटर की तुलना में कम है। एक आदर्श एमीटर का प्रतिरोध लगभग नगण्य होता है। यही कारण है कि जब इसे किसी सर्किट में श्रृंखला में जोड़ा जाता है, तो सारी धारा बिना किसी ध्यान देने योग्य गिरावट के इसके माध्यम से गुजरती है।



चित्र 21.21: एक शंटेड गैल्वेनोमीटर एक एमीटर के रूप में कार्य करता है

(बी) वोल्टमीटर: एक वोल्टमीटर का उपयोग सर्किट में दो बिंदुओं के बीच संभावित अंतर को मापने के लिए किया जाता है। हम गैल्वेनोमीटर कॉइल के साथ श्रृंखला में एक उच्च प्रतिरोध को जोड़कर गैल्वेनोमीटर को वोल्टमीटर में बदल सकते हैं, जैसा कि चित्र 21.22 में दिखाया गया है। प्रतिरोध का मान वोल्टमीटर की सीमा पर निर्भर करता है और इसकी गणना निम्नानुसार की जा सकती है:

एक उच्च प्रतिरोध, मान लीजिए R, गैल्वेनोमीटर कॉइल के साथ श्रृंखला में जुड़ा हुआ है। यदि AB के सिरों पर विभवांतर V वोल्ट है, तो वोल्टमीटर का कुल प्रतिरोध G + R होगा। ओम के नियम से, हम लिख सकते हैं



चित्र 21.22: वोल्टमीटर के रूप में गैल्वेनोमीटर

$$\frac{वी}{जी + आर} = I_g$$

$$जी + आर = \frac{वी}{I_g}$$

$$आर = \frac{वी}{I_g} - जी \quad (21.19)$$

इसका मतलब यह है कि यदि एक प्रतिरोध आर गैल्वेनोमीटर के कुंडल के साथ श्रृंखला में जुड़ा हुआ है, तो यह 0 - वी वोल्ट रेंज के वोल्टमीटर के रूप में काम करता है।

अब गैल्वेनोमीटर का वही पैमाना जो अधिकतम विभव रिकार्ड कर रहा था (न $\times G$) रूपांतरण से पहले संभावित V को वोल्टमीटर में परिवर्तित करने के बाद रिकॉर्ड करेगा। पैमाने को तदनुसार अंशांकित किया जा सकता है। वोल्टमीटर का प्रतिरोध प्रतिरोध से अधिक होता है गैल्वेनोमीटर का. वोल्टमीटर का प्रभावी प्रतिरोध, द्वारा दिया जाता है

$$\text{आरवी} = \text{आर} + \text{जी} \quad (21.20)$$

एक आदर्श वोल्टमीटर का प्रतिरोध अनंत होता है। यह बिंदुओं के समानांतर जुड़ा हुआ है एक परिपथ में किस संभावित गिरावट को मापा जाना है। यह कोई करंट नहीं खींचेगा. लेकिन गैल्वेनोमीटर का तार विक्षेपित हो जाता है। असंभव लगता है! इसके बारे में सोचो।

उदाहरण 21.6

30 फेरों और 8.0 सेमी त्रिज्या वाली एक वृत्ताकार कुंडली, जिसमें 6.0 A विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है, निलंबित है 1.0 T परिमाण के एकसमान क्षेत्रीय चुंबकीय क्षेत्र में लंबवत रूप से क्षेत्र रेखाएँ बनती हैं कुंडली के अभिलंब के साथ 90° का कोण। काउंटर टॉर्क के परिमाण की गणना करें इसे कुंडल को मुड़ने से रोकने के लिए लगाया जाना चाहिए।

समाधान :

$$\text{यहाँ, } N = 30, I = 6.0 \text{ A, } B = 1.0 \text{ T, } \theta = 90^\circ, r = 8.0 \text{ सेमी} = 8 \times 10^{-2} \text{ मीटर}$$

$$\text{कुण्डली का क्षेत्रफल (A)} = \pi r^2 = \pi (8 \times 10^{-2})^2 = 2.01 \times 10^{-2} \text{ मी}^2$$

$$\text{टोर्क} = \text{एनआईएबी पाप} \sin \theta$$

$$= 30 \times 6 \times (2.01 \times 10^{-2}) \times 1 \times \sin 90^\circ$$

$$= 30 \times 6 \times 2.01 \times 10^{-2} = 3.61 \text{ एनएम}$$

उदाहरण 21.7

12.0 Ω प्रतिरोध की कुंडली वाला एक गैल्वेनोमीटर एक पूर्ण पैमाने पर विक्षेप दर्शाता है 2.5 mA का करंट. आप इसे (ए) रेंज 0 - 2 ए के एमीटर में कैसे परिवर्तित करेंगे, और (बी) 0 - 10 वोल्ट रेंज का वोल्टमीटर?

समाधान :

$$\text{(ए) यहाँ, जी} = 12.0 \Omega, \text{ आई} = 2.5 \text{ एमए} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ ए और आई} = 2 \text{ ए}$$

समीकरण से. 21.17, हमारे पास है

$$\text{एस} = \frac{\text{आईजी}}{\text{द्वितीय जी}}$$

$$= \frac{2.5 \times 10^{-3} \times 12}{2 \times (2.5 \times 10^{-3})} = 15 \times 10^{-3}$$

तो, गैल्वेनोमीटर को 0 - 2A पढ़ने के लिए एक एमीटर में परिवर्तित करने के लिए, एक शंट $15 \times 10^{-3} \Omega$ प्रतिरोध को कुंडली के समानांतर जोड़ा जाना चाहिए।

(बी) वोल्टमीटर में रूपांतरण के लिए, मान लीजिए कि श्रृंखला में जोड़ा जाने वाला प्रतिरोध R है।

समीकरण से. 21.19, हमारे पास है

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10}{2.5 \times 10^{-3}} = 4000 \text{ } \square \square \square 12 \text{ } 4000 \text{ } 12 \text{ } 3988$$

इस प्रकार, गैल्वेनोमीटर को परिवर्तित करने के लिए 3988 \square का प्रतिरोध श्रृंखला में जोड़ा जाना चाहिए वोल्टमीटर में.

पाठगत प्रश्न 21.4

- रेडियल चुंबकीय क्षेत्र क्या है?
- चलती कुंडल गैल्वेनोमीटर में नरम लोहे के कोर का मुख्य कार्य क्या है?
- किसका प्रतिरोध सबसे कम है - एमीटर, वोल्टमीटर या गैल्वेनोमीटर? व्याख्या करना।
- 20 \square प्रतिरोध की कुंडली वाले गैल्वेनोमीटर को पूर्ण पैमाने के लिए 20 mA धारा की आवश्यकता होती है
विक्षेपण. गैल्वेनोमीटर के माध्यम से 3A की अधिकतम धारा प्रवाहित करने के लिए,
क्या प्रतिरोध जोड़ा जाना चाहिए और कैसे?

आपने क्या सीखा है

एल ओस्टेड प्रयोग ने स्थापित किया कि विद्युत धारा के चारों ओर एक चुंबकीय क्षेत्र होता है कंडक्टर.

। प्रत्येक धारावाही चालक अपने चारों ओर एक चुंबकीय क्षेत्र विकसित करता है। चुंबकीय

फ़्लड बायोट-सावर्ट के नियम, $4\pi r$ द्वारा दिया गया है $| \Delta B |_0 = \frac{\mu_0 I \Delta l \sin \theta}{2r}$.

। विद्युत धारा प्रवाहित करने वाली कुंडली के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र किसके द्वारा दिया जाता है?

$$| B | = \frac{\mu_0 I}{2a} .$$

एल एम्पीयर का परिपथ नियम एक चालक के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण देता है,

$$\oint B \cdot dl = \mu_0 I$$

। एक अनंत लंबे धारावाही चालक के कारण चुंबकीय क्षेत्र $2\pi r$ है

$$| B | = \frac{\mu_0 I}{2a} .$$

। सोलनॉइड के अंदर चुंबकीय क्षेत्र $| B |$ है = $\mu_0 n I$

एल सिरों पर एक परिनालिका के कारण चुंबकीय क्षेत्र 2 है

$$| B | = \frac{\mu_0 I}{2a} .$$

। गतिमान आवेश q पर लोरेंत्ज़ बल $F = q (v \times B)$ है और इसकी दिशा दी गई है
फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम से.

। लंबाई l और चुंबकीय क्षेत्र B में I धारा प्रवाहित करने वाले तार पर यांत्रिक बल $F = I l B$ है।

। धारा प्रवाहित करने वाले समानांतर सीधे चालकों के बीच प्रति इकाई लंबाई पर पारस्परिक बल

$$F \propto \mu_0 I_1 I_2 \text{ और } \frac{2}{r} .$$

में I_1 को $2\pi r$ द्वारा दिया गया है

एल यदि समान धारा प्रवाहित करने वाले और निर्वात या वायु में 1 मीटर की दूरी पर रखे गए दो समानांतर तारों पर $2 \times 10^{-7} \text{ N m}^{-1}$ का पारस्परिक बल लगता है, तो प्रत्येक तार में विद्युत धारा एक एम्पीयर कहलाती है।

। एक आवेशित कण चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत गति करते हुए एक वृत्ताकार पथ का अनुरेखण करता है

$$\text{त्रिज्या का आर} = \frac{\text{एमवी}}{\text{क्यूबी}} .$$

। एक धारा लूप चुंबकीय द्विध्रुव की तरह व्यवहार करता है और इसका चुंबकीय क्षण $M (= AI)$ है जहां A लूप क्षेत्र है और I लूप के माध्यम से धारा प्रवाह है।

एल चुंबकीय क्षेत्र में रखी गई एक विद्युत धारावाही कुंडली द्वारा दिए गए बलाघूर्ण का अनुभव करती है

$$|\tau| = \text{बी} (\text{एनआईए}) \text{ पाप} \tau = |\text{बी}| |\text{एम}| \text{ पाप} \tau$$

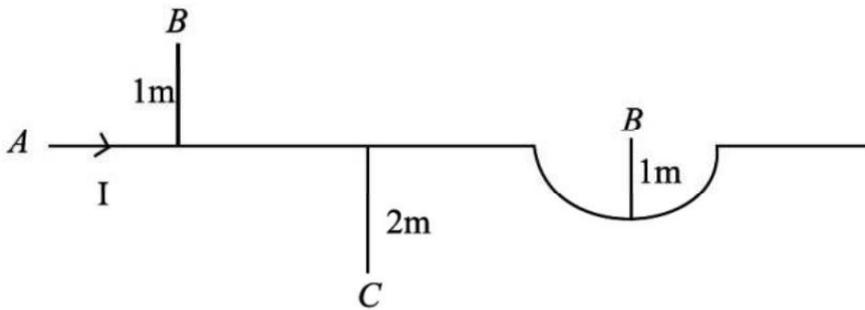
गैल्वेनोमीटर का उपयोग सर्किट में विद्युत धारा का पता लगाने के लिए किया जाता है।

एल एमीटर एक शंटेड गैल्वेनोमीटर है और वोल्टमीटर श्रृंखला में उच्च प्रतिरोध वाला एक गैल्वेनोमीटर है। धारा को एमीटर से तथा विभवान्तर को वोल्टमीटर से मापा जाता है।

टर्मिनल व्यायाम

1. बायोटे सावर्ट नियम बताएं और समझाएं।
2. एक वृत्ताकार धारा लूप की धुरी पर चुंबकीय क्षेत्र के लिए अभिव्यक्ति प्राप्त करें।
3. एम्पीयर का परिपथीय नियम बताइये और समझाइये
4. अनंत दीर्घ विद्युत धारा के कारण चुंबकीय क्षेत्र के लिए अभिव्यक्ति प्राप्त करें कंडक्टर
5. परिनालिका के कारण चुंबकीय क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त करें
6. चुंबकीय क्षेत्र में गतिमान आवेश पर लगने वाले बल का व्यंजक प्राप्त करें।
7. दो समानांतर धाराओं के बीच प्रति इकाई लंबाई पर लगने वाले बल के लिए अभिव्यक्ति प्राप्त करें कंडक्टरों को ले जाना और इस प्रकार इकाई 'एम्पीयर' को परिभाषित करना।
8. एकसमान चुंबकीय धारा में धारा लूप पर लगने वाले बलाघूर्ण के लिए अभिव्यक्ति प्राप्त करें मैदान।
9. गैल्वेनोमीटर के सिद्धांत, निर्माण और कार्यप्रणाली को समझाइये।

10. आप यह कैसे दिखाएंगे कि किसी विद्युत धारावाही चालक के चारों ओर एक चुंबकीय क्षेत्र होता है? आप किसी स्थान विशेष पर इसका परिमाण और दिशा कैसे ज्ञात करेंगे?
11. चुंबकीय क्षेत्र में घूम रहे आवेशित कण पर एक बल कार्य करता है, लेकिन यह बल कार्य करता है कण की गति नहीं बदलती, क्यों?
12. किसी भी क्षण एक आवेशित कण एक लंबी, सीधी विद्युत धारा के समानांतर गति कर रहा है तार। क्या इस पर कोई बल लगता है?
13. एक तार से 10 एम्पीयर की धारा प्रवाहित हो रही है। इसे a के लंबवत रखा गया है
- 5T का चुंबकीय क्षेत्र। इस पर लगने वाले बल की गणना करें $\frac{1}{10}$ एम लंबाई।
14. एक लम्बे सीधे तार में 12 एम्पीयर की धारा प्रवाहित होती है। की तीव्रता की गणना करें इससे 48 सेमी की दूरी पर चुंबकीय क्षेत्र।
15. दो समानांतर तार, प्रत्येक 3 मीटर लंबे, एक दूसरे से 0.05 मीटर की दूरी पर स्थित हैं। प्रत्येक तार में 5 A की धारा समान दिशा में प्रवाहित होती है। तारों पर लगने वाले बल की गणना करें। इसकी प्रकृति पर टिप्पणी करें?
16. 50 सेमी लंबी परिनालिका के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र $4.0 \times 10^{-2} \text{ NA}^{-1} \text{ m}^{-1}$ है जब इसमें 8.0 A की धारा प्रवाहित होती है, परिनालिका में घुमावों की संख्या की गणना करें।
17. दो समान गैल्वेनोमीटर में से एक को एमीटर में तथा दूसरे को मिलीमीटर में परिवर्तित करना है। इनमें से कौन सा शंट अधिक प्रतिरोध वाला होगा?
18. गैल्वेनोमीटर का प्रतिरोध 20 ओम है और 0.005 ए के लिए पूर्ण-चैमाने पर विक्षेपण देता है। इसे 1 ए मापने के लिए एमीटर में बदलने के लिए आवश्यक शंट के मूल्य की गणना करें। एमीटर का प्रतिरोध क्या है?
19. एक इलेक्ट्रॉन 5×10^{-11} मीटर त्रिज्या की वृत्ताकार कक्षा में 7.0×10^{15} चक्कर प्रति सेकंड की दर से घूम रहा है। कक्षा के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र की गणना करें।
20. 200 फेरों वाली, 0.16 मीटर त्रिज्या वाली और 4.8 एम्पीयर धारा प्रवाहित करने वाली एक सपाट वृत्ताकार कुंडली के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र की गणना करें।
21. चित्र 21.23 देखें और A, B और C पर चुंबकीय क्षेत्र की गणना करें।



चित्र 21.23

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

21.1

- (i) विद्युतीय (ii) चुंबकीय और विद्युतीय।
- संतुलन में एक कंडक्टर तटस्थ है यानी इसमें कोई शुद्ध विद्युत प्रवाह नहीं है। इस कारण उनकी यादृच्छिक गति, धर्मल इलेक्ट्रॉन उनके द्वारा उत्पादित चुंबकीय क्षेत्र को रद्द कर देते हैं।
- प्रथम स्थिति में तार की लंबाई $I_1 = 2\pi r$.

दूसरी स्थिति में तार की लंबाई $I_2 = (2\pi r \times 2) \times 2 = 4\pi r$

लेकिन $I_1 = I_2$

$$\frac{2\pi r \times 4\pi r}{2} = \frac{4\pi r \times 2\pi r}{2}$$

का उपयोग करते हुए $|B_1| = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

$$|B_1| = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}, \quad |B_2| = \frac{\mu_0 \times 2I}{2 \times 2\pi r} = 4 \times \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 4B_1$$

अर्थात दो घुमाव वाली कुंडली के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र B चार गुना है पहले मामले में क्षेत्र से अधिक मजबूत।

21.2

- सी
- दोनों नियम धारावाही चालकों के कारण चुंबकीय क्षेत्र को निर्दिष्ट करते हैं।
- (i) बी, (ii) ए, (iii) सी।

4. $\mu_0 I \times \frac{10 \times 10^{-7} \text{ n B}}{0.1 \text{ मी}} = \frac{0.002 \times 10^{-7}}{12\pi} = 50 \text{ मोड़}$

21.3

- बल की प्रकृति आकर्षक होगी क्योंकि प्रोटॉनों की धारा समतुल्य है विपरीत दिशा में इलेक्ट्रॉनों के लिए।
- किसी गतिशील आवेश पर चुंबकीय क्षेत्र द्वारा लगाया गया बल लंबवत होता है आवेश की गति तथा आवेश पर बल द्वारा किया गया कार्य शून्य है। इतना चार्ज का KE नहीं बदलता। विद्युत क्षेत्र में विक्षेपण दिशा में होता है क्षेत्र का। अतः क्षेत्र इसे क्षेत्र रेखाओं की दिशा में त्वरित कर देता है।

3. स्प्रिंग के प्रत्येक घुमाव में धारा की दिशा एक समान होती है। चूंकि समानांतर धाराएं एक ही दिशा में आकर्षण बल लगाओ, मोड़ करीब आ जायेंगे और शरीर को ऊपर की ओर उठाया जाएगा, चाहे झरने में धारा की दिशा कुछ भी हो।

21.4

1. रेडियल चुंबकीय क्षेत्र वह है जिसमें कुंडली का तल उसके समानांतर रहता है।
2. इससे चुंबकीय रेखाओं की भीड़ के कारण चुंबकीय क्षेत्र की ताकत बढ़ जाती है नरम लौह कोर के माध्यम से बल का, जो बदले में संवेदनशीलता को बढ़ाता है गैल्वेनोमीटर.
3. एमीटर का प्रतिरोध सबसे कम होता है जबकि वोल्टमीटर का प्रतिरोध सबसे अधिक होता है। में एक कम प्रतिरोध वाला एमीटर गैल्वेनोमीटर कॉइल के समानांतर जुड़ा हुआ है वोल्टमीटर में एक उच्च प्रतिरोध इसके साथ श्रेणीक्रम में जुड़ा होता है।
4. एक कम प्रतिरोध रुपये को कुंडल के समानांतर जोड़ा जाना चाहिए:

$$\text{आर} = \frac{\text{जीआई}}{\text{द्वितीय}} \frac{20 (20 \ 10) \ 3 (20)^3}{10^3} = 0.13 \Omega$$

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

13. 5 एन
14. 5 एन
15. 10-4 N m-1 का आकर्षक बल
16. $\frac{625}{\pi}$ मोड़ों
18. 0.1 एन
19. 4.48 एन
20. 1.2 एन
21. BA = 2 × 10⁻⁷ T, BB = 10⁻⁷ T और BC = 10⁻⁷ T



इलेक्ट्रोमैग्नेटिक इंडक्शन

परिचय

बिजली हमारे लिए उपलब्ध ऊर्जा का सबसे सुविधाजनक रूप है। यह हमारे घरों को रोशन करता है, रेलगाड़ियाँ चलाता है, संचार उपकरण चलाता है और हमारे जीवन को आरामदायक बनाता है। हम अपने घरों में जिन विद्युत उपकरणों का उपयोग करते हैं उनकी सूची बहुत लंबी है। क्या आपने कभी सोचा है कि बिजली का उत्पादन कैसे होता है?

जल-विद्युत का उत्पादन एक जनरेटर द्वारा किया जाता है जो पानी की ऊर्जा का उपयोग करके टरबाइन द्वारा चलाया जाता है। कोयला, गैस या परमाणु ईंधन बिजली स्टेशन में, जनरेटर चलाने के लिए टरबाइन भाप का उपयोग करता है। टाउन सबस्टेशन से केबल के माध्यम से बिजली हमारे घरों तक पहुंचती है। क्या आपने कभी किसी विद्युत उपकेंद्र का दौरा किया है? वहां कौन सी बड़ी-बड़ी मशीनें लगी हैं? इन मशीनों को ट्रांसफार्मर कहा जाता है। जनरेटर और ट्रांसफार्मर ऐसे उपकरण हैं, जो मूल रूप से हमें बिजली आसानी से उपलब्ध कराते हैं। ये उपकरण विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धांत पर आधारित हैं।

इस पाठ में आप विद्युत चुम्बकीय प्रेरण, इसे नियंत्रित करने वाले कानूनों और इस पर आधारित उपकरणों का अध्ययन करेंगे। आप विद्युत जनरेटर, ट्रांसफार्मर के निर्माण और कार्यप्रणाली और हमें विद्युत शक्ति प्रदान करने में उनकी भूमिका का भी अध्ययन करेंगे। इस अध्याय में भँवर धारा और उसके अनुप्रयोग का संक्षिप्त विचार भी किया जाएगा।

उद्देश्य

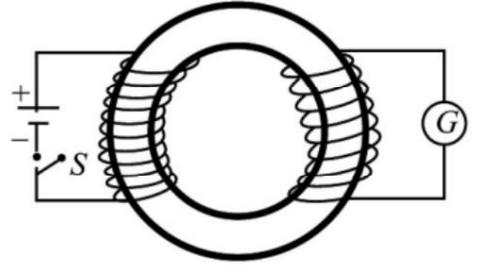
इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

- मैं सरल प्रयोगों से विद्युत चुम्बकीय प्रेरण की घटना की व्याख्या कर सकूंगा;
- मैं फेराडे और लेन्ज़ के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियमों की व्याख्या कर सकूंगा;
- मैं भँवर धाराओं की अवधारणा को जानता हूँ;
- मैं गतिशील ईएमएफ की अवधारणा को समझ पाऊंगा;
- स्व-प्रेरण और पारस्परिक प्रेरण की घटनाओं का वर्णन कर सकेंगे ;
- मैं एसी और डीसी जनरेटर की कार्यप्रणाली का वर्णन करूंगा।

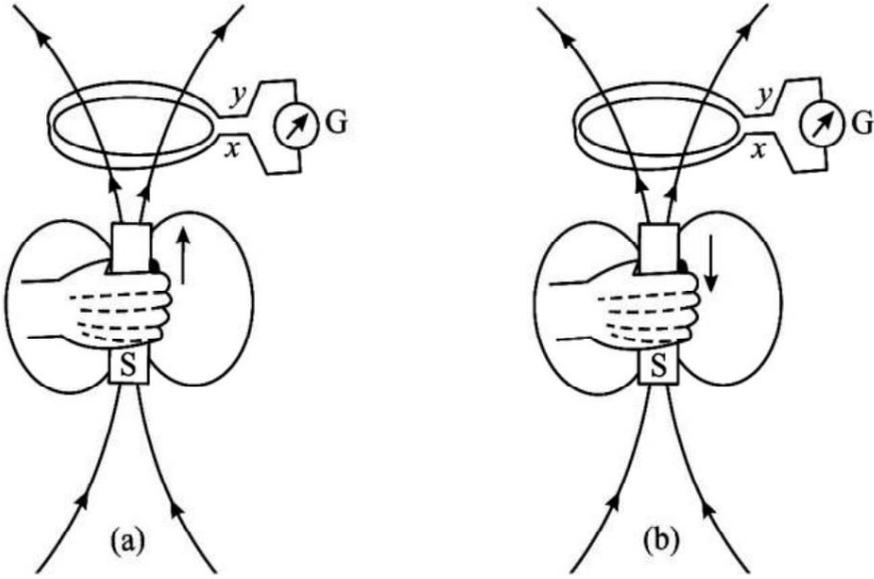
22.1 विद्युत चुम्बकीय प्रेरण

पिछले पाठ में आपने सीखा कि तार में स्थिर धारा एक स्थिर चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। फेराडे ने शुरू में (और गलती से) सोचा था कि एक स्थिर चुंबकीय क्षेत्र विद्युत प्रवाह उत्पन्न कर सकता है। चुंबकीय रूप से प्रेरित धाराओं पर उनकी कुछ जांचों में चित्र 22.1 में दिखाई गई व्यवस्था के समान व्यवस्था का उपयोग किया गया था। बायीं ओर कुंडली में विद्युत धारा

लोहे की अंगूठी में केंद्रित एक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है। दाईं ओर का तार गैल्वेनोमीटर जी से जुड़ा है, जो उस सर्किट में प्रेरित धारा की उपस्थिति का संकेत दे सकता है। यह देखा गया है कि स्थिर धारा प्रवाह के लिए G में कोई विक्षेप नहीं होता है, लेकिन जब बाएं सर्किट में स्विच S बंद होता है, तो गैल्वेनोमीटर एक पल के लिए विक्षेप दिखाता है। इसी प्रकार, जब स्विच एस खोला जाता है, तो क्षणिक विक्षेपण दर्ज किया जाता है लेकिन विपरीत दिशा में। इसका मतलब है कि करंट तभी प्रेरित होता है जब बाईं ओर सर्किट में करंट के कारण चुंबकीय क्षेत्र बदलता है।



चित्र 22.1: दो कुंडलियाँ एक लोहे की रिंग के चारों ओर लपेटी गई हैं। जब स्विच खोला या बंद किया जाता है तो गैल्वेनोमीटर जी एक क्षण के लिए विक्षेपित हो जाता है



चित्र 22.2: जब (ए) चुंबक कुंडली से दूर (बी) की ओर बढ़ता है तो कुंडली में विद्युत धारा प्रेरित होती है।

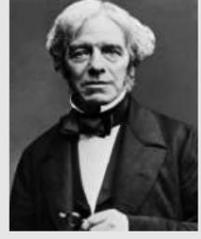
परिवर्तन के महत्व को चित्र 22.2 में दिखाई गई व्यवस्था द्वारा भी प्रदर्शित किया जा सकता है। यदि चुंबक कुंडली के सापेक्ष आराम की स्थिति में है, तो कुंडली में कोई विद्युत धारा प्रेरित नहीं होती है। लेकिन जब चुंबक को कुंडली की ओर ले जाया जाता है, तो चित्र 22.2 (ए) में दर्शाई गई दिशा में धारा प्रेरित होती है। इसी प्रकार, यदि चुंबक को कुंडली से दूर ले जाया जाता है, तो धारा विपरीत दिशा में प्रेरित होती है, जैसा चित्र 22.2 (बी) में दिखाया गया है। ध्यान दें कि दोनों ही मामलों में, कुंडली के पड़ोस में चुंबकीय क्षेत्र बदल जाता है। यदि इसे चुंबक के सापेक्ष घुमाया जाए तो कुंडल के माध्यम से एक प्रेरित धारा प्रवाहित होती हुई भी देखी जाती है। किसी सर्किट में ऐसी धाराओं की उपस्थिति कुंडली के मुक्त सिरों, यानी, x और y पर एक प्रेरित इलेक्ट्रोमोटिव बल (ईएमएफ) के अस्तित्व को दर्शाती है।

यह घटना जिसमें एक चुंबकीय क्षेत्र एक ईएमएफ प्रेरित करता है उसे विद्युत चुम्बकीय प्रेरण कहा जाता है। फैराडे की प्रतिभा ने इस कार्य के महत्व को पहचाना और इसका अनुसरण किया।

इस घटना के मात्रात्मक विवरण को फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम के रूप में जाना जाता है। हम अभी इस पर चर्चा करेंगे।

माइकल फैराडे (1791-1867)

ब्रिटिश प्रायोगिक वैज्ञानिक माइकल फैराडे एक ऐसे व्यक्ति का उत्कृष्ट उदाहरण हैं जो कड़ी मेहनत, दृढ़ता, विज्ञान और मानवता के प्रति प्रेम से महान बने। उन्होंने बुक बाइंडर के साथ एक प्रशिक्षु के रूप में अपना कैरियर शुरू किया, लेकिन बाइंडिंग के लिए उन्हें जो विज्ञान की किताबें मिलीं, उन्हें पढ़ने के अवसर का उपयोग किया। उन्होंने अपने नोट्स सर हम्फ्री डेवी को भेजे, जिन्होंने तुरंत उस युवक की प्रतिभा को पहचान लिया और उसे रॉयल इंस्टीट्यूट में अपना स्थायी सहायक नियुक्त कर दिया।



सर हम्फ्री डेवी ने एक बार स्वीकार किया था कि उनके जीवन की सबसे बड़ी खोज माइकल फैराडे थे। और वह सही थे क्योंकि फैराडे ने बुनियादी खोजें कीं जिससे विद्युत युग का जन्म हुआ। उनकी खोजों के कारण ही विद्युत जनरेटर, ट्रांसफार्मर, विद्युत मोटर और इलेक्ट्रोलिसिस संभव हो सका।

22.1.1 फैराडे का विद्युत चुम्बकीय प्रेरण का नियम

बदलते चुंबकीय क्षेत्र और प्रेरित ईएमएफ के बीच संबंध कुंडली की सतह से जुड़े चुंबकीय प्रवाह $\oint B$ के रूप में व्यक्त किया जाता है। अब आप पूछेंगे: चुंबकीय प्रवाह क्या है? चुंबकीय प्रवाह $\oint B$ को परिभाषित करने के लिए चित्र 22.3 (ए) देखें, जो क्षेत्र डीएस का एक विशिष्ट असीम तत्व दिखाता है, जिसमें दी गई सतह को विभाजित माना जा सकता है।

उस बिंदु पर सतह पर डीएस की दिशा सामान्य है। इलेक्ट्रोस्टैटिक्स के अनुरूप, हम क्षेत्र तत्व डीएस के लिए चुंबकीय प्रवाह $\oint B$ को $d\oint B = B \cdot ds$ के रूप में परिभाषित कर सकते हैं। पूरी सतह के लिए चुंबकीय प्रवाह सतह पर ऐसे योगदानों

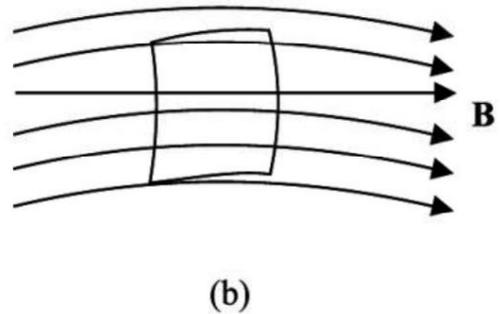
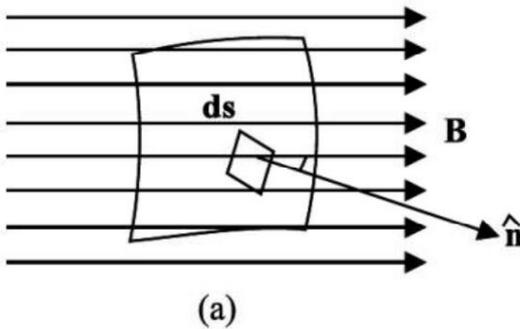
$$\text{को जोड़कर प्राप्त} \quad (22.1)$$

किया जाता है। इस प्रकार,

$$d\oint B = \oint B \cdot ds \quad (22.2)$$

चुंबकीय प्रवाह की SI इकाई वेबर (Wb) है, जहां $1 \text{ Wb} = 1 \text{ Tm}^2$

विद्युत रेखाओं के अनुरूप और जैसा कि चित्र 22.3 (बी) में दिखाया गया है, चुंबकीय की संख्या किसी सतह को प्रतिच्छेद करने वाली रेखाएं सतह से गुजरने वाले चुंबकीय प्रवाह के समानुपाती होती हैं।



एक अतिसूक्ष्म क्षेत्र ds के लिए चुंबकीय प्रवाह $d\oint B = B \cdot ds$ द्वारा दिया जाता है

किसी सतह के लिए चुंबकीय प्रवाह सतह को प्रतिच्छेद करने वाली रेखाओं की संख्या के समानुपाती होता है

चित्र 22.3

फैराडे का नियम कहता है कि चुंबकीय होने पर तार के एक लूप में एक ईएमएफ प्रेरित होता है लूप से बंधी सतह से जुड़ा फ्लक्स समय के साथ बदलता है। प्रेरित का परिमाण ईएमएफ चुंबकीय प्रवाह के परिवर्तन की दर के समानुपाती होता है। गणितीय रूप से हम लिख सकते हैं

$$|\epsilon| = \frac{d\Phi_B}{dt} \tag{22.3}$$

इससे हम पाते हैं कि वेबर (डब्ल्यूबी), चुंबकीय प्रवाह की इकाई और वोल्ट (वी), इकाई है ईएमएफ का संबंध $1V = 1Wb \text{ s}^{-1}$ से है।

अब विचार करें कि एक ईएमएफ बारीकी से घाव वाली कुंडली में प्रेरित होता है। ऐसी कुंडली में प्रत्येक घुमाव लगभग एक लूप के रूप में व्यवहार करता है, और हम इसे निर्धारित करने के लिए फैराडे के नियम को लागू कर सकते हैं प्रत्येक मोड़ में ईएमएफ प्रेरित होता है। चूंकि घुमाव श्रृंखला में हैं, कुल प्रेरित ईएमएफ प्रत्येक मोड़ में प्रेरित ईएमएफ के योग के बराबर होगा। हम मानते हैं कि कुंडल ऐसा है बारीकी से घाव करें कि कुंडल के प्रत्येक मोड़ को जोड़ने वाले चुंबकीय प्रवाह का मान समान है एक दिया गया क्षण. फिर प्रत्येक मोड़ में समान ईएमएफ प्रेरित होता है, और कुल प्रेरित ईएमएफ होता है N घुमावों वाली एक कुंडली दी गई है

$$|\epsilon| = N \frac{d\Phi_B}{dt} \tag{22.4}$$

जहां B कुंडल के एक मोड़ से जुड़ा चुंबकीय प्रवाह है।

आइए अब फैराडे के नियम को कुछ ठोस स्थितियों पर लागू करें।

उदाहरण 22.1

35 मिमी त्रिज्या की 75 मोड़ वाली गोलाकार कुंडली की धुरी एक समान चुंबकीय के समानांतर है मैदान। क्षेत्र का परिमाण 25 mT से 50 mT तक स्थिर दर से बदलता रहता है 250 मिली सेकंड. इस समय अंतराल में कुंडल में प्रेरित ईएमएफ का परिमाण निर्धारित करें।

समाधान :

चूंकि चुंबकीय क्षेत्र एकसमान है और कुंडल की धुरी के समानांतर है, फ्लक्स लिंकिंग प्रत्येक मोड़ द्वारा दिया जाता है

$$\Phi_B = B \pi R^2$$

जहाँ R एक मोड़ की त्रिज्या है। समीकरण का उपयोग करना। (22.4), हम ध्यान दें कि प्रेरित ईएमएफ कुंडल द्वारा दिया जाता है

$$|\epsilon| = N \frac{d\Phi_B}{dt} = N \frac{d(B \pi R^2)}{dt} = \pi R^2 \frac{dB}{dt} = \pi R^2 \frac{dB}{dt} \tag{22.5}$$

अतः, कुंडली में प्रेरित ईएमएफ का परिमाण है

$$|\epsilon| = 75 \pi (0.035 \text{ मीटर})^2 (0.10 \text{ T s}^{-1}) = 0.30 \text{ V} = 30 \text{ mV}$$

यह उदाहरण समय बदलने वाले चुंबकीय क्षेत्र से प्रेरित ईएमएफ की अवधारणा को समझाता है।

उदाहरण 22.2

8 सेमी² अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल वाली एक लंबी सोलनॉइड पर विचार करें [चित्र। 22.4 (ए) और 22.4 (बी)]।

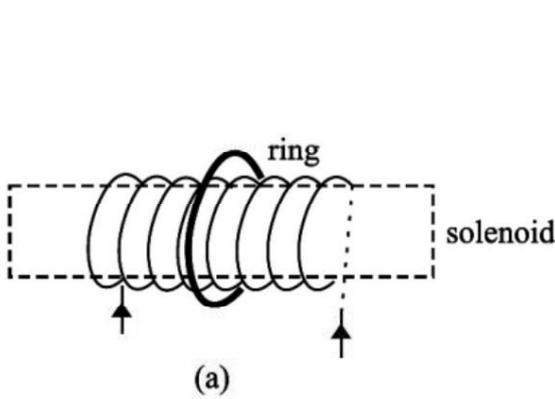
इसकी वाइंडिंग में समय पर निर्भर धारा एक चुंबकीय क्षेत्र $B(t) = B_0 \sin 2\pi \nu t$ बनाती है। यहां B_0 स्थिर है, 1.2 T के बराबर है और ν , चुंबकीय क्षेत्र की आवृत्ति, 50 हर्ट्ज है। यदि रिंग प्रतिरोध $R = 1.0 \Omega$ है, तो सोलनॉइड की धुरी के साथ संकेंद्रित त्रिज्या r की रिंग में ईएमएफ और प्रेरित धारा की गणना करें।

समाधान :

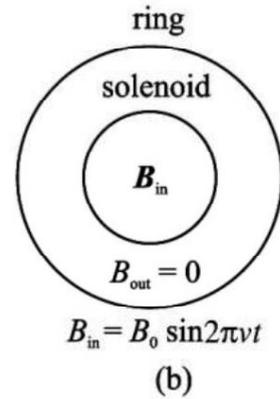
हमें बताया गया है कि चुंबकीय प्रवाह

$$\Phi_B = B_0 \text{ पाप } 2\pi r tA \text{ चूँकि}$$

परिनालिका का अनुप्रस्थ काट क्षेत्र का अभिलंब चुंबकीय क्षेत्र की दिशा में होता है,



(a) एक लंबी सोलनॉइड और उसके बाहर एक संकेंद्रित वलय।



(b) सोलनॉइड और संकेंद्रित रिंग का क्रॉस-अनुभागीय दृश्य।

चित्र 22.4

इस तरह,
$$\left| \frac{d\Phi_B}{dt} \right| = \frac{d}{dt} (2\pi r t A B_0 \cos 2\pi \nu t) = 2\pi r A B_0 \nu \sin 2\pi \nu t$$

$$= 2\pi \cdot (50 \text{ s}^{-1}) \cdot (8 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \cdot (1.2 \text{ T}) \cos 2\pi \nu t$$

$$= 0.3 \cos 2\pi \nu t \text{ वोल्ट}$$

$$= 0.3 \cos 100\pi t \text{ वोल्ट}$$

रिंग में धारा $I = \mathcal{E}/R$ है। इसलिए

$$\frac{(0.3 \cos 100\pi t) \text{ वोल्ट}}{1.0 \Omega} = I$$

$$= + 0.3 \cos 100 \pi t \text{ एम्पीयर}$$

पाठगत प्रश्न 22.1

- 1000 टर्न वाली एक कुंडली की त्रिज्या 5 सेमी है। यदि (ए) 1 एस (बी) 1 एमएस में कॉइल के माध्यम से चुंबकीय क्षेत्र 10 टी से 0 तक कम हो जाता है, तो कॉइल में विकसित ईएमएफ की गणना करें।
- 250-टर्न कॉइल के प्रत्येक लूप को जोड़ने वाला चुंबकीय प्रवाह $\Phi_B(t) = A + Dt^2$ द्वारा दिया जाता है, जहाँ $A = 3 \text{ Wb}$ और $D = 15 \text{ Wbs}^{-2}$ स्थिरांक हैं। दिखाएँ कि (ए) कुंडल में प्रेरित ईएमएफ का परिमाण $\mathcal{E} = (2ND)t$ द्वारा दिया गया है, और (बी) कुंडल में प्रेरित ईएमएफ का मूल्यांकन $t = 0 \text{ s}$ और $t = 3.0 \text{ s}$ पर करें।
- एक संवाहक लूप के तल का लंबवत स्थानिक रूप से एकसमान चुंबकीय क्षेत्र के साथ एक निश्चित कोण θ , बनाता है। यदि लूप का क्षेत्रफल S है और क्षेत्र का परिमाण $d\Phi_B/dt$ की दर से बदलता है, तो दिखाएँ कि लूप में प्रेरित ईएमएफ का परिमाण $\mathcal{E} = (d\Phi_B/dt) S \cos \theta$ द्वारा दिया गया है। लूप के किस ओरिएंटेशन के लिए \mathcal{E} (ए) अधिकतम और (बी) न्यूनतम होगा?

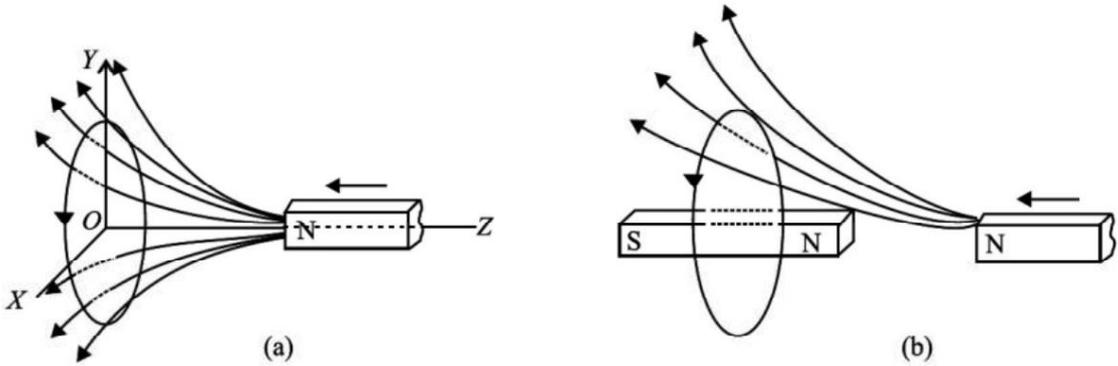
22.1.2 लेन्ज़ का नियम

एक बार चुंबक पर विचार करें जो एक संवाहक वलय की ओर आ रहा है [चित्र 22.5 (ए)]। इस प्रणाली पर फ़ैराडे के नियम को लागू करने के लिए, हम पहले रिंग के संबंध में एक सकारात्मक दिशा चुनते हैं। आइए हम O से Z तक की दिशा को सकारात्मक मानें। (कोई भी अन्य विकल्प ठीक है, जब तक हम सुसंगत हैं।)

इस विन्यास के लिए, रिंग के क्षेत्र के लिए सकारात्मक सामान्य z -दिशा में है और चुंबकीय प्रवाह नकारात्मक है। जैसे-जैसे संवाहक रिंग और बार चुंबक के एन-पोल के बीच की दूरी कम होती जाती है, अधिक से अधिक क्षेत्र रेखाएं रिंग से होकर गुजरती हैं, जिससे फ्लक्स अधिक से अधिक नकारात्मक हो जाता है। इस प्रकार $d\Phi_B/dt$ ऋणात्मक है। फ़ैराडे के नियम के अनुसार, \mathcal{E} हमारी चुनी हुई दिशा के सापेक्ष सकारात्मक है। धारा I को चित्र 22.5 में दर्शाए अनुसार निर्देशित किया गया है।

रिंग में प्रेरित धारा इसमें एक द्वितीयक चुंबकीय क्षेत्र बनाती है। इस प्रेरित चुंबकीय क्षेत्र को एक बार चुंबक द्वारा उत्पादित माना जा सकता है, जैसा चित्र 22.5 (बी) में दिखाया गया है। याद रखें कि प्रेरित चुंबकीय क्षेत्र मूल चुंबकीय क्षेत्र को प्रतिकर्षित या विरोध करता है। यह विरोध ऊर्जा संरक्षण के नियम का परिणाम है, और इसे लेन्ज़ के नियम के रूप में औपचारिक रूप दिया गया है।

जब किसी चालक में धारा प्रेरित होती है, तो धारा की दिशा ऐसी होगी कि इसका चुंबकीय प्रभाव उस परिवर्तन का विरोध करता है जिसने इसे प्रेरित किया।



एक छड़ चुंबक एक धातु की अंगूठी की ओर आ रहा है

प्रेरित धारा का चुंबकीय क्षेत्र निकट आ रहे बार चुंबक का विरोध करता है

चित्र 22.5

कथन में मुख्य शब्द 'विरोध' है - यह हमें बताता है कि हमें बिना कुछ लिए कुछ नहीं मिलने वाला है। जब बार चुंबक को रिंग की ओर धकेला जाता है, तो रिंग में प्रेरित धारा एक चुंबकीय क्षेत्र बनाती है जो फ्लक्स में परिवर्तन का विरोध करती है। प्रेरित धारा द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र आने वाले चुंबक को प्रतिकर्षित करता है। यदि हम चुंबक को वलय की ओर धकेलना चाहते हैं तो हमें चुंबक पर कार्य करना होगा। यह कार्य रिंग में विद्युत ऊर्जा के रूप में दिखाई देता है। इस प्रकार लेन्ज़ का नियम ऊर्जा संरक्षण के नियम का अनुसरण करता है। फ़ैराडे और लेन्ज़ के नियमों के संयुक्त रूप को हम इस प्रकार व्यक्त कर सकते हैं

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (22.5)$$

नकारात्मक चिन्ह कारण के विरोध का प्रतीक है।

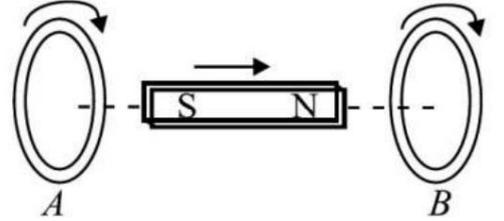
लेन्ज़ के नियम के अनुप्रयोग के रूप में, आइए हम उदाहरण 22.2 में दिखाए गए कुंडल पर पुनर्विचार करें। मान लीजिए कि इसकी धुरी ऊर्ध्वाधर दिशा में चुनी गई है और चुंबकीय क्षेत्र इसके साथ ऊपर की दिशा में निर्देशित है। कुंडल के ठीक ऊपर स्थित एक पर्यवेक्षक के लिए, प्रेरित ईएमएफ का क्या अर्थ होगा? यह दक्षिणावर्त दिशा में होगा क्योंकि तभी इसके कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र (दाहिने हाथ के नियम द्वारा नीचे की ओर निर्देशित) बदलते चुंबकीय प्रवाह का विरोध करेगा।

आगे बढ़ने से पहले आपको लेन्ज़ के नियम को लागू करना सीखना चाहिए। निम्नलिखित अभ्यास आजमाएँ।

लेन्ज़ का नियम बंद सर्किट में प्रेरित धाराओं को संदर्भित करता है। क्योंकि बंद परिपथ में केवल प्रेरित धाराएँ ही उत्पन्न की जा सकती हैं। अन्यथा कोई केवल प्रेरित ईएमएफ और उसकी दिशा के बारे में ही बात कर सकता है।

पाठगत प्रश्न 22.2

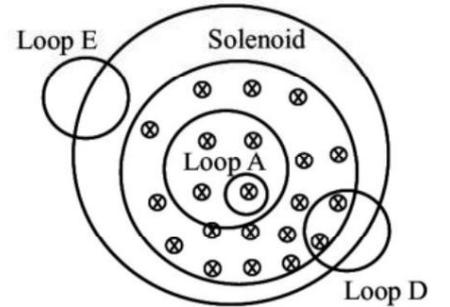
- चित्र 22.6 में छड़ चुंबक दाईं ओर गति करता है। स्थिर लूप A में प्रेरित धारा का क्या अर्थ है? लूप बी में?



चित्र 22.6

- एक आदर्श सोलनॉइड का क्रॉस-सेक्शन चित्र 22.7 में दिखाया गया है। एकसमान चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण परिनालिका के अंदर बढ़ रहा है और परिनालिका के बाहर $B = 0$ है।

किस चालक लूप में प्रेरित धारा होती है? प्रत्येक मामले में धारा का क्या अर्थ है?



चित्र 22.7

- एक छड़ चुंबक, जिसकी धुरी तांबे की अंगूठी की धुरी के साथ संरेखित है, को उसकी लंबाई के साथ अंगूठी की ओर ले जाया जाता है। क्या रिंग में कोई प्रेरित धारा है? क्या वलय में कोई प्रेरित विद्युत क्षेत्र है? क्या छड़ चुंबक पर कोई चुंबकीय बल है? व्याख्या करना।

22.2 गतिशील इलेक्ट्रोमोटिव बल

एक कंडक्टर, मोटे तांबे के तार XY पर विचार करें एक मोटे तार के फ्रेम पर टिकी हुई PQRS को एक में रखा गया है चुंबकीय क्षेत्र बी. मान लें कि कोई हानि नहीं हुई है घर्षण के कारण ऊर्जा का. चुंबकीय क्षेत्र बी बंद क्षेत्र के तल के लंबवत है, नीचे की ओर कार्य करना, जैसा कि चित्र 22.8 में दिखाया गया है। XQRY एक क्षेत्र को घेरते हुए एक बंद सर्किट बनाता है जैसे ही XY चलता है वह बदल जाता है।

मान लीजिए लंबाई l का चालक X'Y' की ओर बढ़ता है, समय में एक दूरी Δx । फिर बढ़ोतरी लूप का क्षेत्रफल $l\Delta x$ है।

चुंबकीय प्रवाह में परिवर्तन $\Delta\Phi = B l \Delta x$

चुंबकीय प्रवाह में परिवर्तन की दर

$$= \frac{B l \Delta x}{\Delta t}$$

$$= \text{बलव}$$

v जहां v कंडक्टर का वेग है

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

फैराडे-लेनज़ के नियम के अनुसार, प्रेरित ईएमएफ परिवर्तन की दर से दिया जाता है चुंबकीय प्रवाह।

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{बी.बी.}$$

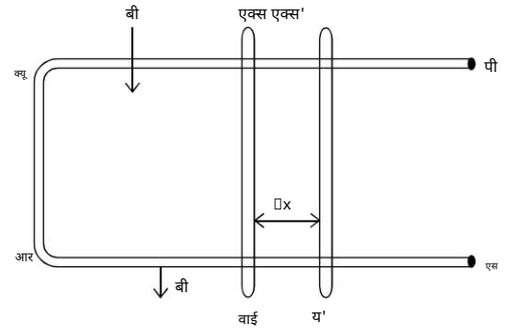
अतः लंबाई l के चालक में उत्पन्न प्रेरित ईएमएफ का संख्यात्मक मान चुंबकीय क्षेत्र B में रखे गए वेग v के साथ गति करना $B l v$ द्वारा दिया गया है।

इस प्रकार हम कंडक्टर को अलग-अलग करने के बजाय घुमाकर प्रेरित ईएमएफ उत्पन्न करने में सक्षम हैं चुंबकीय क्षेत्र।

चुंबकीय क्षेत्र में गतिमान चालक में इस प्रेरित ईएमएफ को गतिक के रूप में जाना जाता है वैद्युतवाहक बल।

पाठगत प्रश्न 22.3

- लंबाई l की एक छड़ एक समान लंबवत चुंबकीय क्षेत्र में निरंतर गति v के साथ चलती है फ़िल्ड बी. समय के साथ प्रेरित ईएमएफ की भिन्नता को दर्शाने वाला एक ग्राफ़ बनाएं।
- NS दिशा में एक तार स्वतंत्र रूप से गिराया जाता है। के सिरो पर प्रेरित ईएमएफ क्या है? तार?



चित्र 22.8

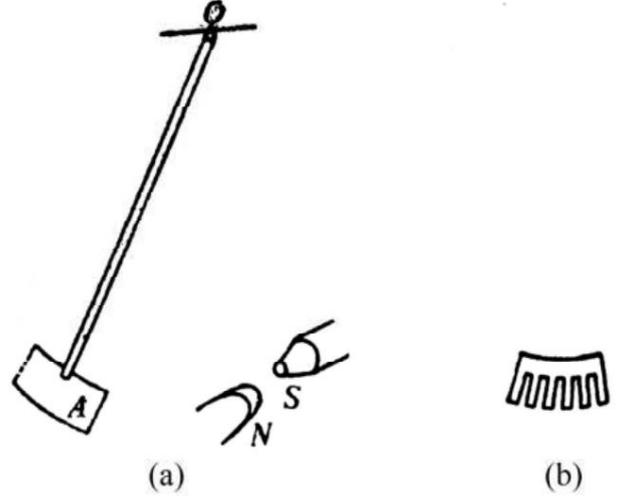
22.3 भंवर धाराएँ

जब धातु के एक ठोस द्रव्यमान को चुंबकीय क्षेत्र में ले जाया जाता है या एक अलग चुंबकीय प्रवाह के पास रखा जाता है, तो प्रेरित धाराएँ प्रेरण की रेखाओं के लंबवत विमानों में धातु के पूरे आंतरिक भाग में स्थापित हो जाती हैं। इन धाराओं को भंवर धाराओं के रूप में जाना जाता है। इन धाराओं की दिशा लेन्ज़ के नियम द्वारा नियंत्रित होती है। इस प्रभाव की खोज फौकॉल्ट ने 1895 में की थी।

भंवर धाराओं का उत्पादन एक सरल प्रयोग द्वारा दिखाया जा सकता है। एक तांबे की प्लेट ए [चित्र 22.9 (ए)] जो अपने तल के लंबवत अक्ष के चारों ओर घूम सकता है, एक शक्तिशाली विद्युत चुंबक के ध्रुवों के बीच दोलन करने के लिए बनाया गया है। जब चुंबक सक्रिय नहीं होता है (विद्युत चुंबक के माध्यम से कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है), तो प्लेट के दोलन हवा की नमी के कारण धीरे-धीरे कम हो जाते हैं।

जब विद्युत चुंबक के माध्यम से विद्युत धारा चालू की जाती है, तो प्लेट की गति बहुत तेजी से रुक जाती है। इसका कारण यह है कि, प्लेट में स्थापित एड़ी धाराएँ एक दिशा में घूमती हैं जैसे कि प्लेट की गति का विरोध करती हैं (लेन्ज़ के नियम के अनुसार)।

यदि प्लेट में आयताकार खाँचे बनाये गये हैं [चित्र 22.9 (बी)], यह लंबे समय तक दोलन करता है क्योंकि एड़ी धाराओं का मुक्त परिसंचरण तब हवा के अंतराल से बाधित होता है।



चित्र 22.9

एड़ी धाराएँ मोटरों और डायनेमो के घूमने वाले आर्मेचर के लोहे के कोर के आंतरिक भाग में और ट्रांसफार्मर के कोर में भी बनती हैं। ये धाराएँ अत्यधिक ताप के कारण (ऊर्जा की हानि) और उनके द्वारा स्वयं स्थापित किए गए प्रवाह के कारण बहुत अवांछनीय हैं। धातु कोर बनाने के लिए धातु के लेमिनेशन का उपयोग करके भंवर धाराओं को कम किया जाता है। लेमिनेशन को वार्निश जैसे इन्सुलेशन सामग्री द्वारा अलग किया जाता है। लेमिनेशन के तल को चुंबकीय-क्षेत्र के समानांतर व्यवस्थित किया जाना चाहिए, ताकि वे भंवर धारा पथों को काट सकें। यह व्यवस्था भंवर धाराओं की ताकत को कम कर देती है।

भंवर धाराएँ कभी-कभी अवांछनीय होती हैं और कभी-कभी उपयोगी रूप से नियोजित होती हैं।

एक ट्रांसफार्मर में, यदि हमारे पास एक ठोस कोर है तो पूरे आयतन में बड़ी एड़ी धाराएँ बहुत अधिक गर्मी पैदा करती हैं और इस प्रकार अच्छी मात्रा में ऊर्जा बर्बाद करती हैं। भंवर धाराएँ स्वयं भी चुंबकीय प्रवाह उत्पन्न करती हैं, जो अवांछनीय है। इसलिए ट्रांसफार्मर में एक लेमिनेटेड कोर का उपयोग किया जाता है, जो प्रभावी प्रतिरोध को बढ़ाता है और प्रेरित एड़ी धारा को कम करता है, इस प्रकार ऊर्जा की हानि को कम किया जा सकता है।

22.3.1 अनुप्रयोग

- इलेक्ट्रिक ब्रेक: जब एक मजबूत और स्थिर चुंबकीय क्षेत्र को अचानक एक घूमते हुए ड्रम पर लागू किया जाता है, तो ड्रम में स्थापित एड़ी धाराएँ एक टॉर्क लगाती हैं जो ड्रम की गति को रोक देती है। इस सिद्धांत का उपयोग इलेक्ट्रिक ट्रेनों को रोकने में किया जाता है।

- ii) प्रेरण भट्टी: प्रेरण भट्टियों में, गर्म की जाने वाली धातु को उच्च-आवृत्ति प्रत्यावर्ती धारा द्वारा प्रदान किए गए तेजी से बदलते चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है।
धातु में स्थापित भंवर धाराएँ इतनी अधिक ऊष्मा उत्पन्न करती हैं कि धातु पिघल जाती है।
इस प्रक्रिया का उपयोग अयस्क से धातु निकालने में किया जाता है।
- iii) प्रेरण मोटर: जब एक धातु सिलेंडर को घूर्णन चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो इसमें एड़ी धाराएँ स्थापित हो जाती हैं। ये धाराएँ सिलेंडर और क्षेत्र के बीच सापेक्ष गति को कम करने का प्रयास करती हैं। इसलिए, सिलेंडर क्षेत्र की दिशा में घूमना शुरू कर देता है। यह इंडक्शन मोटर का सिद्धांत है।

पाठगत प्रश्न 22.4

- उन उपकरणों के नाम बताइए जिनमें भंवर धाराओं की अवधारणा कार्यरत है।
- उपरोक्त उपकरणों में किस प्रकार की धातु की प्लेट चलती प्रणाली से जुड़ी होती है?
- हमारे घरेलू एनालॉग विद्युत मीटरों में एक घूमने वाली चमकदार डिस्क देखी जाती है। क्यों?
- भंवर धाराओं के अवांछनीय प्रभावों की सूची बनाएं।

22.4 प्रेरकत्व

जब किसी सर्किट में करंट बदलता है, तो उसके चारों ओर एक बदलता चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है। यदि इस क्षेत्र का एक भाग परिपथ से होकर गुजरता है, तो इसमें विद्युत धारा प्रेरित हो जाती है। अब मान लीजिए कि इस सर्किट के पड़ोस में एक और सर्किट लाया जाता है। फिर उस सर्किट के माध्यम से चुंबकीय क्षेत्र भी बदलता है, जिससे उस पर एक ईएमएफ प्रेरित होता है। इस प्रकार, प्रेरित ईएमएफ इन सर्किटों में दो तरीकों से दिखाई दे सकते हैं:

। किसी कुंडली में धारा बदलने से, कुंडली के प्रत्येक मोड़ से जुड़ा चुंबकीय प्रवाह बदल जाता है और इसलिए उस कुंडली में एक प्रेरित ईएमएफ दिखाई देता है। इस गुण को स्व-प्रेरण कहा जाता है।

एल एक दूसरे के करीब स्थित कॉइल्स की एक जोड़ी के लिए, जैसे कि एक कॉइल से जुड़ा फ्लक्स दूसरे के माध्यम से जुड़ा हुआ है, एक कॉइल में बदलती धारा दूसरे में ईएमएफ प्रेरित करती है। इस मामले में, हम कुंडलियों की जोड़ी के पारस्परिक प्रेरण की बात करते हैं।

22.4.1 स्व-प्रेरकत्व

आइए विद्युत धारा प्रवाहित करने वाले किसी चालक पदार्थ के एक लूप पर विचार करें। धारा एक चुंबकीय क्षेत्र B उत्पन्न करती है। चुंबकीय क्षेत्र चुंबकीय प्रवाह को जन्म देता है। लूप को जोड़ने वाला कुल चुंबकीय प्रवाह है

$$\Phi = B \cdot A$$

चुंबकीय प्रवाह के किसी भी बाहरी स्रोत की अनुपस्थिति में (उदाहरण के लिए, करंट ले जाने वाली एक आसन्न कुंडली), बायोट-सावर्ट का नियम हमें बताता है कि चुंबकीय क्षेत्र और इसलिए प्रवाह लूप में धारा (I) के समानुपाती होगा, अर्थात्

$$\Phi \propto I \text{ या } \Phi = LI \quad (22.6)$$

जहाँ L को कुण्डली का स्व-प्रेरकत्व कहा जाता है। सर्किट तत्व जो परिवर्तन का विरोध करते हैं धारा में प्रेरक कहलाते हैं। ये सामान्यतः विभिन्न आकृतियों की कुंडलियों के रूप में होते हैं और आकार. एक प्रारंभ करनेवाला के लिए प्रतीक है यदि कुंडल को एक के चारों ओर घुमे जाता है लौह कोर के चुंबकीय प्रभाव को बढ़ाने के लिए इसे ऊपर दो रेखाएं लगाकर दर्शाया गया है यह, जैसा कि यहां दिखाया गया है कि लूप का प्रेरण उसकी ज्यामिति पर निर्भर करता है।

(ए) स्व-प्रेरकत्व के संदर्भ में फ़ैराडे का नियम: अब तक आपने सीखा है कि यदि चालू है एक लूप में परिवर्तन होने पर, इसके माध्यम से जुड़ा हुआ चुंबकीय प्रवाह भी बदल जाता है और बढ़ जाता है सिरों के बीच स्व-प्रेरित ईएमएफ के लिए। लेन्ज़ के नियम के अनुसार, स्व-प्रेरित ईएमएफ उस परिवर्तन का विरोध करता है जो इसे उत्पन्न करता है। संयुक्त रूप को व्यक्त करना फ़ैराडे और लेन्ज़ के प्रेरण के नियमों को एल के संदर्भ में, हम समीकरणों को जोड़ते हैं। (22.5) और (22.6) प्राप्त करना

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt} = - \text{एल} \frac{di}{dt} \tag{22.7 ए}$$

$$= - \text{एल} \frac{d(i)}{dt} \tag{22.7 बी}$$

जहां I1 और I2 क्रमशः t = 0 पर धारा के प्रारंभिक और अंतिम मान को दर्शाते हैं और टी = Δt. समीकरण का उपयोग करना। (22.7 बी), हम स्व-प्रेरकत्व की इकाई को परिभाषित कर सकते हैं:

$$\begin{aligned} \text{एल की इकाइयाँ} &= \frac{\text{ईएमएफ की इकाई}}{\text{डीएल/डीटी की इकाइयाँ}} \\ &= \frac{\text{वोल्ट}}{\text{एम्पीयर/सेकंड}} \\ &= \text{ओम-सेकंड} \end{aligned}$$

एक ओम-सेकंड को हेनरी कहा जाता है, (संक्षिप्त रूप में एच)। अधिकांश अनुप्रयोगों के लिए, हेनरी है एक बड़ी इकाई, और हम अक्सर मिलिहेनरी, एमएच (10-3 एच) और माइक्रोहेनरी का उपयोग करते हैं एमएच (10-6एच) अधिक सुविधाजनक उपाय के रूप में।

स्व-प्रेरित ईएमएफ को पश्च ईएमएफ भी कहा जाता है। समीकरण. (22.7 ए) हमें बताता है कि किसी प्रारंभकर्ता में बैक ईएमएफ उसमें धारा के परिवर्तन की दर पर निर्भर करता है और विरोध करता है वर्तमान में परिवर्तन. इसके अलावा, चूंकि अनंत ईएमएफ संभव नहीं है, इसलिए समीकरण. (22.7 बी) हम कह सकते हैं कि प्रारंभ करनेवाला धारा में तात्कालिक परिवर्तन नहीं हो सकता घटित होना। इस प्रकार, हम यह निष्कर्ष निकालते हैं कि प्रारंभ करनेवाला के माध्यम से धारा नहीं बदल सकती है तुरंत.

किसी प्रारंभकर्ता का प्रेरकत्व उसकी ज्यामिति पर निर्भर करता है। सिद्धांत रूप में, हम गणना कर सकते हैं किसी भी सर्किट का स्व-प्रेरण, लेकिन व्यवहार में उपकरणों को छोड़कर यह कठिन है सरल ज्यामिति के साथ. सोलनॉइड एक ऐसा उपकरण है जिसका उपयोग विद्युत सर्किट में व्यापक रूप से किया जाता है प्रारंभ करनेवाला के रूप में. आइए हम एक परिनालिका के स्व-प्रेरकत्व की गणना करें।

(बी) एक सोलनॉइड का स्व-प्रेरण: क्रॉस-सेक्शनल क्षेत्र के एक लंबे सोलनॉइड पर विचार करें ए और लंबाई एल, जिसमें तार के एन मोड़ शामिल हैं। इसके प्रेरण को खोजने के लिए, हमें अवश्य करना चाहिए

परिनालिका में धारा का उसके माध्यम से गुजरने वाले चुंबकीय प्रवाह से संबंध स्थापित करें। पिछले पाठ में, आपने एक लंबे सोलनॉइड के चुंबकीय क्षेत्र को निर्धारित करने के लिए एम्पीयर के नियम का उपयोग किया था:

$$|B| = \mu_0 nI$$

जहां $n = N/l$ प्रति इकाई लंबाई में घुमावों की संख्या को दर्शाता है और I सोलनॉइड के माध्यम से प्रवाहित धारा को दर्शाता है।

सोलनॉइड के एन घुमावों के माध्यम से कुल प्रवाह है

$$\Phi = \text{एन} \cdot |B| \cdot \text{एल} = \frac{\mu_0 N^2 I^2 \text{एल}}{4\pi} \quad (22.8)$$

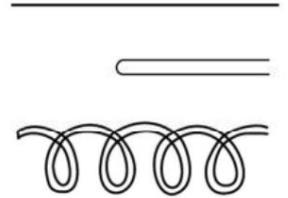
और सोलनॉइड का स्व-प्रेरकत्व है

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 N^2 \text{एल}}{4\pi} \quad (22.9)$$

इस अभिव्यक्ति का उपयोग करके, आप उनके परिमाण का अंदाजा लगाने के लिए एक विशिष्ट सोलनॉइड के लिए स्व-प्रेरकत्व और बैक ईएमएफ की गणना कर सकते हैं।

पाठगत प्रश्न 22.5

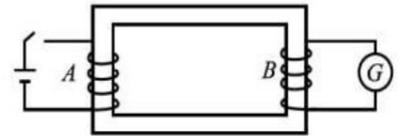
- 1 मीटर लंबे और 20 सेमी व्यास वाले एक सोलनॉइड में तार के 10,000 फेरे हैं। इसमें प्रवाहित होने वाली 2.5 A धारा 1.0 ms में लगातार शून्य हो जाती है। जब धारा कम की जा रही हो तो प्रारंभ करनेवाला के पश्च ईएमएफ के परिमाण की गणना करें।
- एक निश्चित लंबाई (एल) के तार को एल/2 लंबाई के दो समानांतर, आसन्न तारों में मोड़कर, एक बेलनाकार इन्सुलेटर पर लपेटकर एक प्रकार का तार-घाव गैर-प्रेरक अवरोधक (चित्र 22.10) बनाया जाता है। इस विन्यास को गैर-प्रेरणात्मक क्यों कहा जाता है?
- 9.7 mH सोलनॉइड में धारा परिवर्तन की किस दर से 35 mV का स्व-प्रेरित ईएमएफ उत्पन्न होगा?



चित्र 22.10

22.4.2 पारस्परिक प्रेरकत्व

जब किसी कुंडल में धारा बदलती है, तो उसके चारों ओर एक बदलता हुआ चुंबकीय प्रवाह विकसित होता है, जो निकटवर्ती कुंडल में ईएमएफ को प्रेरित कर सकता है। जैसा कि हम चित्र 22.11 में देखते हैं, कुंडल बी के प्रत्येक मोड़ को जोड़ने वाला चुंबकीय प्रवाह कुंडल ए में धारा के चुंबकीय क्षेत्र के कारण होता है।



चित्र 22.11: कुंडलियों की एक जोड़ी का मूल प्रेरकत्व

इसलिए, प्रत्येक कुंडली में बदलती धारा दूसरी कुंडली में ईएमएफ प्रेरित करती है,

अर्थात्, $\Phi_2 = \mu_0 I_1 \Phi_{21} = MI_1$ (22.10)

जहाँ M को कुंडलियों की जोड़ी का पारस्परिक प्रेरकत्व कहा जाता है। इसके अलावा दूसरे कॉइल में बैक ईएमएफ प्रेरित होता है

$$\epsilon = 2 \cdot \frac{\Phi_1}{\Phi_{11}}$$

$$\frac{dI_1}{dt} = -\frac{I_1}{L_1} - \frac{M}{L_1} \frac{dI_2}{dt} \quad (22.11)$$

जहां कुंडल A में करंट I_1 से I_2 में बदल जाता है।

पारस्परिक प्रेरण केवल दो कॉइल्स की ज्यामिति पर निर्भर करता है, यदि कोई चुंबकीय नहीं है सामग्री पास में है। पारस्परिक प्रेरकत्व की SI इकाई भी हेनरी (H) के समान है स्व-प्रेरण की इकाई।

उदाहरण 22.3

एक सर्किट में एक कॉइल एक अलग सर्किट में दूसरे कॉइल के करीब है। पारस्परिक प्रेरण संयोजन का मान 340 mH है। 15 एमएस समय अंतराल के दौरान, कुंडल 1 में धारा बदल जाती है 28 mA से 57 mA तक लगातार और कुंडल 2 में धारा 36 mA से लगातार बदलती रहती है 16 एमए. प्रत्येक कुंडल में दूसरे कुंडल में बदलती धारा द्वारा प्रेरित ईएमएफ निर्धारित करें।

समाधान :

15 एमएस समय अंतराल के दौरान, कुंडलियों में धाराएं स्थिर दरों पर बदलती हैं का

$$\frac{dI_1}{dt} = \frac{57 \text{ mA} - 28 \text{ mA}}{15 \text{ ms}} = 2.3 \text{ अस}^{-1}$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \frac{36 \text{ mA} - 16 \text{ mA}}{15 \text{ ms}} = 1.3 \text{ अस}^{-1}$$

समीकरण से. (22.11), हम देखते हैं कि प्रेरित ईएमएफ के परिमाण हैं

$$\mathcal{E}_1 = - (340 \text{ mH}) (2.3 \text{ As}^{-1}) = - 0.78 \text{ V}$$

$$\mathcal{E}_2 = (340 \text{ mH}) (1.3 \text{ As}^{-1}) = 0.44 \text{ V}$$

याद रखें कि समीकरण में ऋण चिह्न है। (22.11) प्रत्येक प्रेरित ईएमएफ की भावना को संदर्भित करता है।

पारस्परिक प्रेरण की घटना पर आधारित सबसे महत्वपूर्ण अनुप्रयोगों में से एक ट्रांसफार्मर है. आप इसके बारे में इस पाठ में बाद में सीखेंगे। कुछ सामान्यतः उपयोग किये जाने वाले उपकरण स्व-प्रेरण पर आधारित चोक कॉइल और इग्निशन कॉइल हैं। के बारे में हम चर्चा करेंगे ये उपकरण संक्षेप में। बाद में आप यह भी सीखेंगे कि इंडक्टर और कैपेटर का संयोजन एक बुनियादी थरथरानवाला के रूप में कार्य करता है। एक बार संधारित्र चार्ज हो जाने पर, इस व्यवस्था में चार्ज प्रेरक के माध्यम से इसकी दो प्लेटों के बीच दोलन करता है।

पाठगत प्रश्न 22.6

- चित्र 22.11 में पारस्परिक रूप से प्रेरित ईएमएफ की भावना पर विचार करें, एक के अनुसार प्रेक्षक कुंडलियों के दाईं ओर स्थित है। (ए) एक पल में जब वर्तमान i_1 है बढ़ रहा है, दूसरे कुंडल में ईएमएफ की भावना क्या है? (बी) एक पल में जब i_2 घट रहा है, प्रथम कुंडल में ईएमएफ की भावना क्या है?
- मान लीजिए कि चित्र 22.11 में दिखाई गई कुंडलियों में से एक को इस प्रकार घुमाया गया है कि कुंडलियों की अक्षें एक दूसरे के लंबवत हैं. क्या पारस्परिक प्रेरण वही रहेगा, बढ़ेगा या कमी? व्याख्या करना।

22.5 विद्युत जनरेटर

विद्युत शक्ति के सबसे महत्वपूर्ण स्रोतों में से एक को जनरेटर कहा जाता है। जनरेटर एक उपकरण है जो चुंबकीय क्षेत्र की सहायता से यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है। विद्युत शक्ति का कोई अन्य स्रोत जनरेटर जितनी बड़ी मात्रा में विद्युत शक्ति का उत्पादन नहीं कर सकता है। एक कंडक्टर या कंडक्टरों का एक सेट चुंबकीय क्षेत्र में घूमता है और विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के कारण घूर्णन कंडक्टर में वोल्टेज विकसित होता है। कंडक्टरों के घूमने के लिए ऊर्जा की आपूर्ति पानी, कोयला, डीजल या गैस या यहां तक कि परमाणु ईंधन द्वारा की जा सकती है। तदनुसार, हमारे पास क्रमशः हाइड्रो-जनरेटर, थर्मल जनरेटर और परमाणु रिएक्टर हैं।

जनरेटर दो प्रकार के होते हैं

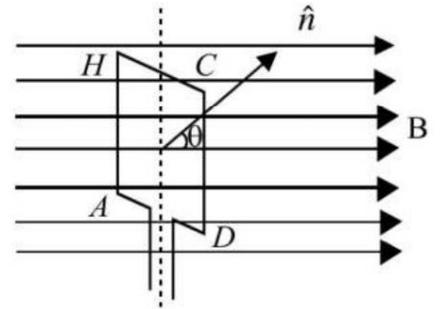
एल प्रत्यावर्ती धारा जनरेटर या एसी जनरेटर जिसे अल्टरनेटर भी कहा जाता है।

एल प्रत्यक्ष धारा जनरेटर या डीसी जनरेटर या डायनेमो।

ये दोनों जनरेटर विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धांत पर काम करते हैं।

22.5.1 एसी जेनरेटर या अल्टरनेटर

एक जनरेटर में मूल रूप से चुंबकीय क्षेत्र में घूमने वाले तार का एक लूप होता है। चित्र 22.12 देखें। यह एक समान चुंबकीय क्षेत्र में रखे तार के आयताकार लूप को दर्शाता है। जैसे ही लूप को क्षैतिज अक्ष के साथ घुमाया जाता है, लूप के माध्यम से चुंबकीय प्रवाह बदल जाता है। इसे देखने के लिए, याद रखें कि लूप के माध्यम से चुंबकीय प्रवाह, जैसा कि चित्र 22.12 में दिखाया गया है, द्वारा दिया गया है



चित्र 22.12: चुंबकीय क्षेत्र में घूमता हुआ तार का एक लूप।

$$\Phi(t) = \oint \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} \, dA$$

जहां B क्षेत्र है, n-hat क्षेत्र A के लूप के तल के अभिलंब एक इकाई सदिश है। यदि किसी भी क्षण क्षेत्र की दिशा और लूप के बीच के कोण को phi द्वारा निरूपित किया जाता है, तो phi(t) को इस प्रकार लिखा जा सकता है

$$\Phi(t) = BA \cos \phi$$

जब हम लूप को स्थिर कोणीय वेग omega से घुमाते हैं, तो कोण phi इस प्रकार बदल जाता है

$$\phi = \omega t \tag{22.12}$$

$$\Phi(t) = BA \cos \omega t$$

अब, फेराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम का उपयोग करके, हम लूप में प्रेरित ईएमएफ की गणना कर सकते हैं:

$$\mathcal{E}(t) = - \frac{d\Phi}{dt} = \omega BA \sin \omega t \tag{22.13}$$

N संख्या में घुमावों वाली एक कुंडली में प्रेरित ईएमएफ निम्न द्वारा दिया जाता है

$$\mathcal{E}(t) = N \omega BA \sin \omega t \tag{22.14}$$

कहाँ ω अधिकतम ईएमएफ है

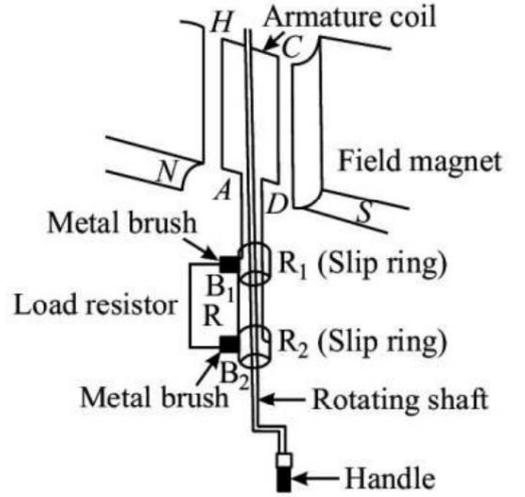
अर्थात्, जब एक आयताकार कुंडल एक समान चुंबकीय क्षेत्र में घूमता है, तो प्रेरित ईएमएफ साइनसोइडल है।

एक एसी जनरेटर में चार मुख्य भाग होते हैं (चित्र 22.13 में देखें): (i) आर्मचर, (ii) फील्ड चुंबक, (iii) स्लिप-रिंग्स, (iv) ब्रश।

आर्मचर एक बेलनाकार नरम लोहे के ड्रम पर लपेटे गए इंसुलेटेड तांबे के तार की बड़ी संख्या में घुमावों की एक कुंडली है। यह ड्रम की धुरी के साथ गुजरने वाले रोटार शाफ्ट पर चुंबकीय क्षेत्र के समकोण पर घूमने में सक्षम है। नरम लोहे का यह ड्रम दो उद्देश्यों को पूरा करता है: यह कुंडल को सहारा देता है, और कुंडल के माध्यम से चुंबकीय प्रेरण को बढ़ाता है। एक क्षेत्र चुंबक अपने ध्रुव के टुकड़ों के बीच एक समान और स्थायी रेडियल चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करने के लिए प्रदान किया जाता है।

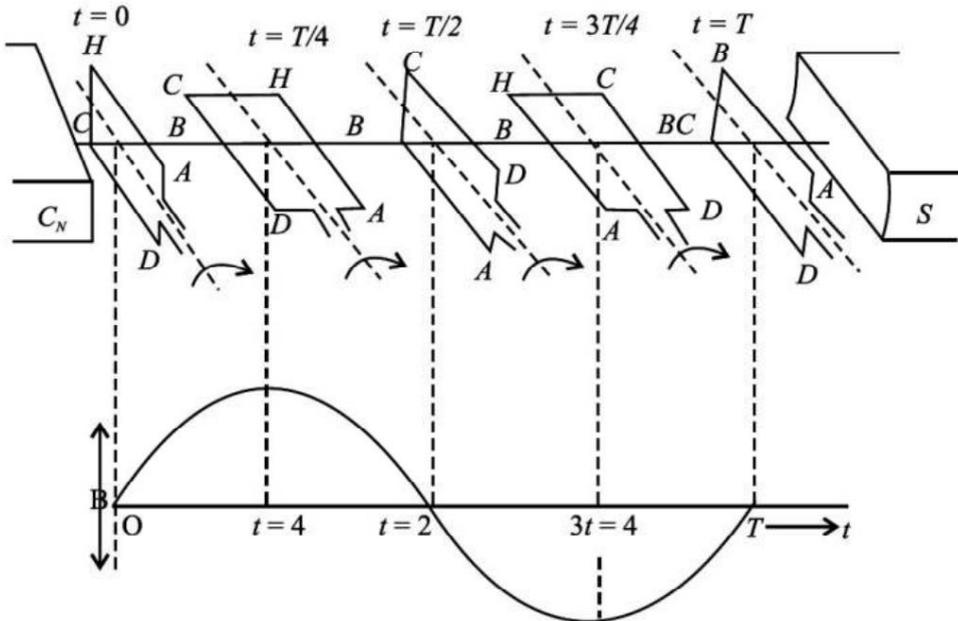
स्लिप रिंग आर्मचर में उत्पन्न प्रत्यावर्ती धारा को ब्रश के माध्यम से उनसे जुड़े डिवाइस में प्रवाहित करने की सुविधा प्रदान करते हैं। ये दो धातु के छल्ले हैं जिनसे आर्मचर के दोनों सिरे जुड़े हुए हैं। ये छल्ले शाफ्ट पर लगे होते हैं। वे शाफ्ट के साथ-साथ एक दूसरे से भी अछूते रहते हैं। ब्रश हैं

दो लचीली धातु या कार्बन की छड़ें [बी1 और बी2 (चित्र 22.13)], जो स्थिर हैं और लगातार घूमने वाले छल्लों के संपर्क में हैं। इन ब्रशों की मदद से करंट को आर्मचर और रिंग से मुख्य तारों तक पहुंचाया जाता है जो बाहरी सर्किट को करंट की आपूर्ति करते हैं।



चित्र 22.13: एक एसी जनरेटर की रूपरेखा

एसी जनरेटर के कार्य करने का सिद्धांत चित्र 22.14 में दर्शाया गया है।



चित्र 22.14: एसी जनरेटर का कार्य सिद्धांत

मान लीजिए आर्मेचर कॉइल AHCD वामावर्त दिशा में घूमती है। जैसे ही यह घूमता है, इससे जुड़ा चुंबकीय प्रवाह बदल जाता है और कुंडली में धारा प्रेरित हो जाती है। प्रेरित धारा की दिशा फ्लेमिंग के दाहिने हाथ के नियम द्वारा दी जाती है। आर्मेचर को ऊर्ध्वाधर स्थिति में मानने और उसके वामावर्त दिशा में घूमने पर विचार करते हुए, तार AH नीचे की ओर बढ़ता है और DC ऊपर की ओर बढ़ता है, प्रेरित ईएमएफ की दिशा H से A और D से C होती है, अर्थात्, कुंडल में यह DCHA के साथ बहती है। बाहरी परिपथ में धारा B1 R B2 के अनुदिश प्रवाहित होती है जैसा कि चित्र 22.14 (a) में दिखाया गया है। आर्मेचर के पहले आधे मोड़ के दौरान धारा की यह दिशा समान रहती है। हालाँकि, दूसरी छमाही क्रांति के दौरान (चित्र 22.14 बी), तार एएच ऊपर की ओर बढ़ता है जबकि तार सीडी नीचे की ओर बढ़ता है। आर्मेचर कॉइल में धारा AHCD की दिशा में प्रवाहित होती है अर्थात् कॉइल में प्रेरित धारा की दिशा उलट जाती है। बाहरी सर्किट की दिशा B2 RB1 है। इसलिए, प्रेरित ईएमएफ और धारा की दिशा बाहरी सर्किट में भी हर आधी क्रांति के बाद बदल जाती है। इसलिए, इस प्रकार उत्पन्न धारा प्रत्येक चक्र में वैकल्पिक होती है (चित्र 22.14 सी)।

बड़ी आउटपुट शक्तियाँ शामिल होने पर स्लिप रिंग और ब्रश की व्यवस्था इन्सुलेशन और स्पार्किंग की समस्याएँ पैदा करती है। इसलिए, अधिकांश व्यावहारिक जनरेटर में, फ़ील्ड को घुमाया जाता है और आर्मेचर (कॉइल) को स्थिर रखा जाता है। ऐसे जनरेटर में, आर्मेचर कॉइल्स जनरेटर के आवास की आंतरिक परिधि के चारों ओर स्थायी रूप से तय की जाती हैं, जबकि फ़ील्ड कॉइल पोल के टुकड़े स्थिर आर्मेचर के भीतर एक शाफ्ट पर घूमते हैं।

22.5.2 डायनेमो (डीसी जेनरेटर)

डायनेमो एक ऐसी मशीन है जिसमें यांत्रिक ऊर्जा को प्रत्यक्ष धारा के रूप में विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। आपने साइकिल में रोशनी के लिए डायनेमो लगा हुआ देखा होगा। ऑटोमोबाइल में, डायनेमो में रोशनी और बैटरी चार्ज करने का दोहरा कार्य होता है।

डायनेमो के आवश्यक भाग हैं (i) फ़ील्ड चुंबक, (ii) आर्मेचर, (iii) कम्प्यूटेटर स्प्लिट रिंग और (iv) ब्रश।

डायनेमो और अल्टरनेटर में आर्मेचर और फ़ील्ड मैग्नेट भिन्न होते हैं। डायनेमो में, फ़ील्ड चुंबक स्थिर होते हैं और आर्मेचर घूमता है जबकि अल्टरनेटर में, आर्मेचर स्थिर (स्टेटर) होता है और फ़ील्ड चुंबक (रोटर) घूमता है।

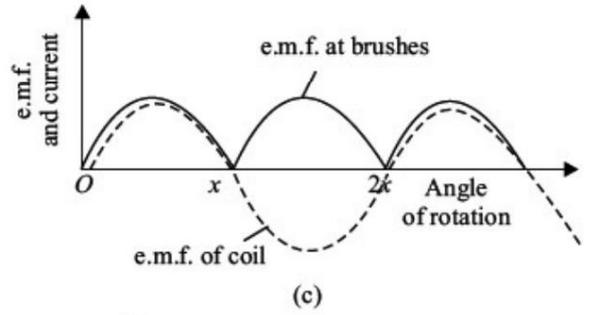
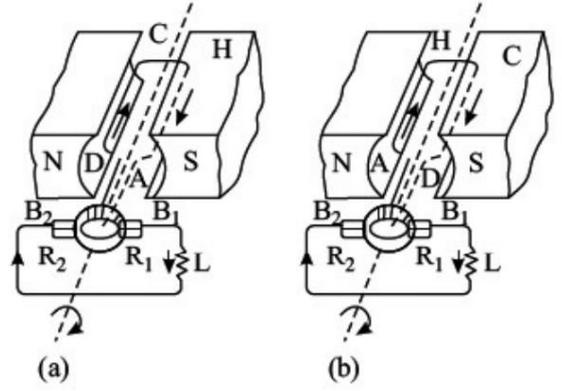
डायनेमो में, एसी तरंगरूप या एसी जनरेटर द्वारा उत्पन्न साइन तरंग को स्प्लिट रिंग कम्प्यूटेटर द्वारा डीसी रूप में परिवर्तित किया जाता है। कम्प्यूटेटर का प्रत्येक आधा हिस्सा लूप के एक छोर से स्थायी रूप से जुड़ा होता है और कम्प्यूटेटर लूप के साथ घूमता है। प्रत्येक ब्रश कम्प्यूटेटर के एक खंड पर दबाव डालता है। कम्प्यूटेटर के घूमने पर ब्रश स्थिर रहते हैं। ब्रश कम्प्यूटेटर के विपरीत खंडों पर दबाव डालते हैं और हर बार जब वोल्टेज ध्रुवीयता को उलट देता है, तो विभाजित छल्ले स्थिति बदल देते हैं। इसका मतलब यह है कि एक ब्रश हमेशा सकारात्मक रहता है जबकि दूसरा नकारात्मक हो जाता है, और ब्रशों में एक डीसी उतार-चढ़ाव वाला वोल्टेज प्राप्त होता है।

डायनेमो में एसी डायनेमो के लगभग समान भाग होते हैं लेकिन यह एक मामले में डायनेमो से भिन्न होता है: स्लिप रिंग के स्थान पर, हम दो विभाजित रिंग आर 1 और आर 2 डालते हैं जो एक ही रिंग के दो आधे भाग होते हैं, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। 22.15 (ए)। आर्मेचर कॉइल के सिरे इन रिंगों से जुड़े होते हैं और रिंग आर्मेचर के साथ घूमती है और ब्रश B1 और B2 के साथ संपर्क बदलती है। डायनेमो के इस भाग को कम्प्यूटेटर के नाम से जाना जाता है।

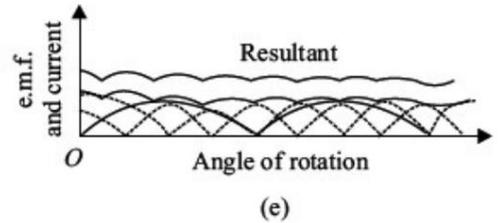
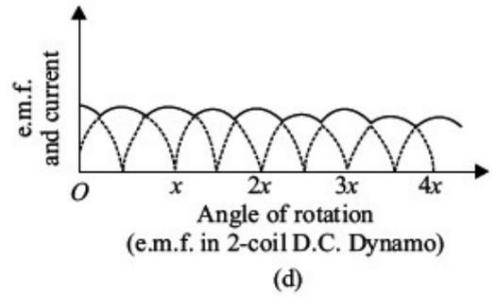
जब कुंडल को दक्षिणावर्त दिशा में घुमाया जाता है, तो आर्मेचर में उत्पन्न धारा ac होती है लेकिन बाहरी सर्किट में कम्प्यूटेटर इसे dc में बदल देता है। पहले आधे चक्र में,

चित्र 22.15 (ए), डीसीएचए के साथ धारा प्रवाहित होती है। बाह्य परिपथ में धारा प्रवाहित होती है

बी1 एल बी2 के साथ। चित्र 22.15 (बी) के दूसरे भाग में, आर्मेचर में धारा उलट जाती है और एचसीडी के साथ प्रवाहित होती है और जैसे ही रिंग आर1 बी1 से बी2 के संपर्क में आती है। इस प्रकार, बाहरी सर्किट में धारा हमेशा एक ही दिशा में बहती है। बाहरी सर्किट में उत्पन्न धारा को चित्र 22.15 (सी) में ग्राफिक रूप से दर्शाया गया है क्योंकि कुंडल ऊर्ध्वाधर स्थिति से, बल की चुंबकीय रेखाओं के लंबवत घूमती है। ऐसे सरल डीसी डायनेमो द्वारा उत्पन्न धारा एकदिशात्मक होती है लेकिन इसका मान काफी भिन्न होता है और यहां तक कि कुंडल के प्रत्येक घूर्णन के दौरान दो बार शून्य तक गिर जाता है।



इस भिन्नता पर काबू पाने का एक तरीका परस्पर समकोण पर दो कुंडलियों का उपयोग करना होगा, और कम्यूटेटर रिंग को कुंडलियों के सिरों से जुड़े चार खंडों में विभाजित करना होगा। ऐसे मामले में, ये दोनों कॉइल एक ही प्रकार का ईएमएफ उत्पन्न करते हैं लेकिन उनके चरण में $\pi/2$ का अंतर होता है। परिणामी धारा या ईएमएफ दोनों के सुपरपोजिशन द्वारा प्राप्त किया जाता है, जैसा कि चित्र 22.15 (डी) में दिखाया गया है। इस तरह, उतार-चढ़ाव काफी हद तक कम हो जाते हैं। इसी प्रकार, एक स्थिर धारा प्राप्त करने के लिए, हम बड़ी संख्या में कुंडलियों का उपयोग करते हैं, जिनमें से प्रत्येक में कई घुमाव होते हैं। कम्यूटेटर रिंग को कॉइल के सिरों की संख्या के अनुसार कई खंडों में विभाजित किया जाता है, ताकि कॉइल स्वतंत्र रूप से काम करें और बाहरी सर्किट में करंट भेज सकें। प्राप्त परिणामी धारा को चित्र 22.15 (ई) में दिखाया गया है जो व्यावहारिक रूप से समय अक्ष के समानांतर है।



चित्र 22.15: एक डीसी जनरेटर

पाठगत प्रश्न 22.7

1. एसी और डीसी जनरेटर के बीच अंतर बताएं।
2. जनरेटर के आवश्यक भागों के नाम बताइए।
3. हम डीसी जनरेटर में कम्यूटेटर का उपयोग क्यों करते हैं।
4. आप दैनिक जीवन में डायनेमो का उपयोग कहां पाते हैं?

आपने क्या सीखा है

यदि तार की सतह को जोड़ने वाला चुंबकीय प्रवाह बदलता है तो तार की कुंडली में विद्युत धारा प्रेरित होती है। इसे विद्युत चुम्बकीय प्रेरण की घटना के रूप में जाना जाता है।

एल एकल लूप में प्रेरित ईएमएफ \square फेराडे के नियम द्वारा दिया गया है:

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi_B}{dt}$$

जहां $\square B$ लूप को जोड़ने वाला चुंबकीय प्रवाह है।

लेन्ज़ के नियम के अनुसार, प्रेरित ईएमएफ उस कारण का विरोध करता है जो इसे उत्पन्न करता है।

यदि किसी कुंडल में धारा बदलती है, तो उसके आर-पार एक स्व-प्रेरित ईएमएफ मौजूद होता है।

एल लंबाई एल, क्रॉस-अनुभागीय क्षेत्र ए, जिसमें एन है, के एक लंबे, कसकर घाव वाले सोलनॉइड के लिए घुमावों की संख्या, स्व-प्रेरण द्वारा दी जाती है

$$\mathcal{L} = \frac{\mu_0 N^2 \ell}{A}$$

एल पास की दो कुंडलियों में बदलती धाराएँ परस्पर ईएमएफ प्रेरित करती हैं।

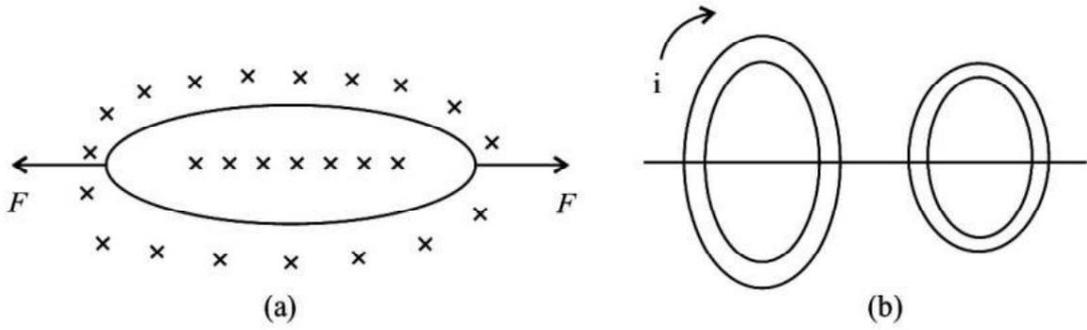
जब भी किसी सर्किट या धातु ब्लॉक से जुड़े चुंबकीय प्रवाह में परिवर्तन होता है, तो सर्किट या ब्लॉक में एक प्रेरित धारा उत्पन्न होती है। इसे एड्डी धारा के नाम से जाना जाता है।

जब भी किसी चालक को एक समान चुंबकीय क्षेत्र के क्षेत्र में एक समान गति से घुमाया जाता है, तो सिरों पर एक प्रेरित ईएमएफ उत्पन्न होता है। इस प्रेरित ईएमएफ को मोशनल ईएमएफ के रूप में जाना जाता है।

एल एक जनरेटर यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है। यह सिद्धांत पर कार्य करता है विद्युत चुम्बकीय प्रेरण का।

टर्मिनल व्यायाम

- 250-टर्न कॉइल में प्रत्येक लूप का फेस एरिया $S = 9.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ है। (ए) यदि कुंडल में प्रेरित ईएमएफ 7.5 वी है तो कुंडल के प्रत्येक मोड़ को जोड़ने वाले फ्लक्स में परिवर्तन की दर क्या है? (बी) यदि फ्लक्स कुंडली के अक्ष से 45° पर एक समान चुंबकीय क्षेत्र के कारण है, तो उस ईएमएफ को प्रेरित करने के लिए क्षेत्र के परिवर्तन की दर की गणना करें।
- (ए) चित्र 22.16 (ए) में लूप में प्रेरित धारा की दिशा क्या है जब लूप का क्षेत्रफल F लेबल वाले बलों के साथ खींचने पर कम हो जाता है?
बी पृष्ठ की ओर निर्देशित है और उसके लंबवत है।
(बी) चित्र 22.16 (बी) के छोटे लूप में प्रेरित धारा की दिशा क्या है जब बाईं ओर से देखी जाने वाली घड़ी की दिशा में धारा अचानक बड़े लूप में स्थापित हो जाती है, एक बैटरी द्वारा जिसे नहीं दिखाया गया है?



चित्र 22.16

3. (ए) यदि किसी सोलनॉइड में घुमावों की संख्या दोगुनी कर दी जाए, तो इसका स्व-परिवर्तन कितना होगा? प्रेरण परिवर्तन?

(बी) किसी वाहन के इंजन में पेट्रोल तब प्रज्वलित होता है जब स्पार्क प्लग पर लगाए गए उच्च वोल्टेज के कारण प्लग के दो कंडक्टरों के बीच चिंगारी उछलती है। यह उच्च वोल्टेज एक इग्निशन कॉइल द्वारा प्रदान किया जाता है, जो एक दूसरे के ऊपर कसकर लपेटे गए दो कॉइल्स की व्यवस्था है। वाहन की बैटरी से करंट कॉइल के माध्यम से कम घुमावों के साथ प्रवाहित होता है। यह धारा समय-समय पर एक स्विच द्वारा बाधित होती रहती है। धारा में अचानक परिवर्तन अधिक घुमावों के साथ कुंडल में एक बड़े ईएमएफ को प्रेरित करता है, और यह ईएमएफ चिंगारी को चलाता है। एक सामान्य इग्निशन कॉइल 3.0 ए का करंट खींचता है और स्पार्क प्लग को 24 केवी का ईएमएफ आपूर्ति करता है। यदि कुंडल में धारा प्रत्येक 0.10 एमएस में बाधित होती है, तो इग्निशन कॉइल का पारस्परिक प्रेरकत्व क्या है?
4. विद्युत चुम्बकीय प्रेरण क्या है? फेराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियमों को समझाइये।
5. लेन्ज़ का नियम बताएं. दिखाएँ कि लेन्ज़ का नियम संरक्षण के नियम का परिणाम है ऊर्जा।
6. स्व-प्रेरण क्या है? स्व-प्रेरण का भौतिक महत्व समझाइये।
7. स्व-प्रेरकत्व और पारस्परिक-प्रेरकत्व के बीच अंतर स्पष्ट करें। वे किन कारकों पर निर्भर हैं?
8. 10 H प्रेरक में कितना ईएमएफ प्रेरित होगा जिसमें धारा 9×10^{-2} सेकेंड में 10 ए से 7 ए तक बदल जाती है?
9. जब किसी छड़ को a के ऊपर रखा जाता है तो उसमें प्रेरित गतिज विद्युत वाहक बल के लिए एक व्यंजक व्युत्पन्न करें एक समान चुंबकीय क्षेत्र में मोटा फ्रेम।
10. 80 सेमी लंबाई की एक छड़ एक स्थिर लंबवत चुंबकीय क्षेत्र वाले क्षेत्र में 4 मीटर/सेकेंड की निरंतर गति से चलती है। छड़ के सिरों पर प्रेरित ईएमएफ 64 mV है। बी वैल्यू क्या है?
11. भँवर धाराएँ क्या हैं? व्याख्या करना। भँवर धाराओं के महत्वपूर्ण अनुप्रयोग क्या हैं?
12. एसी जनरेटर का सिद्धांत, निर्माण और कार्यप्रणाली बताइए।
13. डीसी जनरेटर का सिद्धांत, निर्माण और कार्यप्रणाली बताएं।
14. 10 सेमी लंबे तार में कितने वोल्ट उत्पन्न होते हैं जो सीधे काटता है यदि यह 4 मीटर/सेकेंड की गति से चलता है? फ्लक्स घनत्व 2 वेब/एम² का चुंबकीय क्षेत्र

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

22.1

1. एन = 1000, आर = 5×10^{-2} मीटर और बी₁ = 10 टी बी₂ = 0 टी

(ए) टी = 1 एस के लिए

$$= \text{एन} \frac{\text{बीबी} |\epsilon| \frac{1}{r} \frac{2}{\pi r}}{1}$$

$$= 10^3 \frac{10 \pi 25 10^3}{1}$$

$$= 25 \text{ V}$$

$$= 25 \times 3.14 = 78.50 \text{ वी}$$

(बी) टी = 1 एमएस के लिए

$$|\epsilon| = \frac{10 \times 10^3 \times 25 \times 10^3}{10^3}$$

$$= 78.5 \times 10^3 \text{ V}$$

2. चूंकि $\square = \text{ए} + \text{डीटी}^2$, $\epsilon_1 = \frac{\text{डी}\square}{\text{डीटी}}$

$$\square = \text{एन} \square_1 = 2 \text{एन डीटी}$$

$$= 2 \times 250 \times 15 \text{ टन} = 7500 \text{ टन}$$

टी = 0 के लिए, $\square_1 = 0$ और इसलिए $\square = 0$ वी

t = 3 s के लिए, $\square = 22500 \text{ V}$

3. $\square = \text{बीएस} = \text{बीएस}$ क्योंकि \square

$$|\epsilon| = \text{एन} \frac{\text{डी}\square}{\text{डीटी}}$$

$$|\epsilon| = \left| \text{एन एस} \frac{\text{डीबी}}{\text{डीटी}} \cos \theta \right| \text{ स्थिरांक है}$$

(ए) $|\square|$ अधिकतम है.

जब $\cos \square = 1$, $\square = 0$, यानी, कुंडल क्षेत्र के लिए सामान्य है।

(बी) $|\square|$ न्यूनतम है.

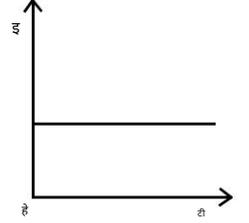
जब $\square = 90$, अर्थात, कुंडली की सतह क्षेत्र के समानांतर होती है।

22.2

1. जैसे ही हम कुंडली को चुंबक की तरफ से देखते हैं, ए और बी दोनों के लिए वामावर्त।
2. लूप E की अपेक्षा वाले सभी लूपों में चुंबकीय प्रवाह में परिवर्तन होता है। उनमें से प्रत्येक के लिए प्रेरित धारा वामावर्त होगी।
3. हाँ, वलय में एक प्रेरित धारा है। बार चुंबक पर क्रिया की जाती है a वलय में प्रेरित धारा के कारण प्रतिकारक बल।

22.3

1. चूंकि छड़ एक स्थिर गति से चलती है, प्रेरित ईएमएफ (ई) स्थिर है और बीएलवी के बराबर है।
2. चूंकि गति की दिशा के लंबवत दिशा में कोई चुंबकीय क्षेत्र नहीं है तार के सिरों पर प्रेरित ईएमएफ शून्य है।



22.4

1. मूविंग कॉइल गैल्वेनोमीटर, बैलेंस, एमीटर और वोल्टमीटर।
2. तांबे की प्लेट
3. साइनसॉइडली उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र द्वारा डिस्क में विद्युत धाराएं प्रेरित होती हैं एक कुंडल में अलग-अलग धाराएँ।
4. (i) भँवर धाराएँ सापेक्ष गति का विरोध करती हैं।
(ii) भँवर धारा में ऊष्मा के रूप में ऊर्जा की हानि होती है। नतीजतन, उपकरण का जीवन कम हो गया है।

22.5

$$\begin{aligned}
 \varepsilon &= \text{एल} \frac{d\text{डीआई}}{d\text{टी}} = \text{एल} \frac{2\pi r^2 N \frac{dI}{dt}}{2\pi r^2} \\
 &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10^7 \times 2 \times 2.5 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \\
 &= 10^{-6} \text{ वी}
 \end{aligned}$$

2. क्योंकि, दो समानांतर धागों में धारा विपरीत दिशाओं में प्रवाहित होती है और विरोध करती है स्व-प्रेरित धाराएँ और इस प्रकार प्रेरण प्रभाव को कम करती हैं।

$$3. \quad 3.5 \times 10^3 \text{ डि} \quad 9.7 \times 10^3 \text{ डि}$$

$$\frac{3.5}{9.7} = 0.36 \text{ ए एस} \quad \frac{1}{9.7}$$

22.6

1. (ए) यदि में 1 बढ़ रहा है, पहली कुंडली से निकलने वाला फ्लक्स भी बढ़ रहा है। इसलिए, दूसरे कुंडल में प्रेरित धारा इस प्रवाह का विरोध करेगी जैसा कि O द्वारा देखा गया है, धारा दक्षिणावर्त दिशा में प्रवाहित हो रही है। इसलिए B धनात्मक होगा और एक नकारात्मक।

(बी) यदि में 2 कम हो रहा है, पहली कुंडली से निकलने वाला फ्लक्स कम हो रहा है। तेज करना यह प्रेरित धारा C को छोड़कर वामावर्त दिशा में प्रवाहित होनी चाहिए सकारात्मक क्षमता और डी नकारात्मक पर।
2. नहीं, पारस्परिक प्रेरकत्व कम हो जाएगा। क्योंकि, जब दो कुंडलियाँ दाहिनी ओर होती हैं कोण, एक कुंडल से दूसरे कुंडल में फ्लक्स का युग्मन सबसे कम होगा।

22.7

1. (i) एसी जनरेटर में स्लिप रिंग होते हैं जबकि डीसी जनरेटर में स्प्लिट रिंग होते हैं कम्यूटेटर।

(ii) एसी जनरेटर साइनसॉइडल रूप में करंट वोल्टेज पैदा करता है लेकिन डीसी जनरेटर पूरे क्षेत्र में एक दिशा में प्रवाहित होने वाली धारा उत्पन्न करता है।
2. जनरेटर के चार आवश्यक भाग आर्मेचर, फ़ील्ड चुंबक, स्लिप रिंग और ब्रश हैं।
3. कम्यूटेटर एसी तरंग रूप को डीसी तरंग रूप में परिवर्तित करता है।
4. प्रकाश व्यवस्था के लिए साइकिल से जोड़ा गया।

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

- | | | | |
|-----|---|------|--------------|
| 1. | (ए) $3 \times 10^{-2} \text{ Wb s}^{-1}$ (a) 4 गुना | (बी) | 0.47 टी एस-1 |
| 3. | हो जाता है | (बी) | 0.8 एच |
| 8. | 333.3 वी | | |
| 10. | 0.2 टेस्ला | | |
| 14. | 0.8 वोल्ट | | |



वैकल्पिक धाराएँ

परिचय

हम अपने घरेलू सामानों में अधिकतर प्रत्यक्ष धारा के बजाय प्रत्यावर्ती धारा का उपयोग करते हैं। प्रत्यावर्ती धारा का संचरण प्रत्यक्ष धारा की तुलना में आसान है। हम आसानी से कर सकते हैं ट्रांसफार्मर के साथ प्रत्यावर्ती वोल्टेज या धारा को बढ़ाना और घटाना। वर्तमान जिसका परिमाण लगातार बदलता रहता है और दिशा समय-समय पर बदलती रहती है, जिसे प्रत्यावर्तन कहा जाता है धारा, जबकि प्रत्यक्ष धारा का परिमाण स्थिर होता है और यह केवल एक ही दिशा में बहती है (चित्र 23.1)। भारत में प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति 50 Hz है, अर्थात् यह अपनी दिशा बदलती है एक सेकंड में 50 बार। दिष्ट धारा की आवृत्ति शून्य होती है।

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

मैं प्रत्यावर्ती धारा और वोल्टेज की व्याख्या कर सकूंगा;

मैं युक्त एसी सर्किट में वोल्टेज और करंट के बीच संबंध प्राप्त करता हूँ

(i) अवरोधक (ii) प्रारंभ करनेवाला और (iii) संधारित्र;

एल एलसी दोलनों की व्याख्या कर सकेंगे;

मैं ट्रांसफार्मर के निर्माण का वर्णन करूंगा और इसके प्रकारों में अंतर बताऊंगा।

23.1 प्रत्यावर्ती धारा और वोल्टेज

जैसा कि चित्र 23.1 में दिखाया गया है, प्रत्यावर्ती वोल्टेज समय के साथ साइन फ़ंक्शन की तरह बदलता रहता है। इन परिस्थितियों में किसी परिपथ में प्रवाहित धारा को प्रत्यावर्ती धारा कहा जाता है।

सामान्य तौर पर, प्रत्यावर्ती वोल्टेज और धाराएँ होती हैं गणितीय रूप से व्यक्त किया गया

$$\text{क्योंकि } V_{\text{एम}} \propto \sin \omega t \quad (23.1)$$

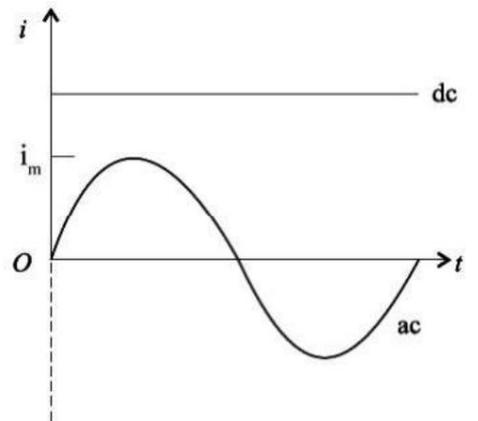
$$\text{और } I_{\text{एम}} \propto \sin \omega t \quad (23.2)$$

V_m और I_m को चरम मान के रूप में जाना जाता है

क्रमशः प्रत्यावर्ती वोल्टेज और धारा। में

इसके अलावा, हम मूल माध्य वर्ग (आरएमएस) को भी परिभाषित करते हैं V और I के मान

$$V_{\text{आरएमएस}} = \frac{V_{\text{एम}}}{\sqrt{2}} = 0.707 V_{\text{एम}} \quad (23.3)$$



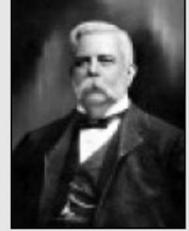
चित्र 23.1: डीसी और एसी धारा तरंगरूप

$$I_{\text{अवरोधक}} = \frac{I_{\text{एयर्स}}}{\sqrt{2}} = 0.707 I_{\text{एयर्स}} \quad (23.4)$$

V और I के बीच का संबंध सर्किट में मौजूद सर्किट तत्वों पर निर्भर करता है। होने देना अब हम एसी सर्किट का अध्ययन करते हैं जिसमें (i) एक अवरोधक (ii) एक संधारित्र, और (iii) केवल एक प्रारंभ करनेवाला होता है।

जॉर्ज वेस्टिंगहाउस (1846-1914)

यदि आज पूरे विश्व में AC, DC पर हावी है, तो इसका कारण है जॉर्ज वेस्टिंगहाउस का दृष्टिकोण और प्रयास। वह एक अमेरिकी था आविष्कारक और उद्यमी जिनके नाम लगभग 400 पेटेंट हैं। उनका पहला आविष्कार तब हुआ जब वह केवल पंद्रह वर्ष के थे। उन्होंने एयर ब्रेक और स्वचालित रेलवे सिग्नल का आविष्कार किया, जिससे... रेलवे यातायात सुरक्षित.



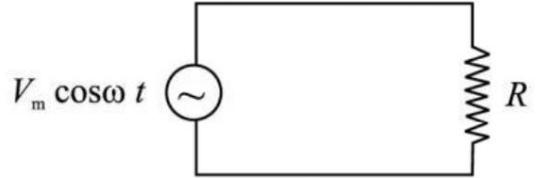
जब यूगोस्लाव आविष्कारक निकोल टेस्ला (1856-1943) ने प्रस्तुत किया घूमने वाले चुंबकीय क्षेत्र का विचार जॉर्ज वेस्टिंगहाउस ने तुरंत समझ लिया उनकी खोज का महत्व. उन्होंने टेस्ला को बहुत ही आकर्षक शर्तों पर अपने साथ शामिल होने के लिए आमंत्रित किया और अपनी इलेक्ट्रिक कंपनी शुरू की। जब उन्होंने इसका प्रयोग किया तो कंपनी को प्रसिद्धि मिली नियोग्रा फॉल्स की ऊर्जा से बिजली का उत्पादन किया जाता है और इसका उपयोग शहर को रोशन करने के लिए किया जाता है 20 किमी की दूरी पर.

23.2 एसी वोल्टेज एक अवरोधक पर लागू होता है

चित्र 23.2 देखें जो एक एसी सर्किट में एक अवरोधक दिखाता है। का तात्कालिक मूल्य धारा को प्रतिरोधक के पार संभावित अंतर के तात्कालिक मान द्वारा दिया जाता है प्रतिरोध द्वारा विभाजित।

$$I = \frac{V}{R} \quad (23.5)$$

क्योंकि $V = V_m \cos \omega t$



चित्र 23.2: एक एसी सर्किट जिसमें एक अवरोधक है

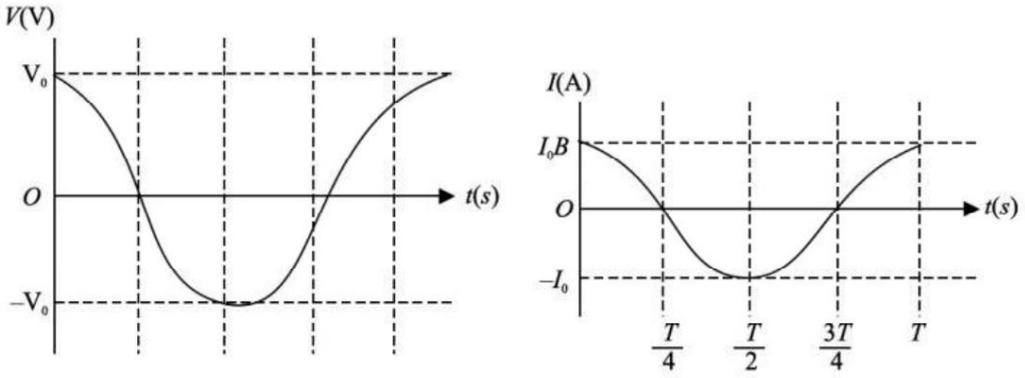
मात्रा V_m / R में वोल्ट प्रति ओम की इकाइयाँ होती हैं, (यानी, एम्पीयर)। यह अधिकतम का प्रतिनिधित्व करता है सर्किट में करंट का मान. धारा समय के साथ दिशा बदलती है, और इसलिए हम इसका उपयोग करते हैं दो संभावित वर्तमान दिशाओं का प्रतिनिधित्व करने के लिए वर्तमान के सकारात्मक और नकारात्मक मान। समीकरण में V_m / R के लिए सर्किट में अधिकतम धारा I_m को प्रतिस्थापित करना। (23.5), हम पाते हैं

$$I = \frac{V_m}{R} \cos \omega t \quad (23.6)$$

चित्र. 23.3 ए के सिरो के बीच संभावित अंतर के समय भिन्नता को दर्शाता है रोकनेवाला और रोकनेवाला में करंट। ध्यान दें कि संभावित अंतर और धारा अंदर हैं चरण अर्थात्, चोटियाँ और घाटियाँ एक ही समय में घटित होती हैं।

भारत में, हमारे पास $V_m = 310V$ और है $f = 50$ हर्ट्ज. इसलिए $R = 10 \Omega$ के लिए हमें मिलता है

$$I = \frac{310 \cos 250 \pi t}{10}$$



चित्र 23.3: विशुद्ध रूप से प्रतिरोधक परिपथ में धारा और वोल्टेज का समय परिवर्तन

और $i = \frac{310}{10} \sin(100t)$ एम्पियर

$$V = 31 \cos 100t \text{ वोल्ट}$$

चूँकि V और I, \cos (चक्रों की 100 अभिन्न संख्या) के समानुपाती हैं। \sin (टी), औसत धारा शून्य है

प्रतिरोधक में विकसित औसत शक्ति, $P = I^2R$ शून्य नहीं है, क्योंकि का वर्ग है धारा का तात्क्षणिक मान सदैव धनात्मक होता है। जैसे मैं 2, समय-समय पर शून्य के बीच बदलता रहता है और मैं 2, हम एकल चक्र के लिए औसत शक्ति, पी निर्धारित कर सकते हैं:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 R dt = \frac{R}{T} \int_0^T i^2 dt = \frac{R}{T} \int_0^T \frac{I_0^2 \sin^2(100t)}{2} dt$$

$$P = \frac{R I_0^2}{2} \int_0^T \sin^2(100t) dt \quad (23.7)$$

ध्यान दें कि समान शक्ति मान की स्थिर डीसी धारा द्वारा उत्पादित की जाएगी

$$\frac{I_{\text{एम}}}{\sqrt{2}}$$

रोकनेवाला मैं. यदि हम अवरोधक को संभावित अंतर से जोड़ दें तो भी इसका परिणाम होगा

का एक स्थिर मान होना $\frac{V_{\text{एम}}}{\sqrt{2}}$ वोल्ट. मात्राएँ $\frac{I_{\text{एम}}}{\sqrt{2}}$ और $\frac{V_{\text{एम}}}{\sqrt{2}}$ आरएमएस मान कहलाते हैं

वर्तमान और संभावित अंतर का. आरएमएस शब्द मूल-माध्य-वर्ग का संक्षिप्त रूप है, जो इसका अर्थ है "ब्याज की मात्रा के वर्ग के औसत मूल्य का वर्गमूल।" एक के लिए भारतीय घर में विद्युत आउटलेट जहां $V_m = 310V$, संभावित अंतर का rms मान है

$$V_{\text{एम}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 220V$$

यह आमतौर पर संभावित अंतर के लिए उद्धृत मूल्य है। ध्यान दें कि जब संभव हो अंतर 220 V है, AC वोल्टेज का शिखर मान 310 V है और इसीलिए यह इतना घातक है।

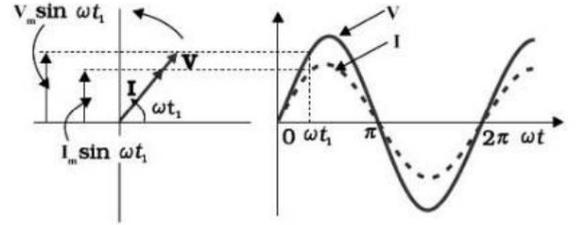
पाठगत प्रश्न 23.1

1. किसी एसी स्रोत से जुड़े प्रकाश बल्ब में विद्युत धारा के प्रत्येक चक्र में तात्कालिक धारा दो बार शून्य होती है। शून्य धारा के इस समय में बल्ब क्यों नहीं बुझता?
2. 25 W प्रतिरोध वाली एक विद्युत इस्त्री को 220 V, 50 Hz के घरेलू आउटलेट से जोड़ा गया है। पूरे चक्र में औसत धारा, शिखर धारा, तात्क्षणिक धारा और उसमें आरएमएस धारा निर्धारित करें।
3. एसी धारा और वोल्टेज के मूल माध्य वर्ग मान की गणना करना क्यों आवश्यक है?

23.3 घूर्णन वेक्टर-चरणों द्वारा एसी करंट और वोल्टेज का प्रतिनिधित्व

हमने देखा है कि एक प्रतिरोधक के माध्यम से धारा वोल्टेज के साथ चरण में होती है, लेकिन प्रारंभ करनेवाला और संधारित्र के मामले में, वे चरण में नहीं होते हैं। वोल्टेज और करंट के बीच चरण संबंधों को जानने के लिए, हम फ़ासर्स नामक कुछ संकेतन का उपयोग करते हैं। फ़ेज़र एक वेक्टर है जो कोणीय आवृत्ति ω द्वारा अपने मूल के चारों ओर घूमता है।

समय t_1 पर वोल्टेज और करंट के ऊर्ध्वाधर घटक क्रमशः $V_m \sin \omega t$ और $I_m \sin \omega t$ हैं। V_m और I_m वोल्टेज और करंट के चरम मान हैं। y -अक्ष पर वोल्टेज और वर्तमान चरणों का प्रक्षेपण $V_m \sin \omega t$ है और $I_m \sin \omega t$ उस क्षण में वोल्टेज और वर्तमान के मान का प्रतिनिधित्व करता है। यदि यह आवृत्ति ω के साथ घूमता है, तो वक्र उत्पन्न होते हैं जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। रोकनेवाला के लिए चरण V और I उसी दिशा में हैं जैसा कि चित्र 23.4 (ए) में दिखाया गया है। इसलिए वोल्टेज और धारा के बीच का चरण कोण शून्य है। प्रारंभ करनेवाला या संधारित्र के मामले में, वोल्टेज और धाराएँ चरण में नहीं हैं।



चित्र 23.4: (ए) अवरोधक के साथ चरण आरेख और तरंग आरेख

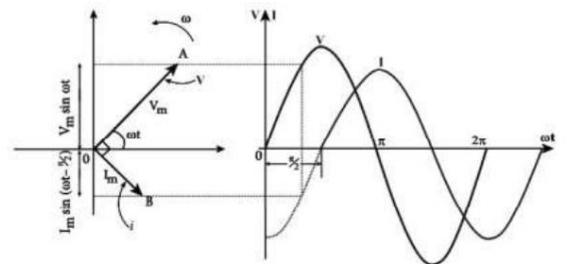
जब एक एसी वोल्टेज को एक प्रारंभ करनेवाला वाले सर्किट पर लागू किया जाता है, तो सर्किट में करंट उत्पन्न होता है

वोल्टेज से पिछड़ जाता है $\frac{\pi}{2}$ कोण या एक-चौथाई

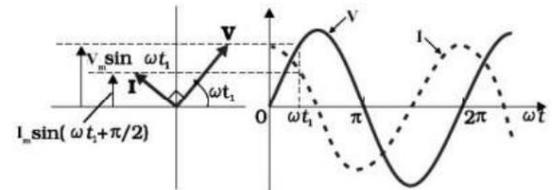
चक्र। जैसा कि चित्र 23.4 (बी) में दिखाया गया है

चरण I है $\frac{\pi}{2}$ वोल्टेज चरण V के पीछे।

जब वे घड़ी की विपरीत दिशा में आवृत्ति के साथ घूमते हैं, तो वे वोल्टेज और करंट उत्पन्न करते हैं जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। चित्र से, हम देखते हैं कि धारा अपने अधिकतम मूल्य पर वोल्टेज की तुलना में एक-चौथाई अवधि के बाद पहुंचती है।



चित्र 23.4: (बी) चरण आरेख और प्रारंभ करनेवाला के साथ तरंग आरेख



चित्र 23.4: (सी) संधारित्र के साथ चरण आरेख और तरंग आरेख

जब एक एसी वोल्टेज को एक संधारित्र वाले सर्किट पर लागू किया जाता है, तो करंट होता है

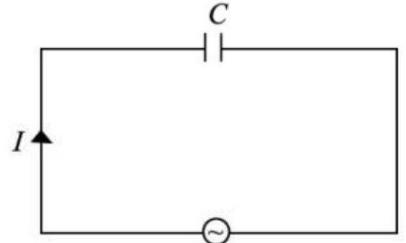
वोल्टेज से आगे. जैसा कि चित्र 23.4 (सी) में दिखाया गया है, वर्तमान चरण I 2 है

$\frac{\pi}{2}$ वोल्टेज से आगे

चरण V जब वे वामावर्त घुमाते हैं। समय के साथ वोल्टेज और करंट में बदलाव चित्र में दिखाया गया है और हम देखते हैं कि धारा अपने अधिकतम मान तक पहले पहुँच जाती है अवधि के एक-चौथाई द्वारा वोल्टेज।

23.4 एसी वोल्टेज एक संधारित्र पर लागू होता है

चित्र 23.5 एक एसी स्रोत से जुड़ा एक संधारित्र दिखाता है। धारिता की परिभाषा से यह निष्कर्ष निकलता है कि संधारित्र पर तात्कालिक आवेश बराबर होता है इसके पार तात्कालिक संभावित अंतर को कई गुना कर दिया जाता है धारिता, $q = CV$. इस प्रकार, हम लिख सकते हैं



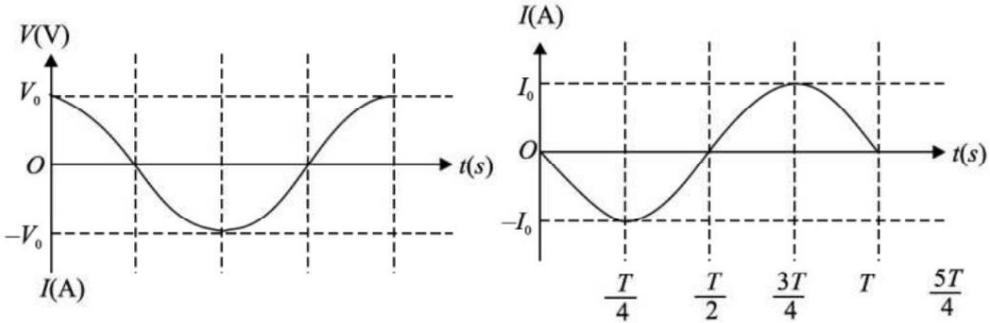
चित्र 23.5: एक एसी सर्किट में संधारित्र

$$q = C V_0 \cos \omega t \quad (23.8)$$

चूँकि $I = dq/dt$, हम लिख सकते हैं

$$I = -\omega C V_0 \sin \omega t \quad (23.9)$$

कैपेसिटिव सर्किट में V और I का समय परिवर्तन चित्र 23.6 में दिखाया गया है।



चित्र 23.6: कैपेसिटिव सर्किट में समय के साथ वी और आई में बदलाव

एक अवरोधक के विपरीत, एक संधारित्र के लिए वर्तमान I और संभावित अंतर V अंदर नहीं होते हैं चरण। वर्तमान समय की साजिश का पहला शिखर पहले चक्र से एक चौथाई चक्र पहले होता है संभावित अंतर-समय कथानक में चरण। इसलिए हम कहते हैं कि संधारित्र धारा प्रवाहित होती है एक अवधि के एक चौथाई तक संधारित्र संभावित अंतर। एक अवधि का एक चौथाई भाग मेल खाता है $/2$ या 90° के चरण अंतर तक। तदनुसार, हम यह भी कहते हैं कि संभावित अंतर धारा से 90° पीछे है।

समीकरण को पुनः लिखना. (23.9) के रूप में

$$I = \frac{V_0}{1/\omega C} \sin \omega t \quad (23.10)$$

और समीकरणों की तुलना करना। (23.5) और (23.10), हम देखते हैं कि $(1/\omega C)$ में प्रतिरोध की इकाइयाँ होनी चाहिए। मात्रा $1/\omega C$ को कैपेसिटिव रिएक्शन कहा जाता है, और इसे प्रतीक X_C द्वारा दर्शाया जाता है :

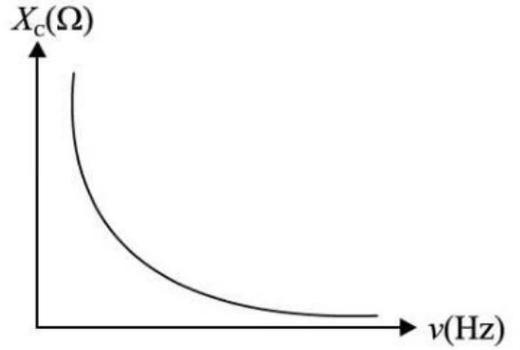
$$\begin{aligned} \text{एक्ससी} &= \frac{1}{\omega \text{ सी}} \\ &= \frac{1}{2\pi \text{ कुलपति}} \end{aligned} \quad (23.11)$$

कैपेसिटिव रिएक्शन उस सीमा का माप है जिस तक कैपेसिटर सर्किट में एसी करंट को सीमित करता है। यह जनरेटर की धारिता और आवृत्ति पर निर्भर करता है। आवृत्ति और धारिता में वृद्धि के साथ कैपेसिटिव प्रतिक्रिया कम हो जाती है। प्रतिरोध और कैपेसिटिव प्रतिक्रिया इस अर्थ में समान हैं कि दोनों एसी करंट की सीमाओं को मापते हैं। लेकिन प्रतिरोध के विपरीत, कैपेसिटिव रिएक्शन एसी की आवृत्ति पर निर्भर करता है (चित्र 23.7)। कैपेसिटिव रिएक्शन की अवधारणा हमें समीकरण $I = V/R$ के अनुरूप एक समीकरण पेश करने की अनुमति देती है:

$$\text{में} = \frac{\text{वी}}{\text{एक्ससी}} \quad (23.12)$$

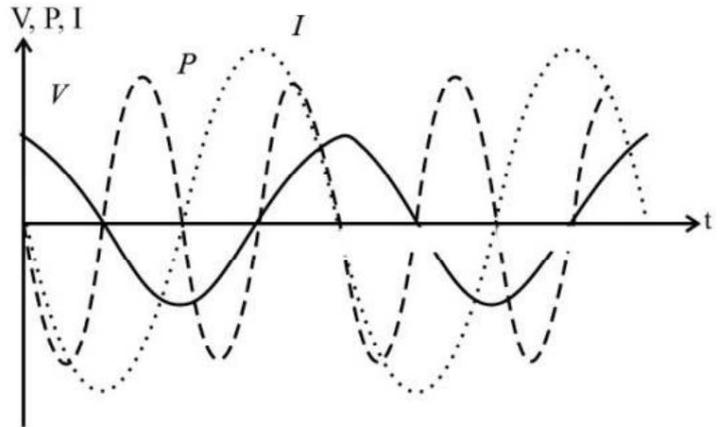
संधारित्र को दी जाने वाली तात्कालिक शक्ति तात्कालिक संधारित्र धारा और संभावित अंतर का उत्पाद है:

$$\begin{aligned} P &= VI \\ &= \omega \text{ सीवी}^2 \sin^2 \omega t \\ &= \frac{1}{2} \omega \text{ सीवी}^2 \sin^2 2\omega t \end{aligned} \quad (23.13)$$



चित्र 23.7: कैपेसिटिव रिएक्शन की आवृत्ति भिन्नता

P का चिन्ह समय के साथ ऊर्जा प्रवाह की दिशा निर्धारित करता है। जब P धनात्मक होता है, तो ऊर्जा संधारित्र में संग्रहीत होती है। जब P ऋणात्मक होता है, तो संधारित्र द्वारा ऊर्जा मुक्त होती है। V , I और P का ग्राफिकल प्रतिनिधित्व चित्र 23.8 में दिखाया गया है। ध्यान दें कि जबकि धारा और संभावित अंतर दोनों कोणीय आवृत्ति ω के साथ भिन्न होते हैं, शक्ति कोणीय आवृत्ति 2ω के साथ भिन्न होती है। औसत शक्ति शून्य है।



चित्र 23.8: V , I और P का समय भिन्नता

चार्लिंग चक्र के दौरान संधारित्र में संग्रहीत विद्युत ऊर्जा संधारित्र के डिस्चार्ज होने पर पूरी तरह से पुनर्प्राप्त हो जाती है। औसतन, एक चक्र में संधारित्र में कोई ऊर्जा संग्रहीत या नष्ट नहीं होती है।

उदाहरण 23.1

एक 100 μ एफ संधारित्र 50 हर्ट्ज एसी जनरेटर से जुड़ा है जिसका अधिकतम आयाम है 220V. उस धारा की गणना करें जो श्रृंखला में जुड़े आरएमएस एसी एमीटर द्वारा रिकॉर्ड की जाएगी संधारित्र के साथ.

समाधान :

एक संधारित्र की कैपेसिटिव प्रतिक्रिया किसके द्वारा दी जाती है?

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 100 \times 10^{-6}} = 31.8 \Omega$$

यह मानते हुए कि एमीटर अपने निम्न स्तर के कारण धारा के मान को प्रभावित नहीं करता है प्रतिरोध, संधारित्र में तात्कालिक धारा द्वारा दिया जाता है

$$i = \frac{V}{X_C} \cos \omega t = \frac{220}{31.8} \cos \omega t$$

$$i = 6.92 \cos \omega t \text{ ए}$$

धारा का आरएमएस मान है

$$i_{\text{र.म.स.}} = \frac{i_{\text{ए.म.स.}}}{\sqrt{2}} = \frac{6.92}{\sqrt{2}} = 4.91 \text{ ए}$$

अब निम्नलिखित प्रश्न का जवाब दो।

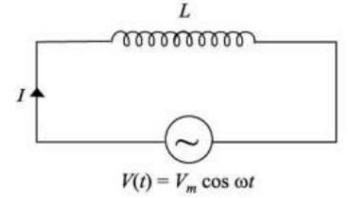
पाठगत प्रश्न 23.2

1. बताएं कि एसी जनरेटर से जुड़े कैपेसिटर में करंट क्यों बढ़ता है धारिता.
2. एक संधारित्र एक निश्चित शिखर मान (V_m) वाले एसी जनरेटर से जुड़ा है परिवर्तनशील आवृत्ति. क्या आप उम्मीद करेंगे कि आवृत्ति घटने पर धारा बढ़ेगी?
3. क्या एसी जनरेटर द्वारा संधारित्र को दी जाने वाली औसत शक्ति शून्य होगी? औचित्य आपका उत्तर।
4. उच्च आवृत्ति वाले सर्किट में कैपेसिटिव रिएक्शन छोटे क्यों हो जाते हैं? टीवी सेट में?

23.5 एसी स्रोत एक प्रेरक से जुड़ा हुआ है

अब हम एक एसी स्रोत से जुड़े एक आदर्श (शून्य-प्रतिरोध) प्रारंभकर्ता पर विचार करते हैं। (चित्र 23.9)। यदि V प्रारंभ करनेवाला के पार संभावित अंतर है, तो हम लिख सकते हैं

$$V(t) = V_m \cos \omega t \quad (23.14)$$



चित्र 23.9: एक एसी जनरेटर एक प्रारंभ करनेवाला से जुड़ा हुआ

समीकरण को एकीकृत करने के लिए, (23.14) समय के साथ, हम इसे फिर से लिखते हैं

$$L \frac{dI}{dt} = V_m \cos \omega t$$

चूँकि $\cos x$ का समाकलन $\sin x$ है, हम पाते हैं

$$I(t) = \frac{V_m}{\omega L} \sin \omega t \quad (23.15)$$

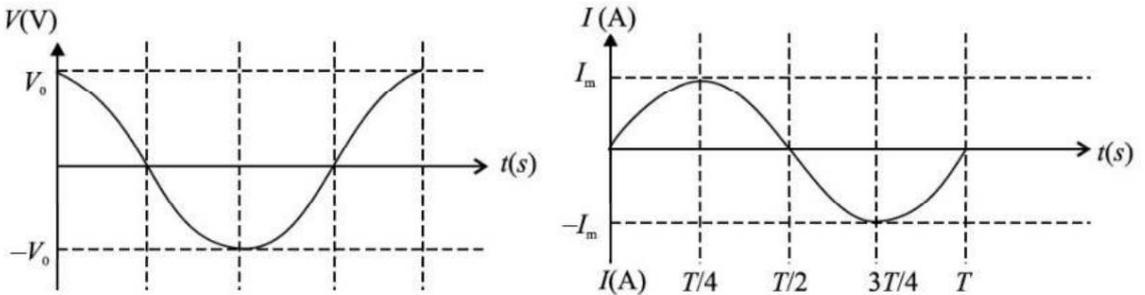
जब $t = 0$, $I = 0$. इसलिए एकीकरण का स्थिरांक शून्य हो जाता है। इस प्रकार

$$I(t) = \frac{V_m}{\omega L} \sin \omega t \quad (23.16)$$

V(t) और I(t) की तुलना करने के लिए आइए $V_m = 220V$, $\omega = 2\pi \times 50$ रेड एस-1, और $L = 1$ एच। तब

$$I(t) = 220 \text{ कॉस } (2\pi \times 50t) \text{ वोल्ट}$$

$$I(t) = \frac{220}{50} \text{ पाप } 2\pi \times 50t \text{ सेकेंड } = 0.707 \sin 2\pi \times 50t \text{ एम्पीयर}$$



चित्र 23.10: एक प्रेरक और धारा के बीच संभावित अंतर का समय भिन्नता इसके माध्यम से बह रहा है. ये चरण में नहीं हैं

चित्र 23.10 वी और आई के समय भिन्नता को दर्शाता है। प्रारंभ करनेवाला वर्तमान और संभावित अंतर इसके पार चरण में नहीं हैं। वास्तव में संभावित अंतर एक-चौथाई चक्र से पहले चरण पर होता है मौजूदा। हम कहते हैं कि किसी प्रारंभ करनेवाला के मामले में धारा संभावित अंतर से $\pi/2$ रेड पीछे होती है (या 90°)। लेन्ज़ के नियम से हम यही अपेक्षा करेंगे। इसे देखने का दूसरा तरीका है समीकरण को पुनः लिखें (23.16) यथा

$$I_{\text{एल}} = \frac{V_{\text{एल}}}{\omega L} \quad \text{क्योंकि } \frac{V_{\text{एल}}}{\omega L} = \frac{V_{\text{एल}}}{2\pi f L}$$

क्योंकि $V = V_m \cos \omega t$, I के लिए चरण अंतर $(-\pi/2)$ का मतलब है कि करंट वोल्टेज से पिछड़ जाता है $\pi/2$ द्वारा. यह संधारित्र में धारा के विपरीत है, जो संभावित अंतर की ओर ले जाता है। एक प्रारंभ करनेवाला के लिए, धारा संभावित अंतर से पीछे होती है।

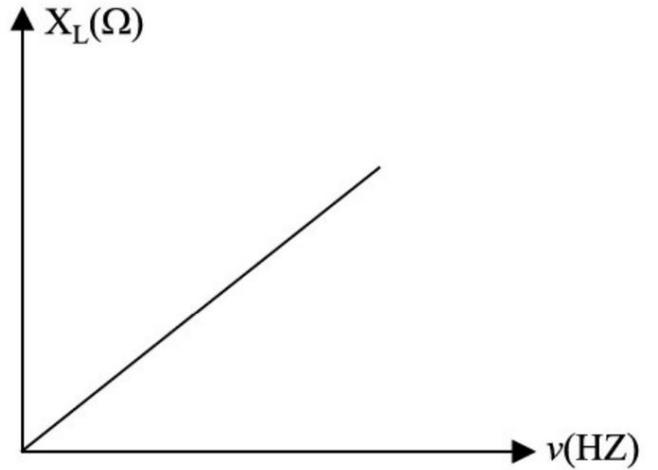
समीकरण में मात्रा ωL (23.16) में प्रतिरोध की इकाइयाँ होती हैं और इसे प्रेरक प्रतिक्रिया कहा जाता है।

इसे प्रतीक X_L द्वारा दर्शाया गया है :

$$\omega L \text{ एक्सएल वीएल} \quad (23.17)$$

कैपेसिटिव रिएक्शन की तरह,

आगमनात्मक प्रतिक्रिया, एक्सएल, में व्यक्त किया गया है ओम. आगमनात्मक प्रतिक्रिया एक माप है प्रारंभ करनेवाला किस सीमा तक सीमित है सर्किट में एसी करंट. पर निर्भर करता है प्रेरण और आवृत्ति जेनरेटर. आगमनात्मक प्रतिक्रिया बढ़ जाती है, यदि या तो आवृत्ति या प्रेरण बढ़ती है। (यह बिल्कुल विपरीत है कैपेसिटिव रिएक्शन.) सीमा में आवृत्ति शून्य हो जाती है, आगमनात्मक प्रतिक्रिया शून्य हो जाती है. लेकिन उसे याद करो $\omega \rightarrow 0$ अनंत, कैपेसिटिव रिएक्शन की प्रवृत्ति होती है



के रूप में (तालिका-23.1 देखें)। क्योंकि डीसी स्रोत के लिए आगमनात्मक प्रभाव गायब हो जाते हैं, जैसे कि बैटरी, शून्य प्रेरक प्रतिक्रिया शून्य आवृत्ति के लिए डीसी स्रोत से जुड़े प्रारंभकर्ता के व्यवहार के अनुरूप है। एक्सएल की आवृत्ति भिन्नता चित्र 23.11 में दिखाई गई है।

चित्र 23.11: एक प्रारंभ करनेवाला की प्रतिक्रिया ($X_L = 2\pi fL$) आवृत्ति के एक फलन के रूप में। आगमनात्मक प्रतिक्रिया जैसे-जैसे आवृत्ति बढ़ती है, बढ़ती जाती है।

तालिका - 23.1: निष्क्रिय सर्किट तत्वों की आवृत्ति प्रतिक्रिया

सर्किट तत्व	धारा के प्रवाह का विरोध	कम आवृत्ति पर मान	मूल्य पर उच्च आवृत्ति
अवरोध	आर	आर	आर
संधारित्र	एक्ससी $= \frac{1}{\omega C}$	∞	0
प्रारंभ करनेवाला	एक्सएल $= \omega L$	0	∞

आगमनात्मक प्रतिक्रिया की अवधारणा हमें एक प्रारंभ करनेवाला एनालॉग पेश करने की अनुमति देती है समीकरण $I = V/R$ जिसमें प्रतिरोध R शामिल है:

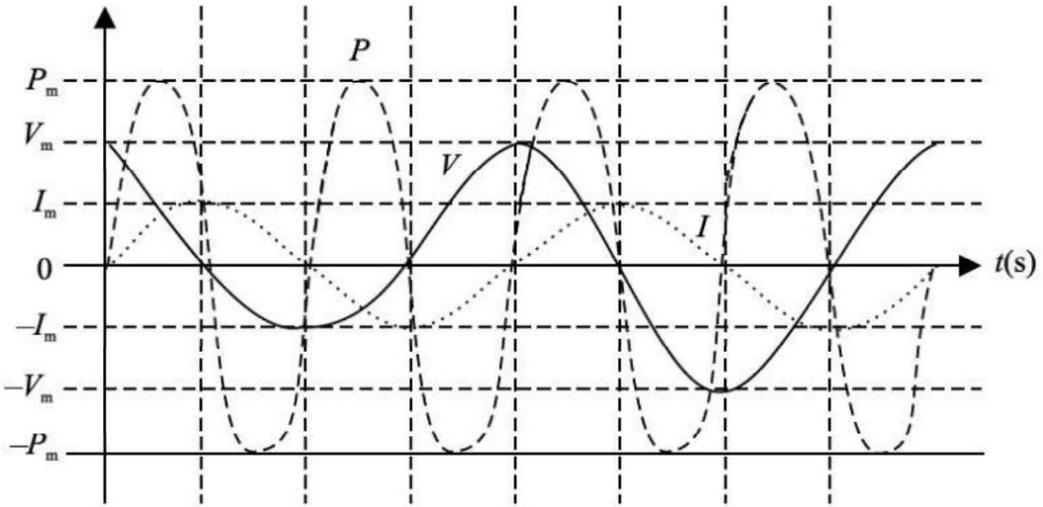
$$I = \frac{V}{R} \quad \text{क्योंकि } \frac{V}{R} = \frac{V}{\omega L} \quad (23.18)$$

प्रारंभ करनेवाला को दी गई तात्कालिक शक्ति किसके द्वारा दी जाती है?

$$P = VI$$

$$\square \frac{V_m^2}{\text{एल } \omega} \text{ पाप } \omega \text{ क्योंकि } \omega \text{ टीटी} \quad \square \frac{V_m^2}{2\omega \text{ एल}} \text{ पाप } 2\omega \text{ शि} \quad (23.19)$$

एक प्रारंभकर्ता के लिए वी, आई और पी का ग्राफिकल प्रतिनिधित्व चित्र 23.12 में दिखाया गया है। हालांकि वर्तमान और संभावित अंतर दोनों कोणीय आवृत्ति के साथ भिन्न होते हैं, शक्ति भिन्न होती है दोगुनी कोणीय आवृत्ति के साथ। पूरे चक्र में वितरित औसत शक्ति शून्य है। जैसे-जैसे चुंबकीय क्षेत्र बारी-बारी से बढ़ता और घूमता है, ऊर्जा बारी-बारी से संग्रहित और मुक्त होती रहती है। क्षय



चित्र 23.12: एक प्रेरक परिपथ में संभावित अंतर, धारा और शक्ति का समय परिवर्तन

उदाहरण 23.2

एक वायु कोर्ड सोलनॉइड की लंबाई 25 सेमी और व्यास 2.5 सेमी है, और इसमें 1000 हैं बारीकी से घाव हो जाता है। कुण्डली का प्रतिरोध $1.00 \square$ मापा जाता है। तुलना करें कुंडल के प्रतिरोध के साथ 100 हर्ट्ज़ पर आगमनात्मक प्रतिक्रिया।

समाधान :

एक सोलनॉइड का प्रेरकत्व, जिसकी लंबाई उसके व्यास की तुलना में बड़ी है, दिया गया है द्वारा

$$\text{एल } \square \frac{2^2}{0 \text{ एन एल}}$$

जहां N घुमावों की संख्या को दर्शाता है, a त्रिज्या है, और l सोलनॉइड की लंबाई है। पर दिए गए मानों को प्रतिस्थापित करने पर, हमें प्राप्त होता है

$$\text{एल} = \frac{\square 4\pi \times 10 \text{ एचएम} \square 1000 \quad \square \quad \square \quad 0.0125 \text{ मी } \square^2 \quad 2}{0.25 \text{ मी}} = 2.47 \times 10 \text{ एच} \square^3$$

100 हर्ट्ज की आवृत्ति पर आगमनात्मक प्रतिक्रिया है

$$\frac{\text{एकसूटा लार्छ}}{\text{एक}} = \frac{2 \times 100}{2.47 \times 10^3} = 1.55$$

इस प्रकार, 100 हर्ट्ज पर इस सोलनॉइड की आगमनात्मक प्रतिक्रिया आंतरिक के बराबर है (ओमिक) प्रतिरोध आर। एक सर्किट आरेख में, इसे इस प्रकार दिखाया जाएगा

$$E_L = 2.47 \text{ एच और आर} = 1.00 \Omega$$



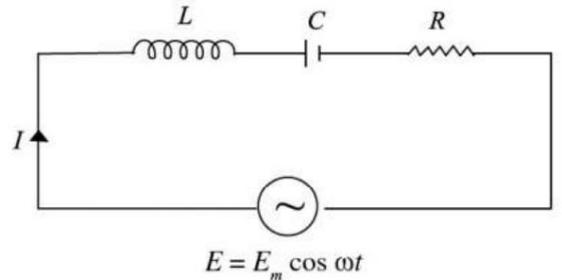
अब आप इन विचारों के बारे में अपनी समझ का परीक्षण करना चाहेंगे।

पाठगत प्रश्न 23.3

- जब एक आदर्श प्रारंभकर्ता को एसी जनरेटर से जोड़ा जाता है तो लेन्ज़ के नियम की भूमिका का वर्णन करें।
- धारा 23.2 में, स्व-प्रेरण को विद्युत जड़ता के रूप में वर्णित किया गया था। इसे एक मार्गदर्शक के रूप में उपयोग करते हुए, आप एसी जनरेटर से जुड़े प्रारंभकर्ता में स्व-प्रेरकत्व बढ़ने पर धारा कम होने की उम्मीद क्यों करेंगे?

23.6 एसी वोल्टेज एक श्रृंखला एलसीआर सर्किट पर लागू होता है

चित्र 23.13 देखें। यह एक एसी स्रोत के साथ श्रृंखला में एक प्रारंभ करनेवाला एल, एक कैपेसिटर सी और एक प्रतिरोधी आर वाले सर्किट को दिखाता है, जो तात्कालिक ईएमएफ ई = एम पाप ωt प्रदान करता है। सभी तीन सर्किट तत्वों के माध्यम से धारा आयाम और चरण में समान है लेकिन उनमें से प्रत्येक में संभावित अंतर, जैसा कि पहले चर्चा की गई है, एक ही चरण में नहीं हैं। ध्यान दें कि



चित्र 23.13: एक श्रृंखला एलसीआर सर्किट

(i) आर के पार संभावित अंतर और यह धारा के चरण में होगा।

$$\text{रोकनेवाला वीआर} = I R$$

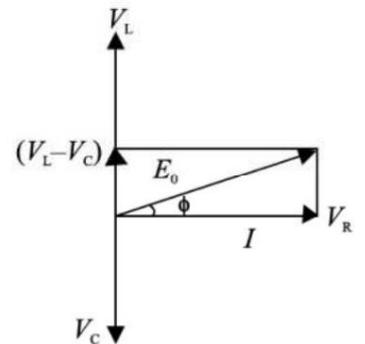
(ii) संधारित्र VC के पार PD का आयाम = I 0 XC और यह धारा से एक कोण पीछे है

$$\phi / 2 \text{ और}$$

(iii) प्रारंभ करनेवाला के पार पीडी का आयाम VL = I एक कोण द्वारा धारा को ले जाता है ωक्सएल और यह

$$\phi / 2.$$

विभिन्न चरणों के कारण, हम सर्किट में परिणामी शिखर वोल्टेज प्राप्त करने के लिए बीजगणितीय रूप से वोल्टेज नहीं जोड़ सकते हैं। इन वोल्टेज को जोड़ने के लिए, हम तीन वोल्टेज के उचित चरण संबंध को दर्शाने वाला एक चरण आरेख बनाते हैं। चित्र 23.14। आरेख स्पष्ट रूप से दिखाता है कि प्रारंभ करनेवाला और संधारित्र में वोल्टेज विपरीत चरण में हैं और इसलिए प्रतिक्रियाशील घटकों में शुद्ध वोल्टेज (वीएल - वीसी) है। इसलिए सर्किट में परिणामी शिखर वोल्टेज द्वारा दिया जाता है



चित्र 23.14: एलसीआर पर वोल्टेज का चरण आरेख।

$$I_{\text{वोल्टीमी}} = \sqrt{\frac{V_{\text{एल}}^2 + V_{\text{सी}}^2}{Z^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{I_0^2 X_L^2 + I_0^2 X_C^2}{Z^2}}$$

$$\text{या } I_0 = \sqrt{\frac{V_{\text{एल}}^2 + V_{\text{सी}}^2}{Z^2}}$$

LCR सर्किट द्वारा प्रस्तुत धारा के प्रवाह के विरोध को इसकी प्रतिबाधा कहा जाता है। सर्किट की प्रतिबाधा द्वारा दी गई है

$$Z = \frac{I_{\text{अवस्था}}}{I_0} = \frac{V_{\text{एल}}}{I_0} \sqrt{1 + \frac{X_C^2}{X_L^2}} = \frac{V_{\text{एल}}}{I_0} \sqrt{1 + \frac{1}{2 \times \text{कुलपति}} \times \text{आर}^2} \quad (23.20)$$

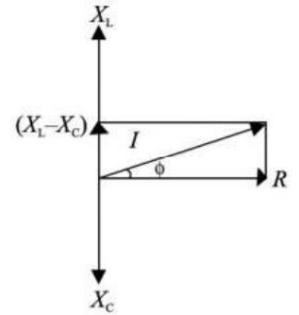
इसलिए, एलसीआर सर्किट में आरएमएस करंट दिया जाता है

$$I_{\text{अवस्था}} = \frac{I_0}{Z}$$

चित्र 23.14 से भी यह स्पष्ट है कि LCR परिपथ में ई.एम.एफ द्वारा दिए गए कोण से धारा को आगे बढ़ाता है (या पीछे रखता है)।

$$\text{टैन } \phi = \frac{V_{\text{सी}}}{V_{\text{एल}}} = \frac{I_0 X_C}{I_0 X_L} = \frac{X_C}{X_L} = \frac{\text{आरआई}_0}{\text{आर}} \quad (23.21)$$

इसका मतलब यह है कि R, XL, XC और Z को भी दर्शाया जा सकता है वोल्टेज के समान एक चरण आरेख (चित्र 23.15)।



चित्र 23.15 : चरण Z के लिए आरेख

गूंज

अब आप जानते हैं कि प्रेरक प्रतिक्रिया (XL) बढ़ती है और कैपेसिटिव प्रतिक्रिया (XC) बढ़ती है लागू एसी स्रोत की आवृत्ति में वृद्धि के साथ घट जाती है। इसके अलावा, ये बाहर हैं चरण। इसलिए, एक निश्चित आवृत्ति vr हो सकती है जिसके लिए XL = XC :

$$\text{अर्थात्, } 2 \times \text{वी.एल} = \frac{1}{2 \times \text{वी.सी}}$$

$$\text{वी.सी} = \frac{1}{2 \times \sqrt{\text{विपरीत वेग}}} \quad (23.22)$$

इस आवृत्ति को अनुनाद आवृत्ति कहा जाता है और इस आवृत्ति पर प्रतिबाधा होती है न्यूनतम मान: Zmin = R. सर्किट अब पूरी तरह से प्रतिरोधक हो गया है। भर में वोल्टेज संधारित्र और प्रारंभ करनेवाला, परिमाण में समान होने के कारण, एक दूसरे को रद्द कर देते हैं। एक प्रतिध्वनि के बाद से सर्किट पूरी तरह से प्रतिरोधी है, शुद्ध वोल्टेज वर्तमान (= 0) और अधिकतम के साथ चरण में है सर्किट के माध्यम से करंट प्रवाहित होता है। ऐसा कहा जाता है कि सर्किट लागू एसी के साथ अनुनादित होता है। चित्र 23.16 में दिए गए ग्राफ एलसीआर सर्किट में करंट के चरम मूल्य में भिन्नता दिखाते हैं

की आवृत्ति की भिन्नता के साथ लागू स्रोत. प्रतिध्वनि किसी दिए गए LCR सर्किट की आवृत्ति है प्रतिरोध से स्वतंत्र. लेकिन जैसा दिखाया गया है चित्र 23.16 में, धारा का चरम मान प्रतिरोध कम होने पर बढ़ता है।

में अनुनाद की घटना

LCR सर्किट का उपयोग हमारे रेडियो को ट्यून करने के लिए किया जाता है।

आवृत्तियों के लिए टीवी रिसेवर

विभिन्न स्टेशनों द्वारा प्रेषित।

ट्यूनर में एक प्रारंभ करनेवाला और एक चर होता है

संधारित्र हम प्राकृतिक को बदल सकते हैं

एलसी सर्किट की आवृत्ति बदलकर

संधारित्र की धारिता. कब

ट्यूनर सर्किट की प्राकृतिक आवृत्ति

ट्रांसमीटर की आवृत्ति से मेल खाने पर, अवरोधन करने वाली रेडियो तरंगें अधिकतम प्रेरित होती हैं

हमारे प्राप्त एंटीना में कंरंट होता है और हम कहते हैं कि विशेष रेडियो/टीवी स्टेशन इससे जुड़ा हुआ है।

एलसीआर सर्किट में पावर

आप जानते हैं कि एक एसी स्रोत से जुड़ा कैपेसिटर रिवर्सली स्टोर और रिलीज़ करता है

विद्युत ऊर्जा। स्रोत द्वारा कोई शुद्ध ऊर्जा वितरित नहीं की गई है। इसी प्रकार, एक प्रारंभ करनेवाला जुड़ा हुआ है

एक एसी स्रोत में चुंबकीय ऊर्जा को रिवर्सली स्टोर और रिलीज़ किया जाता है। कोई शुद्ध ऊर्जा वितरित नहीं की गई है

स्रोत द्वारा. हालाँकि, एक एसी जनरेटर कनेक्ट होने पर शुद्ध मात्रा में ऊर्जा प्रदान करता है

एक अवरोधक को. इसलिए, जब एक रोकनेवाला, एक प्रारंभ करनेवाला और एक संधारित्र श्रृंखला में जुड़े होते हैं

एक एसी स्रोत के साथ, यह अभी भी केवल अवरोधक है जो शुद्ध ऊर्जा हस्तांतरण का कारण बनता है। हम पुष्टि कर सकते हैं

यह स्रोत द्वारा प्रदत्त शक्ति की गणना करके किया जाता है, जो एक जनरेटर हो सकता है।

तात्कालिक शक्ति वोल्टेज और उससे खींची गई धारा का उत्पाद है

स्रोत। इसलिए, हम लिख सकते हैं

$$P = VI$$

V और I को प्रतिस्थापित करने पर, हमें प्राप्त होता है

$$P = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cos \phi$$

$$P = \frac{V_m^2}{2} \frac{2 \cos \phi}{2}$$

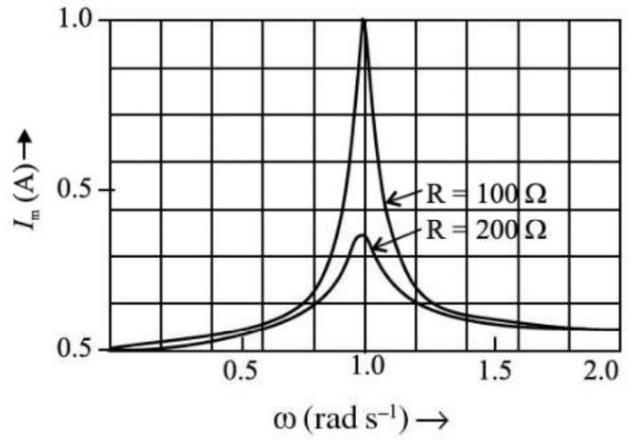
$$P = \frac{V_m^2}{2} \cos \phi \quad (23.23)$$

चरण कोण ϕ और कोणीय आवृत्ति ω वितरित शक्ति में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं

स्रोत द्वारा. यदि प्रतिबाधा Z एक विशेष कोणीय आवृत्ति पर बड़ी है, तो शक्ति होगी

हर समय छोटे रहो. यह परिणाम इस विचार के अनुरूप है कि प्रतिबाधा कैसे मापती है

तत्वों का संयोजन एसी धारा को बाधित (या सीमित) करता है। के औसत मूल्य के बाद से



चित्र 23.16: एलसीआर में शिखर धारा का परिवर्तन के लिए आवृत्ति के साथ सर्किट

(i) आर $\square \square 100$, और (ii) आर $\square \square 200$

एक चक्र पर दूसरा पद शून्य है, स्रोत द्वारा सर्किट को दी गई औसत शक्ति द्वारा दिया गया है

$$\text{औसत शक्ति} = \frac{1}{2} \frac{V_{\text{रूँ}}^2}{Z} \cos \phi \quad (23.24)$$

$$= \frac{1}{2} \frac{V_{\text{रूँ}}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{V_{\text{रूँ}}}{Z} \cos \phi = \frac{1}{4} \frac{V_{\text{रूँ}}^2}{Z} \cos \phi \quad (23.25)$$

ओल ϕ शक्ति कारक कहलाता है और द्वारा दिया जाता है

$$\cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad (23.26)$$

पावर फैक्टर जनरेटर द्वारा प्रदान की गई प्रति चक्र अधिकतम औसत शक्ति का परिसीमन करता है।

विशुद्ध रूप से प्रतिरोधक सर्किट में (या एक अनुनाद सर्किट में जहां $X_L = X_C$), $Z = R$, ताकि $\cos \phi = 1$.

तभी $\phi = 0$, प्रति चक्र खर्च होने वाली औसत शक्ति अधिकतम है: $P_m = V_{\text{रूँ}} I$

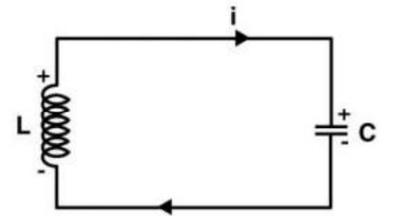
दूसरी ओर, एक विशुद्ध रूप से प्रतिक्रियाशील सर्किट में, यानी, जब $R = 0$, कॉस और प्रति चक्र औसत शक्ति का क्षय $\phi = 0$ या $\phi = 90^\circ$ होता है $\phi = 0$. यानी, एक शुद्ध प्रारंभ करनेवाला में वर्तमान या शुद्ध संधारित्र बिना किसी शक्ति हानि के बनाए रखा जाता है। इसलिए, ऐसा करंट है वाटलेस धारा कहलाती है।

23.7 एलसी दोलन

आवेशित संधारित्र विद्युत ऊर्जा को संग्रहीत करता है और प्रारंभ करनेवाला चुंबकीय ऊर्जा को संग्रहीत करता है ऊर्जा।

जब एक आवेशित संधारित्र किसी प्रेरक से जुड़ा होता है, संधारित्र पर चार्ज और सर्किट में करंट प्रदर्शित होता है विद्युत दोलनों को एलसी दोलन कहा जाता है।

निरंतर ऊर्जा के कारण एलसी दोलन उत्पन्न होते हैं संधारित्र से प्रारंभ करनेवाला तक प्रवाह। इसमें कैपेसिटर चार्जिंग, डिस्चार्जिंग, चार्जिंग इत्यादि से गुजरता है। संधारित्र स्वयं को डिस्चार्ज करते समय प्रारंभ करनेवाला को चार्ज करना शुरू कर देता है जब एक आवेशित संधारित्र को डी-एनर्जीकृत संधारित्र से जोड़ा जाता है प्रारंभ करनेवाला



चित्र 23.17 : एलसी ऑसिलेशन सर्किट

मान लीजिए कि किसी भी समय t पर सर्किट में करंट है और q पर चार्ज है उस समय संधारित्र. संधारित्र में संभावित अंतर q/C और ईएमएफ प्रेरित है ईएमएफ में $L di/dt$ है

इसलिए सर्किट में प्रभावी ईएमएफ द्वारा दिया जाता है

$$\frac{q}{C} - L \frac{di}{dt} = 0 \quad (23.27)$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{LC} q = 0 \quad \text{जहाँ } \frac{dq}{dt} = 0 \quad (23.28)$$

यदि हम हार्मोनिक समीकरण से तुलना करें

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0, \text{ हम आवृत्ति प्राप्त कर सकते हैं}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (23.29)$$

और यह समय के साथ $q(t)$ के रूप में साइनसाइडल रूप से भिन्न होगा $m \cos(\omega t + \phi)$ जहाँ q_m अधिकतम है q और का मान ϕ एक चरण स्थिरांक है.

हम वह जानते हैं

$$\frac{dq}{dt} = 0$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} = 0, \text{ जहाँ } \frac{dq}{dt} = 0 \text{ पर}$$

एलसी दोलन यांत्रिक दोलनों के समान होते हैं जैसे कि स्प्रिंग से जुड़ा होता है

अवरोध पैदा करना।

तालिका - 23.2: यांत्रिक थरथरानवाला की तुलना विद्युत थरथरानवाला से

यांत्रिक थरथरानवाला	विद्युत थरथरानवाला
मास (एम)	अधिष्ठापन (एल)
विस्थापन (x)	चार्ज (क्यू)
वेग $\frac{dx}{dt}$	वर्तमान $\frac{dq}{dt}$
यांत्रिक ऊर्जा $\frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$	विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा $\frac{1}{2} L i^2 + \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$

23.8 ट्रांसफार्मर

ट्रांसफार्मर एक ऐसा उपकरण है जो प्रत्यावर्तन के परिमाण को बदलता (बढ़ाता या घटाता) है विद्युत चुम्बकीय प्रेरण की घटना के आधार पर वोल्टेज या करंट। एक ट्रांसफार्मर इसमें इंसुलेटेड तांबे के तार की कम से कम दो वाइंडिंग एक सामान्य चुंबकीय प्रवाह से जुड़ी हुई हैं वाइंडिंग एक दूसरे से विद्युतरधी होती हैं। ट्रांसफार्मर की वाइंडिंग जुड़ी हुई है किसी आपूर्ति स्रोत को, जो एक एसी मुख्य या जनरेटर का आउटपुट हो सकता है, प्राथमिक कहा जाता है घुमावदार. लोड आरएल से जुड़ी ट्रांसफार्मर वाइंडिंग को सेकेंडरी वाइंडिंग कहा जाता है। द्वितीयक वाइंडिंग में, जब एसी को प्राथमिक पर लगाया जाता है तो ईएमएफ प्रेरित होता है। मुख्य और द्वितीयक वाइंडिंग्स, हालांकि विद्युत रूप से एक दूसरे से अलग होते हैं, चुंबकीय रूप से युग्मित होते हैं एक दूसरे के साथ।

मूल रूप से, ट्रांसफार्मर एक उपकरण है जो विद्युत ऊर्जा (या शक्ति) को स्थानांतरित करता है प्राथमिक वाइंडिंग से द्वितीयक वाइंडिंग तक। प्राथमिक बदलती विद्युत ऊर्जा को परिवर्तित करता है चुंबकीय ऊर्जा में। द्वितीयक चुंबकीय ऊर्जा को वापस विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है।

एक आदर्श ट्रांसफार्मर वह है जिसमें

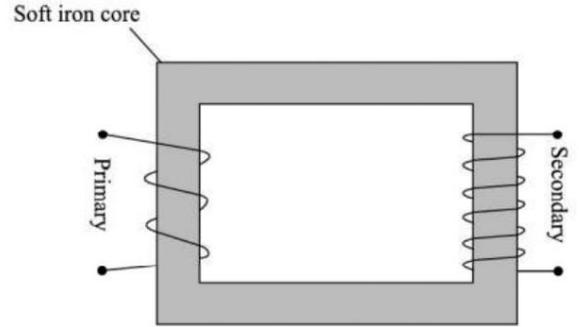
एल प्राथमिक और माध्यमिक कॉइल का प्रतिरोध शून्य है;

एल कोई फ्लक्स रिसाव नहीं है, इसलिए प्रत्येक मोड़ के साथ समान चुंबकीय फ्लक्स जुड़ा हुआ है प्राथमिक और द्वितीयक कुंडलियाँ; और

कोर में कोई ऊर्जा हानि नहीं होती है।

चित्र 23.18 विन्यास को दर्शाता है

एक सामान्य ट्रांसफार्मर का. इसमें दो शामिल हैं कुंडलियाँ, जिन्हें प्राथमिक और द्वितीयक, घाव कहा जाता है एक कोर (ट्रांसफार्मर) पर. कुंडलियाँ, बनी हुई इंसुलेटेड तांबे के तार, चारों ओर लपेटे जाते हैं अलग-अलग लैमिनेटेड शीटों से बनी लोहे की अंगूठी एक ठोस कोर के बजाय. लेमिनेशन लोहे में भंवर धाराओं को कम करें। ऊर्जा हानि ट्रांसफार्मर में उपयोग करके कम किया जा सकता है कोर के लिए "नरम" लोहे के लेमिनेशन और मोटे उच्च चालकता वाले तार प्राथमिक और द्वितीयक वाइंडिंग।



चित्र 23.18: एक योजनाबद्ध प्रतिनिधित्व एक ट्रांसफार्मर का

अब हम निम्नलिखित दो मामलों में ट्रांसफार्मर की कार्यप्रणाली पर चर्चा करते हैं:

(ए) सेकेंडरी एक खुला सर्किट: मान लीजिए कि प्राथमिक में धारा प्रवाह को बदल देती है d/dt की दर से कोर के माध्यम से। फिर प्राथमिक में प्रेरित (वापस) ईएमएफ एन के साथ टर्न द्वारा दिया जाता है

$$E_p = -N_p \frac{d\phi}{dt}$$

और एनएस घुमावों की द्वितीयक वाइंडिंग में प्रेरित ईएमएफ है

$$E_s = -N_s \frac{d\phi}{dt} \quad ; \quad \frac{E_p}{N_p} = \frac{E_s}{N_s} \quad (23.30)$$

(बी) सेकेंडरी एक खुला सर्किट नहीं: मान लीजिए कि एक लोड प्रतिरोध आरएल जुड़ा हुआ है द्वितीयक, ताकि द्वितीयक धारा I_s हो और प्राथमिक धारा I_p है सिस्टम से कोई ऊर्जा हानि नहीं है, हम लिख सकते हैं

$$P_{in} = P_{out}$$

$$I_p V_p = I_s V_s$$

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{V_s}{V_p} \quad \text{क} \quad (23.31)$$

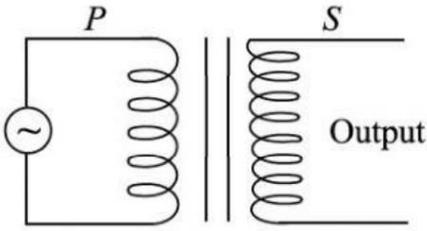
इस प्रकार जब प्रेरित ईएमएफ लागू ईएमएफ का k गुना हो जाता है, तो प्रेरित धारा होती है

$\frac{1}{k}$ मूल धारा का गुना. दूसरे शब्दों में, वोल्टेज में जो प्राप्त होता है वह करंट में खो जाता है।

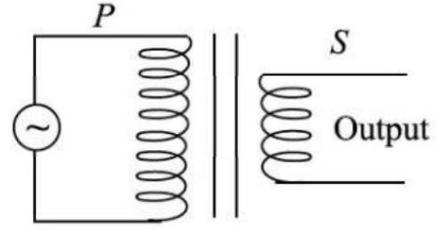
23.8.1 ट्रांसफार्मर के प्रकार

ट्रांसफार्मर मूलतः दो प्रकार के होते हैं।

- (i) एक स्टेप-अप ट्रांसफार्मर सेकेंडरी में वोल्टेज बढ़ाता है (करंट कम करता है)।
वाइंडिंग्स ऐसे ट्रांसफार्मर में चित्र 23.19 (ए) सेकेंडरी में घुमावों की संख्या होती है प्राथमिक में घुमावों की संख्या से अधिक।
- (ii) एक स्टेप-डाउन ट्रांसफार्मर में वोल्टेज कम हो जाता है (करंट बढ़ जाता है)।
द्वितीयक वाइंडिंग. ऐसे ट्रांसफार्मर में चित्र 23.19 (बी), घुमावों की संख्या द्वितीयक, प्राथमिक में घुमावों की संख्या से कम है।



(ए) कदम बढ़ाना



(बी) स्टेप-डाउन ट्रांसफार्मर

चित्र 23.19: लोहे का कोर

23.8.2 ट्रांसफार्मर की दक्षता

ट्रांसफार्मर के सिद्धांत पर चर्चा करते समय हमने एक आदर्श ट्रांसफार्मर पर विचार किया जिससे कोई विद्युत हानि नहीं होती है। लेकिन व्यवहार में, कुछ ऊर्जा हमेशा ऊष्मा में परिवर्तित हो जाती है ट्रांसफार्मर के कोर और वाइंडिंग्स में। परिणामस्वरूप, विद्युत ऊर्जा उत्पादन द्वितीयक भर में विद्युत ऊर्जा इनपुट से कम है। ट्रांसफार्मर की दक्षता द्वारा दिया गया है

$$\square \square \frac{\text{ऊर्जा उत्पादन}}{\text{एनर्जीइनपुट}} \square \square 100\%$$

$$\square \square \frac{\text{पावर आउटपुट}}{\text{पावर इनपुट}} \square \square 100\%$$

एक ट्रांसफार्मर की दक्षता 100% से कम है। ट्रांसफार्मर में ऊर्जा की हानि होती है से परिणाम

- (ए) तांबे की कुंडलियों में प्रतिरोधक ताप - तांबे की हानि,
- (बी) लौह कोर के गर्म होने के रूप में एड़ी धारा हानि - एड़ी धारा हानि।
- (सी) चुम्बकत्व के बार-बार उलटने के दौरान कोर का चुम्बकत्व गर्म होना - हिस्टैरिसिस नुकसान।
- (डी) कोर से फ्लक्स रिसाव।

विद्युत शक्ति पारेषण

आपने सीखा कि एसी या डीसी जनरेटर का उपयोग करके बिजली कैसे उत्पन्न की जाती है। आपने दुकानों, कार्यालयों और सिनेमा हॉलों में जेनरेटिंग सेट की छोटी इकाइयाँ देखी होंगी। जब बिजली बंद हो जाती है, तो मेन को जनरेटर पर स्विच कर दिया जाता है। व्यावसायिक उपयोग में, लगभग 15 केवी (किलो वोल्ट) पर लाखों वाट की बिजली पैदा करने वाले जनरेटर आम हैं। ये उत्पादक संयंत्र आपके शहर से सैकड़ों किलोमीटर दूर हो सकते हैं। इसलिए, रोटर को घुमाने के लिए बहुत बड़ी यांत्रिक शक्ति (गतिज ऊर्जा) आवश्यक है जो बहुत बड़ी कुंडलियों के अंदर चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है।

रोटर टर्बाइनों द्वारा घूमते हैं। ये टर्बाइन ऊर्जा के विभिन्न स्रोतों द्वारा संचालित होते हैं।

ऊर्जा की हानि को कम करने के लिए ट्रांसमिशन लाइनों में कम करंट पर बिजली का संचार किया जाता है। इसके लिए बिजली कंपनियों ट्रांसफार्मर का उपयोग करके वोल्टेज बढ़ाती हैं। एक बिजली संयंत्र में, संभावित अंतर को लगभग 330 kV तक बढ़ा दिया जाता है। इसके साथ छोटी धारा भी आती है। ट्रांसमिशन लाइनों के उपभोक्ता छोर पर, स्टेप डाउन ट्रांसफार्मर का उपयोग करके संभावित अंतर को कम किया जाता है।

अब आप शायद यह जानना चाहेंगे कि लंबी दूरी तक विद्युत शक्ति संचारित करने के लिए उपयोग किया जाने वाला उच्च विभव अंतर किस प्रकार विद्युत धारा को न्यूनतम करता है। इसे हम एक उदाहरण से समझते हैं। मान लीजिए कि विद्युत शक्ति P को कुल प्रतिरोध R की आपूर्ति लाइनों द्वारा संभावित अंतर V पर वितरित किया जाना है। वर्तमान $I = P/V$ और लाइनों में हानि $I^2 R = P^2 R/V^2$ है इसका मतलब है कि अधिक V कम सुनिश्चित करता है नुकसान। वास्तव में, V को दोगुना करने से हानि का चौथाई भाग हो जाता है।

इस प्रकार, विद्युत शक्ति उच्च विभव अंतर पर अधिक किफायती ढंग से संचारित होती है। लेकिन इससे इन्सुलेशन संबंधी समस्याएं पैदा होती हैं और स्थापना लागत बढ़ जाती है। 400kV सुपर ग्रिड में, 2500 A की धाराएं सामान्य होती हैं और बिजली की हानि लगभग 200 किलोवाट प्रति किलोमीटर केबल होती है, यानी प्रति किलोमीटर 0.02% (प्रतिशत) हानि होती है। आसानी और दक्षता जिसके साथ ट्रांसफॉर्मर में वैकल्पिक संभावित अंतर को ऊपर और नीचे बढ़ाया जाता है और तथ्य यह है कि अल्टरनेटर डीसी जेनरेटर (कई हजार वोल्ट की तुलना में 25 केवी) की तुलना में बहुत अधिक संभावित अंतर पैदा करते हैं, उपयोग को प्रभावित करने वाले मुख्य विचार हैं अधिकांश स्थितियों में प्रत्यक्ष क्षमता के बजाय उच्च प्रत्यावर्ती क्षमता का। हालाँकि, खराब दक्षता और बिजली चोरी के कारण, एक राष्ट्र के रूप में, हमें लगभग रु. का नुकसान होता है। सालाना 50,000 करोड़।

उदाहरण 23.3

एक ट्रांसफार्मर की दक्षता क्या है जिसमें 1880 W की प्राथमिक शक्ति 1730 W की द्वितीयक शक्ति प्रदान करती है?

समाधान :

दिया गया है $P_{pri} = 1880W$ और $P_{sec} = 1730W$. इस तरह

$$\text{दक्षता} = \frac{P_{\text{सेकंड}}}{P_{\text{प्री}}} \times 100$$

$$\square = \frac{1730W}{1880W} \times 100 = 92\%$$

इस प्रकार, ट्रांसफार्मर 92% कुशल है।

उदाहरण 23.4

एक ट्रांसफार्मर की प्राथमिक वाइंडिंग में 100 फेरे और सेकेंडरी वाइंडिंग में 500 फेरे हैं वाइंडिंग्स यदि प्राथमिक वोल्टेज और धारा क्रमशः 120 V और 3 A हैं, तो क्या हैं? द्वितीयक वोल्टेज और धारा?

समाधान :

दिया गया $N_1 = 100$, $N_2 = 500$, $V_1 = 120V$ और $I_1 = 3A$

$$V_2 = \frac{N_2}{N_1} \times V_1 = \frac{500 \text{ मोड़} \times 120 \text{ वी}}{100 \text{ मोड़}} = 600 \text{ वी}$$

$$I_2 = \frac{N_1}{N_2} \times I_1 = \frac{100 \text{ मोड़}}{500 \text{ मोड़}} \times 3A = 0.6A$$

पाठगत प्रश्न 23.4

1. क्या ट्रांसफार्मर डीसी पर काम कर सकता है? आपने जवाब का औचित्य साबित करें।
2. स्टेप-अप ट्रांसफार्मर में प्राइमरी की तुलना में सेकेंडरी में अधिक टर्न क्यों होते हैं?
3. क्या द्वितीयक से प्राथमिक धारा का अनुपात द्वितीयक से प्राथमिक वोल्टेज के समान है ट्रांसफार्मर में अनुपात?
4. टॉय ट्रेन अक्सर ट्रेन और नियंत्रण के लिए बिजली की आपूर्ति के लिए एक ट्रांसफार्मर का उपयोग करती है। क्या यह ट्रांसफार्मर स्टेप-अप या स्टेप-डाउन?

आपने क्या सीखा है

एल एलसी सर्किट में, कैपेसिटर पर चार्ज और सर्किट में करंट दोलन करता है कोणीय आवृत्ति ω_0 के साथ ज्यावक्रीय रूप से

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

एल एक एसी सर्किट में, स्रोत पर वोल्टेज $V = V_m \cos \omega t$ और करंट द्वारा दिया जाता है

$$I = I_m \cos(\omega t - \phi)$$

एल विशुद्ध रूप से प्रतिरोधक एसी सर्किट में, वोल्टेज और करंट चरण में होते हैं। औसत

ऐसे सर्किट में शक्ति है $P = \frac{V_m I_m}{2} \cos \phi$

एल विशुद्ध रूप से कैपेसिटिव एसी सर्किट में, करंट वोल्टेज को 90° तक ले जाता है। औसत ऐसे परिपथ में शक्ति शून्य होती है।

एल विशुद्ध रूप से प्रेरक एसी सर्किट में, करंट वोल्टेज से 90° पीछे होता है। औसत ऐसे परिपथ में शक्ति शून्य होती है।

एल एक श्रृंखला एलसीआर सर्किट में,

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

जहां Z सर्किट की प्रतिबाधा है: $Z = [R^2 + (X_L - X_C)^2]^{1/2}$

एल एक्सएल - एक्ससी = 0 के लिए, एक एसी सर्किट पूरी तरह प्रतिरोधी और अधिकतम वर्तमान है

ऐसा कहा जाता है कि सर्किट 0 पर अनुनाद में है

$$X_L = X_C$$

पीवीआईआरआईएल औसत शक्ति

एल एक जनरेटर यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है। यह सिद्धांत पर कार्य करता है विद्युत चुम्बकीय प्रेरण का.

एल ट्रांसफार्मर एक स्थिर विद्युत उपकरण है जो एक वैकल्पिक उच्च वोल्टेज को परिवर्तित करता है कम प्रत्यावर्ती वोल्टेज और इसके विपरीत।

एल ट्रांसफार्मर दो प्रकार के होते हैं: वोल्टेज बढ़ाने के लिए स्टेप-अप और वोल्टेज बढ़ाने के लिए स्टेप-डाउन : वोल्टेज कम करने के लिए.

एल द्वितीयक से प्राथमिक वोल्टेज अनुपात द्वितीयक के समान अनुपात में है प्राथमिक घुमाव अनुपात अर्थात

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

एल ट्रांसफार्मर में बिजली हानि का मुख्य स्रोत वाइंडिंग का गर्म होना है एड़ी प्रवाह।

एल एक पावर स्टेशन से हमारे घरों, ट्रांसफार्मर और तक बिजली के संचरण के लिए ट्रांसमिशन लाइनों का उपयोग किया जाता है।

टर्मिनल व्यायाम

- (ए) एसी करंट का आरएमएस मान हमेशा उसके चरम मान से कम क्यों होता है?
 - (बी) एक एसी स्रोत के 2.5 μ F कैपेसिटर कनेक्टर में करंट किसके द्वारा दिया जाता है - 4.71 पाप 377t I = μ ए
- संधारित्र पर अधिकतम वोल्टेज की गणना करें।

2. कैपेसिटिव रिएक्शन की गणना करें ($C = 2$ के लिए ($L = 2$ mH के लिए) (i) 25 हर्ट्ज \square एफ) और आगमनात्मक प्रतिक्रिया और (ii) 50 हर्ट्ज पर।
3. $R = 580 \square$, $L = 31$ mH, और $C = 47$ nF के साथ एक श्रृंखला LCR सर्किट एक एसी स्रोत द्वारा संचालित होता है। स्रोत का आयाम और कोणीय आवृत्ति 65 V और 33 krad/s हैं। निर्धारित करें (ए) संधारित्र की प्रतिक्रिया, (बी) प्रारंभ करनेवाला की प्रतिक्रिया, (सी) सर्किट की प्रतिबाधा, (डी) स्रोत और वर्तमान में वोल्टेज के बीच चरण अंतर, और (ई) वर्तमान आयाम. क्या धारा पूरे स्रोत में वोल्टेज को पीछे ले जाती है या पीछे ले जाती है?
4. बताएं कि संधारित्र की प्रतिक्रिया बढ़ती आवृत्ति के साथ क्यों घटती है, जबकि प्रारंभ करनेवाला की प्रतिक्रिया बढ़ती आवृत्ति के साथ बढ़ती है?
5. LCR श्रृंखला परिपथ की प्रतिबाधा क्या है? शक्ति क्षय के लिए एक अभिव्यक्ति प्राप्त करें एसी एलसीआर सर्किट में.
6. यदि बैटरी के टर्मिनल ट्रांसफार्मर की प्राथमिक वाइंडिंग से जुड़े हैं, तो द्वितीयक वाइंडिंग में स्थिर संभावित अंतर क्यों दिखाई नहीं देगा।
7. रंगीन टेलीविजन (टीवी) सेट में पिक्चर ट्यूब के लिए बिजली की आपूर्ति के लिए आमतौर पर 15,000 वी एसी की आवश्यकता होती है, यदि घरेलू विद्युत आउटलेट पर केवल 230 वी उपलब्ध है तो यह संभावित अंतर कैसे प्रदान किया जा सकता है?
8. क्या दो कुंडलियाँ बिना लोहे की कोर के ट्रांसफार्मर की तरह काम करेंगी? यदि हां, तो पैसे बचाने के लिए मूल बातें क्यों न छोड़ें?
9. एक एसी स्रोत में 10-वोल्ट आउटपुट है। किसी विशेष सर्किट को केवल 2 V AC इनपुट की आवश्यकता होती है। आप इसे कैसे पूरा करेंगे? व्याख्या करना।
10. एक व्यक्ति के पास एक ट्रांसफार्मर है जिसके कोर के एक हिस्से पर 50 मोड़ और दूसरे हिस्से पर 500 मोड़ हैं। क्या यह स्टेप-अप या स्टेप-डाउन ट्रांसफार्मर है? व्याख्या करना।
11. कुछ ट्रांसफार्मर के सेकेंडरी पर विभिन्न टर्मिनल या "नल" होते हैं ताकि अलग-अलग नल से जुड़ने से सर्किट में सेकेंडरी वाइंडिंग्स की कुल संख्या के विभिन्न कार्य हो सकें? इसका क्या फायदा है?
12. इलेक्ट्रिक वेल्डिंग मशीन में एक ट्रांसफार्मर 240 V AC विद्युत लाइन से 3A खींचता है और 400 A प्रदान करता है। ट्रांसफार्मर के सेकेंडरी में संभावित अंतर क्या है?
13. एक 240-V, 400W इलेक्ट्रिक मिक्सर एक ट्रांसफार्मर के माध्यम से 120-V पावर लाइन से जुड़ा है। ट्रांसफार्मर में घुमावों का अनुपात क्या है? और बिजली लाइन से कितना करंट खींचा जाता है?
14. 125 टर्न वाले स्टेप-अप ट्रांसफार्मर का प्राइमरी 220 वैक के हाउस लाइटिंग सर्किट से जुड़ा है।
यदि सेकेंडरी को 15,000 वोल्ट वितरित करना है, तो इसमें कितने मोड़ होने चाहिए?
15. स्टेप-डाउन ट्रांसफार्मर के सेकेंडरी में तार के 25 फेरे होते हैं और प्राइमरी 220 Vac लाइन से जुड़ा होता है। यदि सेकेंडरी को आउटपुट टर्मिनलों पर 2.5 वोल्ट वितरित करना है, तो प्राथमिक में कितने मोड़ होने चाहिए?

16. एक स्टेप-डाउन ट्रांसफार्मर के प्राथमिक में 600 मोड़ होते हैं और यह एक से जुड़ा होता है 120 वैक लाइन. यदि सेकेंडरी को अपने टर्मिनल पर 5 वोल्ट और इलेक्ट्रॉन करंट की आपूर्ति करनी है 3.5 ए में द्वितीयक में घुमावों की संख्या और इलेक्ट्रॉन धारा ज्ञात कीजिए प्राथमिक?
17. प्राथमिक में 352 फेरों वाला एक स्टेप-अप ट्रांसफार्मर 220 V एसी लाइन से जुड़ा है। सेकेंडरी अपने टर्मिनल पर 10,000 वोल्ट और 40 मिलीएम्पीयर का करंट देता है।
(ए) सेकेंडरी में कितने मोड़ हैं?
(बी) प्राथमिक में करंट क्या है?
(सी) लाइन से कौन सी शक्ति खींची जाती है?

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

23.1

1. यह वास्तव में होता है, लेकिन हम इसका पता नहीं लगा पाते, क्योंकि हमारे घरेलू एसी की फ्रीक्वेंसी 50 हर्ट्ज है. हमारी आंखें एक सेकंड में 15 बार से अधिक तेजी से होने वाले परिवर्तनों का पता नहीं लगा सकती हैं।
2. (A) मैं $\frac{I}{\text{अवस्था}} = \frac{220 \text{ वी}}{25} = 8.8 \text{ ए}$
- (ii) धारा का चरम मान मैं $= \sqrt{2}$ मैं $= 12.32 \text{ ए}$
- तात्क्षणिक धारा = $10 \text{ पाप } 2 \pi vt = 12.32 \text{ पाप } 100 \pi t$
- (iii) चक्रों की अभिन्न संख्या पर धारा का औसत मान शून्य होगा।
3. चूंकि एक एसी करंट साइनसॉइडल रूप से भिन्न होता है, इसलिए पूरे चक्र में इसका औसत मूल्य होता है शून्य लेकिन आरएमएस मान सीमित है।

23.2

1. कैपेसिटिव रिएक्शन $\frac{1}{2C}$ जैसे-जैसे C बढ़ता है, XC घटता है और I बढ़ता है।
2. एक आवेशित संधारित्र को डिस्चार्ज होने में कुछ समय लगता है। स्रोत की आवृत्ति के रूप में बढ़ता है तो यह संधारित्र को पूरी तरह से डिस्चार्ज होने से पहले चार्ज करना शुरू कर देता है। इस प्रकार संधारित्र पर अधिकतम आवेश और इसलिए इसके माध्यम से प्रवाहित होने वाली अधिकतम धारा V_m स्थिर होने पर भी संधारित्र बढ़ता है।
3. क्योंकि चार्जिंग आधे चक्र के दौरान संधारित्र में ऊर्जा पूरी तरह से संग्रहीत होती है आधे चक्र के निर्वहन के दौरान पुनर्प्राप्त किया गया। परिणामस्वरूप संधारित्र में ऊर्जा संग्रहित हो जाती है प्रति चक्र शून्य है.
4. कैपेसिटिव प्रतिक्रिया $\frac{1}{2C}$ जैसे-जैसे v बढ़ता है, XC घटता जाता है। ऐसा इसलिए है क्योंकि कैपेसिटर प्लेटों पर अब अधिक चार्ज जमा हो जाता है।

23.3

1. लेन्ज़ के नियम के अनुसार एसी होने पर प्रारंभकर्ता के पार एक पिछला ईएमएफ प्रेरित होता है

इसके माध्यम से पारित किया जाता है. पिछला ईएमएफ ϵ \propto $\frac{\text{डेली}}{\text{एल}} \cdot \text{डीटी}$.

2. $\frac{\text{मै}}{\text{अवस्था}} \propto \frac{\text{आर}}{\text{अवस्था}} \cdot \frac{\text{एक्स}}{\text{एक्स}}$, जैसे-जैसे आवृत्ति बढ़ती है, XL (= 2 π vL) बढ़ता है, इसलिए I घट जाती है.

23.4

1. नहीं, क्योंकि ट्रांसफार्मर की कार्यप्रणाली विद्युत चुम्बकीय सिद्धांत पर निर्भर करती है प्रेरण, जिसके लिए अलग-अलग समय की आवश्यकता होती है।
2. क्योंकि प्राइमरी और सेकेंडरी कॉइल में वोल्टेज का अनुपात आनुपातिक होता है उनके घुमावों की संख्या का अनुपात.
3. नहीं, वे एक-दूसरे के पारस्परिक हैं।
4. स्टेप-डाउन ट्रांसफार्मर।

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

1. (बी) 5×10^{-2} वी
2. कैपेसिटिव रिएक्शन (i) $\frac{1}{\omega C} \propto \omega^{-1}$ (ii) $\frac{1}{2\omega} \propto \omega^{-1}$
3. आगमनात्मक प्रतिक्रिया (i) 0.1π (ii) 0.2π
3. (ए) 6.7×10^{-2} (बी) 99 (सी) 813.9
- (डी) 4 रेड (ई) 0.16 ए (एफ) करंट लैग्स
12. 1.8 वी
13. 1 : 2, $\frac{10}{3}$ ए
14. 8522 मोड़
15. 2200 मोड़
16. 25 मोड़, 0.14 ए
17. (ए) 16000 मोड़ (बी) $\frac{20}{11}$ ए (सी) 400W



विद्युतचुम्बकीय तरंगें

परिचय

पिछले अध्याय 23 में, हमने सीखा कि विद्युत धारा एक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है और दो धारा प्रवाहित तार एक दूसरे पर चुंबकीय बल लगाते हैं। इसके अतिरिक्त, अध्याय 22 में, हमने चर्चा की कि एक बदलता चुंबकीय क्षेत्र एक विद्युत क्षेत्र बनाता है। अब सवाल यह उठता है कि क्या समय के साथ बदलने वाला विद्युत क्षेत्र भी चुंबकीय क्षेत्र को जन्म दे सकता है?

जेम्स क्लर्क मैक्सवेल (1831-1879) ने तर्क दिया कि वास्तव में, न केवल विद्युत धारा बल्कि समय-परिवर्तनशील विद्युत क्षेत्र भी एक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है।

समय-परिवर्तनशील धारा से जुड़े संधारित्र के बाहर एक बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र की जांच करते समय, मैक्सवेल ने एम्पीयर के सर्किट नियम में एक विसंगति देखी। इसे संबोधित करने के लिए, उन्होंने असंगतता को हल करने के लिए एक अतिरिक्त धारा के अस्तित्व का प्रस्ताव रखा, जिसे उन्होंने "विस्थापन धारा" कहा।

मैक्सवेल ने समीकरणों का एक सेट तैयार किया जिसमें विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र, साथ ही उनके स्रोत-चार्ज और वर्तमान घनत्व शामिल थे। ये मौलिक समीकरण मैक्सवेल के समीकरण के रूप में जाने गए। लोरेंट्ज़ बल सूत्र के साथ-साथ, वे विद्युत चुंबकत्व के सभी मूलभूत नियमों को गणितीय रूप से व्यक्त करते हैं। साथ में, इन अवधारणाओं ने विद्युत चुम्बकीय घटना की व्यापक समझ का मार्ग प्रशस्त किया।

मैक्सवेल के समीकरणों से उत्पन्न सबसे महत्वपूर्ण रहस्योद्घाटन विद्युत चुम्बकीय तरंगों का अस्तित्व है, जो अंतरिक्ष के माध्यम से फैलने वाले समय-भिन्न विद्युत और चुंबकीय क्षेत्रों से जुड़े हुए हैं। इन समीकरणों के अनुसार, इन तरंगों की गति उल्लेखनीय रूप से प्रकाश की गति (लगभग 3×10^8 मीटर/सेकेंड) के करीब पाई गई, जैसा कि ऑप्टिकल माप से निर्धारित किया गया था। इस अभूतपूर्व खोज से यह आश्चर्यजनक निष्कर्ष निकला कि प्रकाश स्वयं एक विद्युत चुम्बकीय तरंग है। मैक्सवेल के अग्रणी कार्य ने बिजली, चुंबकत्व और प्रकाश के क्षेत्रों को सफलतापूर्वक एकीकृत किया। इसके बाद, 1885 में, हर्ट्ज़ ने प्रयोगात्मक रूप से विद्युत चुम्बकीय तरंगों के अस्तित्व की पुष्टि की। मार्कोनी जैसे दूरदर्शी लोगों द्वारा इन तरंगों के तकनीकी अनुप्रयोगों ने संचार में क्रांति ला दी और आज हम जिस आधुनिक युग का अनुभव कर रहे हैं उसे आकार दिया।

इस अध्याय में, हम सबसे पहले विस्थापन धारा के महत्व और उसके परिणामों का पता लगाएंगे। इसके बाद, हम विद्युत चुम्बकीय तरंगों का एक व्यापक अवलोकन प्रदान करेंगे, जिसमें किरणों से लेकर लंबी रेडियो तरंगों तक फैले उनके व्यापक स्पेक्ट्रम पर चर्चा की जाएगी। संचार उद्देश्यों के लिए विद्युत चुम्बकीय तरंगों को प्रसारित करने और प्राप्त करने के लिए अपनाई गई विधियों पर अध्याय-29 में चर्चा की जाएगी।

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

मैं विस्थापन धारा को समझ पाऊंगा;

मैं विद्युत चुम्बकीय तरंगों और विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम की व्याख्या कर सकूंगा;

मैं विभिन्न प्रकार की विद्युत चुम्बकीय तरंगों और उनके उपयोगों के बीच अंतर कर सकूंगा।

24.1 विस्थापन धारा

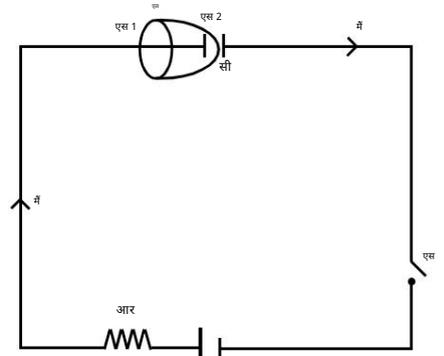
हम जानते हैं कि चालक में धारा एक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। चालन धारा i और उत्पादित चुंबकीय क्षेत्र B के बीच मात्रात्मक संबंध एम्पीयर के नियम द्वारा दिया गया है जिसे इस प्रकार बताया गया है

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i \quad (24.1)$$

जहां $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ पारगम्यता स्थिरांक है और i किसी भी सतह के माध्यम से प्रवाहित होने वाली धारा है एक बंद रेखीय पथ से घिरा हुआ है जिसके चारों ओर लाइन इंटीग्रल लिया गया है।

विस्थापन धारा: मैक्सवेल ने माना कि न केवल किसी चालक में धारा ही चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है, बल्कि निर्वात या ढांकता हुआ में बदलता विद्युत क्षेत्र भी चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है। इस प्रकार, एक बदलता विद्युत क्षेत्र उस धारा के बराबर होता है जो तब तक प्रवाहित होती है जब तक विद्युत क्षेत्र बदल रहा होता है और सामान्य चालन धारा के समान चुंबकीय प्रभाव पैदा करता है। इसे 'विस्थापन धारा' के नाम से जाना जाता है। विस्थापन धारा अवधारणा एम्पीयर के नियम में संशोधन की ओर ले जाती है। यह विद्युत चुम्बकीय सिद्धांत की सफलता के लिए उत्तरदायी है।

संशोधित एम्पीयर का नियम: आइए एक सर्किट पर विचार करें जिसमें ईएमएफ का स्रोत, एक अवरोधक आर, एक कैपेसिटर सी और एक स्विच एस चित्र 24.1 (ए) है। जब स्विच बंद होता है, तो करंट प्रवाहित होता है और कैपेसिटर की प्लेटों पर चार्ज जमा हो जाता है। जैसे-जैसे प्लेटों पर चार्ज बढ़ता है, करंट कम होता जाता है। जब संधारित्र पूरी तरह चार्ज हो जाता है, तो कोई करंट नहीं होता है। चार्जिंग के दौरान कैपेसिटर की प्लेटों के बीच चार्ज का कोई वास्तविक प्रवाह नहीं होता है।



चित्र 24.1 (ए)

आइए हम एक समतल सतह S_1 और एक अर्धगोलाकार सतह S_2 पर विचार करें; दोनों एक ही बंद पथ Γ से बंधे हैं।

कैपेसिटर की चार्जिंग प्रक्रिया के दौरान, S_1 के माध्यम से करंट प्रवाहित हो रहा है लेकिन नहीं S_2 के माध्यम से। इसलिए, यदि एम्पीयर का नियम पथ Γ और सतह S_1 पर लागू किया जाता है, तो हम पाते हैं। $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i$$

जब एम्पीयर का नियम पथ Γ और सतह S_2 पर लागू होता है,

हमारे पास $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = 0$ है।

उपरोक्त दोनों समीकरण सही नहीं हो सकते. चूँकि विरोधाभास हमारे प्रयोग से ही उत्पन्न होता है एम्पीयर के परिपथीय नियम के अनुसार, इस नियम में अवश्य ही कुछ कमी है। लुप्त पद अवश्य होना चाहिए जैसे कि दोनों सतहों के लिए समान चुंबकीय क्षेत्र प्राप्त होता है।

मैक्सवेल ने आरएचएस पर एक और शब्द जोड़कर इस विरोधाभासी स्थिति को दूर कर दिया समीकरण का. 24.1. इसी उद्देश्य से उन्होंने अंतराल में बदलते विद्युत क्षेत्र पर विचार किया संधारित्र की प्लेटों के बीच (चार्लिंग के दौरान) विस्थापन धारा के बराबर, धारा की निरंतरता की स्थिति के लिए विस्थापन धारा का बराबर होना आवश्यक है

से $\epsilon \frac{d\phi_E}{dt}$, कहाँ ϕ_E मुक्त स्थान की परमिटिविटी है और $\int_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$ विद्युत प्रवाह है. इस प्रकार एम्पीयर का कानून के स्वरूप में संशोधन किया गया है।

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 (I_{\text{free}} + I_{\text{displacement}}) \quad (24.2)$$

हम सिद्ध कर सकते हैं कि विस्थापन धारा $i_{\text{displacement}}$ अंतराल में चालन के बराबर है वर्तमान में

मान लीजिए संधारित्र प्लेटों पर एक क्षण में आवेश q हो जाता है। फिर तात्कालिक विद्युत प्लेटों के बीच का क्षेत्र है

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 A} \quad (24.3)$$

जहाँ A प्रत्येक प्लेट का सतह क्षेत्र है।

$$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{dq}{dt} \quad (24.4)$$

कहाँ $\frac{dq}{dt}$ डीटी \square तारों में तात्कालिक धारा है। इस प्रकार, मैं एक $\frac{dq}{dt}$ डीटी

परिभाषा के अनुसार, विस्थापन धारा, $i_{\text{displacement}} = \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$ डीटी

लेकिन, $\int_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$ \square ईए

$$\int_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{dq}{dt} \quad (24.5)$$

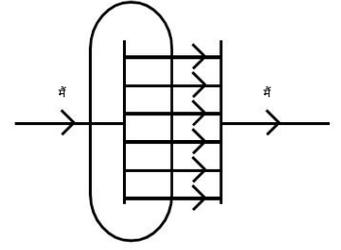
I और i के समीकरणों की तुलना करना \square , हम पाते हैं, कि मैं \square = मैं \square

इससे पता चलता है, कि अंतराल में विस्थापन धारा चालन के समान है लीड तारों में करंट.

इस प्रकार विस्थापन धारा की अवधारणा धारा को निरंतर बनाती है संधारित्र सहित संपूर्ण सर्किट चित्र 24.1 (बी)। चालन धारा सतत नहीं है संधारित्र अंतराल के पार क्योंकि अंतराल के पार आवेश का कोई वास्तविक प्रवाह नहीं होता है।

इसके साथ ही मैक्सवेल ने सामान्यीकरण को वह स्रोत बना दिया चुंबकीय क्षेत्र का न केवल चालन धारा है बल्कि यह भी है विद्युत क्षेत्र के परिवर्तन की समय दर.

स्पष्ट रूप से हम कह सकते हैं, कि संधारित्र प्लेटों के बाहर हम केवल चालन धारा (i) है और कोई विस्थापन धारा नहीं है (नहीं). दूसरी ओर, संधारित्र के अंदर कोई चालन नहीं होता है धारा और केवल विस्थापन धारा है।



चित्र 24.1 (बी)

अब, सामान्यीकृत एवं सही एम्पीयर का परिपथीय नियम इस प्रकार हो जाता है

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(\sum I_{\text{con}} + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right) \quad (24.6)$$

और इसे एम्पीयर-मैक्सवेल नियम के नाम से जाना जाता है।

विस्थापन धारा का परिणाम समय पर निर्भर विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र है एक दूसरे को जन्म दो.

मैक्सवेल के समीकरण

- $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{q_{\text{enc}}}{\epsilon_0}$ (बिजली के लिए गॉस नियम)
- $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{enc}}$ (चुंबकत्व के लिए गॉस नियम)
- $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ (फैराडे का नियम)
- $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(\sum I_{\text{con}} + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right)$ (एम्पीयर - मैक्सवेल लॉ)

विस्थापन धारा की अवधारणा इंसुलेटर और मुक्त स्थान के लिए बहुत महत्वपूर्ण है जहां चालन धारा लुप्त हो जाती है। कंडक्टरों के लिए, विस्थापन धारा बहुत होती है चालन धारा की तुलना में छोटा (10¹⁶ हर्ट्ज से कम आवृत्तियों के लिए 1% से कम) और इस प्रकार उपेक्षा की जा सकती है।

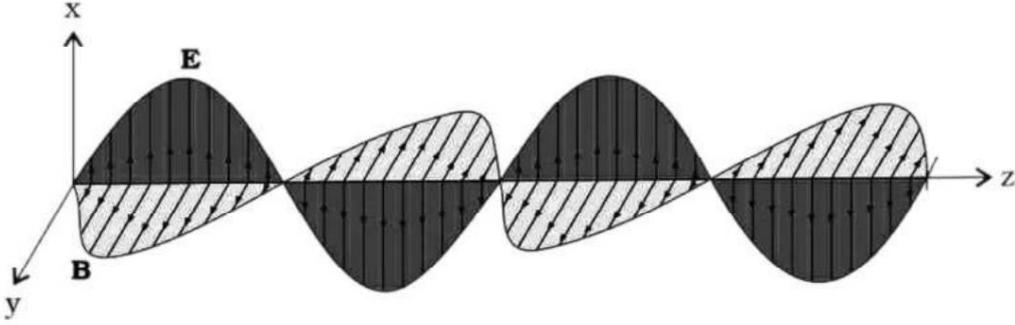
24.2 विद्युत चुम्बकीय तरंगें

स्थिर आवेश केवल इलेक्ट्रोस्टैटिक क्षेत्र और समान गति में आवेश उत्पन्न करते हैं केवल चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है। लेकिन मैक्सवेल के सिद्धांत के परिणामस्वरूप चार्ज में तेजी आई विद्युत चुम्बकीय तरंगें विकीर्ण करें।

अंतरिक्ष में एक आवेश पर विचार करें जो कुछ आवृत्ति के साथ दोलन कर रहा है, एक दोलन उत्पन्न करता है विद्युत क्षेत्र, जो एक दोलनशील चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है, जो बदले में एक स्रोत है दोलनशील विद्युत क्षेत्र इत्यादि। इस प्रकार दोलनशील विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र पुनर्जीवित हो जाते हैं जैसे ही तरंगें अंतरिक्ष में फैलती हैं, एक-दूसरे से जुड़ जाते हैं। विद्युत चुम्बकीय की आवृत्ति तरंग आवेश के दोलन की आवृत्ति के बराबर होती है। से जुड़ी ऊर्जा प्रसार तरंग स्रोत की ऊर्जा अर्थात त्वरित आवेश है।

विद्युत चुम्बकीय तरंग की प्रकृति

प्रकाश विभिन्न आवृत्तियों वाली एक विद्युत चुम्बकीय तरंग है। विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र एक-दूसरे के लंबवत और प्रसार की दिशा के लंबवत कंपन करते हैं।



चित्र 24.2 : विद्युत चुम्बकीय तरंगों का प्रसार

चित्र 24.2 में z-दिशा के साथ प्रसारित होने वाली विशिष्ट विद्युत चुम्बकीय तरंग को दर्शाया गया है। विद्युत क्षेत्र E_x , x-अक्ष के अनुदिश है और एक निश्चित समय पर z के साथ ज्यावक्रीय रूप से बदलता रहता है। चुंबकीय क्षेत्र Y-अक्ष के अनुदिश है और z के साथ ज्यावक्रीय रूप से बदलता रहता है।

विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र E_x और B_x एक दूसरे के लंबवत भी हैं z-अक्ष के लंबवत जो प्रसार की एक दिशा है।

विद्युत क्षेत्र E_x द्वारा दिया गया है

$$E_x = E_0 \sin(kz - \omega t) \quad (24.7)$$

चुंबकीय क्षेत्र द्वारा दिया गया है

$$B_y = B_0 \sin(kz - \omega t) \quad (24.8)$$

जहां k तरंग वेक्टर का परिमाण है, जो प्रसार की दिशा का वर्णन करता है। k समीकरण द्वारा दिया गया है

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (24.9)$$

और ω कोणीय आवृत्ति है। तरंग के प्रसार की गति है $\frac{\omega}{k}$ ।

समीकरण E_x और B का उपयोग करना मैक्सवेल के समीकरणों से हम उसे पा सकते हैं $\frac{B_0}{E_0} = \frac{1}{c}$, कहाँ

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \text{ जो प्रकाश का वेग है.}$$

मैक्सवेल के समीकरणों से विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र के बीच संबंध दिया गया है

$$B_0 = \frac{E_0}{c} \quad (24.10)$$

24.2.1 विद्युत चुम्बकीय तरंगों की मुख्य विशेषताएं

एल विद्युत चुम्बकीय तरंगें विद्युत और चुंबकीय क्षेत्रों के स्व-स्थायी दोलन मुक्त स्थान या निर्वात में।

एल पारगम्यता μ और चुंबकीय के माध्यम में विद्युत चुम्बकीय तरंगों की गति

$$\text{पारगम्यता } \mu \text{ द्वारा दी जाती है } \quad v = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}}$$

एल विद्युत चुम्बकीय तरंगें विवर्तन, अपवर्तन और ध्रुवीकरण से गुजर सकती हैं।

एल विद्युतचुम्बकीय तरंगें ऊर्जा और संवेग ले जाती हैं। मुक्त स्थान के क्षेत्र में

$$\text{एक विद्युत क्षेत्र } E, \text{ ऊर्जा घनत्व है } \quad \frac{\epsilon_0 E^2}{2} \text{ और ऊर्जा घनत्व से जुड़ा हुआ है}$$

$$B \text{ का चुंबकीय क्षेत्र है } \quad \frac{B^2}{2\mu_0}$$

एल विद्युत चुम्बकीय तरंगें दबाव डालती हैं क्योंकि वे ऊर्जा और गति ले जाती हैं।

एल विद्युत चुम्बकीय तरंगें ऊर्जा को एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाती हैं।

24.3 विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम

विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम की स्थिति को इसकी आवृत्ति या दोलनों की तरंग दैर्ध्य द्वारा चित्रित किया जा सकता है। आवृत्ति के अनुसार विद्युत चुम्बकीय तरंगों का वर्गीकरण विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम है। आवृत्ति के आधार पर विद्युत चुम्बकीय तरंगों को विभिन्न नामों से पुकारा जाता है जैसे रेडियो तरंगें, सूक्ष्म तरंगें, अवरक्त विकिरण, दृश्य प्रकाश, पराबैंगनी विकिरण, एक्स-रे और गामा किरणें। एक प्रकार की लहर और अगली लहर के बीच कोई तीव्र विभाजन नहीं है। वर्गीकरण मोटे तौर पर इस बात पर आधारित है कि तरंगें कैसे उत्पन्न होती हैं।

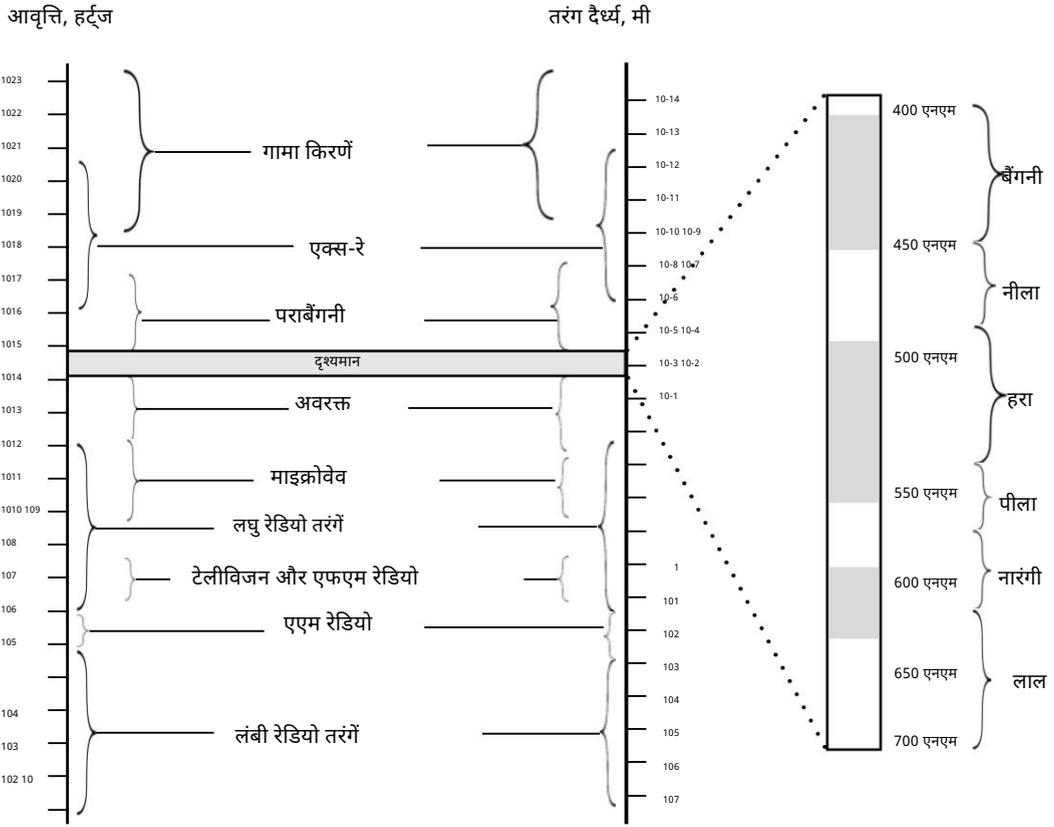
हम इन विभिन्न प्रकार की विद्युत चुम्बकीय तरंगों का संक्षेप में वर्णन करते हैं।

24.3.1 रेडियो तरंगें

रेडियो तरंगों की आवृत्ति सीमा 500 kHz से शुरू होकर 1000 MHz तक होती है। ये संचालन तारों में आवेशों की त्वरित गति से उत्पन्न होते हैं। रेडियो तरंगों का उपयोग रेडियो और टेलीविजन संचार प्रणालियों में किया जाता है। इन तरंगों का उपयोग शॉर्टवेव रेडियो, नेविगेशन, वायु-यातायात नियंत्रण और सेलुलर फोन में भी किया जाता है। रेडियो संचार में एम्प्लिट्यूड मॉड्युलेटेड (एएम) बैंड 530 किलोहर्ट्ज से 1710 किलोहर्ट्ज तक है और फ्रीक्वेंसी मॉड्युलेटेड (एफएम) बैंड 88 मेगाहर्ट्ज से 108 मेगाहर्ट्ज तक है। टेलीविजन संचार में, आवृत्ति रेंज 54 मेगाहर्ट्ज से 890 मेगाहर्ट्ज तक होती है। शॉर्टवेव बैंड में 54 मेगाहर्ट्ज तक की उच्च आवृत्तियों का उपयोग किया जाता है। सेल्युलर फोन में संचार के लिए अल्ट्रा हाई फ्रीक्वेंसी (UHF) बैंड का उपयोग किया जाता है।

24.3.2 माइक्रोवेव

माइक्रोवेव छोटी तरंग दैर्ध्य वाली रेडियो तरंगें हैं। इन तरंगों की आवृत्ति रेंज गीगाहर्ट्ज (1 गीगाहर्ट्ज से 1000 गीगाहर्ट्ज) रेंज में होती है। माइक्रोवेव का उत्पादन ओवन के अंदर किया जाता है



चित्र 24.3 : विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम

एक इलेक्ट्रॉन ट्यूब जिसे मैग्नेट्रॉन कहा जाता है। ये तरंगें विशेष वैक्यूम ट्यूबों से भी उत्पन्न होती हैं जिन्हें क्लिस्ट्रॉन और गन डायोड कहा जाता है।

माइक्रोवेव का उपयोग रेडियो तरंगों के समान है। इनका उपयोग संचार, रेडियो खगोल विज्ञान, विमान नेविगेशन में प्रयुक्त रडार सिस्टम और भोजन पकाने के लिए माइक्रोवेव ओवन में किया जाता है। माइक्रोवेव ओवन में, भोजन के पानी के अणुओं की गुंजयमान आवृत्ति से मेल खाने के लिए माइक्रोवेव की आवृत्ति का चयन किया जाता है ताकि तरंगों से ऊर्जा अणुओं की गतिज ऊर्जा में कुशलतापूर्वक स्थानांतरित हो सके। इसलिए पानी वाले किसी भी भोजन का तापमान बढ़ जाता है, इसलिए इसका उपयोग भोजन पकाने या गर्म रखने के लिए किया जाता है।

24.3.3 इन्फ्रारेड तरंगें

अवरक्त तरंगों की आवृत्ति 300 गीगाहर्ट्ज़ से 400 THz और तरंग दैर्ध्य) 780 एनएम से 1 मिमी के बीच होती है। इन्हें ऊष्मा तरंगें कहा जाता है क्योंकि

□ इनमें ऊष्मा होती है

(उत्प्रेरण गुण। इन्फ्रारेड तरंगें गर्म पिंडों और अणुओं द्वारा उत्पन्न होती हैं।

इन्फ्रारेड किरणों को दो श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया है, निकट-अवरक्त और दूर-अवरक्त।

इन्फ्रारेड किरणों का उपयोग उन अनुप्रयोगों में किया जाता है जहां गर्मी उत्पादन की आवश्यकता होती है, उदाहरण के लिए इन्फ्रारेड हीटर। निकट अवरक्त तरंगों का उपयोग टीवी रिमोट, वीडियो रिकॉर्डर और फोटोग्राफी जैसे इलेक्ट्रॉनिक अनुप्रयोगों में किया जाता है। इनका उपयोग भौतिक चिकित्सा में इन्फ्रारेड लैंप के रूप में भी किया जाता है। ग्रीनहाउस प्रभाव के माध्यम से पृथ्वी के तापमान को गर्म बनाए रखने के लिए इन्फ्रारेड विकिरण बहुत महत्वपूर्ण है। इन्फ्रारेड डिटेक्टरों का उपयोग पृथ्वी उपग्रहों में सैन्य उद्देश्यों और फसलों की वृद्धि का निरीक्षण करने के लिए किया जाता है।

24.3.4 दृश्यमान किरणें

दृश्यमान किरणें विद्युत चुम्बकीय तरंगों का सबसे परिचित रूप हैं, जिन्हें मानव आँख पहचान सकती है। दृश्यमान किरणों की आवृत्ति सीमा 7×10^{14} हर्ट्ज या तरंग दैर्घ्य 4×10^{-7} मीटर से 7×10^{14} हर्ट्ज से 4×10^{-7} मीटर तक होती है। दृश्य प्रकाश तरंगों के लिए सूर्य प्रमुख स्रोत है। दृश्य किरणों के 10^{14} से 10^{15} तक के संसार की वस्तुओं और सूचनाओं का आभास होता है। अवरक्त किरणों का पता लगा सकते हैं और कीड़े पराबैंगनी किरणों का पता लगा सकते हैं।

दृश्यमान किरणों का उपयोग फाइबर ऑप्टिक संचार, फोटोग्राफी और इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों में किया जाता है।

24.3.5 पराबैंगनी किरणें

पराबैंगनी किरणों की आवृत्ति 10^{14} हर्ट्ज से 10^{16} हर्ट्ज और तरंग दैर्घ्य 400 एनएम से 0.6 एनएम तक होती है। पराबैंगनी किरणें विशेष लैंप और बहुत गर्म पिंडों द्वारा उत्पन्न होती हैं। सूर्य पराबैंगनी किरणों का मुख्य स्रोत है और अधिकांश पराबैंगनी किरणें ओजोन परत द्वारा अवशोषित होती हैं। ये किरणें मानव शरीर के लिए हानिकारक होती हैं जिससे त्वचा संबंधी रोग हो जाते हैं। उपयुक्त कांच की खिड़कियों से पराबैंगनी विकिरण से बचाव किया जा सकता है। वायुमंडल में ओजोन परत एक सुरक्षात्मक भूमिका निभाती है और इसलिए क्लोरोफ्लोरो कार्बन द्वारा इसकी कमी एक गंभीर अंतरराष्ट्रीय मुद्दा है।

पराबैंगनी किरणों का व्यापक रूप से औद्योगिक प्रक्रियाओं और चिकित्सा अनुप्रयोगों में उपयोग किया जाता है जैसे कि बैक्टीरिया को मारना, फ्लोरोसेंट प्रभाव पैदा करना, स्याही और रेजिन को ठीक करना, फोटोथेरेपी और सनटेनिंग।

24.3.6 एक्स-रे

एक्स-रे की आवृत्ति सीमा 10^{16} से 10^{20} हर्ट्ज तक है और तरंग दैर्घ्य लगभग 10^{-8} मीटर (10 एनएम) से 10^{-13} मीटर (10^{-4} एनएम) है। एक्स-रे तब उत्पन्न होते हैं जब इलेक्ट्रॉनों को उच्च संभावित अंतर के तहत त्वरित किया जाता है और धातु लक्ष्य पर बमबारी की जाती है। एक्स-रे का उपयोग हड्डियों और जोड़ों में फ्रैक्चर और टूट-फूट का पता लगाने के लिए नैदानिक उपकरण के रूप में किया जाता है। और इसका उपयोग कोमल ऊतकों को प्रभावित करने वाली समस्याओं का पता लगाने के लिए भी किया जाता है। एक्स-रे का उपयोग कुछ प्रकार के कैंसर के इलाज के लिए किया जाता है। एक्स-रे का उपयोग करते समय सावधानी बरतनी चाहिए क्योंकि वे जीवित ऊतकों और आंतरिक अंगों को नुकसान पहुंचाते हैं।

24.3.7 गामा किरणें

गामा किरणें उच्च ऊर्जा विद्युत चुम्बकीय तरंगें हैं जिनकी उच्च आवृत्ति 10^{26} हर्ट्ज से अधिक है और तरंग दैर्घ्य 10^{-10} मीटर से 10^{-14} मीटर से कम है। गामा किरणें परमाणु प्रतिक्रियाओं में उत्पन्न होती हैं और रेडियोधर्मिता नाभिक द्वारा उत्सर्जित भी होती हैं। ये किरणें ब्रह्मांड की सबसे गर्म और सबसे ऊर्जावान वस्तुओं, जैसे न्यूट्रॉन तारे और पल्सर, सुपरनोवा विस्फोट और ब्लैक होल के आसपास के क्षेत्रों से भी उत्पन्न होती हैं।

गामा किरणों का उपयोग चिकित्सा में रेडियोथेरेपी के लिए, उद्योग में नसबंदी और कीटाणुशोधन के लिए और परमाणु उद्योग में किया जाता है। गामा किरणों से बचाव आवश्यक है क्योंकि वे त्वचा या रक्त, नेत्र विकार और कैंसर के रोग पैदा कर सकते हैं।

तालिका - 24.1: विभिन्न विद्युत चुम्बकीय किरणों की आवृत्ति, तरंग दैर्घ्य, उत्पादन और उपयोग

क्र.सं. नहीं।	आवृत्ति तरंग दैर्घ्य का लहर की	प्रकार तरंग रेंज का उत्पादन	श्रेणी	उपयोग
1. रेडियो		रेडियो और टेलीविजन की गति 500 किलोहर्ट्ज से 1000 मेगाहर्ट्ज	> 0.1 मीटर तक	हवाई यातायात नियंत्रण सेलुलर फोन।
2. माइक्रोवेव 1 गीगाहर्ट्ज से		1000 गीगाहर्ट्ज 1 एनएम विशेष वैक्यूम ट्यूब, रेडियो खगोल विज्ञान	मैग्नेट्रोन, संचार का उपयोग करके 0.1 मी	माइक्रोवेव ओवन्स
3. इन्फ्रारेड		300 गीगाहर्ट्ज से 780 400 THz	एनएम गर्म निकायों और इन्फ्रारेड हीटर द्वारा 1 एनएम अणु	टीवी रिमोट, फोटोग्राफी शारीरिक चिकित्सा
4. दृश्यमान 400 1014Hz से 700 -		संचार के लिए 700 1014Hz 400 एनएम प्रमुख	सूर्य है स्रोत	फ़ाइबर ऑप्टिक
5. पराबैंगनी 1014 हर्ट्ज से 400 एनएम तक विशेष उद्योग द्वारा उत्पादित और		1016 हर्ट्ज	0.6 एनएम लैंप और बहुत गर्म चिकित्सा अनुप्रयोग शव. जैसे हत्या	बैक्टीरिया.
6. एक्स-रे		1016 हर्ट्ज से 1020 हर्ट्ज	10 एनएम से जब इलेक्ट्रॉन एक्स-रे फोटोग्राफिक में होते हैं फ्रैक्चर का पता लगाने के लिए एक फिल्म के तहत 10-4 एनएम त्वरित किया गया	उच्च क्षमता और हड्डियाँ टूट जाती हैं अंतर और और जोड़। में निश्चित रूप से धातु उपचार पर बमबारी की गई लक्ष्य।
7. गामा > 1020 हर्ट्ज 10-10 से			परमाणु रिएक्टरों में, चिकित्सा अनुप्रयोग 10-14 मीटर न्यूट्रॉन स्टार, पल्सर, उद्योग में सुपरनोवा विस्फोट, रेडियो थैरेपी में ब्लैक होल्स।	कैंसर के रूप.

उदाहरण 24.1

विद्युत चुम्बकीय तरंग मुक्त स्थान में x-दिशा के अनुदिश यात्रा करती है। एक विशेष बिंदु पर अंतरिक्ष और समय में, $E = 9.6 \text{ V/m}$ । उस बिंदु पर मान B ज्ञात कीजिए।

समाधान :

$$B = \frac{E}{c}$$

$$B = \frac{9.6 \text{ वी/एम}}{3 \times 10^8 \text{ मी/से}} = 3.2 \times 10^{-8} \text{ टी}$$

उदाहरण 24.2

12 w/cm² के ऊर्जा प्रवाह के साथ विद्युत चुम्बकीय तरंग एक गैर परावर्तक सतह पर गिरती है, लगाया गया औसत बल ज्ञात करें सामान्य घटना पर. यदि 20 मिनट की अवधि के दौरान सतह का क्षेत्रफल 30 सेमी² है।

समाधान :

कुल ऊर्जा सतह पर गिरती है

$$Y = 12 \times 30 \times 20 \times 60 \text{ जे}$$

$$\square 4.32 \times 10^5 \text{ जे}$$

इसलिए, कुल गति

$$P = \frac{Y}{c} = \frac{4.32 \times 10^5 \text{ जे}}{3 \times 10^8 \text{ मी/से}}$$

$$P = 1.44 \times 10^{-3} \text{ किग्रा मी/से}^3$$

सतह पर लगने वाला औसत बल

$$F = \frac{P}{a} = \frac{1.44 \times 10^{-3}}{1.2 \times 10^{-2} \text{ मी}^2}$$

$$F = 1.2 \times 10^{-2} \text{ एन/मी}^2$$

पाठ्य प्रश्न

1. बताएं कि सूर्य से किस प्रकार का विकिरण आता है।
2. विस्थापन धारा को समझाइये।
3. विद्युत चुम्बकीय विकिरण के विभिन्न प्रकार लिखिए।
4. पराबैंगनी किरणों की आवृत्ति और तरंग दैर्घ्य सीमा क्या है?
5. माइक्रोवेव ओवन में सूक्ष्म तरंगों से खाना कैसे पकाया जाता था?
6. इन्फ्रारेड किरणों के अनुप्रयोग क्या हैं?
7. एक समान्तर प्लेट संधारित्र के लिए चार्जिंग धारा 0.5 A है। विस्थापन क्या है? इसकी प्लेटों में धारा?

आपने क्या सीखा है

। प्रकाश विभिन्न आवृत्तियों वाली एक विद्युत चुम्बकीय तरंग है।

एवं विद्युत चुम्बकीय तरंग में, विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र एक दूसरे के लंबवत कंपन करते हैं और दोनों प्रसार की दिशा के लंबवत होते हैं।

एल एम्पीयर का नियम अभिन्न से $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc}$

एल विस्थापन धारा $\vec{J}_d = \epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt}$

एल संशोधित एम्पीयर का नियम या एम्पीयर का मैक्सवेल का नियम $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (I_{enc} + I_{d,enc})$

एल विद्युत क्षेत्र E_x और चुंबकीय क्षेत्र B_y $E = cB$ द्वारा दिया गया है
बीबी केजेड डी पाप $\vec{E} \times \vec{B}$ क्रमशः.

I तरंग सदिश k का परिमाण $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

में यह θ कोणीय आवृत्ति है तो तरंग के प्रसार की गति है $v = \frac{c}{n}$ और $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

प्रकाश का वेग है $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$

एल विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र के बीच संबंध द्वारा दिया गया है $\vec{B} = \frac{1}{c} \hat{k} \times \vec{E}$

आवृत्ति के आधार पर, विद्युत चुम्बकीय तरंगों को रेडियो तरंगों के रूप में वर्गीकृत किया जाता है, माइक्रोवेव, अवरक्त विकिरण, दृश्य प्रकाश, पराबैंगनी विकिरण, एक्स-रे और गामा किरणें.

टर्मिनल व्यायाम

1. एक समतल विद्युत चुम्बकीय तरंग में चुंबकीय क्षेत्र किसके द्वारा दिया जाता है?

बी 3 10 वाप 0.4 10 $\vec{B} = \frac{1}{c} \hat{k} \times \vec{E}$. फिर (i) तरंग दैर्ध्य और आवृत्ति ज्ञात करें लहर का. (ii) विद्युत क्षेत्र के लिए अभिव्यक्ति निर्धारित करें।

2. समतल विद्युत चुम्बकीय तरंग में विद्युत क्षेत्र 900 N/C है। लहर फैल रही है x-दिशा में और विद्युत क्षेत्र y-दिशा में। अधिकतम निर्धारित करें चुंबकीय क्षेत्र और उसकी दिशा.

3. विद्युत चुम्बकीय तरंग में विद्युत क्षेत्र किसके द्वारा दिया जाता है?

$\vec{E} = 60 \text{ पाप } \hat{i}$ एन/सी. $\vec{B} = 2 \times 10^{-7} \hat{j}$ टी

ऊर्जा घनत्व ज्ञात कीजिए। $u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2} \mu_0 B^2$

4. एक हार्मोनिक विद्युत चुम्बकीय तरंग के चुंबकीय क्षेत्र भाग का आयाम निर्वात $B_0 = 620 \text{ nT}$ है। तरंग के विद्युत क्षेत्र भाग का आयाम क्या है?

5. एक विद्युत चुम्बकीय तरंग का विद्युत क्षेत्र आयाम $E_0 = 90 \text{ N/C}$ है और इसका आवृत्ति 40.0 मेगाहर्ट्ज है। B_0 और खोजें

6. तीव्रता के प्रकाश की समानांतर किरण में विद्युत क्षेत्र का आयाम ज्ञात करें

$$3.0 \text{ डब्ल्यू/एम}^2 \quad \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$$

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

1. सूर्य से आने वाली रोशनी विद्युत और चुंबकीय घटकों का एक संयोजन है जिसे विद्युत चुम्बकीय तरंगें कहा जाता है।

2. बदलता विद्युत क्षेत्र एक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है। इसलिए एक बदलता हुआ विद्युत क्षेत्र तब तक धारा के बराबर होता है जब तक विद्युत क्षेत्र बदल रहा होता है और यह सामान्य चालन धारा के समान ही चुंबकीय प्रभाव पैदा करता है। इसे विस्थापन कहा जाता है

मोजूदा।

विस्थापन धारा $i_d = \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$

3. विद्युत चुम्बकीय विकिरण के विभिन्न प्रकार हैं रेडियो तरंगें, माइक्रोवेव, अवरक्त, दृश्य, पराबैंगनी, एक्स-रे और गामा किरणें।

4. पराबैंगनी किरणों की आवृत्ति 10^{14} हर्ट्ज से 10^{16} हर्ट्ज और तरंग दैर्ध्य तक होती है 400 से 0.6 एनएम.

5. माइक्रोवेव की आवृत्ति को भोजन के पानी के अणुओं की गुंजयमान आवृत्ति से मेल खाने के लिए चुना जाता है ताकि तरंग से ऊर्जा अणुओं की गतिज ऊर्जा में कुशलतापूर्वक स्थानांतरित हो सके। इसलिए पानी वाले किसी भी भोजन का तापमान बढ़ जाता है, इसलिए भोजन पकाया जाता है।

6. अवरक्त किरणों के अनुप्रयोग हैं

1. इन्फ्रारेड हीटर
2. टीवी रिमोट
3. फोटोग्राफी
4. भौतिक चिकित्सा

7. चार्जिंग धारा का अर्थ है चालन धारा और हम जानते हैं कि चालन धारा हमेशा विस्थापन धारा के बराबर होती है।

तो, इसकी प्लेटों पर विस्थापन धारा 0.5 ए है।

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

1.
$$\frac{2 \times 10^{-3}}{0.4 \times 10^{-3}} = \frac{2 \times 1.4}{0.4 \times 10^{-3}} = 1.57 \text{ सेमी}$$

ईबीसी $3.14 \times 10^9 \times 10^9 \text{ यू/एम}^2$ $\times 8$

इ $90 \sin 0.4 \times 10^3 \times 3.14 \times 10^9 \times 10^9 \text{ वोल्ट्स}$ $\times 8$

2. ईओ = 900 एन/सी

बी $\frac{900}{3 \times 10^8} = 3 \times 10^{-6} \text{ टी}$

विद्युत क्षेत्र y-दिशा में है और तरंग प्रसार x-दिशा में है, इसलिए, दिशा है चुंबकीय क्षेत्र z-दिशा में है।

3. ऊर्जा घनत्व = $\frac{1}{2} \times 0.8^2$

$\frac{1}{2} \times 8.85 \times 10^{-12} \times 60^2$

$1.6 \times 10 \text{ जे/एम}^3$

4. ईबीसी $620 \times 10^3 \times 10^9 = 186 \text{ एन/सी}$ $\times 8$

5. बी $\frac{90}{3 \times 10^8} = 3.0 \times 10^{-7} \text{ टी}$

$6 \times 10^2 \times 2 \times \frac{22}{7} \times 40 \times 10^2 \times 5 \times 10^8 \text{ हर्ट्ज़}$ $\times 8$

6. इ $\sqrt{\frac{2 \text{ मी}}{3 \times 10^8}} \times \sqrt{\frac{2 \times 3.0}{8.85 \times 10^{-12} \times 3 \times 10^8}} \times \sqrt{0.225 \times 10^4}$
 = 47.3 एन/सी



विकिरण की दोहरी प्रकृति और

मामला

परिचय

आपने सिनेमा हॉल में फिल्मों तो देखी ही होंगी. स्क्रीन पर चित्र उन फिल्मों के माध्यम से प्रकाश प्रवाहित करके निर्मित किया जाता है जिन पर फिल्माए गए दृश्य होते हैं। लेकिन क्या आपने कभी सोचा है कि सिनेमा में ध्वनि का पुनरुत्पादन कैसे किया जाता है? ध्वनि को साउंड ट्रैक के रूप में फिल्म के किनारे भी रिकॉर्ड किया जाता है। इस साउंड ट्रैक से गुजरने वाली प्रकाश किरण एक फोटोसेल पर पड़ती है, जो इसे विद्युत स्पंदों में परिवर्तित कर देती है। ये विद्युत तरंगें ध्वनि में परिवर्तित हो जाती हैं। इस पाठ में आप उस प्रभाव का अध्ययन करेंगे जो फोटोसेल की कार्यप्रणाली को नियंत्रित करता है।

इसे फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव कहा जाता है। इसका उपयोग घुसपैठियों का पता लगाने के लिए बर्गलर अलार्म में भी किया जाता है।

आइंस्टीन की फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव की व्याख्या ने डी ब्रोगली (डी ब्रॉय के रूप में पढ़ा गया) को तरंग-कण द्वंद्व की ओर अग्रसर किया, अर्थात् पदार्थ तरंग के साथ-साथ कण गुणों को भी प्रदर्शित करता है।

अब आप जानते हैं कि एक कण की विशेषता उसकी निश्चित स्थिति, आकार, द्रव्यमान, वेग, संवेग आदि जैसे गुण होते हैं। इसकी गति का वर्णन न्यूटन के गति के नियमों द्वारा किया जाता है।

दूसरी ओर, एक तरंग को अंतरिक्ष-समय में आवधिकता, तरंग दैर्ध्य, आयाम, आवृत्ति, तरंग वेग इत्यादि जैसे गुणों की विशेषता होती है। यह ऊर्जा का परिवहन करती है, लेकिन इससे कोई फर्क नहीं पड़ता।

अर्थात्, यह एक कण के विपरीत अंतरिक्ष में फैला हुआ है, जो स्थानीयकृत है। तरंग-कण द्वंद्व शब्द उस व्यवहार को संदर्भित करता है जहां तरंग-जैसी और कण-जैसी दोनों गुण एक ही इकाई द्वारा विभिन्न परिस्थितियों में प्रदर्शित किए जाते हैं। उनके तर्क सरल थे: प्रकृति को सरलता पसंद है और समरूपता पसंद है। इसलिए यदि तरंग-कण द्वंद्व प्रकाश द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है, तो इसे पदार्थ द्वारा भी प्रदर्शित किया जाना चाहिए। आप पदार्थ तरंगों की उनकी व्याख्या के बारे में सेकंड में सीखेंगे। 25.3.

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

मैं फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव की व्याख्या कर सकूंगा;

मैं फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव का अध्ययन करने के लिए प्रयोगात्मक व्यवस्था का वर्णन कर सकूंगा;

मैं फोटोइलेक्ट्रिक उत्सर्जन के नियम बता पाऊंगा;

विकिरण की आवृत्ति और मंदक विभव के बीच ग्राफ़ की व्याख्या कर सकेंगे ;

मैं संवेग के एक कण से जुड़ी पदार्थ तरंगों की डीब्रोगली तरंगदैर्ध्य लिखता हूँ
पी;

मैं पदार्थ तरंगों के सत्यापन के लिए प्रयोगात्मक व्यवस्था का वर्णन करता हूँ।

25.1 फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव

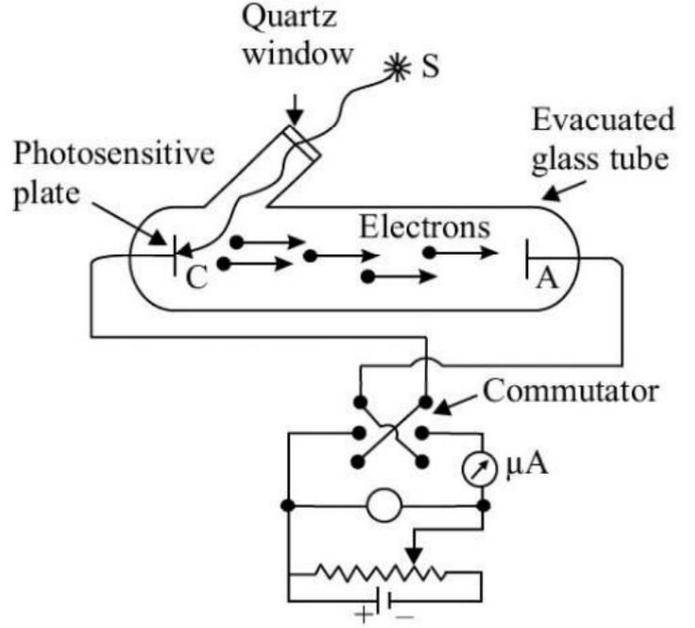
1887 में, विद्युत चुम्बकीय तरंगों के प्रसार पर काम करते हुए, हर्ट्ज़ ने पाया कि स्पार्क गैप में हवा पराबैंगनी किरणों से प्रकाशित होने पर एक बेहतर संवाहक बन जाती है। उनके द्वारा आगे के प्रयोगों से पता चला कि पराबैंगनी किरणों द्वारा विकिरण पर जस्ता सकारात्मक रूप से चार्ज हो गया। 1900 में, लियोनार्ड ने दिखाया कि जब पर्याप्त उच्च आवृत्ति का प्रकाश किसी धातु की सतह पर पड़ता है तो उससे इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं। इस घटना को फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव के रूप में जाना जाता है और इस प्रकार उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों को फोटोइलेक्ट्रॉन कहा जाता है।

एक निश्चित विशिष्ट आवृत्ति से अधिक आवृत्ति के प्रकाश द्वारा विकिरणित धातुओं से इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन को फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव कहा जाता है।

25.1.1 फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव का अध्ययन करने के लिए प्रायोगिक व्यवस्था

चित्र 25.1 देखें। यह उस उपकरण का एक योजनाबद्ध आरेख दिखाता है जिसका उपयोग इस घटना का अध्ययन करने के लिए किया जा सकता है।

एक धातु प्लेट (फोटो संवेदनशील प्लेट) सी जिसे फोटो कैथोड कहा जाता है, को एक अन्य धातु प्लेट ए के साथ एक खाली ट्यूब के अंदर सील कर दिया जाता है, जिसका उपयोग सी द्वारा उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉनों को इकट्ठा करने के लिए किया जाता है। ये इलेक्ट्रोड एक बैटरी और माइक्रो-एमीटर सर्किट से जुड़े होते हैं, जैसा कि दिखाया गया है चित्र 25.1 में। बैटरी इस प्रकार जुड़ी हुई है कि प्लेट A पर वोल्टेज C के सापेक्ष सकारात्मक है। यदि बैटरी टर्मिनलों को उलट दिया जाता है, तो प्लेट A का वोल्टेज C के सापेक्ष नकारात्मक हो जाएगा।

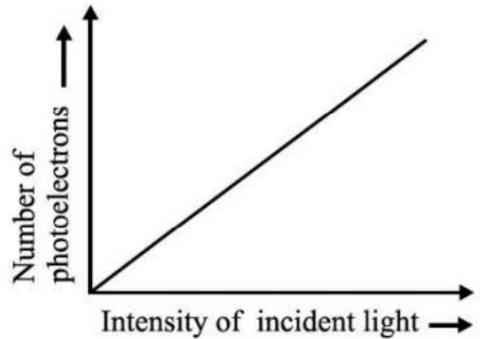


धातुओं को गर्म करने पर उनसे इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन भी हो सकता है। इसे तापीय उत्सर्जन के रूप में जाना जाता है। ध्यान दें कि इलेक्ट्रॉन थर्मिऑनिक उत्सर्जन में तापीय ऊर्जा से ऊर्जा प्राप्त करते हैं।

चित्र 25.1: फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव के अवलोकन के लिए प्रायोगिक व्यवस्था

C द्वारा उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉनों की संख्या पर आपतित प्रकाश की तीव्रता के प्रभाव का अध्ययन करने के लिए, कलेक्टर प्लेट A को C के सापेक्ष सकारात्मक क्षमता पर रखा जाता है।

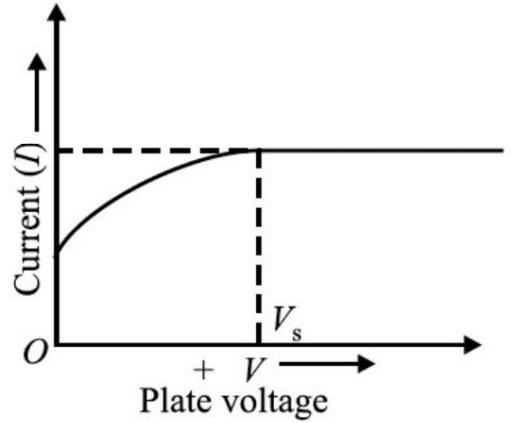
आपतित प्रकाश की आवृत्ति तथा त्वरित विभव के मान को निश्चित रखते हुए, उत्सर्जक सतह से प्रति इकाई क्षेत्र में उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉन प्रकाश की तीव्रता के साथ रैखिक रूप से भिन्न होते हैं, जैसा चित्र 25.2 (ए) में दिखाया गया है।



चित्र 25.2: (ए) आपतित प्रकाश की तीव्रता के साथ फोटोइलेक्ट्रॉनों की संख्या में परिवर्तन

केस - I: सी के सापेक्ष प्लेट ए पॉजिटिव

आइए पहले उस मामले पर विचार करें जब प्लेट A, C के सापेक्ष सकारात्मक क्षमता पर है। जब उच्च आवृत्ति का प्रकाश उत्सर्जक पर पड़ता है, तो यह इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करना शुरू कर देता है। चूंकि A, C के सापेक्ष उच्च क्षमता पर है, उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन एक आकर्षक बल का अनुभव करते हैं। जब हम A पर वोल्टेज बढ़ाते हैं, तो फोटोइलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा बढ़ जाती है। माइक्रोमीटर द्वारा दिखाए गए बाहरी सर्किट में करंट प्लेट ए तक पहुंचने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या पर निर्भर करता है। यदि हम वोल्टेज बढ़ाते रहते हैं, तो एक चरण आता है जब सभी उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन प्लेट द्वारा एकत्र किए जाते हैं। कहा जाता है कि इस स्तर पर धारा संतृप्त हो गई है। यदि प्लेट पर वोल्टेज और बढ़ा दिया जाए तो धारा का परिमाण स्थिर रहता है। प्लेट वोल्टेज के संबंध में धारा का यह व्यवहार चित्र 25.2 (बी) में दिखाया गया है। वोल्टेज बनाम को संतृप्त वोल्टेज कहा जाता है।



चित्र 25.2: (बी) प्लेट वोल्टेज पर फोटोइलेक्ट्रिक करंट की निर्भरता।

केस- II: प्लेट ए नकारात्मक सी के सापेक्ष

यदि C प्लेट A के सापेक्ष सकारात्मक क्षमता पर है और उचित आवृत्ति का प्रकाश उत्सर्जक पर पड़ता है, तो C द्वारा उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉनों को मंद क्षमता का अनुभव होगा, जो A की ओर उनकी गति को बाधित करता है। C से उत्सर्जित कुछ इलेक्ट्रॉन अभी भी पहुंच सकते हैं थाली। इससे करंट उत्पन्न होता है, जिसे माइक्रोमीटर द्वारा पंजीकृत किया जाता है। इसका अर्थ क्या है? यदि ए और सी के बीच पीडी केवल बल प्रदान करता है जो इलेक्ट्रॉनों को प्लेट की ओर ले जाता है, तो कोई भी इलेक्ट्रॉन प्लेट तक नहीं पहुंचना चाहिए। चूंकि ऐसे इलेक्ट्रॉनों ने प्लेट तक पहुंचने के लिए इसके विपरीत चलते समय मंदक क्षमता पर काबू पा लिया है, इसलिए उनमें कुछ प्रारंभिक गतिज ऊर्जा होती है। इसकी पुष्टि अवलोकन परिणामों से भी होती है। विशेष आवृत्ति के किसी भी आपतित प्रकाश के लिए, यदि मंदक विभव को परिमाण में धीरे-धीरे बढ़ाया जाता है, तो अंततः एक ऐसी स्थिति आ जाती है जब कोई भी इलेक्ट्रॉन प्लेट तक नहीं पहुंचता है और धारा प्रवाहित हो जाती है।

शून्य।

वह न्यूनतम मंदक विभव जिसके लिए आपतित प्रकाश की किसी विशेष आवृत्ति के लिए प्रकाश विद्युत धारा शून्य हो जाती है, उस आवृत्ति के लिए निरोधन विभव, V_0 कहलाती है।

एक इलेक्ट्रॉन W द्वारा अवरोधक विभव V_0 के विरुद्ध किया गया कार्य eV_0 है जहाँ e इलेक्ट्रॉनिक आवेश है। यह कार्य इलेक्ट्रॉन द्वारा अपनी गतिज ऊर्जा की कीमत पर किया जाता है।

तो, हम लिख सकते हैं

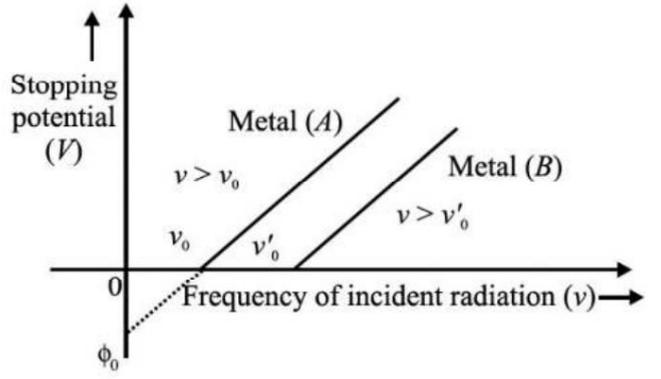
$$1 \text{ ईवी एम } \square - 2 \quad \text{सि} \quad 2$$

मिलिकन द्वारा रुकने की क्षमता V_0 को आपतित प्रकाश की आवृत्ति पर निर्भर पाया गया। आपतित प्रकाश की आवृत्ति बनाम रुकने की क्षमता (V_0) का एक प्लॉट

(v) चित्र 25.3 में दिखाया गया है। आप देखेंगे कि न्यूनतम कटऑफ है

आवृत्ति ν_0 जिसके नीचे इलेक्ट्रॉनों का निष्कासन संभव नहीं है। इसे दहलीज आवृत्ति कहा जाता है।

ν_0 धातु A के लिए थ्रेशोल्ड आवृत्ति है। इसलिए धातु A के लिए इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन थ्रेशोल्ड आवृत्ति ($\nu > \nu_0$) से अधिक आवृत्तियों के लिए होता है। विभिन्न धातुओं के लिए दहलीज आवृत्तियाँ अलग-अलग होती हैं। वी'



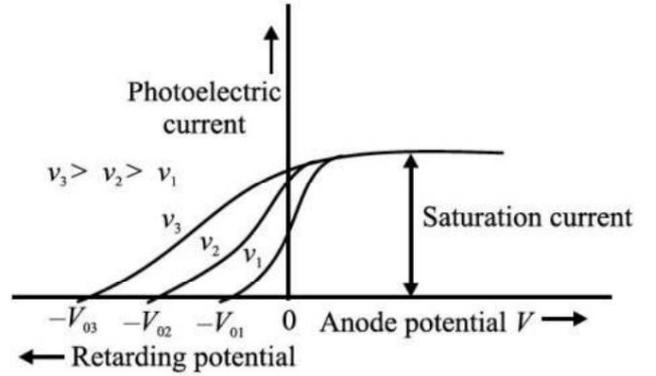
चित्र 25.3: आपतित प्रकाश की आवृत्ति बनाम निरोध क्षमता।

धातु बी की दहलीज आवृत्ति है।

अतः फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव थ्रेशोल्ड आवृत्ति ($\nu > \nu'$) से अधिक आवृत्तियों के लिए होता है

0) धातु बी के लिए.

रुकने की क्षमता पर आपतित प्रकाश की आवृत्ति के प्रभाव का अध्ययन करने के लिए, मिलिकन ने विभिन्न आवृत्तियों के लिए एक निश्चित मूल्य पर प्रकाश की तीव्रता को समायोजित किया और एनोड क्षमता के साथ फोटो विद्युत धारा की भिन्नता का अध्ययन किया।



चित्र 25.4 : फोटो विद्युत धारा

उन्होंने आपतित प्रकाश की विभिन्न आवृत्तियों के लिए रुकने की क्षमता के विभिन्न मान प्राप्त किए। इसके अलावा, उच्च आवृत्तियों के लिए रुकने की क्षमता अधिक नकारात्मक है, जैसा कि चित्र 25.4 में

दिखाया गया है। इसका तात्पर्य यह है कि यदि आपतित प्रकाश की आवृत्ति बढ़ती है, तो फोटोइलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा भी बढ़ जाती है। इसलिए, बढ़ती आवृत्ति के साथ, एनोड की ओर फोटोइलेक्ट्रॉनों की गति को पूरी तरह से रोकने के लिए अधिक मंद क्षमता की आवश्यकता होती है।

चित्र 25.4 से, हम देख सकते हैं कि क्रम $\nu_3 > \nu_2 > \nu_1$ की आवृत्तियों के लिए रुकने की क्षमता $V_{03} > V_{02} > V_{01}$ क्रम में हैं। आपतित प्रकाश की आवृत्ति जितनी अधिक होगी, फोटोइलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा उतनी ही अधिक होगी, इसलिए उन्हें पूरी तरह से रोकने के लिए अधिक अवरोधक क्षमता की आवश्यकता होती है।

इस प्रयोग ने यह भी स्थापित किया कि न्यूनतम कट-ऑफ आवृत्ति ν_0 मौजूद है जिसके लिए रुकने की क्षमता शून्य है। इसके अलावा, जैसे ही सामग्री पर प्रकाश आपतित होता है, फोटो उत्सर्जन शुरू हो जाता है, अर्थात् फोटो उत्सर्जन तात्कालिक होता है, भले ही आपतित प्रकाश मंद हो। अब यह ज्ञात है कि आपतित प्रकाश और उत्सर्जक से फोटोइलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन के बीच समय अंतराल 10-9 सेकेंड के क्रम का होता है।

इन टिप्पणियों को इस प्रकार संक्षेप में प्रस्तुत किया जा सकता है:

एल आपतित प्रकाश की आवृत्ति के साथ फोटोइलेक्ट्रॉनों का अधिकतम वेग बढ़ता है और उत्सर्जक सामग्री की प्रकृति पर निर्भर करता है।

फोटोइलेक्ट्रॉनों का अधिकतम वेग घटना की तीव्रता पर निर्भर नहीं करता है रोशनी।

एल प्रत्येक सामग्री के लिए, एक सीमा आवृत्ति मौजूद होती है जिसके नीचे कोई फोटोइलेक्ट्रॉन नहीं होता है उत्सर्जित होते हैं।

एल किसी विशेष आवृत्ति के लिए, उत्सर्जक सतह के प्रति इकाई क्षेत्र में उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉनों की संख्या आपतित प्रकाश की तीव्रता के समानुपाती होती है।

धातु पर प्रकाश की घटना और उससे इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन के बीच व्यावहारिक रूप से कोई समय अंतराल (~10⁻⁹ सेकंड) नहीं होता है। दूसरे शब्दों में, फोटोइलेक्ट्रिक उत्सर्जन एक तात्कालिक प्रक्रिया है।

पाठगत प्रश्न 25.1

- बताएं कि निम्नलिखित कथन सत्य हैं या गलत:
 - (ए) थर्मिओनिक उत्सर्जन में, इलेक्ट्रॉन फोटॉन से ऊर्जा प्राप्त करते हैं।
 - (बी) फोटोइलेक्ट्रॉन का अधिकतम वेग आपतित विकिरण की आवृत्ति से स्वतंत्र है।
 - (सी) एक आवृत्ति ν_0 मौजूद है जिसके नीचे कोई फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव नहीं होता है।
- चित्र 25.3 देखें और x और y-अक्षों पर अंतःखंडों की व्याख्या करें और गणना करें ढलान।
- आपतित प्रकाश की तीव्रता के साथ रुकने की क्षमता ($-V_0$) की भिन्नता को दर्शाने वाला एक ग्राफ बनाएं।

25.2 आइंस्टीन का फोटोइलेक्ट्रिक उत्सर्जन का सिद्धांत

1905 में, आइंस्टीन ने फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव के लिए एक सरल लेकिन क्रांतिकारी व्याख्या प्रस्तावित की। उन्होंने माना कि प्रकाश में ऊर्जा के बंडल होते हैं, जिन्हें फोटॉन कहा जाता है और उन्होंने फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव को एक फोटॉन और एक बाध्य इलेक्ट्रॉन के बीच टकराव के रूप में देखा।

एकल फोटॉन की ऊर्जा E द्वारा दी गई है

$$E = h\nu \quad (25.2)$$

जहाँ ν आपतित प्रकाश की आवृत्ति है और h प्लैंक स्थिरांक है। आइए अब मान लें कि ऊर्जा $h\nu$ का एक फोटॉन धातु की सतह पर आपतित होता है। मान लीजिए एक इलेक्ट्रॉन को धातु की सतह से बाहर निकलने के लिए आवश्यक ऊर्जा है। जैसा कि आप पहले पढ़ चुके हैं, इस ऊर्जा को चालक का कार्य फलन भी कहा जाता है। किसी चालक का कार्य फलन एक इलेक्ट्रॉन द्वारा चालक की सतह से बाहर आने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा है।

कुछ धातुओं के लिए कार्य फलन के विशिष्ट मान तालिका-25.1 में (ईवी में) दिए गए हैं। संगत सीमा आवृत्ति (ν_0) के साथ।

तालिका - 25.1: कुछ विशिष्ट धातुओं के कार्य फलन और दहलीज आवृत्तियाँ

धातु	\square_b (ईवी)	वी (हर्ट्ज)
सोडियम	2.5	6.07×10^{14}
पोटैशियम	2.3	5.58×10^{14}
जस्ता	3.4	8.25×10^{14}
लोहा	4.8	11.65×10^{14}
निकल	5.9	14.32×10^{14}

रॉबर्ट ए. मिलिकन (1868-1953)

रॉबर्ट एंड्रयूज मिलिकन का जन्म 22 मार्च, 1868 को हुआ था अपने स्नातक पाठ्यक्रम के दौरान, उनके पसंदीदा विषय यूएसए थे यूनानी और गणित थे। लेकिन 1891 में स्नातक होने के बाद, उन्होंने दो साल के लिए प्रारंभिक भौतिकी में एक शिक्षण पद संभाला। में इस अवधि में, उन्होंने इस विषय में रुचि विकसित की। उसे उसका प्राप्त हुआ पीएच.डी. (1895) द्वारा उत्सर्जित प्रकाश के ध्रुवीकरण पर शोध के लिए गरमागरम सतहें।



मिलिकन ने जर्मनी में बर्लिन विश्वविद्यालयों में एक वर्ष (1895-1896) बिताया और गौटिंगेन। वह एए मिशेलसन के निमंत्रण पर नियुक्ति लेने के लिए लौटे विश्वविद्यालय में नव स्थापित रायर्सन प्रयोगशाला में उनके सहायक के रूप में शिकागो (1896)। वह 1910 में उस विश्वविद्यालय में प्रोफेसर बने, यह पद वह था 1921 तक कायम रहा। एक वैज्ञानिक के रूप में, मिलिकन ने कई महत्वपूर्ण खोजों की बिजली, प्रकाशिकी और आणविक भौतिकी के क्षेत्र में। उनकी सबसे पहली बड़ी सफलता का उपयोग करके, एक इलेक्ट्रॉन द्वारा वहन किए गए आवेश का सटीक निर्धारण किया गया था सुरुचिपूर्ण "गिरने-बूंदने की विधि"। उन्होंने यह भी सिद्ध किया कि यह मात्रा स्थिर थी आवेश की परिमाणित प्रकृति को प्रदर्शित करने वाले सभी इलेक्ट्रॉनों के लिए।

उन्होंने आइंस्टीन के फोटोइलेक्ट्रिक समीकरण को भी प्रयोगात्मक रूप से सत्यापित किया और बनाया प्लैंक स्थिरांक एच का पहला प्रत्यक्ष फोटोइलेक्ट्रिक निर्धारण। उसके पूरे जीवन में, मिलिकन एक विपुल लेखक बने रहे, जिन्होंने वैज्ञानिक क्षेत्र में कई योगदान दिए जर्नल. उन्हें 1923 में भौतिकी में नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया था।

आप क्या सोचते हैं जब ऊर्जा $E (>)$ का एक फोटॉन होगा तो क्या होगा?

\square_b) धातु से टकराता है

सतह? हम उम्मीद करते हैं कि कुल ऊर्जा में से एक राशि E

\square_b द्वारा उपयोग किया जाएगा

धातु की सतह से इलेक्ट्रॉन का बाहर आना। ऊर्जा में अंतर, यानी $(ई -)$, = किमी अधिकतम

\square_b

फिर उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन को गतिज ऊर्जा के रूप में प्रदान किया जाएगा। (इलेक्ट्रॉन धातु की सतह से निकलने से पहले आंतरिक टकरावों में कुछ ऊर्जा खो सकती है।)

गणितीय रूप से हम लिख सकते हैं

$$एचवी = \square_b + किमी अधिकतम$$

(25.3)

अल्बर्ट आइंस्टीन (1879-1955)

अल्बर्ट आइंस्टीन का जन्म 14 मार्च, 1879 को जर्मनी के वुर्टेमबर्ग में हुआ था। 1901 में, उन्होंने स्विस् नागरिकता हासिल कर ली और, जब उन्हें कोई शिक्षण पद नहीं मिला, तो उन्होंने स्विस् पेटेंट कार्यालय में तकनीकी सहायक के रूप में एक पद स्वीकार कर लिया।



पेटेंट कार्यालय में रहने के दौरान, अपने खाली समय में, उन्होंने फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव के सिद्धांत और सापेक्षता के विशेष सिद्धांत सहित अपने कई उल्लेखनीय कार्य किए।

1909 में वे ज्यूरिख में असाधारण प्रोफेसर बन गये। 1911 में उन्होंने प्राग में सैद्धांतिक भौतिकी के प्रोफेसर का पद स्वीकार किया, लेकिन अगले वर्ष इसी पद को भरने के लिए ज्यूरिख लौट आए। 1914 में, उन्हें कैसर विल्हेम फिजिकल इंस्टीट्यूट का निदेशक और बर्लिन विश्वविद्यालय में प्रोफेसर नियुक्त किया गया। वह 1914 में जर्मन नागरिक बन गए। उन्हें फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव के सिद्धांत के लिए 1921 में भौतिकी में नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया था, हालांकि वह अपने सापेक्षता के सिद्धांत के लिए अधिक प्रसिद्ध हैं। वह 1933 तक बर्लिन में रहे, जब उन्होंने राजनीतिक कारणों से अपनी नागरिकता त्याग दी और संयुक्त राज्य अमेरिका में प्रिंसटन में सैद्धांतिक भौतिकी के प्रोफेसर का पद लेने के लिए प्रवास कर गए।

वह 1940 में अमेरिकी नागरिक बन गए और 1945 में अपने पद से सेवानिवृत्त हो गए। उन्होंने अपने जीवन के बाद के वर्ष सापेक्षता के सामान्य सिद्धांत और बुनियादी बलों के एकीकरण पर काम करते हुए बिताए। आइंस्टीन ने वैज्ञानिक मानवतावाद का पोषण किया। उन्होंने मानवता के विनाश के लिए परमाणु बमों के इस्तेमाल के खिलाफ राष्ट्रपति रूजवेल्ट के सामने विरोध जताया। उन्हें इस ग्रह पर अब तक चलने वाला सबसे महान वैज्ञानिक माना जाता है और उन्हें सहस्राब्दी का वैज्ञानिक नामित किया गया है।

आइए अब देखें कि इस सिद्धांत के आधार पर देखे गए परिणामों को कैसे समझाया जा सकता है।

आइए लेते हैं

$$\square \square \text{ एच.वी }_0$$

फिर समीकरण. (25.3) का रूप लेता है

$$\text{के महत्व} \square \frac{1}{2} \square^2 \square \square \square \square \square \square \quad (25.4)$$

यह समीकरण यह दर्शाता है

एल Kmax के सकारात्मक होने के लिए , v को vo से अधिक होना चाहिए। अधिक होनी चाहिए।

अर्थात्, आपतित प्रकाश की आवृत्ति थ्रेशोल्ड आवृत्ति से

एल Kmax रैखिक रूप से (v - vo) । के समानुपाती होता है। आवृत्ति v

के आपतित प्रकाश की तीव्रता में वृद्धि फोटॉनों की संख्या में वृद्धि के अनुरूप होती है। प्रत्येक फोटॉन में समान ऊर्जा होती है; फोटोइलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा में कोई वृद्धि नहीं होती है। हालाँकि, नहीं. उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों की मात्रा और इसलिए फोटोकॉरंट तीव्रता में वृद्धि के साथ बढ़ेगा।

एल चूंकि फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव फोटॉन और इलेक्ट्रॉनों के बीच टकराव से उत्पन्न होता है, इसलिए फोटॉन से ऊर्जा हस्तांतरण तात्कालिक होता है, यानी लगभग कोई समय अंतराल नहीं होता है।

चूँकि कार्य फलन किसी सामग्री का एक विशिष्ट गुण है, v_0 इससे स्वतंत्र है
आपतित प्रकाश की तीव्रता.

हम देखते हैं कि आइंस्टीन का फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव का सिद्धांत इसकी भौतिक व्याख्या सफलतापूर्वक करता है
मूल।

इन अवधारणाओं को समझने और भौतिक मापदंडों के मूल्यों के बारे में एक विचार प्राप्त करने के लिए,
निम्नलिखित उदाहरणों को ध्यानपूर्वक पढ़ें।

उदाहरण 25.1

सोडियम का कार्य फलन 2.3 eV है। (i) इसकी दहलीज आवृत्ति, (ii) की गणना करें
जब सोडियम को प्रकाश द्वारा प्रकाशित किया जाता है तो फोटोइलेक्ट्रॉन का अधिकतम वेग उत्पन्न होता है
तरंग दैर्घ्य 5×10^{-7} मीटर, (iii) इस तरंग दैर्घ्य के प्रकाश की रोकने की क्षमता। दिया गया
 $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J s, $c = 3 \times 10^8$ m s⁻¹, $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}$ J, और इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान
 $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ किग्रा.

समाधान :

(i) थ्रेशोल्ड आवृत्ति $h\nu_0 = \phi$ के रूप में दी गई है $\phi = 2.3 \text{ eV}$, $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js और

$$\nu_0 = 2.3 \text{ ईवी} = 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ जे।}$$

$$\nu_0 = \frac{\phi}{h} = \frac{2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ जे}}{6.6 \times 10^{-34} \text{ जे.एस}^2} = 5.6 \times 10^{14} \text{ एच}^{-1}$$

(ii) आइंस्टीन के फोटोइलेक्ट्रिक समीकरण से, हम यह जानते हैं

$$eV_0 = h\nu - \phi \quad \text{अथवा} \quad \frac{1}{2} m_e v_0^2 = h\nu - \phi$$

तब से $v_0 = \frac{2}{m_e} (h\nu - \phi)$, हम लिख सकते हैं

$$v_0 = \frac{2}{m_e} (h\nu - \phi)$$

जहाँ c प्रकाश का वेग और मान है, हमें मिलता है $\lambda = \frac{c}{\nu}$ इसकी तरंगदैर्घ्य है. दिए गए को प्रतिस्थापित करने पर

$$v_0 = \frac{2}{m_e} \left(\frac{hc}{\lambda} - \phi \right) = \frac{2}{9.1 \times 10^{-31}} \left(\frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5 \times 10^{-7}} - 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \right)$$

$$v_0 = \frac{2}{9.1 \times 10^{-31}} \left(3.96 \times 10^{-19} - 3.68 \times 10^{-19} \right) = \frac{2}{9.1 \times 10^{-31}} \times 0.28 \times 10^{-19}$$

$$v_0 = \frac{2 \times 0.28 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}} = 6.15 \times 10^9 \text{ एम.सी}^{-1}$$

$$v_0^2 = \frac{2 \cdot 0.28 \cdot 10^{19}}{9.1 \cdot 10^{-31}} = \frac{2 \cdot 0.28 \cdot 10^{19}}{9.1 \cdot 10^{-31}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{0.56 \cdot 10^{19}}{9.1 \cdot 10^{-31}}} = 2.5 \cdot 10^5 \text{ एमएस}^{-1}$$

(iii) रोकने की क्षमता V_0 इस प्रकार दी गई है

$$ईवी एम = \frac{1}{2} v_0^2$$

$$v_0 = \frac{0.28 \cdot 10^{19}}{1.6 \cdot 10^{-19}} = 0.18 \text{ वी}$$

अब आप कुछ सरल प्रश्नों का उत्तर देना चाहेंगे

पाठगत प्रश्न 25.2

1. आवृत्ति ν के एक फोटॉन के संवेग की गणना करें।
2. यदि किसी विद्युत चुम्बकीय विकिरण की तरंगदैर्घ्य दोगुनी कर दी जाए तो ऊर्जा कितनी होगी? फोटॉनों में परिवर्तन होता है?
3. आपतित विकिरण की तीव्रता दोगुनी हो जाती है। इसका गतिज ऊर्जा पर क्या प्रभाव पड़ेगा? उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉनों का।

पिछले भाग में, आपने आइंस्टीन के फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव के सिद्धांत का अध्ययन किया है पता चला कि प्रकाश में फोटॉन होते हैं। आपने यह भी सीखा है कि व्यतिकरण की परिघटना और विवर्तन को प्रकाश के तरंग सिद्धांत के आधार पर समझाया जा सकता है। इस द्वंद्व में प्रकाश की प्रकृति को भौतिकविदों ने 20वीं सदी की शुरुआत में स्वीकार कर लिया था। सोच प्रकाश के तरंग-कण द्वंद्व के बारे में, डी ब्रोगली ने स्वयं से प्रश्न पूछा: यदि प्रकाश दोहरी प्रकृति प्रदर्शित करता है, तो क्या पदार्थ के कण भी तरंगों की तरह कार्य नहीं करेंगे? सफल समाधान इस प्रश्न से डी ब्रोगली परिकल्पना का जन्म हुआ।

25.3 डी ब्रोगली परिकल्पना

एक युवा स्नातक छात्र के रूप में, डी ब्रोगली ने बड़ी अंतर्दृष्टि के साथ तर्क दिया चूंकि प्रकृति को भौतिक घटनाओं में समरूपता और सरलता पसंद है, सामान्य "कण" जैसे कि इलेक्ट्रॉन, और प्रोटॉन को भी निश्चित रूप से तरंग विशेषताओं का प्रदर्शन करना चाहिए परिस्थितियाँ। उनका तर्क इस प्रकार है: प्रकाश एक विद्युत चुम्बकीय विकिरण है और तरंग-कण द्वैत प्रदर्शित करता है। इसलिए, आइंस्टीन का द्रव्यमान-ऊर्जा तुल्यता संबंध ($E = mc^2$), जो अनिवार्य रूप से प्रकाश को फोटॉन की मात्रा के रूप में मानता है, एक कण, केवल तभी धारण कर सकता है पदार्थ भी तरंग चरित्र प्रदर्शित करता है। इसलिए उन्होंने प्रस्तावित किया कि तरंग दैर्घ्य और आवृत्ति पदार्थ की तरंगों का निर्धारण बिल्कुल कण के संवेग और ऊर्जा से किया जाना चाहिए फोटॉन के समान ही: $E = pc$ और एक कण की संबंधित तरंग दैर्घ्य λ संवेग p द्वारा दिया जाता है

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (25.5)$$

चूँकि ऐसे कण का संवेग $p = mv$ द्वारा दिया जाता है, हम लिख सकते हैं

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (25.6)$$

डीब्रोगली तरंगदैर्घ्य कहा जाता है। समीकरण. (25.5) तरंगकण का पूर्ण विवरण है

द्वैत. इसका तात्पर्य यह है कि गति p वाला एक कण तरंग समान गुण प्रदर्शित कर सकता है संबंधित पदार्थ तरंगों की तरंग दैर्घ्य h/p है। इसका विपरीत भी सत्य है, अर्थात् तरंग तरंग दैर्घ्य कण-जैसे गुणों और तरंग-पदार्थ की गति को प्रदर्शित कर सकता है h/h .

यह परिकल्पना, पीएच.डी. के रूप में प्रस्तुत की गई है। थोसिस को शुरू में परीक्षकों ने अस्वीकार कर दिया था। हालाँकि, जल्द ही, प्रायोगिक साक्ष्य ने डी ब्रोगली के तर्क को साबित कर दिया। ये बहुत ही महत्वपूर्ण है हमारे लिए प्रेरणादायक सबक: हमें प्रत्येक कथन का गहराई से विश्लेषण करना चाहिए और प्रयोगात्मक खोजने का प्रयास करना चाहिए प्रमाण।

किसी भी स्थूल वस्तु की वास्तविक तरंगदैर्घ्य आपकी तरह समझ से परे छोटी होती है इसे क्रिकेट बॉल के हिसाब से कैलकुलेट करके देख सकते हैं. प्राथमिक कणों के लिए मामला बिल्कुल अलग है जैसे कि इलेक्ट्रॉन. संभावित अंतर के माध्यम से त्वरित होने पर एक इलेक्ट्रॉन में ऊर्जा E होती है V . अतः हम लिख सकते हैं

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (25.7)$$

या

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

ताकि

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{m \sqrt{\frac{2E}{m}}} \quad (25.8)$$

इस परिणाम को समीकरण के साथ मिलाने पर. (25.5), हम पाते हैं कि डी-ब्रोगली तरंगदैर्घ्य दिया गया है द्वारा

$$\lambda = \frac{h}{m \sqrt{\frac{2E}{m}}} \quad (25.9)$$

समीकरण में प्रदर्शित होने वाले स्थिरांक। (25.9) का मान है: $h = 6.625 \times 10^{-34}$ Js, $q = 1.602 \times 10^{-19}$ C और $m = 9.11 \times 10^{-31}$ किग्रा। समीकरण में इन मानों को प्रतिस्थापित करने पर। (25.9), हमने प्राप्त

$$\lambda = \frac{6.625 \times 10^{-34} \text{ जे.एस}^{34}}{\sqrt{2 \times 1.602 \times 10^{-19} \text{ सी} \times 9.11 \times 10^{-31} \text{ किग्रा}}}$$

$$\square \frac{12.3}{\sqrt{V}} \square 10 \text{ मी}^0$$

$$\square \frac{12.3}{\sqrt{E.V}}$$

(25.10)

इसका मतलब है कि यदि एक इलेक्ट्रॉन को 100V के संभावित अंतर के माध्यम से त्वरित किया जाता है, तो यह तरंग दैर्घ्य द्वारा दिया जाएगा

$$\square \frac{12.3}{\sqrt{100}} \text{ एक}$$

$$\square 12.3 \text{ ए}$$

यह 100 eV ऊर्जा वाले एक इलेक्ट्रॉन की तरंग दैर्घ्य भी है। आप संबंध का उपयोग करके इसे आसानी से सत्यापित कर सकते हैं

$$\square \frac{\text{ए}}{2 \text{ मुझेई}^{1/2}}$$

100 ईवी इलेक्ट्रॉनों से जुड़ी पदार्थ तरंगों की तरंग दैर्घ्य एक्स-रे क्षेत्र में होती है और एक ठोस में अंतर-परमाणु पृथक्करण के समान क्रम की होती है। इसलिए हम उम्मीद करते हैं कि ये क्रिस्टल जाली द्वारा विवर्तन से गुजरेंगे।

पदार्थ तरंगों का पहला प्रायोगिक साक्ष्य डेविसन और जर्मेर के काम से आया, जो क्रिस्टल द्वारा इलेक्ट्रॉनों के प्रकीर्णन का अध्ययन कर रहे थे। आइए अब इसके बारे में जानें।

लुई विक्टर डी ब्रोगली (1892-1987)

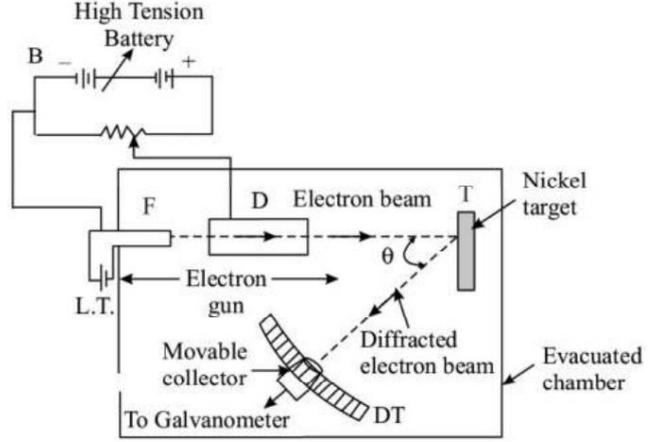
लुईस डी ब्रोगली का जन्म 15 अगस्त, 1892 को फ्रांस के डाइपे में हुआ था। उन्होंने पहली बार कला का अध्ययन किया और 1910 में इतिहास में अपनी डिग्री ली। फिर, जब विज्ञान के प्रति उनकी रुचि प्रबल हुई, तो उन्होंने विज्ञान की डिग्री के लिए अध्ययन किया, जो उन्होंने 1913 में प्राप्त की। 1924 में पेरिस विश्वविद्यालय के विज्ञान संकाय में, उन्होंने एक थीसिस रेचेर्चस सुर ला थियोरी डेस क्वांटा (क्वांटम सिद्धांत पर शोध) प्रस्तुत की, जिससे उन्हें डॉक्टर की डिग्री प्राप्त हुई। इस थीसिस में महत्वपूर्ण निष्कर्षों की एक श्रृंखला शामिल थी, जो उन्होंने लगभग दो वर्षों के दौरान प्राप्त की थी। उस कार्य में दिए गए विचारों ने तरंग यांत्रिकी के विकास के लिए आधार प्रदान किया, एक ऐसा सिद्धांत जिसने परमाणु पैमाने पर भौतिक घटनाओं के बारे में हमारे ज्ञान को बदल दिया है।



1929 में उनकी खोज के लिए उन्हें भौतिकी के नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया था इलेक्ट्रॉनों की तरंग प्रकृति.

25.3.1 डी ब्रॉगली तरंगों के अस्तित्व के लिए प्रायोगिक साक्ष्य - डेविसन-जर्मर प्रयोग

डेविसन-जर्मर प्रयोग का योजनाबद्ध आरेख चित्र 25.5 में दिखाया गया है। सेट अप में एक फिलामेंट एफ होता है, जो इलेक्ट्रॉनों के स्रोत के रूप में कार्य करता है। इस फिलामेंट से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों को धातु डायोफ्राम डी के एक सेट से गुजारा जाता है जिसमें कई स्लिट होते हैं। फिलामेंट द्वारा उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन विभिन्न दिशाओं में निकलते हैं। धातु डायोफ्राम इन इलेक्ट्रॉनों को समेटने का काम करते हैं। केवल वे ही इलेक्ट्रॉन बाहर आने में सक्षम होते हैं जो विभिन्न डायोफ्राम में स्लिट से गुजरने में सक्षम होते हैं।

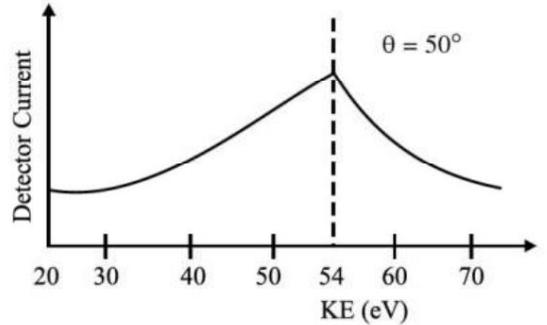


चित्र 25.5: पदार्थ तरंगों के अस्तित्व को सत्यापित करने के लिए प्रायोगिक सेटअप

ध्यान दें कि इलेक्ट्रॉनों की एकत्रित धारा की ऊर्जा को त्वरित वोल्टेज के परिमाण को बदलकर नियंत्रित किया जाता है। इलेक्ट्रॉनों की किरण को निकेल एल के एक क्रिस्टल पर लंबवत रूप से गिराया जाता है। सेट-अप में एक डिटेक्टर डीटी भी शामिल है जिसे लक्ष्य क्रिस्टल के सामान्य के संबंध में किसी विशेष कोण θ पर रखा जा सकता है। यह डिटेक्टर परावर्तित किरण की तीव्रता निर्धारित करता है। ध्यान दें कि निकेल के चुनाव में कुछ खास नहीं है।

बिखरे हुए इलेक्ट्रॉन किरण की तीव्रता को प्रकीर्णन कोण θ के विभिन्न मानों के लिए मापा जाता है, जो घटना और बिखरे हुए इलेक्ट्रॉन किरण के बीच का कोण है।

चित्र 25.6 आपतित इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा बनाम डिटेक्टर धारा की भिन्नता को दर्शाता है। यह प्रयोग इलेक्ट्रॉनों की अलग-अलग गतिज ऊर्जा द्वारा किया गया था। यह देखा गया कि 50° के प्रकीर्णन कोण पर 54 ईवी के इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा के लिए बिखरे हुए इलेक्ट्रॉन की तीव्रता में एक मजबूत शिखर दिखाई दिया। यदि आप इन इलेक्ट्रॉनों की तरंग दैर्ध्य की गणना करते हैं, तो आपको मिलेगा



चित्र 25.6: डिटेक्टर धारा बनाम इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा का प्लॉट

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.62 \times 10^{-34} \text{ जेएस}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ किग्रा} \times 54 \times 1.6 \times 10^{19} \text{ जे}} = 1.67 \text{ ए}$$

इससे पता चलता है कि सैद्धांतिक मूल्य और प्रयोगात्मक मूल्य के बीच एक उत्कृष्ट समझौता है डी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य का मान प्राप्त किया।

डेविसन और जर्मर के प्रयोग की कहानी

जर्मर ने अपनी नोटबुक में दर्ज किया था कि उन्होंने 5 फरवरी, 1925 को इलेक्ट्रॉन बिखरने वाले उपकरण में वैक्यूम जाल में एक दरार की खोज की थी, जब वह वेस्टर्न इलेक्ट्रिक, न्यूयॉर्क, यूएसए में क्लिंटन डेविसन के साथ काम कर रहे थे। यह पहली बार नहीं था कि उनके उपकरण में दरार आई थी। टूटा हुआ, और यह पहली बार नहीं है कि उन्होंने अपने कीमती निकल क्रिस्टल को वैक्यूम और हाइड्रोजन में गर्म करके "पुनर्जीवित" किया है।



हालाँकि, इस विशेष विराम और मरम्मत की बाद की विधि की इलेक्ट्रॉन विवर्तन की बाद की खोज में महत्वपूर्ण भूमिका थी। 6 अप्रैल 1925 तक, मरम्मत पूरी हो गई थी और ट्यूब को फिर से चालू कर दिया गया था। अगले सप्ताहों के दौरान, जैसे ही ट्यूब को परीक्षणों की सामान्य श्रृंखला के माध्यम से चलाया गया, परिणाम चार साल पहले प्राप्त परिणामों के समान ही प्राप्त हुए। फिर अचानक, मई के मध्य में, अभूतपूर्व परिणाम सामने आने लगे। इसने डेविसन और जर्मर को इतना हैरान कर दिया कि उन्होंने कुछ दिनों बाद प्रयोग रोक दिया, ट्यूब को खोला और लक्ष्य की जांच की (माइक्रोस्कोपिस्ट एफएफ लुकास के साथ) यह देखने के लिए कि क्या वे नए अवलोकनों के कारण का पता लगा सकते हैं। उन्होंने जो पाया वह यह था: निकल लक्ष्य का पॉलीक्रिस्टलाइन रूप अत्यधिक ताप से तब तक बदल गया था जब तक कि उस क्षेत्र में लगभग दस क्रिस्टल पहलू नहीं बन गए थे जहां से घटना इलेक्ट्रॉन किरण बिखरी हुई थी। डेविसन और जर्मर ने अनुमान लगाया कि नया प्रकीर्णन पैटर्न लक्ष्य की नई क्रिस्टल व्यवस्था के कारण हुआ होगा। दूसरे शब्दों में, उन्होंने निष्कर्ष निकाला कि यह क्रिस्टल में परमाणुओं की व्यवस्था थी, न कि परमाणुओं की संरचना जो बिखरे हुए इलेक्ट्रॉनों के नए तीव्रता पैटर्न के लिए जिम्मेदार थी।

1926 की गर्मियों के दौरान, डेविसन और उनकी पत्नी ने आराम करने और इंग्लैंड में रिश्तेदारों से मिलने के लिए एक छुट्टी यात्रा की योजना बनाई थी। इस विशेष यात्रा पर कुछ घटित होना था। इस समय सैद्धांतिक भौतिकी में मूलभूत परिवर्तन हो रहे थे। 1926 के शुरुआती महीनों में, 1923-24 के लुई डी ब्रोगली के पेपर और 1925 के अल्बर्ट आइंस्टीन के क्वांटम गैस पेपर के बाद, तरंग यांत्रिकी पर इरविन श्रोडिंजर के पत्रों की उल्लेखनीय श्रृंखला सामने आई। ये पेपर ऑक्सफोर्ड की बैठक में जीवंत चर्चा का विषय थे। विज्ञान की उन्नति के लिए ब्रिटिश एसोसिएशन।

डेविसन, जो आम तौर पर अपने क्षेत्र में हाल के विकासों से अवगत रहते थे, लेकिन ऐसा प्रतीत होता है कि क्वांटम यांत्रिकी में इन विकासों से काफी हद तक अनभिज्ञ थे, उन्होंने इस बैठक में भाग लिया। उन्हें आश्चर्य हुआ जब उन्होंने बॉर्न का एक व्याख्यान सुना जिसमें उनके स्वयं के और कुन्समैन के (प्लैटिनम लक्ष्य) 1923 के वक्रों को डी ब्रोगली की इलेक्ट्रॉन तरंगों के पुष्टिकरण साक्ष्य के रूप में उद्धृत किया गया था।

डेविसन ने जीपी थॉमसन (जे जे थॉमसन के पुत्र) के साथ भौतिकी के लिए 1937 का नोबेल पुरस्कार साझा किया।

उदाहरण 25.2

एक इलेक्ट्रॉन 182 V के संभावित अंतर के माध्यम से त्वरित होता है। इससे संबंधित गणना करें तरंग दैर्ध्य।

समाधान :

हम जानते हैं कि डीब्रोगली तरंगदैर्ध्य,

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$$

यहाँ $V = 182 \text{ V}$

$$\lambda = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 182}} = 0.91 \text{ एं}$$

उदाहरण 25.3

प्रकाश पड़ने पर उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा की गणना करें आवृत्ति $\nu = 1015 \text{ हर्ट्ज़}$ जिंक प्लेट पर आपतित होती है। जिंक का कार्य फलन 3.4 eV है।

समाधान :

आइंस्टीन के संबंध से, हमें यह याद आता है

$$E = h\nu - \phi_0$$

इस समस्या के लिए, $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $\nu = 1015 \text{ हर्ट्ज़}$, $E = h\nu = 6.625 \times 10^{-34} \times 1015$

$$= 6.625 \times 10^{-19} \text{ जे और } \phi_0 = 3.4 \text{ ईवी} = 3.4 \times 1.602 \times 10^{19} \text{ जे} = 5.4468 \times 10^{-19} \text{ जे}$$

$$E = 6.625 \times 10^{-19} \text{ जे} - 5.4468 \times 10^{-19} \text{ जे} = 1.1782 \times 10^{-19} \text{ जे}$$

पाठगत प्रश्न 25.3

- बताएं कि निम्नलिखित कथन सत्य हैं या गलत:
 - (ए) डीब्रोगली के अनुसार, स्थिर कण तरंग जैसी विशेषताएं प्रदर्शित करते हैं।
 - (बी) पदार्थ तरंगों डीब्रोगली तरंगों के समान ही हैं।
 - (सी) ऊर्जावान इलेक्ट्रॉनों का उपयोग करके माइक्रोस्कोप में बहुत खराब रिज़ॉल्यूशन प्राप्त किया जा सकता है इलेक्ट्रॉनों से जुड़ी डीब्रोगली तरंग दैर्ध्य को कम करके।
- एक 50 ग्राम की गेंद 20 सेमी s-1 की गति से एक मेज पर लुढ़कती है। इसका संबंध कितना बड़ा है तरंग दैर्ध्य? दिया गया $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ।
- हम क्रिकेट गेंद से जुड़ी डी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य का निरीक्षण क्यों नहीं कर पाते?

25.4 प्रकाश की कण प्रकृति! फोटॉन

फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव से यह स्पष्ट है कि पदार्थ के साथ विकिरण की परस्पर क्रिया व्यवहार करती है जैसे कि यह क्वांटा या पैकेट से बना है, प्रत्येक ऊर्जा एचवी, जहां एच प्लैंक स्थिरांक है और ν विकिरण की आवृत्ति है। इस क्वांटा या कणों को आगे चलकर फोटॉन नाम दिया गया। [इतनी रोशनी

इसमें छोटे छोटे कण होते हैं जिन्हें फोटॉन कहा जाता है। यह प्रकाश की कण प्रकृति की पुष्टि करता है।]

ये फोटॉन गति से भी जुड़े हैं

$$\frac{E}{c}, \text{ जहाँ } c \text{ प्रकाश की गति है। एक निश्चित}$$

ऊर्जा के साथ-साथ संवेग का मान एक मजबूत संकेत है कि प्रकाश की मात्रा एक कण के साथ जुड़ी हो सकती है। कण जैसा व्यवहार भी कॉम्पटन द्वारा इलेक्ट्रॉनों से एक्स-रे के प्रकीर्णन पर आधारित है।

विद्युत चुम्बकीय विकिरण के फोटॉन चित्र से निम्नलिखित बिंदु निकाले जा सकते हैं।

1. पदार्थ के साथ प्रकाश की अंतःक्रिया इस प्रकार व्यवहार करती है मानो वह कहलाने वाले कणों से बनी हो फोटॉन.

2. प्रत्येक फोटॉन में ऊर्जा $h\nu$ होती है, जहाँ h प्लैंक स्थिरांक है और ν आवृत्ति है

प्रकाश और गति का
$$p = \frac{E}{c}, \text{ } c \text{ प्रकाश की गति है.}$$

3. फोटॉन ऊर्जा विकिरण की आवृत्ति और तीव्रता पर निर्भर करती है।

तीव्रता बढ़ाने से समान ऊर्जा वाले फोटॉनों की संख्या में ही वृद्धि होती है।

4. फोटॉन विद्युत रूप से तटस्थ होते हैं और विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र से विकेपित नहीं होते हैं।

5. फोटॉन-कण (इलेक्ट्रॉन) टकराव में, कुल ऊर्जा और गति संरक्षित रहती है।

लेकिन फोटॉन की संख्या संरक्षित नहीं है। फोटॉन को अवशोषित किया जा सकता है या नए फोटॉन बनाए जा सकते हैं।

आपने क्या सीखा है

जब किसी धातु पर उचित आवृत्ति का प्रकाश आपतित होता है तो उससे इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन होता है सतह को फोटोइलेक्ट्रिक उत्सर्जन कहा जाता है।

एल फोटोइलेक्ट्रिक उत्सर्जन में, इलेक्ट्रॉन प्रकाश से ऊर्जा प्राप्त करते हैं।

एल आपतित प्रकाश की आवृत्ति बढ़ने के साथ रुकने की क्षमता बढ़ती है।

। प्रत्येक सामग्री के लिए एक आवृत्ति ν_0 मौजूद होती है जिसके नीचे कोई फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव नहीं होता है जगह लेता है।

एल फोटोइलेक्ट्रॉनों का अधिकतम वेग आपतित प्रकाश की बढ़ती आवृत्ति के साथ बढ़ता है लेकिन यह आपतित प्रकाश की तीव्रता से स्वतंत्र होता है।

एल किसी विशेष आवृत्ति के लिए उत्सर्जित सतह के प्रत्येक वर्ग सेंटीमीटर से उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉनों की संख्या आपतित प्रकाश की तीव्रता के समानुपाती होती है।

एल आइंस्टीन ने प्रकाश को फोटॉनों से मिलकर बना माना, जिनमें से प्रत्येक में ऊर्जा $h\nu$ है, जहाँ ν आवृत्ति है और h प्लैंक स्थिरांक है।

एल घटना की बढ़ती तीव्रता के साथ फोटोइलेक्ट्रिक की संतृप्ति धारा बढ़ती है रोशनी।

एल गतिमान कणों के साथ तरंगें जुड़ी होती हैं। तरंगदैर्घ्य h/p द्वारा दिया जाता है, जहाँ, p संवेग है।

टर्मिनल व्यायाम

1. फोटोइलेक्ट्रिक उत्सर्जन में, आपतित फोटॉनों का क्या होता है?
2. फोटॉन और पदार्थ कण में क्या अंतर है?
3. दैनिक जीवन में पदार्थ की तरंग प्रकृति स्पष्ट क्यों नहीं होती?
4. यदि आपतित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य है तो फोटोइलेक्ट्रॉनों का वेग किस प्रकार प्रभावित होता है बढ़ा हुआ?
5. किसी धातु की देहली आवृत्ति 5×10^{14} Hz है। तरंग दैर्घ्य का एक फोटॉन हो सकता है 6000 \AA एक ऊर्जावान फोटोइलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करें?
6. क्या किसी धातु के लिए थ्रेसहोल्ड आवृत्ति आपतित विकिरणों पर निर्भर करती है?
7. फोटोसेल के विभिन्न उपयोग क्या हैं?
8. डेविसन और जर्मेर के प्रयोग का उद्देश्य क्या था? किस सिद्धांत पर करता है यह निर्भर?
9. प्रकाशविद्युत प्रभाव के अध्ययन के लिए प्रयुक्त प्रयोग का वर्णन करें।
10. (ए) संतृप्ति वोल्टेज और (बी) रुकने की क्षमता की व्याख्या करें।
11. प्रकाश विद्युत उत्सर्जन के नियम बताइये।
12. आइंस्टीन के फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव के सिद्धांत की मुख्य विशेषताओं का वर्णन करें।
13. आइंस्टाइन का संबंध स्पष्ट करें: $E = h\nu$ एचवी ईके $\square \square$
14. वेग से गतिमान इलेक्ट्रॉनों से संबद्ध तरंगदैर्घ्य की गणना करें
 $v = 1 \times 10^8 \text{ एमएस}^{-1}$ इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान लीजिए $= 9.1 \times 10^{-31}$ किग्रा तथा $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js
15. एक प्रयोग का वर्णन करें जो डीब्रोगली तरंगों के अस्तित्व की पुष्टि करता है।
16. दिखाएँ कि इलेक्ट्रॉनों से जुड़ी डीब्रोगली तरंगदैर्घ्य त्वरित हो गई है एक संभावित V संबंध द्वारा दिया गया है;

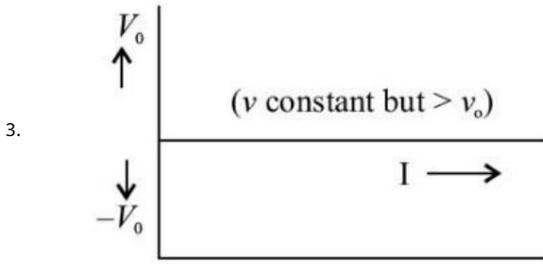
$$\lambda = \frac{12.3 \text{ ए } \square}{\sqrt{V}}$$

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

25.1

1. (ए) गलत (बी) गलत (सी) सच
2. x - अंतःखंड दहलीज आवृत्ति देता है
 y - अवरोधन e × कार्य फलन देता है (□□)

$$\text{वि. बि. } \frac{e}{h} \frac{h\nu}{h} = \nu \quad \text{वी. } h \quad 0. \text{ ग्राफ का ढलान देता है} \quad \frac{e}{h}$$



25.2

1. $\frac{h^2}{2m\lambda^2} = \frac{h^2}{2m} \frac{1}{\lambda^2}$ $\frac{1}{\lambda^2}$ सी/सी

2. ई एचसी $\frac{1}{\lambda}$ $\frac{1}{\lambda}$

अगर λ दोगुना कर दिया जाए तो E आधा हो जाएगा

3. यह अपरिवर्तित है.

25.3

1. (ए) गलत (बी) सच (सी) सच

2. पी एम वी और $\frac{1}{\lambda} = \frac{v}{\lambda}$ पी

यहाँ $m = 50$ ग्राम $= 0.05$ किग्रा और $v = 20$ सेमी-1

$\frac{1}{\lambda} = \frac{6.6 \times 10^{-32}}$

3. समीकरण से. (25.6) यह स्पष्ट है कि यदि द्रव्यमान m बड़ा है, तो का मान क्रिकेट बॉल का भी यही हाल है.

$\frac{1}{\lambda}$ छोटा होगा.

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

14. 7.25×10^{-32}



परमाणु की संरचना

परिचय

हमने पदार्थ के यांत्रिक, तापीय, विद्युत और चुंबकीय गुणों के बारे में अध्ययन किया है।

क्या आपने कभी सोचा है कि जब कुछ धातुएं उन पर प्रकाश पड़ती हैं तो उनमें विद्युत धारा क्यों दिखाई देती है? सामग्रियों के ऐसे गुणों को समझने के लिए, हमें याद है कि परमाणु सभी प्रकार के पदार्थों के निर्माण खंड हैं। सूक्ष्म स्तर पर पदार्थ की एक निश्चित संरचना होती है जो हमारी देखने की इंद्रिय की पहुंच से परे होती है। परमाणु की संरचना के बारे में हमारी समझ समय के साथ विकसित हुई है। इस अध्याय में, हम रदरफोर्ड के मॉडल, बोह्र के परमाणु मॉडल और हाइड्रोजन परमाणु के परमाणु स्पेक्ट्रम से विभिन्न परमाणु मॉडल का अध्ययन करेंगे।

उद्देश्य

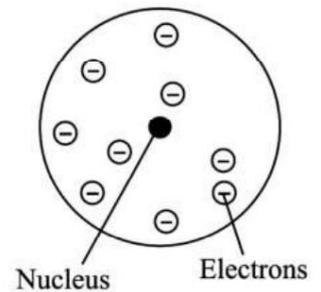
इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको यह समझने में सक्षम होना चाहिए

रदरफोर्ड का प्रकीर्णन प्रयोग और उसके निष्कर्ष; एल बोह्र की पहली कक्षा की त्रिज्या और उसमें एक इलेक्ट्रॉन का वेग; एल हाइड्रोजन परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा के लिए गणितीय अभिव्यक्ति; एल हाइड्रोजन परमाणु और उसके स्पेक्ट्रम का ऊर्जा स्तर आरेख।

26.1 परमाणु की अवधारणा का परिचय

प्राचीन काल में ग्रीस में डेमोक्रीटस और भारत में कणाद महर्षि ने कणों के संदर्भ में हमारे आसपास होने वाले परिवर्तनों को समझाने की कोशिश की थी। लेकिन परमाणु का सटीक सिद्धांत 1808 में एक अंग्रेजी रसायनज्ञ जॉन डाल्टन द्वारा प्रस्तुत किया गया था। उन्होंने परमाणु को तत्व के सभी गुणों से संपन्न सबसे छोटा, अविभाज्य कण बताया और रासायनिक प्रतिक्रियाओं में भाग लिया।

डाल्टन का परमाणु एक परम कण था जिसकी कोई संरचना नहीं थी। इस विचार को उन्नीसवीं सदी में वैज्ञानिकों ने स्वीकार कर लिया क्योंकि वे परमाणुओं की संरचना के बारे में कुछ भी नहीं जानते थे। 1897 में जे जे थॉमसन द्वारा इलेक्ट्रॉनों की खोज, कम दबाव पर गैसों के माध्यम से बिजली के निर्वहन का अध्ययन करते समय, उन्होंने सोचा कि परमाणुओं की एक संरचना होती है और नकारात्मक रूप से चार्ज किए गए इलेक्ट्रॉन सभी परमाणुओं के घटक होते हैं। यह भी सोचा गया था कि परमाणुओं का धनावेशित घटक संपूर्ण द्रव्यमान को वहन करता है। थॉमसन ने परमाणु का प्लम पुडिंग मॉडल सुझाया (चित्र 26.1)। इसके अनुसार, एक परमाणु एक छोटी, समान रूप से आवेशित सकारात्मक गेंद है जिसमें नकारात्मक रूप से आवेशित इलेक्ट्रॉनों को तटस्थ बनाने के लिए उपयुक्त रूप से रखा जाता है। उस समय यह बिल्कुल उचित लगा।



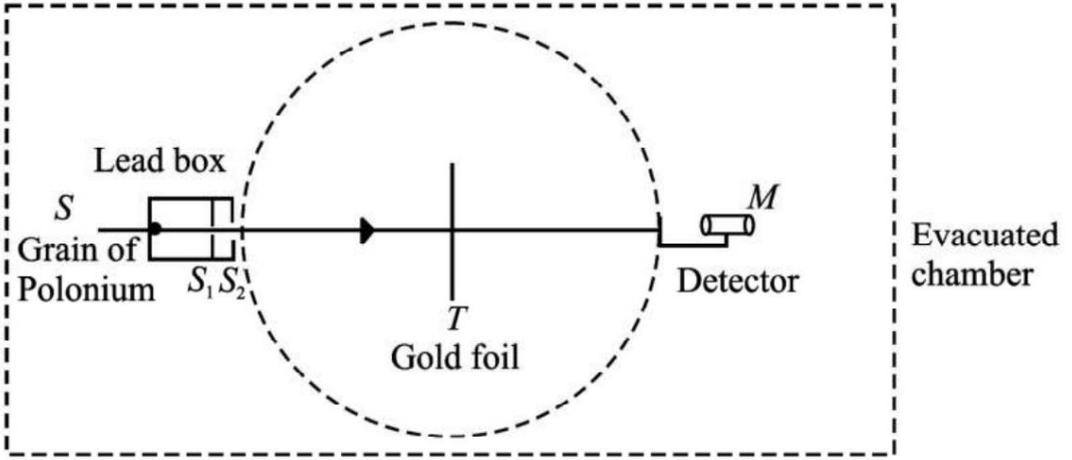
थॉमसन के समय से परमाणु की संरचना के बारे में हमारी समझ में काफी सुधार हुआ है। पायनियरिंग के कारण

चित्र 26.1: परमाणु का प्लम-पुडिंग मॉडल

लॉर्ड रदरफोर्ड, नील्स बोह्र, जेम्स चैडविक, पाउली, श्रोडिंजर और अन्य के कार्यों से उप-परमाणु कणों की नई दुनिया की हमारी अवधारणा अस्तित्व में आई और माइक्रो-इलेक्ट्रॉनिक्स और नैनोटेक्नोलॉजी जैसी युगांतरकारी नई तकनीकों के आविष्कार को बढ़ावा मिला।

26.1.1 -पैरिकल के प्रकीर्णन पर रदरफोर्ड का मॉडल

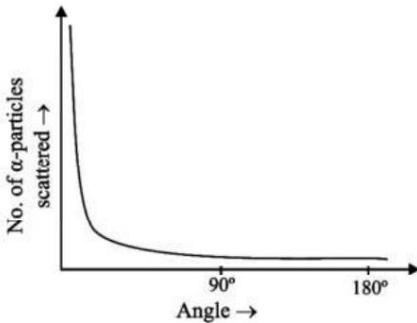
लॉर्ड रदरफोर्ड और उनके दो छात्रों (गीजर और मार्सडेन) ने एक प्रयोग किया है जिसमें एक पतली सोने की पन्नी पर α -कणों की किरण बरसाई गई। प्रायोगिक व्यवस्था चित्र 26.2 में दिखाई गई है।



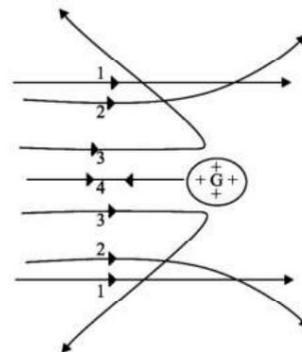
चित्र 26.2: α -कण प्रकीर्णन के लिए प्रयुक्त प्रायोगिक सेट अप की योजनाएँ

S1 और S2 स्लिट्स से आने वाले α -कणों की एक अच्छी तरह से संकलित महीन किरण एक स्रोत S से एक पतली सोने की पन्नी (T) पर गिरती है। बिखरे हुए α -कणों को ZnS फ्लोरोसेंट स्क्रीन पर प्राप्त किया गया, जिससे प्रकाश की एक दृश्य फ्लैश उत्पन्न हुई जब α -कणों द्वारा मारा जाता है (और डिटेक्टर के रूप में कार्य किया जाता है), तो कम शक्ति वाले माइक्रोस्कोप (एम) द्वारा समर्थित होता है। डिटेक्टर केंद्र में टी के साथ गोलाकार पैमाने पर घूमने में सक्षम था।

हवा के अणुओं के साथ α -कणों के टकराव से बचने के लिए पूरे उपकरण को एक खाली कक्ष में बंद कर दिया गया था। गीजर और मार्सडेन ने देखा कि अधिकांश α -कणों को उम्मीद के मुताबिक केवल छोटे विक्षेप का सामना करना पड़ा। लेकिन कुछ बड़े कोणों (90° या अधिक) पर विक्षेपित हो गए। उनमें से कुछ (8000 में से 1) 180° पर भी विक्षेपित हो गये। चित्र 26.3 प्रयोगात्मक परिणाम प्रस्तुत करता है। α -कणों के बड़े कोण पर प्रकीर्णन को परमाणु के थॉमसन मॉडल के आधार पर नहीं समझाया जा सका।



चित्र 26.3 : रदरफोर्ड के प्रयोग का प्रायोगिक परिणाम

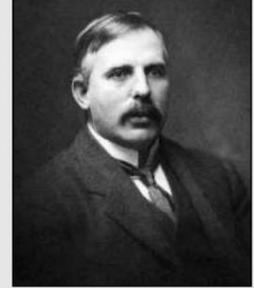


चित्र 26.4 : सोने की पन्नी द्वारा बिखरे हुए α -कणों द्वारा तय किया गया पथ

यह उम्मीद की गई थी कि यदि थॉमसन मॉडल सही था, तो अधिकांश कण सीधे पन्नी के माध्यम से जाएंगे, मूल पथ से केवल मामूली विचलन के साथ। बड़े कोण प्रकीर्णन को समझाने के लिए लॉर्ड रदरफोर्ड ने परमाणु के परमाणु मॉडल का सुझाव दिया। उन्होंने तर्क दिया कि α -कण जो नाभिक से बड़ी दूरी से गुजरते हैं, वे नगण्य प्रतिकारक बल का अनुभव करते हैं और विक्षेपित नहीं होते हैं। हालाँकि, नाभिक के करीब एक α -कण आता है, प्रतिकर्षण बल अधिक होता है और इसलिए वह अधिक कोण पर विक्षेपित हो जाता है। कुछ α -कण जो नाभिक की ओर आमने-सामने की टक्कर के लिए आगे बढ़ते हैं, उसके दृष्टिकोण की दिशा में 180° तक पीछे बिखर जाते हैं, जैसा कि चित्र 26.4 में α -कण 4 द्वारा दर्शाया गया है।

लॉर्ड रदरफोर्ड (1871-1937)

न्यूजीलैंड में जन्मे रदरफोर्ड ने इंग्लैंड में कैवेंडिश प्रयोगशाला में जे जे थॉमसन के अधीन अध्ययन किया। परमाणु पर उनका सूचक कार्य एक निर्णायक मील का पत्थर है। उन्होंने बेकरेल की रेडियोधर्मिता की खोज को एक सटीक विज्ञान के रूप में विकसित किया और इस बात का दस्तावेजीकरण किया कि भारी तत्वों के परमाणु, जिन्हें अपरिवर्तनीय माना जाता था, वास्तव में विकिरण के विभिन्न रूपों में विघटित (क्षय) हो जाते हैं। 1898 में, रदरफोर्ड ने पाया कि रेडियोधर्मी परमाणुओं से दो बिल्कुल अलग प्रकार के उत्सर्जन होते हैं और उन्होंने उन्हें अल्फा और बीटा किरणों नाम दिया। जल्द ही बीटा किरणों को उच्च गति वाले इलेक्ट्रॉनों के रूप में दिखाया गया। 1907 में, उन्होंने दिखाया कि अल्फा कण अपने इलेक्ट्रॉनों से छीन लिया गया हीलियम परमाणु था। उन्होंने और उनके सहायक, हंस गीगर ने रेडियोधर्मी परमाणुओं द्वारा उत्सर्जित कणों का विद्युत रूप से पता लगाने के लिए रदरफोर्ड-गीगर डिटेक्टर विकसित किया।



इसके साथ वह महत्वपूर्ण भौतिक स्थिरांक जैसे एवोगैड्रो की संख्या, सामग्री के एक ग्राम-मोल में परमाणुओं या अणुओं की संख्या निर्धारित कर सकता था।

1911 में रदरफोर्ड ने परमाणु का परमाणु मॉडल प्रस्तावित किया; कि एक परमाणु का लगभग पूरा द्रव्यमान परमाणु से 10-5 गुना अधिक नाभिक में केंद्रित होता है और इलेक्ट्रॉन उसके चारों ओर घूमते हैं। इस दूसरे महान कार्य के लिए उन्हें 1908 में रसायन विज्ञान में नोबेल पुरस्कार मिला।

प्रख्यात भारतीय भौतिक विज्ञानी, शिक्षाविद् और दार्शनिक डॉ. डीएस कोठारी थे उनके एक छात्र ने तारों में दबाव आयनीकरण पर काम किया।

26.1.2 परमाणु का परमाणु मॉडल

रदरफोर्ड ने तर्क दिया कि α -कणों के बड़े कोण पर प्रकीर्णन को केवल परमाणु के कठोर, धनात्मक आवेशित कोर की उपस्थिति निर्धारित करके ही समझाया जा सकता है। इस प्रकार उन्होंने निम्नलिखित विशेषताओं के साथ परमाणु का एक नया मॉडल प्रस्तावित किया:

(i) परमाणु का संपूर्ण आवेश तथा अधिकांश द्रव्यमान बहुत ही छोटे में सीमित होता है

(~10-15 मीटर) मध्य क्षेत्र, जिसे नाभिक कहा जाता है।

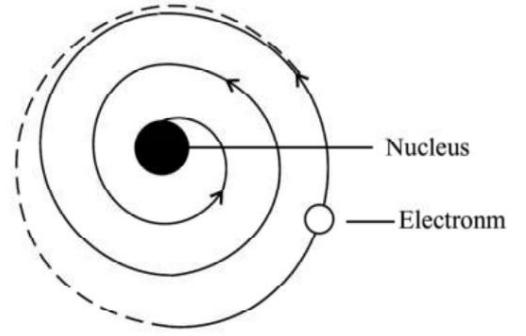
(ii) ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन इसके चारों ओर कुछ दूरी पर इस प्रकार घूमते हैं

समग्र रूप से परमाणु विद्युत रूप से तटस्थ और स्थिर है।

रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तावित परमाणु के परमाणु मॉडल को कुछ कठिनाइयों का सामना करना पड़ा। कुछ रदरफोर्ड के मॉडल के परिणाम प्रायोगिक टिप्पणियों के विपरीत थे।

परमाणु की स्थिरता: हम जानते हैं कि इलेक्ट्रॉन ऋणात्मक रूप से आवेशित होते हैं। ये नाभिक द्वारा आकर्षित होते हैं और त्वरित हो जाते हैं। एक त्वरित आवेशित कण, तदनुसार

शास्त्रीय तरंग सिद्धांत के अनुसार, विद्युत चुम्बकीय विकिरण उत्सर्जित करता है। इसलिए, घूमने वाले इलेक्ट्रॉनों को अंततः ऊर्जा खोनी चाहिए और नाभिक में सर्पिल होना चाहिए जैसा कि चित्र 26.5 में दिखाया गया है। इसने परमाणु को अल्पकालिक बना दिया होगा और पदार्थ की देखी गई स्थिरता का खंडन किया होगा।



चित्र 26.5: रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल में इलेक्ट्रॉनों की गति

विद्युत चुम्बकीय विकिरण की आवृत्ति: नाभिक की ओर सर्पिलाकार इलेक्ट्रॉन सभी आवृत्तियों के विद्युत चुम्बकीय विकिरण उत्सर्जित करेगा जिससे एक सतत स्पेक्ट्रम उत्पन्न होगा। लेकिन प्रयोगों से पता चलता है कि परमाणु केवल कुछ निश्चित आवृत्तियों (लाइन स्पेक्ट्रा) के विकिरण उत्सर्जित करते हैं।

उपरोक्त चर्चा के आधार पर, कोई यह निष्कर्ष निकाल सकता है कि परमाणु का परमाणु मॉडल प्रयोगात्मक तथ्यों की व्याख्या नहीं कर सका। लेकिन इसने हमारी समझ में महत्वपूर्ण योगदान दिया है और यह सही दिशा में पहला मील का पत्थर था। रदरफोर्ड मॉडल की उपरोक्त कठिनाइयों को दूर करने के लिए, 1913 में, नील्स बोहर ने मैक्स प्लैंक के क्वांटम विचारों के आधार पर परमाणु संरचना का एक मॉडल प्रस्तावित किया।

पाठगत प्रश्न 26.1

1. रदरफोर्ड के प्रकीर्णन प्रयोग में लक्ष्य बमबारी के लिए किन किरणों का उपयोग किया जाता है?
2. α -कणों का बड़े कोण पर प्रकीर्णन ---कणों की उपस्थिति को इंगित करता है।
3. कौन से प्रायोगिक अवलोकन हैं जिन्हें रदरफोर्ड के मॉडल द्वारा समझाया नहीं जा सका?

26.2 हाइड्रोजन परमाणु के लिए बोहर का मॉडल

बोहर का मॉडल परमाणु की संरचना और उसकी स्थिरता का वर्णन करता है। यह हाइड्रोजन परमाणु के प्रेक्षित स्पेक्ट्रम को समझाने में एक अत्यधिक सफल मॉडल है। बोहर ने परमाणु के ग्रहीय मॉडल से शुरुआत की। हालाँकि, समस्याओं पर काबू पाने के लिए बोहर ने कई धारणाएँ बनाईं।

इन्हें बोहर की अभिधारणाओं के रूप में जाना जाता है। चार अभिधारणाएँ हैं:

- (*) एक परमाणु में इलेक्ट्रॉन इलेक्ट्रॉन और नाभिक के बीच कूलम्ब आकर्षण बल द्वारा आपूर्ति किए गए अभिकेन्द्रीय बल के साथ नाभिक के चारों ओर गोलाकार कक्षाओं में घूमते हैं। गणितीय रूप से हम लिख सकते हैं

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad (26.1)$$

Z शब्द नाभिक में धनात्मक आवेशों की संख्या को दर्शाता है।

- (ii) संभावित वृत्ताकार कक्षाओं की अनंत संख्या में से, केवल उन्हीं कक्षाओं की अनुमति है जिनके लिए इलेक्ट्रॉन की कक्षीय कोणीय गति का मान $h/2\pi$ का अभिन्न गुणज है।

$$|एल| = एमवीआर = \frac{हफिन एनएन}{2\pi} \quad (26.2)$$

L कक्षीय कोणीय गति है, जो एक वृत्ताकार कक्षा के लिए mvr के बराबर है। यहाँ h प्लैंक स्थिरांक है और n एक पूर्णांक है।

(iii) एक स्वीकृत कक्षा में घूमने वाला एक इलेक्ट्रॉन कोई ऊर्जा उत्सर्जित नहीं करता है। इन अनुमत कक्षाओं में, इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा स्थिर रहती है। इन कक्षाओं को स्थिर अवस्थाएँ कहा जाता है।

(iv) किसी परमाणु द्वारा ऊर्जा तभी उत्सर्जित होती है जब उसका इलेक्ट्रॉन एक स्वीकृत उच्च ऊर्जा स्तर Ef से दूसरे स्वीकृत निम्न स्तर Ei पर "गिरता" है। ऊर्जा में परिवर्तन उत्सर्जित फोटॉन की ऊर्जा है। इसी प्रकार, एक इलेक्ट्रॉन केवल विकिरण को अवशोषित करता है जब वह निम्न ऊर्जा स्तर Ei से उच्च ऊर्जा Ef स्तर पर "छलांग" लगाता है। एक इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा में परिवर्तन उत्सर्जित या अवशोषित फोटॉन की आवृत्ति ν या तरंग दैर्घ्य से संबंधित हो सकता है: उत्सर्जन और अवशोषण प्रक्रिया के लिए, आवश्यक समीकरण हैं:

□

$$\Delta E = E_f - E_i = h\nu \quad (उत्सर्जन के लिए) \quad (26.3 ए)$$

$$E_i - E_f = h\nu \quad (अवशोषण के लिए) \quad (26.3 बी)$$

नील्स हेनरिक डेविड बोह्र (1885-1962)



नील्स बोह्र का जन्म कोपेनहेगन, डेनमार्क में हुआ था। वह ऐसे माहौल में पले-बढ़े जो उनकी प्रतिभा के विकास के लिए सबसे अनुकूल था। उनके पिता एक प्रख्यात शरीर विज्ञानी थे और जब वे स्कूल में थे तब भौतिकी में उनकी रुचि जगाने के लिए वे काफी हद तक जिम्मेदार थे। 1912 के वसंत में, उन्होंने मैनचेस्टर में रदरफोर्ड की प्रयोगशाला में काम किया। उन्होंने रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल के आधार पर परमाणुओं की संरचना का अध्ययन किया। वह परमाणु संरचना की एक तस्वीर तैयार करने और प्रस्तुत करने में सफल रहे जिसने हाइड्रोजन परमाणु के परमाणु स्पेक्ट्रा की व्याख्या की।

1916 में, उन्हें कोपेनहेगन विश्वविद्यालय में सैद्धांतिक भौतिकी का प्रोफेसर नियुक्त किया गया, और 1920 में (1962 में उनकी मृत्यु तक), वह उस विश्वविद्यालय में उनके लिए स्थापित सैद्धांतिक भौतिकी संस्थान के प्रमुख बने।

परमाणु की संरचना पर उनके काम को मान्यता 1922 में भौतिकी में नोबेल पुरस्कार के पुरस्कार से मिली।

26.2.1 ऊर्जा स्तर

त्रिज्या r की nवीं कक्षा में एक इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा की गणना करने के लिए इसे इस प्रकार दबाया जाए:

एन, समीकरण. 26.1 कर सकते हैं

$$\frac{एमवी^2}{एन} = \frac{4\pi\epsilon_0 e^2}{एन} \frac{1}{n^2}$$

यहाँ, vn इलेक्ट्रॉन की गति है। इस समीकरण के दोनों पक्षों को इससे गुणा करने पर

³
श्रीमान

हम पाते हैं

$$E_{\text{वै.}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2}$$

इस परिणाम को समीकरण के साथ मिलाने पर. (26.2) और हल करने पर अंततः हम पाते हैं

$$E_{\text{वै.}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2} \quad (26.4)$$

शर्तों को पुनः व्यवस्थित करने पर, n वीं कक्षा की त्रिज्या के लिए एक अभिव्यक्ति है:

$$E_{\text{वै.}} = 4\pi\epsilon_0 \frac{q^2}{4\pi a_0^2 n^2} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a_0^2 n^2} \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (26.5)$$

उपरोक्त समीकरण से यह स्पष्ट है कि कक्षा की त्रिज्या सीधे अनुपातिक है कक्षा की संख्या की दूसरी घात तक। अनुमत कक्षाओं की त्रिज्या के सापेक्ष मान अनुपात 1: 4: 9: 16 और इसी तरह हैं। हाइड्रोजन परमाणु ($Z = 1$) के लिए, इसके आंतरिक भाग की त्रिज्या अधिकांश कक्षा को बोह्र त्रिज्या कहा जाता है। इसे a_0 से दर्शाया जाता है और इसका परिमाण 5.3×10^{-11} मीटर है। a_0 के संदर्भ में, अन्य कक्षाओं की त्रिज्याएँ संबंध द्वारा दी गई हैं

$$r_n = n^2 a_0$$

यह दर्शाता है कि क्रमागत कक्षाओं के बीच का अंतर उत्तरोत्तर बढ़ता जाता है। डालने पर आर का मान समीकरण से. (26.5) समीकरण में। (26.2), हमें की गति के लिए एक अभिव्यक्ति मिलती है n वीं कक्षा में इलेक्ट्रॉन :

$$v_n = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 n^2 a_0} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{n^2 a_0} \quad (26.6)$$

चूँकि इसे लाने में ऋणात्मक आवेश (इस मामले में इलेक्ट्रॉन) की स्थितिज ऊर्जा होती है धनात्मक आवेश के क्षेत्र में अनंत से दूरी r पर एक बिंदु तक (इस मामले में नाभिक) कूलम्ब बल और दूरी के गुणनफल का योग (एकीकरण) करके प्राप्त किया जाता है

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{n^2 a_0}$$

$$= \frac{1 \text{ ज़ी}^2}{4\pi\epsilon \text{ आर}^2} \quad (26.7)$$

चूँकि अनंत पर इलेक्ट्रॉन की स्थितिज ऊर्जा शून्य होती है, इसलिए से

समीकरण. (26.1), इसका तात्पर्य है,

$$\frac{1 \text{ ज़ी}^2}{4\pi\epsilon \text{ आर}^2} = \text{एमवी}^2$$

इसलिए, n वीं कक्षा में एक इलेक्ट्रॉन की स्थितिज ऊर्जा और गतिज ऊर्जाएँ हैं:

$$यू = \text{एमवी}^2 \quad (26.8)$$

$$\text{केई} = \text{एमवी}^2 \quad (26.9)$$

n वीं कक्षा में इलेक्ट्रॉन की कुल ऊर्जा है:

$$ई = \text{केई} + यू$$

$$= \frac{1}{2} \text{एमवी}^2$$

$$= \frac{1}{2} \text{एमवी}^2$$

परिणामों को समीकरण के साथ संयोजित करना। 26.6 तो,

$$ई = \frac{1}{2} \frac{2\pi Z e^2}{4\pi\epsilon \text{ आर}} = \frac{\text{एम जेड ई}^2}{8\epsilon \text{ आर}} \quad (26.10)$$

$$= \frac{\text{आरजेड}^2}{2 \text{ एन}} ; \text{एन} = 1, 2, 3... \quad (26.11)$$

कहाँ $\text{आर} = \frac{\text{एजेड}^4}{8\epsilon \text{ फ्लूच}} \quad (26.12)$

यहाँ R को रिडबर्ग स्थिरांक के रूप में जाना जाता है।

समीकरण से. 26.11, हम ध्यान दें कि:

1. विभिन्न अनुमत कक्षाओं में एक इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होती है कक्षा की संख्या का.

2. किसी कक्षा में ऊर्जा ऋणात्मक होती है, जिसका अर्थ है कि इलेक्ट्रॉन इससे बंधा हुआ है नाभिक.

$m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ के मानक मानों को प्रतिस्थापित करके ,

$r_0 = 0.85 \times 10^{-11} \text{ m}$, और $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$ समीकरण में। (26.11),

हम $R = 2.17 \times 10^{-8} \text{ m} = 13.6 \text{ eV}$ प्राप्त करते हैं, क्योंकि $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ।

समीकरण में इस परिणाम का उपयोग करने पर। (26.11), हम पाते हैं कि हाइड्रोजन परमाणु की n वीं कक्षा में एक इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा (eV में) निम्नलिखित समीकरण द्वारा दी गई है:

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$$

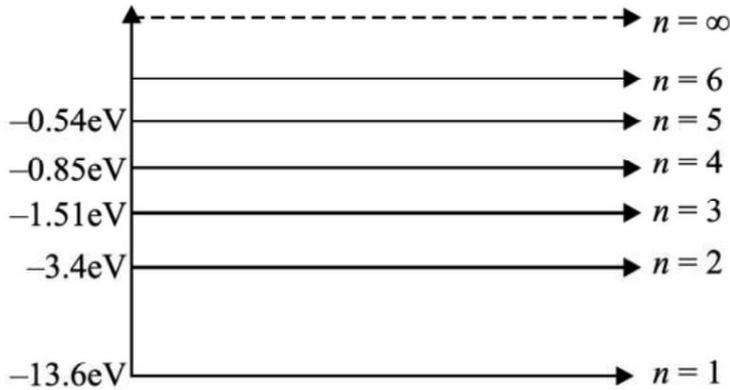
इस प्रकार प्रत्येक कक्षा को एक निश्चित ऊर्जा के साथ निर्दिष्ट किया जा सकता है; पहली कक्षा की ऊर्जा सबसे कम है:

$$E_1 = -13.6 \text{ eV}$$

और उच्चतम ऊर्जा अवस्था

$$E_n = 0$$

इसका मतलब है कि अलग-अलग कक्षाएँ अलग-अलग ऊर्जा स्तरों -13.6 eV से 0 का प्रतिनिधित्व करती हैं। इसे चित्र 26.6 में दर्शाया गया है। $E = 0$ दर्शाता है कि इलेक्ट्रॉन मुक्त है।



चित्र 26.6: हाइड्रोजन परमाणु में ऊर्जा स्तर

बोह के चौथे अभिधारणा के अनुसार, उत्सर्जित (अवशोषित) विकिरण की आवृत्ति $\propto \frac{1}{mn}$ जब इलेक्ट्रॉन n वीं अवस्था से m वीं अवस्था में गिरता है (कूदता है) तो यह दिया जाता है

$$\lambda_{mn} = \frac{R_H}{\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)} \quad (26.14)$$

फ्रौनहोफ़र लाइन्स

जब उच्च शक्ति वाले स्पेक्ट्रोस्कोप द्वारा सूर्य के प्रकाश के स्पेक्ट्रम की सावधानीपूर्वक जांच की जाती है, तो निरंतर स्पेक्ट्रम की लंबाई में फैली बड़ी संख्या में अंधेरी रेखाओं को पार करते हुए पाया जाता है। वोलास्टोन ने इन रेखाओं को वर्ष 1802 में देखा था। लेकिन इनके अस्तित्व का अध्ययन फ्रौनहोफ़र ने किर्चोफ़ के नियमों के आधार पर किया था और

इन्हें फ्राउनहोफर रेखाएँ नाम दिया गया। सूर्य का मुख्य पिंड निरंतर स्पेक्ट्रम उत्सर्जित करता है लेकिन सूर्य के वायुमंडल में अपेक्षाकृत अधिक ठंडे वाष्प और गैसों का वातावरण, जिसे क्रोमोस्फीयर (~ 6000 डिग्री सेल्सियस) कहा जाता है, कुछ तरंग दैर्ध्य के अनुरूप प्रकाश को अवशोषित करता है। ये सूर्य के सतत स्पेक्ट्रम में काली रेखाओं के रूप में दिखाई देते हैं।

किरचॉफ ने अवशोषित तरंग दैर्ध्य की तुलना पृथ्वी पर मौजूद विभिन्न तत्वों द्वारा उत्सर्जित तरंग दैर्ध्य से की और सूर्य के बाहरी वातावरण में मौजूद 60 स्थलीय (पृथ्वी पर विद्यमान) तत्वों की पहचान की, जैसे ऑक्सीजन, हाइड्रोजन, सोडियम, लोहा, कैल्शियम आदि।

पाठगत प्रश्न 26.2

1. बोह्र का कौन सा अभिधारणा शास्त्रीय भौतिकी का समर्थन करता है और कौन सा क्वांटम भौतिकी के विचारों का समर्थन करता है?
2. बोह्र के सिद्धांत के अनुसार, एक परमाणु अपने इलेक्ट्रॉनों के रहते हुए ढह क्यों नहीं गया? नाभिक के चारों ओर परिक्रमा करता है?
3. बोह्र के अनुसार यदि प्रकाश का एक फोटॉन हो तो परमाणु में क्या हो रहा है
(i) उत्सर्जित (ii) अवशोषित?
4. बोह्र के आधार पर हाइड्रोजन परमाणु की प्रथम तीन कक्षाओं की ऊर्जा लिखिए नमूना।
5. एक परमाणु अपनी जमीनी अवस्था ऊर्जा स्तर E0 से ऊर्जा स्तर E1 तक उत्तेजित होता है। अवशोषित विकिरण की तरंग दैर्ध्य क्या होगी?
6. nवीं कक्षा में इलेक्ट्रॉन की त्रिज्या (हाइड्रोजन परमाणु के लिए) के समानुपाती होती है

7. हाइड्रोजन की nवीं कक्षा के इलेक्ट्रॉन की कुल ऊर्जा समानुपाती होती है _____

26.3 हाइड्रोजन परमाणु

चित्र 26.7 हाइड्रोजन परमाणु का आवृत्ति स्पेक्ट्रम दिखाता है। चित्र से, यह देखा जा सकता है कि हाइड्रोजन के रेखा स्पेक्ट्रम में स्पेक्ट्रम के विभिन्न क्षेत्रों में कई रेखाएँ होती हैं।

स्पेक्ट्रम के एक विशेष क्षेत्र में विभिन्न रेखाओं में एक पैटर्न पाया जाता है और उन्हें एक सामान्य सूत्र द्वारा दर्शाया जा सकता है। कहा जाता है कि वे एक श्रृंखला बनाते हैं। आइए हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की श्रृंखला पर विचार करें।

लाइमन श्रृंखला की खोज 1906 में की गई थी। बोह्र के अनुसार, यह श्रृंखला तब उत्पन्न होती है जब एक इलेक्ट्रॉन उच्च कक्षा ($n = 2, 3, 4, \dots$) से पहली कक्षा ($m = 1$) में कूदता है।

इस श्रृंखला की विभिन्न वर्णक्रमीय रेखाओं की आवृत्तियाँ दी गई हैं

$$\nu_{\infty} = \frac{\text{आर}}{h} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

बामर श्रृंखला की खोज 1885 में दृश्य क्षेत्र में की गई थी। बोह्र के अनुसार, इस श्रृंखला में, इलेक्ट्रॉन उच्च कक्षाओं ($n = 3$) से दूसरी कक्षा ($m = 2$) पर छलांग लगाता है।

4, 5...), विभिन्न की आवृत्तियाँ
श्रृंखला की वर्णक्रमीय रेखाएँ हैं
द्वारा दिए गए

$$\nu_{2\text{एन}} = \frac{\text{आर}}{2} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\text{एन}^2} \right); \text{एन} > 2$$

पासचेन श्रृंखला की खोज की गई थी
1908 निकट इन्फ्रा-रेड क्षेत्र में।
इस सीरीज का अस्तित्व हो सकता है
यह मानकर समझाया जाए
इलेक्ट्रॉन तीसरी कक्षा में चले जाते हैं
(एम = 3) उच्च कक्षाओं से
(एन = 4, 5, 6...)। आवृत्तियाँ
में विभिन्न वर्णक्रमीय रेखाओं का
क्षेत्र निम्नलिखित द्वारा दिए गए हैं
समीकरण:

$$\nu_{3\text{एन}} = \frac{\text{आर}}{3} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{\text{एन}^2} \right); \text{एन} > 3$$

ब्रैकेट श्रृंखला की खोज मध्य इन्फ्रा-रेड क्षेत्र में की गई थी। इस श्रृंखला में, इलेक्ट्रॉन
उच्च कक्षाओं (n = 5, 6...) से चौथी कक्षा (m = 4) पर कूदें। इसलिए, आवृत्तियाँ
क्षेत्र में विभिन्न वर्णक्रमीय रेखाएँ दी गई हैं

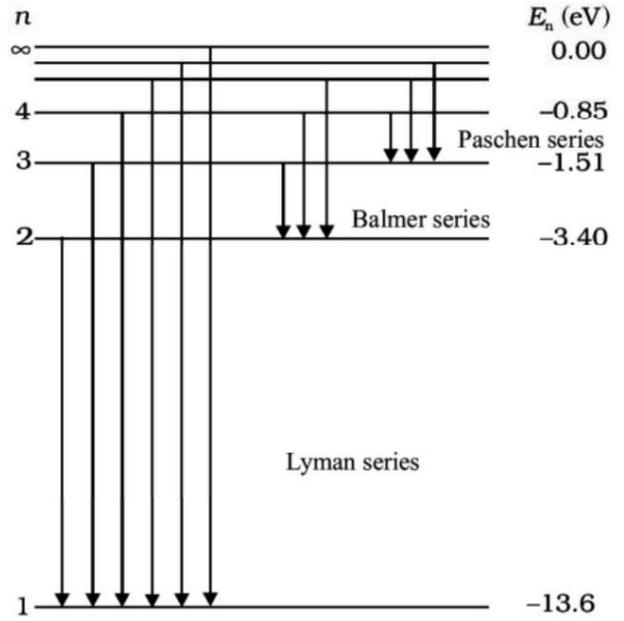
$$\nu_{4\text{एन}} = \frac{\text{आर}}{4} \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{\text{एन}^2} \right); \text{एन} > 4$$

पण्ड श्रृंखला की खोज सुदूर इन्फ्रा-रेड क्षेत्र में की गई थी। बोह के अनुसार, यह श्रृंखला
तब प्राप्त होता है जब इलेक्ट्रॉन किसी उच्चतर कक्षा से पाँचवीं कक्षा (m = 5) पर पहुँचता है
(एन = 6, 7,...)।

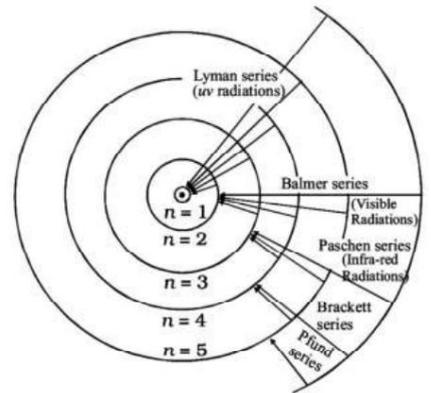
श्रृंखला की विभिन्न वर्णक्रमीय रेखाओं की आवृत्तियों को निम्नलिखित द्वारा समझाया गया है
समीकरण

$$\nu_{5\text{एन}} = \frac{\text{आर}}{5} \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{\text{एन}^2} \right); \text{एन} > 5$$

बोह के मॉडल की सरलता इस तथ्य में निहित है कि यह
न केवल पहले से ज्ञात स्पेक्ट्रम की व्याख्या भी की
अनेक श्रृंखलाओं के अस्तित्व की भविष्यवाणी की। संक्रमण
उच्च कक्षाओं से निचली कक्षाओं तक इलेक्ट्रॉनों की संख्या दिखाई दे रही है
वर्णक्रमीय रेखाओं की विभिन्न श्रृंखलाओं का उत्सर्जन दिखाया गया है
चित्र 26.8.



चित्र 26.7: ऊर्जा स्तर आरेख दिखा रहा है
हाइड्रोजन में विभिन्न वर्णक्रमीय श्रृंखला का उत्सर्जन



चित्र 26.8: अनुमत कक्षाएँ
हाइड्रोजन का एक परमाणु और
वर्णक्रमीय की ओर ले जाने वाले संक्रमण
विभिन्न श्रृंखलाओं की पंक्तियाँ

पाठगत प्रश्न 26.3

1. किसी कक्षीय इलेक्ट्रॉन की ऋणात्मक कुल ऊर्जा का अर्थ है _____
2. जब हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन चौथी कक्षा से जमीनी अवस्था में कूदता है, तो उत्सर्जित वर्णक्रमीय रेखाओं की संख्या होगी _____
3. जब इलेक्ट्रॉन उच्च कक्षाओं से छलांग लगाते हैं तो वर्णक्रमीय रेखाओं की लाइमैन श्रृंखला उत्सर्जित होती है तक _____ की परिक्रमा।
4. बोर द्वारा इलेक्ट्रॉन के किस भौतिक गुण की मात्रा निर्धारित की गई थी?
5. एक इलेक्ट्रॉन तीसरी कक्षा से पहली कक्षा में छलांग लगाता है। कोणीय गति में परिवर्तन एक इलेक्ट्रॉन का है _____

आपने क्या सीखा है

रदरफोर्ड के प्रकीर्णन प्रयोग ने छोटे केंद्रीय क्षेत्र की उपस्थिति का संकेत दिया

परमाणु के अंदर और परमाणु के द्रव्यमान का सारा धनात्मक आवेश केंद्रित होता है। इस क्षेत्र को न्यूक्लियस नाम दिया गया।

एल इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर घूमते हैं और कुल नकारात्मक चार्ज कुल के बराबर होता है नाभिक का धनात्मक आवेश.

रदरफोर्ड का परमाणु मॉडल इसकी स्थिरता के बारे में पूरी तरह से नहीं बता सका परमाणु और परमाणुओं द्वारा उत्सर्जित विद्युत चुम्बकीय विकिरण।

नील्स बोर द्वारा चार अभिधारणाओं के आधार पर परमाणु का एक संतोषजनक मॉडल सुझाया गया था।

एल इलेक्ट्रॉनों के लिए अनुमेय कक्षाएँ वे हैं जिनके लिए कोणीय गति होती है
(आई) = एनएच/2

। ऊर्जा का उत्सर्जन (अवशोषण) तब होता है जब इलेक्ट्रॉन ऊंचाई से छलांग लगाता है निचली कक्षा की ओर कक्षा (निचली कक्षा से उच्च कक्षा की ओर)।

एल अनुमत कक्षाओं की त्रिज्या जिसमें इलेक्ट्रॉन चारों ओर घूमने के लिए स्वतंत्र है

$$\text{हाइड्रोजन परमाणु के नाभिक द्वारा दिए गए हैं} \quad E = \frac{E_n^2 \epsilon_0}{2 a_0^2}$$

हाइड्रोजन परमाणु के लिए, पहली अनुमत कक्षा की त्रिज्या $a = 0.53 \text{ \AA}$ है।

एल हाइड्रोजन परमाणु की n वीं कक्षा में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा दी गई है

$$E_n = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2}$$

कुल ऊर्जा का ऋणात्मक चिन्ह दर्शाता है कि इलेक्ट्रॉन नाभिक से बंधा हुआ है।

जब इलेक्ट्रॉन ऊर्जा स्तर से चलता है तो उत्सर्जित फोटॉन की आवृत्ति

E_i से E_f दिया गया है

$$f = \frac{E_i - E_f}{h}$$

टर्मिनल व्यायाम

1. रदरफोर्ड के प्रकीर्णन प्रयोग में अधिकांश α -कण सीधे लक्ष्य फ़ॉइल से क्यों गुजरते हैं?
2. रदरफोर्ड के α -कण प्रकीर्णन प्रयोग में, किस अवलोकन ने उन्हें नाभिक के अस्तित्व की भविष्यवाणी करने के लिए प्रेरित किया?
3. रदरफोर्ड ने यह क्यों माना कि इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर गोलाकार कक्षाओं में घूमते हैं?
4. हाइड्रोजन परमाणु की प्रथम उत्तेजित अवस्था में उसकी ऊर्जाओं का अनुपात क्या है?
यह इसकी दूसरी उत्तेजित अवस्था है?
5. रिडबर्ग स्थिरांक की एसआई इकाई क्या है?
6. हाइड्रोजन के लिए रिडबर्ग स्थिरांक 1096700 m^{-1} है। लाइमैन श्रृंखला की छोटी और लंबी तरंग दैर्ध्य सीमा की गणना करें।
7. H-परमाणु का इलेक्ट्रॉन 1 s में पहली कक्षा का चक्कर कितनी बार लगाता है?
8. रदरफोर्ड के प्रकीर्णन प्रयोग का वर्णन करें और इसके निष्कर्षों और सीमाओं पर चर्चा करें।
9. बोह्र के परमाणु मॉडल की अभिधारणाएँ बताइये।
10. हाइड्रोजन परमाणु की n वीं कक्षा में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा की अभिव्यक्ति प्राप्त करें।
11. हाइड्रोजन में इलेक्ट्रॉन की तीसरी और चौथी अनुमत कक्षाओं की त्रिज्या की गणना करें परमाणु.
12. H-परमाणु में ऊर्जा संक्रमण $n = 3$ से $n = 2$ ऊर्जा स्तर तक होता है। दिया गया $R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$
 - (i) उत्सर्जित विकिरणों की तरंगदैर्ध्य क्या है?
 - (ii) क्या यह विकिरण दृश्य प्रकाश की सीमा में होगा?
 - (iii) यह संक्रमण किस वर्णक्रमीय श्रृंखला से संबंधित है

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

26.1

1. अल्फ़ा किरणें
2. प्रोटॉन
3. यह रदरफोर्ड द्वारा देखे गए सोने की पन्नी से कणों के बड़े कोण पर बिखरने की व्याख्या नहीं कर सका।

26.2

1. बोह्र का पहला अभिधारणा शास्त्रीय भौतिकी से है और शेष तीन क्वांटम भौतिकी से हैं।
2. क्योंकि कक्षाएँ स्थिर हैं।

परमाणु भौतिकी

परिचय

हम जानते हैं कि परमाणु सबसे छोटी इकाई है जो सभी पदार्थों के निर्माण खंड के रूप में कार्य करती है। इसमें एक अत्यंत छोटा केंद्रीय कोर होता है, जिसे नाभिक कहा जाता है, जिसके चारों ओर इलेक्ट्रॉन कुछ निर्दिष्ट कक्षाओं में घूमते हैं। यद्यपि नाभिक बहुत छोटा है, यह आश्चर्यजनक रूप से जटिल है और आप इसके बारे में अधिक जानना चाहेंगे। नाभिक की भौतिकी के बारे में हमारी समझ उन्नीसवीं सदी के अंत में रेडियोधर्मिता (स्थिरता प्राप्त करने के लिए परमाणु नाभिक के विघटन) की प्राकृतिक घटना की आकस्मिक खोज के साथ शुरू हुई। निम्नलिखित प्रश्नों की इस खोज ने हमें नाभिक की संरचना की जांच करने के लिए उपकरण प्रदान किए हैं: (i) इसका आकार और द्रव्यमान क्या है? (ii) नाभिक में क्या होता है? (iii) कौन सी ताकतें इसके घटक कणों को आपस में जोड़ती हैं और क्यों? इन जांचों ने अनुसंधान के बहुत उपजाऊ और नए रास्ते खोले। परमाणु की बहुत सी अच्छी नई भौतिकी सामने आने लगी और थोड़े ही समय में विकास की दिशा बदल गई। इनके बारे में अब आप इस अध्याय में जानेंगे।

उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद आपको समझ में आ जाना चाहिए

एल परमाणु नाभिक के आकार;

एल न्यूक्लियॉन के बीच बलों की प्रकृति;

एल शब्द 'द्रव्यमान दोष' और 'बाध्यकारी ऊर्जा';

एल प्रति न्यूक्लियॉन वक्र बंधन ऊर्जा और परमाणु नाभिक की स्थिरता;

एल रेडियोधर्मिता की घटना;

एल तीन प्रकार के रेडियोधर्मी विकिरण;

एक नमूने में रेडियोधर्मिता की वृद्धि और क्षय ;

एल एक रेडियोधर्मी पदार्थ का आधा जीवन, और क्षय स्थिरांक;

विभिन्न क्षेत्रों में रेडियोधर्मिता का उपयोग ;

एल परमाणु प्रतिक्रियाओं के लिए संरक्षण कानून;

एल परमाणु श्रृंखला प्रतिक्रिया, नियंत्रित और अनियंत्रित विखंडन श्रृंखला प्रतिक्रिया;

एल परमाणु रिएक्टर का कामकाज;

तारों में ऊर्जा उत्पादन की क्रियाविधि ।

27.1 परमाणु नाभिक

1911 में रदरफोर्ड द्वारा परमाणु में नाभिक की खोज के बाद, भौतिकविदों ने यह अध्ययन करने का प्रयास किया कि नाभिक के अंदर क्या रहता है। 1932 में जेम्स चैडविक द्वारा न्यूट्रॉन की खोज ने इन खोजों को गति दी क्योंकि इसने वैज्ञानिक दुनिया को स्पष्ट रूप से सुझाव दिया कि नाभिक के निर्माण खंड प्रोटॉन और न्यूट्रॉन हैं।

27.1.1 नाभिक का आवेश एवं द्रव्यमान

परमाणु नाभिक में दो प्रकार के कण होते हैं, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन। जबकि प्रोटॉन सकारात्मक रूप से चार्ज होते हैं, न्यूट्रॉन तटस्थ होते हैं। इलेक्ट्रॉन, जो नाभिक के चारों ओर कुछ निर्दिष्ट कक्षाओं में घूमते हैं, नकारात्मक रूप से आवेशित कण होते हैं। किसी नाभिक में एक प्रोटॉन पर आवेश का परिमाण एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश के परिमाण के बिल्कुल बराबर होता है। इसके अलावा, एक नाभिक में प्रोटॉन की संख्या भी इलेक्ट्रॉनों की संख्या के बराबर होती है ताकि परमाणु समग्र रूप से विद्युत रूप से तटस्थ हो। न्यूट्रॉन और प्रोटॉन को सामूहिक रूप से न्यूक्लियॉन कहा जाता है। किसी नाभिक में इनकी संयुक्त संख्या अर्थात् न्यूक्लिऑनों की संख्या द्रव्यमान संख्या कहलाती है। इसे A से दर्शाया जाता है। किसी नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या (या किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या) को परमाणु संख्या कहा जाता है। इसे Z द्वारा निरूपित किया जाता है। किसी नाभिक में न्यूट्रॉन की संख्या आमतौर पर $N = A - Z$ द्वारा निरूपित की जाती है। आमतौर पर $N > Z$ । A बढ़ने पर अंतर (N-Z) बढ़ता है। ध्यान दें कि 3 प्रोटॉन और 4 न्यूट्रॉन वाले लिथियम नाभिक के लिए, परमाणु संख्या Z 3 है, और द्रव्यमान संख्या A 7 है।

प्रोटॉन न्यूट्रॉन की तुलना में थोड़े हल्के होते हैं और परमाणु का लगभग पूरा द्रव्यमान इसके नाभिक में केंद्रित होता है। किसी नाभिक का द्रव्यमान द्रव्यमान संख्या (ए) और प्रोटॉन (या न्यूट्रॉन) के द्रव्यमान के गुणनफल के लगभग बराबर होता है। चूंकि एक प्रोटॉन का द्रव्यमान 1.67×10^{-27} किग्रा है, और द्रव्यमान संख्या (ए) अधिकांश नाभिकों के लिए 1 और 240 के बीच है, नाभिक का द्रव्यमान मोटे तौर पर 1.67×10^{-27} किग्रा और 4.0×10^{-25} किग्रा के बीच भिन्न होता है।

नाभिक का आवेश Ze के बराबर होता है, जहाँ e आवेश की मूल इकाई है (अर्थात् एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश का परिमाण, 1.6×10^{-19} C)। प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले नाभिकों के लिए, Z 1 से 92 तक भिन्न होता है, जबकि ट्रांसयूरानिक तत्वों (यानी कृत्रिम रूप से उत्पादित तत्वों) के लिए, Z 93 से 105 तक भिन्न होता है।

27.1.2 नाभिक का आकार

परमाणु नाभिक के आकार आमतौर पर उनकी त्रिज्या के संदर्भ में उद्धृत किए जाते हैं। कई नाभिक आकार में लगभग गोलाकार होते हैं और त्रिज्या R लगभग सूत्र द्वारा दी जाती है: $R = r_0 A^{1/3}$ । यहाँ r_0 इकाई परमाणु त्रिज्या है और इसका संख्यात्मक मान 1.2 फर्मी के बराबर है।

फर्मी शब्द त्रिज्या की एक इकाई है, जो प्रसिद्ध भौतिक विज्ञानी एनरिको फर्मी के सम्मान में दिया गया है।

यह 10-15 मीटर के बराबर है। इस प्रकार सबसे हल्के नाभिक (हाइड्रोजन) की त्रिज्या लगभग 1.2 एफएम है, क्योंकि हाइड्रोजन के लिए ए एक है। प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले सबसे भारी नाभिक (यूरेनियम) की त्रिज्या लगभग 7.5 fm है, क्योंकि $A = 238$ । आप यहां ध्यान दे सकते हैं कि चूंकि त्रिज्या r की किसी भी गोलाकार वस्तु का आयतन $(4/3) \pi R^3$ के बराबर है, a का आयतन नाभिक द्रव्यमान संख्या A के समानुपाती होता है। एक और महत्वपूर्ण बात यह है कि परमाणु का नाभिक और उसकी लंबाई क्रमशः लगभग 10-15 मीटर और 10-10 मीटर है। एक परमाणु का आयतन एक नाभिक के आयतन का लगभग 10^5 गुना होता है।

उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन का द्रव्यमान 1.673×10^{-27} किग्रा है और त्रिज्या 1.2×10^{-15} मीटर है। आकार गोलाकार है और घनत्व की गणना निम्नलिखित संबंध का उपयोग करके की जा सकती है:

$$d_0 = \frac{\frac{4\pi}{3} \rho_{\text{पृथ्वी}}}{\frac{4\pi}{3} \rho_{\text{ऑक्सीजन}}} = \frac{1.673 \times 10^{27} \text{ किग्रा}}{1.2 \times 10^{15} \text{ मीटर}^3} = 2.3 \times 10^{17} \text{ मी}^3$$

ऑक्सीजन के लिए, RO = 3 × 10⁻¹⁵ m और MO = 2.7 × 10²⁶ kg, ताकि

$$d_0 = 2.39 \times 10^{17} \text{ किग्रा मी}^{-3}$$

अर्थात् हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का घनत्व एक ही क्रम का है। आपको याद होगा कि पानी का घनत्व 103 kg m⁻³ है और पारे का घनत्व 13.6 × 103 kg m⁻³ है। इसका मतलब है वह परमाणु पदार्थ अत्यंत सघनता से भरा हुआ है। आपको इन परिमाणों का अंदाज़ा देने के लिए, यदि हमारी पृथ्वी इतनी सघनता से भरी हुई द्रव्यमान (= 6 × 10²⁴ किग्रा) होती, तो यह त्रिज्या का एक गोला होता केवल 184 मी. इसी प्रकार परमाणु गोले की त्रिज्या, जिसका द्रव्यमान द्रव्यमान के बराबर होगा हमारा सूर्य 10 कि.मी. दूर होगा!

27.1.3 परमाणु भौतिकी में प्रयुक्त संकेतन

किसी परमाणु के नाभिक को तत्व के रासायनिक प्रतीक द्वारा दर्शाया जाता है इसकी सुपरस्क्रिप्ट के रूप में एक मान और इसकी सबस्क्रिप्ट के रूप में Z मान; दोनों बायीं ओर रासायनिक प्रतीक. इस प्रकार, यदि किसी तत्व का रासायनिक प्रतीक, मान लीजिए, X है, तो उसका नाभिक है द्वारा प्रस्तुत ${}^A_Z X$ एक्स। उदाहरण के लिए, क्लोरीन के नाभिक के लिए, जिसमें 17 प्रोटॉन और हैं 18 न्यूट्रॉन, हम लिखते हैं ${}^{35}_{17} \text{सीएल}$. ध्यान दें कि यहां 35 द्रव्यमान संख्या है।

विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की द्रव्यमान संख्या समान हो सकती है, हालाँकि ऐसा हो सकता है प्रोटॉन की संख्या अलग-अलग होती है। ऐसे परमाणु जिनका A मान समान है लेकिन Z मान भिन्न है आइसोबार कहलाते हैं। इस प्रकार, A = 40 और Z = 18 के साथ आर्गन कैल्शियम का एक आइसोबार है ए = 40 और जेड = 20। ध्यान दें कि आइसोबार में अलग-अलग रासायनिक गुण होते हैं Z द्वारा निर्धारित। एक ही तत्व के परमाणुओं का Z मान समान है लेकिन A मान भिन्न है आइसोटोप कहलाते हैं। इस प्रकार, Z = 17 और A = 35 के साथ क्लोरीन, और Z = 17 और A के साथ क्लोरीन A = 37, एक ही तत्व, क्लोरीन के समस्थानिक हैं। चूँकि आइसोटोप का Z मान समान होता है, वे समान रासायनिक गुण दिखाएंगे। ध्यान दें कि आइसोटोप न्यूट्रॉन की संख्या में भिन्न होते हैं उनके नाभिक. जिन परमाणुओं के नाभिक में न्यूट्रॉन की संख्या समान होती है, उन्हें आइसोटोन कहा जाता है। इस प्रकार, A = 23 और Z = 11 के साथ सोडियम, A = 24 और Z = 12 के साथ मैग्नीशियम का एक आइसोटोन है।

उदाहरण 27.1

के एक परमाणु में इलेक्ट्रॉनों, प्रोटॉन, न्यूक्लियॉन की संख्या की गणना करें

²³⁸
92 यू.

समाधान :

²³⁸
92 यू यूरेनियम का प्रतीक है, जिसमें 92 प्रोटॉन और 238 न्यूक्लियॉन हैं। अतः परमाणु क्रमांक

Z = 92 = प्रोटॉनों की संख्या

द्रव्यमान संख्या A = 238 = (प्रोटॉन + न्यूट्रॉन) की संख्या = न्यूक्लियॉन की संख्या

न्यूट्रॉन की संख्या = A - Z

$$= 238 - 92$$

$$= 146.$$

उदाहरण 27.2

निम्नलिखित सूची में आइसोटोप, आइसोबार और आइसोटोन के जोड़े का चयन करें।

$^{12}_6\text{C}$, $^{27}_{13}\text{Al}$, $^{39}_{19}\text{K}$, $^{23}_{11}\text{Na}$, $^{76}_{34}\text{Se}$, $^{40}_{20}\text{Ca}$, $^{76}_{34}\text{Se}$, $^{14}_6\text{C}$

समाधान :

आइसोटोप - (समान Z - मान) : $^{12}_6\text{C}$ और $^{14}_6\text{C}$

आइसोटोन - [समान A - Z मान] : $^{27}_{13}\text{Al}$ और $^{27}_{14}\text{Si}$, $^{39}_{19}\text{K}$ के और $^{40}_{20}\text{Ca}$

आइसोबार - (समान ए मान): $^{76}_{32}\text{Ge}$ और $^{76}_{34}\text{Se}$

पाठगत प्रश्न 27.1

1. निम्नलिखित विभिन्न संग्रहों में से आइसोटोप, आइसोबार और आइसोटोन के समूह बनाएं परमाणु:

$^{16}_8\text{O}$, $^{20}_{10}\text{Ne}$, $^{12}_{6}\text{C}$, $^{14}_6\text{C}$, $^{18}_8\text{O}$, $^{17}_7\text{N}$, $^{76}_{34}\text{Se}$, $^{76}_{32}\text{Ge}$, ^3_1H , $^{40}_{20}\text{Ca}$, ^7_4Li , ^2_1H

$^{14}_6\text{C}$, $^{235}_{92}\text{U}$, $^{206}_{82}\text{Pb}$, $^{18}_8\text{O}$, $^{239}_{92}\text{U}$, ^1_1H , $^{23}_{11}\text{Na}$, $^{27}_{13}\text{Al}$, $^{27}_{12}\text{Mg}$, $^{28}_{14}\text{Si}$, $^{37}_{17}\text{Cl}$, $^{35}_{17}\text{Cl}$

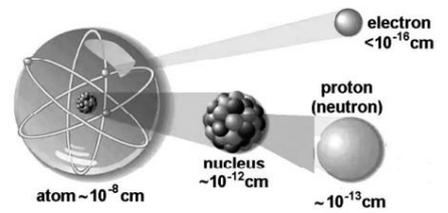
- न्यूट्रॉन प्रोटॉन से है।
- किसी परमाणु में प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की कुल संख्या को कहा जाता है। उस परमाणु की संख्या.
- प्रोटॉन और न्यूट्रॉन को मिलाकर कहा जाता है।
- न्यूट्रॉन की संख्या $^{27}_{13}\text{Al}$ = और में $^{28}_{14}\text{Si}$
- दो परमाणु अलग-अलग तत्वों से संबंधित माने जाते हैं यदि उनकी संख्या कुछ अलग हैं
- एक ही तत्व के दो परमाणुओं में कौन सी संख्या भिन्न नहीं हो सकती.....

(i) द्रव्यमान संख्या (ii) परमाणु संख्या

(iii) न्यूट्रॉन संख्या

27.1.4 एकीकृत परमाणु द्रव्यमान

यह प्रयोगात्मक रूप से उस द्रव्यमान को निर्धारित किया गया है प्रोटॉन (एमपी) का द्रव्यमान इलेक्ट्रॉन के 1836 गुना के बराबर है (मुझे)। न्यूट्रॉन का द्रव्यमान (एमएन) मुझे से 1840 गुना है। चित्र 27.1 परमाणु और नाभिक का आकार दर्शाता है। के बाद से एक इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान उसके द्रव्यमान की तुलना में छोटा होता है एक न्यूक्लियॉन, एक परमाणु का द्रव्यमान प्रभावी रूप से किसके कारण होता है? केवल इसके नाभिकों का द्रव्यमान। हालाँकि, न्यूट्रॉन है इसलिए, यह प्रोटॉन से थोड़ा भारी है, इसलिए यह वांछनीय है सभी परमाणुओं (प्रोटॉन और न्यूट्रॉन) के द्रव्यमान को व्यक्त करने के लिए एक मानक चुनना। इस समय परमाणु द्रव्यमान को कार्बन के समस्थानिक के वास्तविक द्रव्यमान के रूप में व्यक्त किया जाता है। यूनिट



चित्र 27.1: परमाणु, नाभिक का आकार और इलेक्ट्रॉन

परमाणु द्रव्यमान, जिसे संक्षेप में यू कहा जाता है, को 12 के वास्तविक द्रव्यमान के (1/12)वें भाग के रूप में परिभाषित किया गया है। कि एक कार्बन परमाणु के द्रव्यमान का मान 1.99267×10^{-26} किग्रा है।

6 सी। हम जानते हैं

$$\begin{aligned} 1u &= (1/12) \times A = 12 \text{ के साथ एक कार्बन परमाणु का द्रव्यमान} \\ &= (1/12) \times (1.99267 \times 10^{-26} \text{ किग्रा}) \\ &= 1.660565 \times 10^{-27} \text{ किग्रा} \\ &= 1.66 \times 10^{-27} \text{ किग्रा} \end{aligned}$$

यू के संदर्भ में प्रोटॉन का द्रव्यमान और न्यूट्रॉन का द्रव्यमान है:

$$\text{एम} = \frac{1.6723 \times 10^{-27}}{1.6606 \times 10^{-27}} \text{ यू} = 1.00727 \text{ यू}$$

$$\text{एम} = \frac{1.6747 \times 10^{-27}}{1.6606 \times 10^{-27}} \text{ यू} = 1.00865 \text{ यू}$$

द्रव्यमान-ऊर्जा संबंध (आइंस्टीन समीकरण) के अनुसार, मेव के संदर्भ में यू है:

$$1 \text{ यू} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ किग्रा} \times 9 \times 10^{16} \text{ एमएस}^{-2} = 14.92 \times 10^{-11} \text{ जे}$$

$$\frac{14.92 \times 10^{-11}}{1.60 \times 10^{-13}} \text{ एमईवी} = 931.3 \text{ मेव}$$

27.1.5 द्रव्यमान दोष और बंधन ऊर्जा

किसी भी तत्व के परमाणु के नाभिक का द्रव्यमान सदैव से कम पाया जाता है

इसके घटक नाभिकों के द्रव्यमान का योग। द्रव्यमान में इस अंतर को द्रव्यमान-दोष कहा जाता है।

उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन के ड्यूटेरियम समस्थानिक के नाभिक में एक प्रोटॉन और एक न्यूट्रॉन होता है।

इन कणों का मापा द्रव्यमान क्रमशः 1.6723×10^{-27} किग्रा और 1.6747×10^{-27} किग्रा है।

इसका मतलब है कि एक प्रोटॉन और एक न्यूट्रॉन का कुल द्रव्यमान 3.34709×10^{-27} किलोग्राम है। लेकिन का द्रव्यमान

ड्यूटेरियम नाभिक 3.34313×10^{-27} किग्रा है। इसका मतलब है कि ड्यूटेरियम का मापा द्रव्यमान

नाभिक एक प्रोटॉन और एक न्यूट्रॉन के मापे गए द्रव्यमान से 3.96242×10^{-30} किग्रा कम है।

तो हम कहते हैं कि ड्यूटेरियम के मामले में द्रव्यमान दोष 3.96242×10^{-30} किग्रा है। आइए हम Z को निरूपित करें

यह Δm द्वारा। गणितीय रूप से, द्वारा निरूपित एक परमाणु के लिए, हम उसके द्रव्यमान का योग लिख सकते हैं

न्यूक्लियॉन = Zm

+ (ए-जेड)एमएन

$$\Delta m = [Z.m_p + (A-Z)m_n] - M \text{ यहाँ, } M \text{ नाभिक} \quad (27.1)$$

का वास्तविक द्रव्यमान है।

द्रव्यमान दोष के बराबर ऊर्जा द्रव्यमान-ऊर्जा तुल्यता संबंध का उपयोग करके प्राप्त की जाती है:

$$\text{बीई} = \Delta m \text{ सी}^2 \text{ जूल} \quad (27.2)$$

ड्यूटेरियम के लिए

$$\begin{aligned} \text{बीई} &= (3.96242 \times 10^{-30} \text{ किग्रा}) \times (2.998 \times 10^8 \text{ एमएस}^{-1})^2 \\ &= 35.164 \times 10^{-14} \text{ kgm}^2\text{s}^{-2} \end{aligned}$$

$$= 3.5164 \times 10^{-13} \text{ जे}$$

$$= 2.223 \times 10^6 \text{ ईवी}$$

$$\text{चूँकि } 1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

दूसरे शब्दों में, द्रव्यमान दोष ऊर्जा के रूप में प्रकट होता है जो न्यूक्लियॉन को एक साथ बांधता है। यह इसका उपयोग अनिवार्य रूप से उन ताकतों के खिलाफ काम करने में किया जाता है जो न्यूक्लियॉन को चिपकने के लिए मजबूर करती हैं।

प्रति न्यूक्लियॉन बंधन ऊर्जा, $B = \frac{B}{A} \text{ MeV}$

$$B = \frac{Zm_p + (A-Z)m_n - M}{A} c^2 \quad (27.3)$$

कार्बन के लिए, $Z = 6$ और $A = 12$, बंधन ऊर्जा (B) है:

$$B = \frac{6(1.00727) + 6(1.00865) - 12}{12} \text{ एमईवी}$$

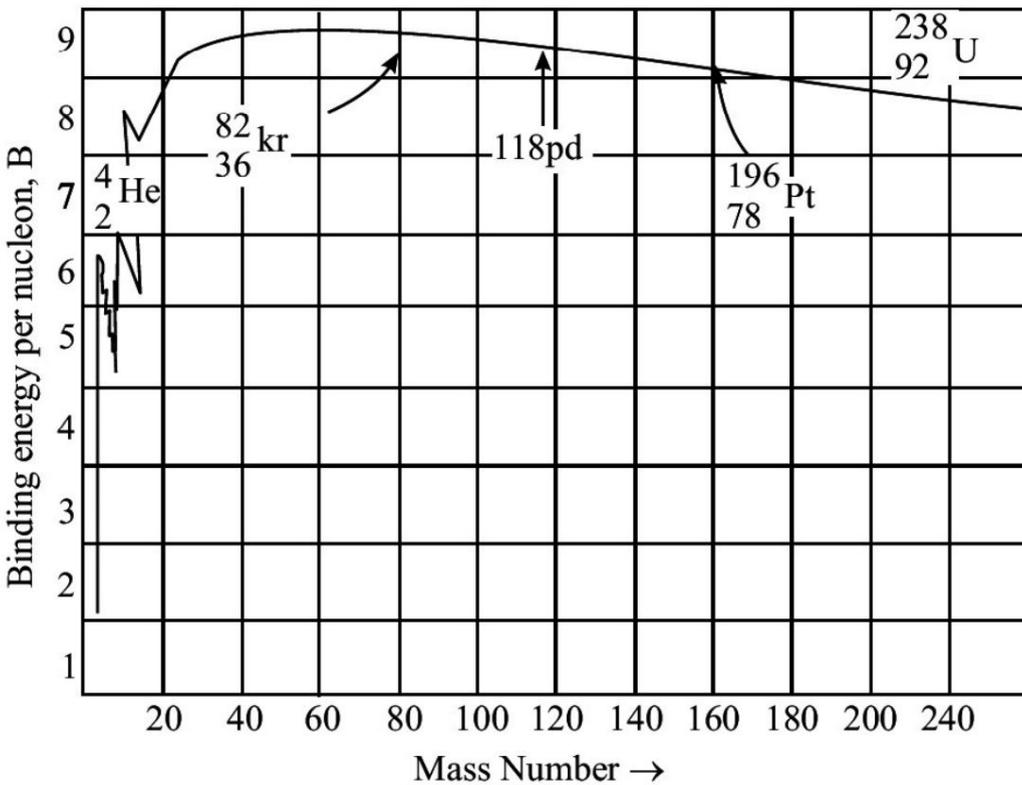
$$= 7.41 \text{ मेव}$$

(यहां, एमपी = 1.00727 यू और एमएन = 1.00865 यू)

जैसे-जैसे हम हीलियम से आगे बढ़ते हैं, B का मान लगभग 8.8 MeV तक बढ़ता हुआ पाया जाता है

($A = 4$) से लोहा ($A = 56$); इसके बाद यह धीरे-धीरे कम हो जाता है और लगभग 7.6 MeV तक गिर जाता है

यूरेनियम ($A = 238$)। चित्र 27.2 द्रव्यमान के साथ प्रति न्यूक्लियॉन बंधन ऊर्जा की भिन्नता को दर्शाता है संख्या।



चित्र 27.2: द्रव्यमान संख्या के साथ प्रति न्यूक्लियॉन बंधन ऊर्जा में भिन्नता

ध्यान दें कि, बाइंडिंग एनर्जी वक्र तीव्र शिखर दर्शाता है

${}^4_2\text{He}$ वही, सी, ओ और ने. ${}^{20}_9$

A < 20 वाले प्रकाश नाभिक के लिए बंधन ऊर्जा छोटी पाई जाती है। उदाहरण के लिए, मान

भारी हाइड्रोजन के लिए B का ${}^2_1\text{H}$ केवल 1.1 MeV प्रति न्यूक्लियॉन है। सहायक शिखर घटित हो रहे हैं

पर ${}^4_2\text{He}$ वही, सी, ओ (सम-सम नाभिक अर्थात सम संख्या में प्रोटॉन और सम संख्या वाले नाभिक

न्यूट्रॉन की संख्या) इंगित करती है कि ये नाभिक अपने निकटतम पड़ोसियों की तुलना में अधिक स्थिर हैं।

प्रति न्यूक्लियॉन वक्र बंधन ऊर्जा परमाणु की घटनाओं को समझाने में बहुत उपयोगी है

विखंडन और न्यूक्लियॉन संलयन। इस अध्याय के अंत में इस पर चर्चा की जाएगी।

उदाहरण 27.3

बोरान का द्रव्यमान

(${}^{10}_5\text{B}$) परमाणु 10.811 यू है। इसके द्रव्यमान की गणना किलोग्राम में करें।

समाधान :

चूंकि $u = 1.660565 \times 10^{-27}$ किग्रा,

$$10.811 \text{ यू} = 10.811 \times 1.660565 \times 10^{-27} \text{ किग्रा}$$

$$= 17.952368 \times 10^{-27} \text{ किग्रा}$$

पाठगत प्रश्न 27.2

1. के नाभिक का द्रव्यमान

${}^7_3\text{Li}$ परमाणु 6.01513 यू है। द्रव्यमान दोष और बाइंडिंग की गणना करें

प्रति न्यूक्लियॉन ऊर्जा. लीजिए, एमपी = 1.00727 यू.; एमएन = 1.00865 यू और 1 यू = 931 मेव।

2. के नाभिक की त्रिज्या की गणना करें

${}^8_4\text{Be}$ परमाणु बनो.

[R = $r_0 A^{1/3}$ का प्रयोग करें; $r_0 = 1.2 \times 10^{-15}$ मीटर]

27.2 परमाणु बल

एक बार भौतिकविदों ने खुद से पूछा: न्यूक्लियॉन एक साथ कैसे चिपकते हैं? दूसरे शब्दों में, क्या क्या बल की वह प्रकृति है जो न्यूक्लियॉन को बांधती है? इस प्रश्न का उत्तर देने से पहले आइए सोचें कि कैसे गुरुत्वाकर्षण और विद्युतचुंबकीय अंतःक्रियाएं अधिकांश देखे गए शास्त्रीय तथ्यों की व्याख्या करती हैं। परमाणु बल नाभिक के बेहद छोटे आकार की व्याख्या करता है, जहां प्रोटॉन और न्यूट्रॉन होते हैं बारीकी से पैक किए गए हैं। तथ्य यह बताता है कि सेनाएं मजबूत, कम दूरी की और आकर्षक होनी चाहिए। इन आकर्षक बलों का इलेक्ट्रोस्टैटिक मूल नहीं हो सकता क्योंकि इनके बीच इलेक्ट्रोस्टैटिक बल होते हैं प्रोटान प्रतिकारक होते हैं। यदि इलेक्ट्रोस्टैटिक बल सक्रिय है, तो न्यूक्लियॉन उड़ जाएंगे, जो अस्तित्व के विपरीत है। इसके अलावा, न्यूक्लियॉन के बीच बल जिम्मेदार हैं प्रति न्यूक्लियॉन बड़ी बाध्यकारी ऊर्जा (लगभग 8 MeV) के लिए। यहां यह विचार करना चाहिए कि न्यूक्लियंस के बीच शक्तिशाली आकर्षक बलों के कारण गुरुत्वाकर्षण बल बहुत कमजोर है। यदि न्यूक्लियॉन- न्यूक्लियॉन बल का परिमाण एक मान लिया जाए तो गुरुत्वाकर्षण बल 10-39 के क्रम का होगा। इसलिए, हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि विशुद्ध रूप से आकर्षक शक्तियां न्यूक्लियॉन के बीच एक नए प्रकार के होते हैं जिनमें ज्ञात बलों के साथ कोई समानता नहीं होती है शास्त्रीय भौतिकी का क्षेत्र। इस नये आकर्षक बल को परमाणु बल कहा जाता है।

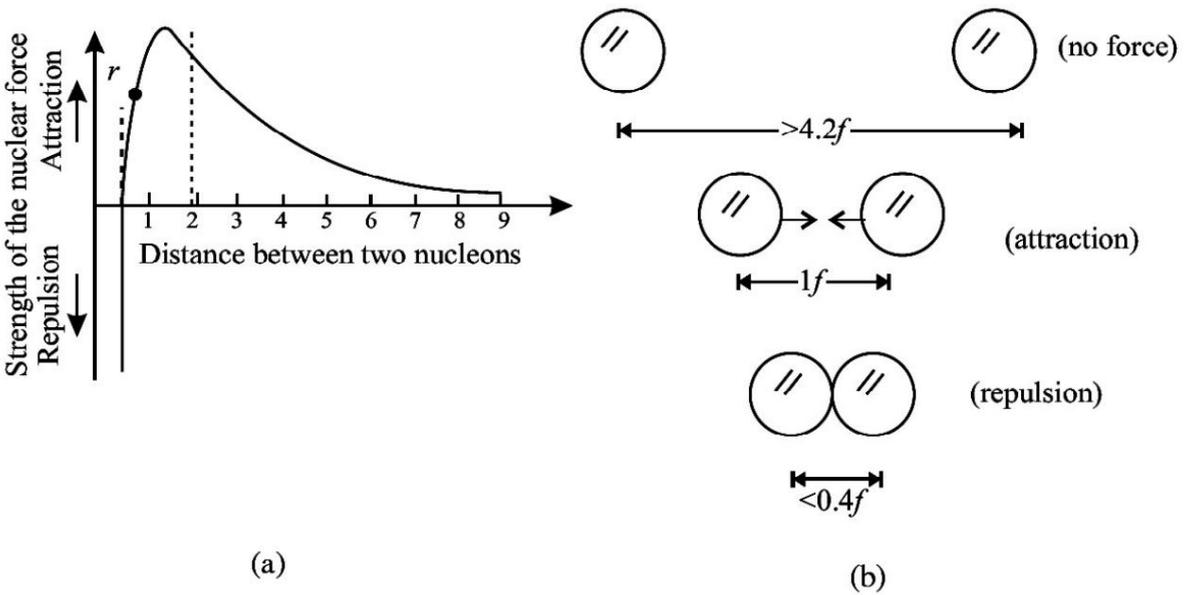
27.2.1 चारित्रिक गुण

आपको याद होगा कि गुरुत्वाकर्षण और स्थिरवैद्युत बल व्युत्क्रम वर्ग नियम का पालन करते हैं। हालाँकि, न्यूक्लियॉन बहुत सघन रूप से भरे हुए हैं और परमाणु बल जो न्यूक्लियंस को एक नाभिक में एक साथ रखता है, पड़ोसी न्यूक्लियंस के बीच मौजूद होना चाहिए, जो कम दूरी (~ 10-15 मीटर) पर काम करता है।

इन परमाणु बलों के बीच आकर्षक बल का हिसाब होना चाहिए:

- एक प्रोटॉन और एक न्यूट्रॉन;
- दो प्रोटॉन; और
- दो न्यूट्रॉन.

चूंकि नाभिक में न्यूट्रॉन और प्रोटॉन के मिश्रण के बावजूद, प्रति न्यूक्लियॉन बाध्यकारी ऊर्जा, बी समान है। अर्थात परमाणु बल आवेश स्वतंत्र है। इसके अलावा, परमाणु बल संतृप्ति की संपत्ति दिखाता है, जिसका अर्थ है कि न्यूक्लियॉन केवल सीमित आकर्षण दिखाते हैं। यदि परमाणु बलों में केवल आकर्षक चरित्र होता, तो न्यूक्लियंस को उनके प्रभाव में एकत्रित होना चाहिए था। लेकिन हम सभी जानते हैं कि न्यूक्लियॉन के बीच औसत पृथक्करण स्थिर रहता है, जिसके परिणामस्वरूप परमाणु आयतन न्यूक्लियॉन की कुल संख्या के समानुपाती होता है। संभावित व्याख्या यह है कि परमाणु बल तभी तक आकर्षक चरित्र प्रदर्शित करते हैं जब तक न्यूक्लियॉन एक निश्चित महत्वपूर्ण दूरी से अलग हो जाते हैं। इस महत्वपूर्ण मान से कम दूरी के लिए, परमाणु बलों का चरित्र अचानक बदल जाता है; आकर्षण को विकर्षण में बदलना चाहिए। (आपको इस प्रतिकर्षण को इलेक्ट्रोस्टैटिक प्रतिकर्षण के साथ भ्रमित नहीं करना चाहिए।) परमाणु बलों के ये गुणात्मक पहलू चित्र 27.3 में दिखाए गए हैं।



चित्र 27.3: (ए) दूरी के साथ परमाणु बलों की विशिष्ट भिन्नता, और (बी) न्यूक्लियॉन के बीच बल पर अंतर-परमाणु दूरी का प्रभाव।

27.3 रेडियोधर्मिता और इसकी खोज

हमारी पृथ्वी की आयु कितनी है? भूविज्ञानी खुदाई के दौरान पाए गए चट्टानों और जीवाश्मों की आयु का अनुमान कैसे लगाते हैं? रेडियो-थेरेपी क्या है जिसका उपयोग घातक कोशिकाओं के इलाज के लिए किया जाता है? इन सभी रोचक और उपयोगी प्रश्नों के उत्तर रेडियोधर्मिता के अध्ययन में निहित हैं; एक प्राकृतिक घटना जिसमें परमाणु स्थिरता प्राप्त करने के लिए विकिरण उत्सर्जित करते हैं। हालाँकि इसकी खोज संयोग से हुई थी, इसने नई भौतिकी के लिए बाढ़ के द्वार खोल दिए हैं। परमाणु भौतिकी का उद्योग, कृषि और चिकित्सा देखभाल में व्यापक उपयोग होता है। आइए अब इसके बारे में जानें।

27.3.1 खोज

रेडियोधर्मिता की खोज की कहानी बड़ी दिलचस्प है। 1896 में, फ्रांसीसी भौतिक विज्ञानी एच बेकरेल प्रतिदीप्ति की घटना पर काम कर रहे थे (जिसमें कुछ पदार्थ पराबैंगनी विकिरण के संपर्क में आने पर दृश्य प्रकाश उत्सर्जित करते हैं)। अपनी मेज की एक दराज में उन्होंने फोटोग्राफिक प्लेटों के कई बंद बक्सों के अलावा विभिन्न खनिजों का संग्रह रखा था। किसी तरह, खनिजों का संग्रह काफी समय तक अछूता रहा। एक दिन बेकरेल ने किसी चीज़ की तस्वीर लेने के लिए फोटोग्राफिक प्लेटों के बक्सों में से एक का उपयोग किया। जब उन्होंने प्लेटें विकसित कीं, तो उन्हें यह देखकर निराशा हुई कि वे बुरी तरह धुंधली थीं जैसे कि पहले प्रकाश के संपर्क में थीं। उन्होंने फोटोग्राफिक प्लेटों के अन्य बक्सों को देखा और उन्हें भी उसी खराब स्थिति में पाया। उसे समझ नहीं आ रहा था कि प्लेटों पर धुंध क्यों लगी हुई थी, क्योंकि सभी डिब्बे सीलबंद थे और अंदर की प्लेटें मोटे काले कागज में लिपटी हुई थीं।

बेकरेल हैरान रह गए और उन्होंने स्थिति की और जांच की। उन्होंने पाया कि उनके डेस्क पर रखे यूरेनियम ने नुकसान पहुंचाया है और निष्कर्ष निकाला कि यूरेनियम नमक से कुछ नए प्रकार का विकिरण उत्पन्न होना चाहिए। इस विकिरण को बेकरेल किरणों नाम दिया गया तथा इस विकिरण के उत्सर्जन की घटना को रेडियोधर्मिता का नाम दिया गया। इस घटना को प्रदर्शित करने वाले तत्वों को रेडियोधर्म तत्व कहा गया। इस खोज के तुरंत बाद, और एक विस्तृत अध्ययन के आधार पर, मैडम मैरी क्यूरी ने अपने पति पियरे क्यूरी के साथ, रासायनिक अंशांकन नामक एक श्रमसाध्य विधि द्वारा यूरेनियम अयस्क से एक तत्व को अलग किया। रहस्यमयी किरणों में यूरेनियम से लाखों गुना अधिक समृद्ध इस नये तत्व को रेडियम नाम दिया गया। मैडम क्यूरी द्वारा खोजे गए एक अन्य रेडियोधर्म तत्व का नाम उनके मूल देश-पोलैंड के सम्मान में पोलोनियम रखा गया।

27.3.2 विकिरण की प्रकृति

1899 में, ब्रिटिश भौतिक विज्ञानी लॉर्ड रदरफोर्ड ने रेडियोधर्म तत्वों द्वारा उत्सर्जित बेकरेल किरणों का विश्लेषण किया। उन्होंने दो अलग-अलग घटकों के अस्तित्व की स्थापना की: α -कण और β -किरणें। तीसरे विकिरण - गामा किरणों - का अस्तित्व पी. विलार्स द्वारा स्थापित किया गया था

हम जानते हैं कि सभी परमाणुओं के नाभिकों में धनावेशित प्रोटॉन होते हैं, जो इलेक्ट्रोस्टैटिक प्रतिकर्षण के कारण एक-दूसरे को दृढ़ता से प्रतिकर्षित करते हैं। इस प्रतिकर्षण को दूर करने के लिए नाभिक में मौजूद न्यूट्रॉन गोंद की तरह काम करते हैं। लेकिन भारी नाभिक के मामले में, यह इलेक्ट्रोस्टैटिक प्रतिकर्षण इतना मजबूत होता है कि न्यूट्रॉन का योग भी नाभिक को स्थिर रखने में सक्षम नहीं होता है। स्थिरता प्राप्त करने के लिए, ऐसे नाभिक α और β कणों के साथ-साथ γ -किरणों का उत्सर्जन करके स्वतः ही विघटित हो जाते हैं जैसा कि चित्र 27.4 में दिखाया गया है। तो, हम कह सकते हैं कि प्राकृतिक रेडियोधर्मिता में, α , β और γ -किरणें उत्सर्जित होती हैं। उत्सर्जित विकिरण को रेडियोधर्म विकिरण कहा जाता है और परमाणु नाभिक के विघटन (टूटने) की प्रक्रिया (α और β -किरणों का उत्सर्जन करके) को रेडियोधर्म क्षय कहा जाता है। कभी-कभी,

अन्य प्रकाश कणों (जैसे न्यूट्रॉन और प्रोटॉन) के साथ स्थिर नाभिक पर बमबारी करके ब्रेक-अप को प्रेरित किया जा सकता है। इसे तब कृत्रिम रेडियो-एक्टिविटी कहा जाता है। इस घटना की विशेषता यह है कि यह सहज है और α या β उत्सर्जन के मामले में, एक नए तत्व से संबंधित एक नया नाभिक बनता है। अर्थात् एक तत्व दूसरे तत्व में परिवर्तित हो जाता है। इस प्रकार यह एक परमाणु विघटन घटना है और नए नाभिक के उत्परिवर्तन की संभावना का सुझाव देती है। आइए पहले हम α , β और γ विकिरणों के विशिष्ट गुणों का अध्ययन करें।

(i) α -कण

अल्फा कण हीलियम नाभिक α हैं 2_4 वह दूरी प्रोटॉन और दो न्यूट्रॉन से मिलकर बना है।

इन कणों के विस्तृत अध्ययन से निम्नलिखित गुण सामने आए:

आवेशित कण होने के कारण, वे विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र में विकेपित हो जाते हैं।

एल वे जिंक सल्फाइड और बेरियम प्लैटिनो साइनाइड जैसे पदार्थों में प्रतिदीप्ति उत्पन्न करते हैं, एक फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित करते हैं, कुछ तत्वों में रेडियोधर्मिता प्रेरित कर सकते हैं और परमाणु प्रतिक्रियाएं उत्पन्न कर सकते हैं।

एल उनके पास महान आयनीकरण शक्ति है। गैस के माध्यम से अपनी यात्रा में एक कण अवशोषित होने से पहले हजारों गैस परमाणुओं को आयनित कर सकता है।

। इनमें ठोस पदार्थों को भेदने की क्षमता बहुत कम होती है और वे धातुओं की पतली परतों से बिखर जाते हैं। इन्हें 0.02 मिमी मोटी एल्यूमीनियम शीट द्वारा रोका जा सकता है।

। किसी रेडियोधर्मी पदार्थ से उत्सर्जित कणों की ऊर्जा उत्सर्जित करने वाले नाभिक की एक विशेषता है। यह उनके वेग में 1.4×10^7 एमएस-1 से 2.05×10^7 एमएस-1 तक भिन्नता के अनुरूप है।

(ii) β -कण

β -कण धनात्मक और ऋणात्मक दोनों प्रकार से आवेशित हो सकते हैं। वे न्यूट्रॉन को प्रोटॉन में बदलने की प्रक्रिया में नाभिक में उत्पन्न होते हैं, और इसके विपरीत।

β -कणों के आगे के अध्ययन से निम्नलिखित गुणों का पता चला है।

आवेशित कण होने के कारण, वे विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र द्वारा विकेपित हो जाते हैं।

एल वे जिंक-सल्फाइड और बेरियम प्लेशनसिनाइड $[Pt(CN)_4]^{2-}$ जैसी सामग्रियों में प्रतिदीप्ति उत्पन्न करते हैं; और फोटोग्राफिक प्लेटों को प्रभावित करते हैं।

। वे गैस परमाणुओं को आयनित कर सकते हैं लेकिन β -कणों की तुलना में बहुत कम सीमा तक।

एल नकारात्मक रूप से चार्ज किए गए β -कण कुछ मिमी एल्यूमीनियम शीट से गुजर सकते हैं।

वे β -कणों की तुलना में लगभग 100 गुना अधिक भेदनशील होते हैं।

ऋणात्मक β -कणों की औसत ऊर्जा 2 MeV और 3MeV के बीच भिन्न होती है। उनके छोटे द्रव्यमान के कारण, उनका वेग 0.33c से 0.988c तक भिन्न होता है, जहाँ c प्रकाश का वेग है।

(iii) γ -किरणें

वे उच्च आवृत्ति की विद्युत चुंबकीय तरंगें हैं, और इस तरह अत्यधिक ऊर्जावान हैं।

वे निम्नलिखित गुणों से युक्त हैं:

। वे विद्युत या चुंबकीय क्षेत्र से विक्षेपित नहीं होते हैं।

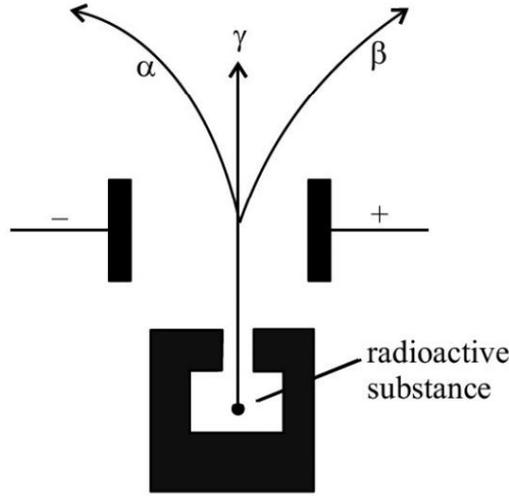
। वे मुक्त अंतरिक्ष में प्रकाश के वेग से यात्रा करते हैं।

। उनकी भेदन शक्ति α और β -कणों से अधिक होती है; γ -किरणें कई सेंटीमीटर लोहे और सीसे की चादरों में प्रवेश कर सकती हैं।

। उनमें आयनीकरण शक्ति होती है जो α और β -कणों की तुलना में छोटी होती है।

एल वे सामग्रियों में प्रतिदीप्ति उत्पन्न कर सकते हैं और एक फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित कर सकते हैं।

एल वे धातु की सतहों से इलेक्ट्रॉनों को बाहर निकालते हैं, जिस पर वे गिरते हैं और सतह को गर्म करते हैं। कठोर γ -किरणों (अर्थात उच्च ऊर्जा γ -किरणों) का उपयोग घातक कोशिकाओं की रेडियो थेरेपी में किया जाता है।



चित्र 27.4 : α कण और β विकिरणों का उत्सर्जन

मैरी क्यूरी (1867-1934)

मैरी क्यूरी ने रेडियोधर्मिता के क्षेत्र में अपने अध्ययन के लिए हेनरी बेकरेल और उनके पति पियरे क्यूरी के साथ भौतिकी में 1903 का नोबेल पुरस्कार साझा किया। वह दो नोबेल पुरस्कार प्राप्त करने वाली दुनिया की पहली व्यक्ति थीं; उन्हें दूसरा नोबेल पुरस्कार 1911 में रसायन विज्ञान में मिला था। बाद में उनकी बेटी जूलियट ने भी कृत्रिम रेडियोधर्मिता की खोज के लिए रसायन विज्ञान में नोबेल पुरस्कार जीता।



27.3.3 रेडियोधर्मि क्षय

किसी भी रेडियोधर्मि क्षय में, सहज उत्सर्जन में या तो एक α -कण या एक β -कण होता है। रेडियोधर्मि नाभिक (जिसे मूल नाभिक कहा जाता है) से α -कण का उत्सर्जन इसे एक नए नाभिक (नए तत्व को बेटी नाभिक कहा जाता है) में बदल देता है, इसकी परमाणु संख्या दो से कम हो जाती है और इसकी द्रव्यमान संख्या चार से कम हो जाती है। इसी प्रकार, α कण का उत्सर्जन मूल नाभिक को उसके परमाणु क्रमांक के साथ पुत्री नाभिक में बदल देता है

इकाई द्वारा वृद्धि (यदि यह λ - उत्सर्जन है) लेकिन इसकी द्रव्यमान संख्या अपरिवर्तित रहती है। उत्सर्जन λ -किरणों से मूल नाभिक की परमाणु संख्या या द्रव्यमान संख्या नहीं बदलती है
 अतः कोई नया केन्द्रक नहीं बनता है।

ध्यान दें कि किसी भी परमाणु विघटन में, आवेश संख्या (Z) और द्रव्यमान संख्या होती है
 (ए) हमेशा संरक्षित रहते हैं। इस प्रकार किसी भी रेडियोधर्मी नाभिक के लिए, जिसे X द्वारा निरूपित किया जाता है, परमाणु है परिवर्तनों को इस प्रकार लिखा जा सकता है:

$$\begin{matrix} \text{ए} \\ \text{अतः} \end{matrix} \text{एक्स } \square\square\square\square\square \quad \quad \quad \text{वह} + \text{वाइ}^4_{\text{जेड } 2}$$

(α-कण)

$$\begin{matrix} \text{ए} \\ \text{अतः} \end{matrix} \text{एक्स } \square\square\square\square\square \quad \quad \quad \text{ई} + \text{वाइ}^0_{\text{जेड } 1}$$

(β-कण)

$$\begin{matrix} \text{ए} \\ \text{अतः} \end{matrix} \text{एक्स} * \square\square\square\square\square \quad \quad \quad \text{एक्स} + \gamma$$

(यहां, * प्रतीक बाहर निकल चुकी स्थिति को दर्शाता है)

27.3.4 रेडियोधर्मी क्षय का नियम

अब हम जानते हैं कि यदि हमारे पास रेडियोआइसोटोप की एक निश्चित मात्रा है, तो यह धीरे-धीरे कम हो जाएगी समय के साथ विघटन के कारण. रेडियोधर्मी क्षय का वर्णन करने वाला नियम बहुत सरल है।
 रेडियोधर्मी विघटन की दर तापमान, दबाव जैसे बाहरी कारकों से स्वतंत्र है
 आदि और केवल संयोग के नियम पर निर्भर करता है। इसमें रेडियोधर्मी परमाणुओं की संख्या बताई गई है प्रति सेकंड विघटन उपस्थित रेडियोधर्मी परमाणुओं की संख्या के समानुपाती होता है
 समय का वह क्षण. इसे रेडियोधर्मी क्षय का नियम कहते हैं।

मान लीजिए कि $t = 0$ पर N_0 रेडियोधर्मी परमाणुओं की संख्या है, और $N(t)$ रेडियोधर्मी परमाणुओं की संख्या है समय पर परमाणु टी. यदि dN समय dt में क्षय होने वाले परमाणुओं की संख्या को दर्शाता है, तो $(N - dN)$ समय पर रेडियोधर्मी परमाणुओं की संख्या $(t + dt)$ दर्शाता है। इसलिए, क्षय की दर:

$$\frac{\text{डीएन टी} \square \square}{\text{डीटी}} \square \square \text{ एन,}$$

$$\frac{\text{डीएन}(\text{टी})}{\text{डीटी}} = \lambda \text{एन टी} \square \square \quad (27.4)$$

जहां λ क्षय स्थिरांक को दर्शाता है, जो रेडियोधर्मी पदार्थ की विशेषता है क्षय से गुजर रहा है। ऋणात्मक चिन्ह दर्शाता है कि नाभिकों की संख्या घटती जाती है समय। इस संबंध को इस प्रकार पुनर्व्यवस्थित किया जा सकता है

$$\lambda = \frac{1 \text{ डीएन टी} \square \square}{\text{एन टी} \square \square \text{ डीटी}} \quad (27.5)$$

इस प्रकार, क्षय स्थिरांक (λ) को तात्कालिक दर के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जा सकता है उस क्षण उपस्थित रेडियोधर्मी परमाणुओं की संख्या में विघटन।

क्षय के नियम को कभी-कभी घातीय रूप में भी व्यक्त किया जाता है और कहा भी जाता है घातीय क्षय का नियम. घातांकीय रूप प्राप्त करने के लिए, हम समीकरण को फिर से लिखते हैं। (27.4)

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

दोनों पक्षों को एकीकृत करने पर,

$$N(t) = -\lambda t + k \text{ में}$$

$$t = 0 \text{ पर, } N(t) = N_0$$

$$= \ln N_0$$

इस तरह

$$N(t) \text{ में } - \ln N_0 = -\lambda t$$

$$\text{या } N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

अंत में, $N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$, (एंटीलॉग लेने पर)

(27.6)

इस नियम से सबसे महत्वपूर्ण निष्कर्ष यह है कि N तभी शून्य होगा जब $t = \infty$. इस प्रकार, कोई भी रेडियोधर्मी तत्व बहुत लंबे समय के बाद भी पूरी तरह से गायब नहीं होगा।

रेडियोधर्मी क्षय नियम स्पष्ट रूप से दर्शाता है कि भले ही प्रारंभ में विभिन्न रेडियोधर्मी तत्वों के लिए परमाणुओं N_0 की संख्या समान हो, बाद में उनके क्षय स्थिरांक (λ) के विभिन्न मूल्यों के कारण उनके $N(t)$ के अलग-अलग मान होंगे।

विघटन की इकाइयाँ

क्षय स्थिरांक को प्रति सेकंड की इकाइयों में मापा जाता है। किसी भी समय किसी रेडियोधर्मी पदार्थ की गतिविधि उसके विघटन की दर से मापी जाती है।

इसकी SI इकाई को बेकरेल नाम दिया गया है:

$$1 \text{ बेकरेल (बीक्यू)} = 1 \text{ विघटन प्रति सेकंड।}$$

क्षय स्थिरांक की एक अन्य इकाई क्यूरी है।

$$1 \text{ क्यूरी (Ci)} = 3.7 \times 10^{10} \text{ विघटन प्रति सेकंड।}$$

रेडियम (Ra) के विघटन की दर प्रति सेकंड प्रति ग्राम मापी जाती है। अभी तक दूसरी इकाई 'रदरफोर्ड' (आरडी) है: 1 आरडी = 106

विघटन प्रति सेकंड।

27.3.5 आधा जीवन ($T_{1/2}$)

किसी भी रेडियोधर्मी तत्व का आधा जीवन ($T_{1/2}$) उस समय के रूप में परिभाषित किया जाता है जिसमें मूल रेडियोधर्मी परमाणुओं की संख्या प्रारंभिक संख्या की आधी हो जाती है।

परिभाषा के अनुसार, $t = T_{1/2}$, $N = N_0/2$ पर। इसलिए समीकरण. 27.6 को इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है,

$$N_0 / 2 = N_0 \exp(-\lambda T_{1/2}) \Rightarrow T_{1/2} =$$

या $\log_e 2$

$$T_{1/2} = \frac{\log_e 2}{\lambda}$$

$$= \frac{2.303 \log_{10} 2}{\lambda}$$

$$= \frac{0.693}{\lambda} \quad (27.7)$$

इस प्रकार, किसी भी रेडियोधर्मी पदार्थ का आधा जीवन उसके क्षय स्थिरांक के व्युत्क्रमानुपाती होता है और यह उसका एक विशिष्ट गुण है

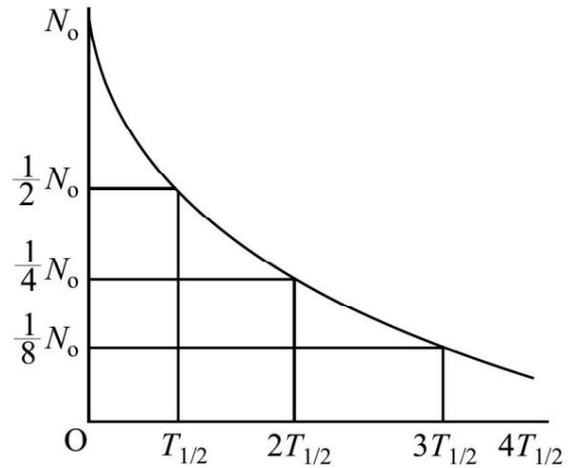
रेडियोधर्मी नाभिक. का आधा जीवन $^{14}_6\text{C}$ सी

(रेडियोधर्मी कार्बन) 5730 वर्ष है। इसका मतलब यह है

वह एक ग्राम $^{14}_6\text{C}$ 5730 वर्षों में C घटकर 0.5 ग्राम रह जाएगा।

अगले 5730 वर्षों में यह संख्या और कम होकर $0.5/2 = 0.25$ ग्राम हो जाएगी।

अर्थात कुल 11460 वर्ष की अवधि में। समय के साथ एक रेडियोधर्मी नमूना कैसे क्षय होता है यह देखने के लिए चित्र 27.5 देखें।



चित्र 27.5 : रेडियोधर्मी क्षय वक्र

उदाहरण 27.4

मोहनजो-दारो की खुदाई में प्राप्त एक पशु जीवाश्म में प्रति ग्राम कार्बन में प्रति मिनट 9 क्षय की गतिविधि दिखाई देती है। सिंधु घाटी सभ्यता की आयु का अनुमान लगाएं। समान जानवर के जीवित नमूने की गतिविधि को देखते हुए प्रति ग्राम 15 क्षय प्रति मिनट है, और

का आधा जीवन $^{14}_6\text{C}$ 5730 वर्ष है.

समाधान :

$^{14}_6\text{C}$ कार्बन का रेडियोधर्मी समस्थानिक है। जीवित प्रजातियों में यह निश्चित प्रतिशत में रहता है।

हालाँकि, मृत्यु पर, रेडियोधर्मी क्षय कानून का प्रतिशत, हम $^{14}_6\text{C}$ रेडियोधर्मी क्षय के कारण C कम होने लगता है। का उपयोग करते हुए लिख सकते हैं

एन (टी) = एन_० क्सप (-λटी)

ताकि $N/N_0 = \exp(-\lambda t) \Rightarrow 9/15 =$

या $\exp(-\lambda t)$

या $\log_e(9/15) = -\lambda t$

या $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$

जो देता है $t = 1/\lambda [\log(15/9)]$

यहाँ $T_{1/2} = 0.693/\lambda = 5730$ वर्ष, इसलिए,

$$t = 2.303 \times (5730/0.693) [\log 1015 - \log 109]$$

इस तरह $t = 4224.47$ वर्ष।

इस प्रकार, कार्बन-14 युक्त नमूना 4224.47 वर्ष पहले अस्तित्व में था। इसलिए अनुमान है सिंधु घाटी सभ्यता की आयु 4225 वर्ष है।

पाठगत प्रश्न 27.3

1. आप कैसे कह सकते हैं कि रेडियोधर्मिता एक परमाणु विघटन घटना है?
2. α , β और γ - विकिरणों की आयनीकरण और प्रवेश शक्तियों की तुलना करें।
3. मान निर्धारित करने के लिए आवेश और द्रव्यमान संख्याओं के संरक्षण का नियम लागू करें निम्नलिखित क्षय में a और b का - समीकरण :

$$(i) \quad \text{एक्स} = \frac{4}{2}\text{वह} + \text{वाई} + \gamma$$

$$(ii) \quad \text{एक्स} = \text{ई} + \text{वाई} + \gamma$$

4. किसी रेडियोधर्मी पदार्थ का आधा जीवन 5 वर्ष है। कितने समय में इसकी 10 ग्राम पदार्थ घटकर 2.5 ग्राम रह जायेगा?

27.3.6 रेडियोधर्मिता के अनुप्रयोग

रेडियोधर्मिता का हमारे दैनिक जीवन में अनेक अनुप्रयोग हैं। इनमें से कुछ दिए गए हैं नीचे।

1. चिकित्सा में: कैंसर के उपचार में (रेडियोथेरेपी), एक रेडियो-सक्रिय कोबाल्ट स्रोत जो β -किरणों का उत्सर्जन करता है उसका उपयोग कैंसर कोशिकाओं को नष्ट करने के लिए किया जाता है। एकल रेडियोधर्मी का क्षय परमाणु को किसी कंटेनर के बाहर किसी दूरस्थ स्थान पर रखे गए उपकरण द्वारा पंजीकृत किया जा सकता है दीवार। इस उच्च संवेदनशीलता का उपयोग ट्रेसर तकनीक में एक महत्वपूर्ण उपकरण के रूप में किया जाता है चिकित्सीय निदान, जैसे शरीर के किसी भी हिस्से में अल्सर का पता लगाना।
2. कृषि में: बीजों को नियंत्रित γ विकिरण के संपर्क में लाकर हम सक्षम हैं फसलों, फलों और सब्जियों की गुणवत्ता और उपज में सुधार। इन बीजों को विकिरणित करना इनके भण्डारण से पहले ही इन्हें सड़ने से बचाने में मदद मिलती है।
3. भूविज्ञान में: पुराने जीवाश्मों की आयु का अनुमान लगाने में। जीवित कार्बन की सामान्य गतिविधि प्रत्येक ग्राम के लिए प्रति मिनट लगभग 15 क्षय पदार्थ युक्त पदार्थ पाया जाता है कार्बन। यह गतिविधि रेडियोधर्मी कार्बन-14 के छोटे अनुपात से उत्पन्न होती है

साधारण कार्बन-12 के साथ वायुमंडल में मौजूद है। यह आइसोटोप β

वायुमंडल से पौधों द्वारा और पौधों को खाने वाले जानवरों में मौजूद होता है। इस प्रकार, के बारे में 108 रेडियोधर्मी कार्बनों में से एक भाग सभी जीवित प्राणियों (सभी जानवरों और) में मौजूद है

¹⁴₆ सीपलिया गया है

पौधे)। जब जीव मर जाता है, तो वायुमंडल के साथ उसकी अंतःक्रिया (अर्थात अवशोषण, जो उपरोक्त संतुलन बनाए रखता है) बंद हो जाती है और उसकी गतिविधि कम होने लगती है। इससे नमूने की उम्र का लगभग अनुमान लगाया जा सकता है। इसे कार्बन-डेटिंग कहा जाता है और यह पुरातत्वविदों द्वारा पुराने जीवाश्मों की आयु निर्धारित करने का सिद्धांत है।

यूरेनियम अयस्क युक्त भूवैज्ञानिक नमूनों में ^{238}U और ^{206}Pb की सापेक्ष मात्रा के माप से पृथ्वी की आयु का अनुमान लगाने में इसी तकनीक का उपयोग किया गया है। मान लें कि पृथ्वी के जन्म के समय अयस्क के नमूने में केवल यूरेनियम था और कोई सीसा नहीं था। समय बीतने के साथ यूरेनियम क्षय होकर सीसे में बदल गया।

इसलिए किसी भी नमूने में मौजूद सीसे की मात्रा उसकी उम्र का संकेत देगी। इस विधि से पृथ्वी की वर्तमान आयु लगभग 4 अरब वर्ष आंकी गई है।

4. उद्योग में: \square -विकिरण का उपयोग भारी मशीनरी की आंतरिक संरचना में खामियों (या खामियों) को खोजने के लिए किया जाता है। उदाहरण के लिए, यदि अंदर हवा का बुलबुला है, तो उस बिंदु पर \square -किरणों का प्रवेश अधिक होगा।

27.4 परमाणु विखंडन और संलयन

यह सर्वविदित तथ्य है कि सूर्य लगातार ऊर्जा प्रदान करके पृथ्वी पर जीवन का समर्थन करता है। यह पिछले कई अरब वर्षों से ऐसा कर रहा है और आने वाले अरबों वर्षों तक ऐसा करना जारी रखेगा। सूर्य द्वारा उत्सर्जित इस विशाल मात्रा में ऊर्जा का स्रोत क्या है? यह प्रश्न मानव मन को सदैव आकर्षित करता रहा। लेकिन अब हम विश्वसनीय रूप से जानते हैं कि सूर्य के केंद्र में ऊर्जा बहुत उच्च तापमान पर हाइड्रोजन नाभिक के हीलियम में संलयन से उत्पन्न होती है। यही बात अन्य सितारों के बारे में भी सच है। पर्युजन रिएक्टर में इन स्थितियों की नकल को आने वाले वर्षों में हमारी सभी ऊर्जा आवश्यकताओं के अंतिम स्रोत के रूप में उजागर किया जा रहा है।

इसी तरह, आपने ऊर्जा सुरक्षा और तारापोर, कोटा, कैगा, नरोरा, कलपक्कम और काकरापारा में हमारे परमाणु रिएक्टरों में बिजली उत्पादन के लिए परमाणु ऊर्जा की भूमिका के बारे में पढ़ा होगा।

दुनिया ने देखा कि 6 अगस्त, 1945 को जापान के एक बड़े शहर हिरोशिमा पर एक परमाणु बम गिराया गया, जिसने कुछ ही सेकंड के अंतराल में पूरे शहर को लगभग पूरी तरह से नष्ट कर दिया और लाखों लोगों की जान चली गई। इससे 20,000 टन टीएनटी (ट्राई नाइट्रो टोल्यूनि) बम के विस्फोट से निकली ऊर्जा के बराबर ऊर्जा निकली और यह मानव इतिहास में पूरी तरह से नई थी। तब से, अधिक शक्तिशाली (परमाणु, हाइड्रोजन और न्यूट्रॉन) बम बनाए गए हैं जिनकी विनाशकारी शक्ति कई मेगा टन टीएनटी के बराबर है। कहा जाता है कि महाशक्तियों ने बड़ी संख्या में ऐसे बम जमा कर रखे हैं। उनके भंडार की विनाशकारी शक्ति इतनी अधिक है कि वे पूरी पृथ्वी को कई बार नष्ट कर सकते हैं। ऊर्जा की इतनी विशाल मात्रा के लिए जिम्मेदार भौतिक प्रक्रिया परमाणु विखंडन है। इसके एक पहलू पर अगले अनुभाग में चर्चा की जाएगी। इससे पहले, रासायनिक प्रतिक्रिया और परमाणु प्रतिक्रियाओं की अवधारणा पर नीचे चर्चा की गई है:

27.4.1 रासायनिक प्रतिक्रिया

सभी पदार्थ परमाणुओं से बने होते हैं और सबसे बाहरी कक्षा में मौजूद इलेक्ट्रॉन किसी तत्व के रासायनिक गुणों को नियंत्रित करते हैं। अर्थात्, परमाणु अन्य परमाणुओं या अणुओं (परमाणुओं का एक समूह) के साथ जुड़ते हैं और अपने वैलेंस इलेक्ट्रॉनों को पुनर्व्यवस्थित करते हैं, इससे उनकी संभावित ऊर्जा में कमी आती है।

ऊर्जा की रिहाई या अवशोषण के साथ परमाणुओं और अणुओं की परस्पर क्रिया में वैलेंस इलेक्ट्रॉनों की पुनर्व्यवस्था के कारण एक नए यौगिक अणु का निर्माण रासायनिक प्रतिक्रिया कहलाता है। इस प्रक्रिया में केन्द्रक बिल्कुल भी प्रभावित नहीं होता है। यहां तक कि आंतरिक कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन भी अप्रभावित रहते हैं।

रासायनिक प्रतिक्रिया का एक उदाहरण ऑक्सीजन के साथ कार्बन परमाणुओं की परस्पर क्रिया है कार्बन डाइऑक्साइड उत्पन्न करने वाले अणु:



इस रासायनिक प्रतिक्रिया में, प्रत्येक प्रतिक्रियाशील कार्बन परमाणु के लिए 4.08 eV ऊर्जा निकलती है। इसे CO₂ अणु की बंधन ऊर्जा (BE) कहा जाता है। जिन प्रतिक्रियाओं के परिणामस्वरूप ऊर्जा निकलती है उन्हें ऊष्माक्षेपी कहा जाता है। जिन रासायनिक प्रतिक्रियाओं को शुरू करने के लिए ऊर्जा की आपूर्ति की आवश्यकता होती है, वे एंडोथर्मिक होती हैं। उदाहरण के लिए, यदि उपयुक्त परिस्थितियों में CO₂ अणु को 4.08 eV ऊर्जा दी जाती है, तो यह अपने घटकों में टूट जाएगा:



समीकरण में दिखाया गया है। (27.8), 4.08 ईवी ऊर्जा सीओ₂ गैस बनाने के लिए सिस्टम से निकलती है। इसलिए, CO₂ अणु का द्रव्यमान C और O₂ के कुल द्रव्यमान से 4.08 eV के बराबर द्रव्यमान से कम होगा। द्रव्यमान Δm की हानि की गणना संबंध $E = mc^2$ का उपयोग करके की जा सकती है :

$$\frac{4.08 \times 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}}{9 \times 10^{-16} \text{ kg}} = 7.26 \times 10^{-36} \text{ किलोग्राम} \quad (27.10)$$

द्रव्यमान में इतने छोटे परिवर्तन का पता नहीं लगाया जा सकता है और हम कहते हैं कि द्रव्यमान रासायनिक प्रतिक्रियाओं में संरक्षित रहता है, हालाँकि द्रव्यमान में थोड़ा परिवर्तन होता है।

रासायनिक प्रतिक्रियाओं में ध्यान देने योग्य महत्वपूर्ण बिंदु हैं:

एल 10 eV के क्रम की ऊर्जाएँ शामिल हैं।

एल द्रव्यमान में परिवर्तन 10-35 किलोग्राम के क्रम का होता है, जो कि बहुत छोटा है और हम कहते हैं कि द्रव्यमान संरक्षित है।

एल रासायनिक समीकरण के दाईं ओर प्रत्येक प्रकार के परमाणुओं की कुल संख्या हमेशा बाईं ओर प्रत्येक प्रकार के परमाणुओं की कुल संख्या के बराबर होती है।

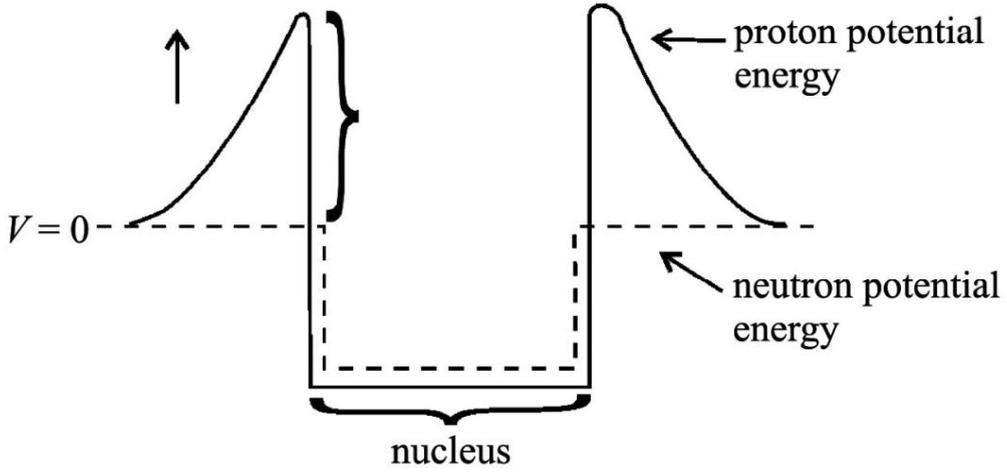
27.4.2 परमाणु प्रतिक्रियाएँ

परमाणु प्रतिक्रियाओं में, अभिकारकों के नाभिक, इलेक्ट्रॉन नहीं, एक दूसरे के साथ परस्पर क्रिया करते हैं।

इनके फलस्वरूप नये तत्वों का निर्माण होता है। इस प्रक्रिया को नाभिक का रूपांतरण भी कहा जाता है। पिछले पाठ से, आपको याद होगा कि परमाणु प्रतिक्रियाओं में MeV के क्रम की ऊर्जाएँ शामिल होती हैं।

जैसा कि बताया गया था कि किसी परमाणु का संपूर्ण धनात्मक आवेश उसके नाभिक में केंद्रित होता है, जिसका आकार 10-15 मीटर के क्रम का होता है। नाभिक कुछ निर्दिष्ट कक्षाओं में घूमने वाले इलेक्ट्रॉनों से घिरा हुआ है। ये एक मजबूत इलेक्ट्रोस्टैटिक संभावित अवरोध (जिसे कूलम्ब अवरोध भी कहा जाता है) बनाते हैं जैसा कि चित्र 27.6 में दिखाया गया है। कूलम्ब अवरोध कार्बन नाभिक के लिए लगभग 3 MeV और सीसा नाभिक के लिए 20 MeV है। इसका मतलब है कि किसी नाभिक पर लक्षित एक आवेशित प्रक्षेप्य को लक्ष्य नाभिक के कूलम्ब अवरोध द्वारा मजबूत प्रतिकर्षण का अनुभव होगा। यदि प्रक्षेप्य की गतिज ऊर्जा इतनी बड़ी नहीं है कि वह अवरोध को भेद सके, तो वह आ जाएगी

बिना कोई परमाणु प्रतिक्रिया उत्पन्न किये वापस। एक प्रोटॉन के लिए कार्बन नाभिक में प्रवेश करना और रूपांतरण उत्पन्न करें, इसकी ऊर्जा 3 MeV या उससे अधिक होनी चाहिए।



चित्र 27.6: नाभिक के पास प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की संभावित ऊर्जाएँ

परमाणु रूपांतरण या परमाणु प्रतिक्रिया की घटना की खोज भगवान ने की थी वर्ष 1919 में रदरफोर्ड ने नाइट्रोजन गैस पर उच्च ऊर्जा वाले α -कणों की बमबारी की। पोलोनियम स्रोत से 7.7 MeV ऊर्जा प्राप्त हुई। उन्होंने देखा कि नाइट्रोजन परिवर्तित हो गई ऑक्सीजन में। यह परिवर्तन उच्च ऊर्जा प्रोटॉन के साथ था:



ऑक्सीजन नाभिक और प्रोटॉन 6.5 MeV ले जाते हैं। स्पष्ट रूप से यह प्रतिक्रिया तब हो सकती है यदि 1.2 MeV ऊर्जा की आपूर्ति बाहर से की जाती है। इसलिए, यह एक एंडोथर्मिक परमाणु प्रतिक्रिया है। जब एल्यूमीनियम पर पोलोनियम से 7.7 MeV अल्फा कणों की बमबारी होती है, तो निम्नलिखित होता है परमाणु प्रतिक्रिया होती है और 10.7 MeV ऊर्जा निकलती है:



यहां हम देखते हैं कि इनपुट ऊर्जा की तुलना में अधिक ऊर्जा जारी होती है; यह एक ऊष्माक्षेपी है प्रतिक्रिया। ध्यान दें कि प्रति प्रतिक्रिया लगभग 3 MeV ऊर्जा का लाभ होता है, जो लगभग है एक कार्बन परमाणु के जलने से 700,000 गुना अधिक ऊर्जा निकलती है। लेकिन यह प्रतिक्रिया नहीं हो सकती ऊर्जा के उत्पादन के लिए उपयोग किया जा सकता है क्योंकि 125,000 आपतित अल्फा कणों में से केवल एक प्रतिक्रिया उत्पन्न करने में सफल होता है। इसलिए कुल मिलाकर, इससे कहीं अधिक ऊर्जा खर्च होती है उत्पादित?

परमाणु प्रतिक्रियाएँ प्रोटॉन, ड्यूटेरॉन, न्यूट्रॉन और अन्य प्रकाश द्वारा भी उत्पन्न की जा सकती हैं नाभिक। इनमें से, न्यूट्रॉन परमाणु प्रतिक्रियाएँ उत्पन्न करने के लिए सर्वोत्तम प्रक्षेप्य हैं; प्राणी तटस्थ कण, वे कूलम्ब प्रतिकर्षण का अनुभव नहीं करते हैं.. इस प्रकार थर्मल न्यूट्रॉन भी (अर्थात् 0.0253 eV ऊर्जा वाले न्यूट्रॉन) लक्ष्य नाभिक में प्रवेश कर सकते हैं और एक उत्पादन कर सकते हैं परमाणु प्रतिक्रिया। प्रोटॉन, ड्यूटेरॉन द्वारा उत्पन्न परमाणु प्रतिक्रियाओं के कुछ विशिष्ट उदाहरण और न्यूट्रॉन हैं:





रासायनिक प्रतिक्रियाओं की तरह, परमाणु प्रतिक्रियाएँ भी संरक्षण कानूनों का पालन करती हैं। ये हम बताते हैं अब।

परमाणु प्रतिक्रियाओं के लिए संरक्षण कानून

। अभिकारकों की द्रव्यमान संख्याओं का योग द्रव्यमान संख्याओं के योग के बराबर होता है उत्पादों का। समीकरण में. (27.13), द्रव्यमान संख्या $7 = 3 + 4 = 6 + 1$ संरक्षित है।

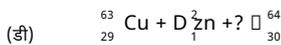
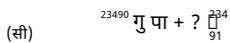
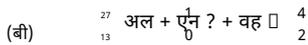
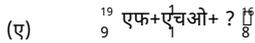
। अभिकारकों की परमाणु संख्याओं का योग परमाणु संख्याओं के योग के बराबर होता है उत्पादों का। समीकरण में. (27.13), परमाणु क्रमांक $4 = 3 + 1 = 2 + 2$ संरक्षित है।

। परमाणु अभिक्रियाएँ ऊर्जा संरक्षण के नियम का पालन करती हैं। हम जानते हैं कि द्रव्यमान है ऊर्जा का संकेंद्रित रूप. इसलिए इनपुट गतिज ऊर्जा और द्रव्यमान का योग अभिकारकों की संख्या आउटपुट गतिज ऊर्जा और उत्पादों के द्रव्यमान के बराबर है।

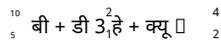
। परमाणु प्रतिक्रियाएँ संवेग के संरक्षण के नियम का पालन करती हैं, जिसके परिणामस्वरूप होता है विभिन्न उत्पाद नाभिकों के बीच गतिज ऊर्जा का वितरण

पाठगत प्रश्न 27.4

1. परमाणु प्रतिक्रिया के निम्नलिखित समीकरण पूरा करें।



2. नीचे दी गई परमाणु प्रतिक्रिया में जारी ऊर्जा की गणना करें



मान लें कि एम बी = 10.01294 यू; एम डी = 2.014103 यू और एम हे = 4.00260 यू। ${}_{2}^{4}$ □

3. ${}_{7}^{14}\text{एन}$ नाभिक, अल्फा कणों के साथ बमबारी करने पर, उत्पन्न करता है ${}_{8}^{17}\text{ओ}$. नीचे लिखें प्रतिक्रिया समीकरण और जारी ऊर्जा की गणना करें।

यह देखते हुए कि : ${}_{7}^{14}\text{एन}$ = 14.003014 यू; एम ओ = 16.999138 यू; एम वह = 4.002604 यू; ${}_{8}^{17}\text{ओ}$ □

एम एच = 1.007825 यू और □ कण की ऊर्जा = 7.7 MeV.

27.5 परमाणु विखंडन

विखंडन की खोज की कहानी बेहद दिलचस्प है. वर्ष 1938 में एनरिको फर्मी, ओटो हैन और अन्य ने ट्रांसयूरैनिक उत्पन्न करने के लिए धीमी गति से न्यूट्रॉन के साथ यूरेनियम नाभिक को विकिरणित किया तत्व (जिनका Z 92 से अधिक है), जो प्रकृति में नहीं पाए जाते हैं। जब न्यूट्रॉन आपतित होते हैं यूरेनियम नाभिक द्वारा कब्जा कर लिया गया, न्यूट्रॉन-प्रोटॉन अनुपात बढ़ गया। इसे कम करने में अनुपात, यह उम्मीद थी कि यूरेनियम β -सक्रिय हो जाएगा। वह अनिवार्य रूप से एक न्यूट्रॉन होगा ऐसा व्यवहार करें जैसे कि यह एक प्रोटॉन में बदल गया है जिसके परिणामस्वरूप एक β -कण और कुछ मुक्त हुए हैं समीकरण के अनुसार ऊर्जा:



इस प्रक्रिया में, परमाणु संख्या 93 वाले एक नए ट्रांसयूरैनिक तत्व की अपेक्षा की गई थी उत्पादन किया। वास्तव में, फर्मी और उनके सह-शोधकर्ताओं ने आधे जीवन वाली β -गतिविधियों का अवलोकन किया यूरेनियम के आसपास भारी तत्वों के किसी भी ज्ञात मान से भिन्न। से उन अवलोकनों से, उन्होंने निष्कर्ष निकाला कि ट्रांसयूरैनिक तत्वों का उत्पादन किया गया था। और करने के लिए तत्व की पहचान करने के लिए उन्होंने रासायनिक विश्लेषण किया लेकिन असफल रहे।

उसी वर्ष, ओटो हैन और फ्रिट्ज़ स्ट्रॉसमैन ने प्रयोगों की एक श्रृंखला को अंजाम दिया और यह स्थापित किया कि बेरियम, ट्रांसयूरैनिक के बजाय मध्यवर्ती द्रव्यमान संख्या का एक तत्व है तत्व प्रतिक्रिया के उत्पादों में से एक था और इसके रिलीज के साथ था लगभग 200 MeV ऊर्जा। यह परिणाम - यूरेनियम की धीमी न्यूट्रॉन बमबारी का उत्पाद है बेरियम था - पूरी तरह से अप्रत्याशित था और परमाणु भौतिकी के सभी ज्ञान को खारिज कर दिया उस समय। ये निष्कर्ष दिसंबर 1938 में नेचर में रिपोर्ट किए गए थे।

प्रारंभ में, लिसे मीटनर और ओटो रॉबर्ट फ्रिस्क ने इन परिणामों को इसके आधार पर समझाया नाभिक का तरल ड्रॉप मॉडल और सादृश्य का उपयोग करके इस प्रक्रिया को परमाणु विखंडन नाम दिया गया जैविक कोशिका विभाजन. बाद में, बोह्र और व्हीलर ने जारी ऊर्जा की मात्रा की गणना की इस प्रक्रिया में, इस मॉडल के भौतिक आधार की पुष्टि की जा रही है।

एनरिको फर्मी (1901 - 1954)

इटली में जन्मे भौतिक विज्ञानी एनरिको फर्मी इसके लिए जिम्मेदार थे मानव जाति के लिए परमाणु ऊर्जा का शांतिपूर्ण उपयोग। उन्होंने प्रदर्शन किया कि उजागर किसी भी तत्व में परमाणु परिवर्तन हो सकते हैं न्यूट्रॉन की धारा के लिए. उन्होंने आत्मनिर्भर परमाणु विखंडन हासिल किया 1942 में श्रृंखलाबद्ध प्रतिक्रिया।

फर्मी केवल 25 वर्ष के थे जब उन्होंने फर्मी- तैयार किया। डायराक ऑकड़े, आधे अभिन्न स्पिन वाले कणों पर लागू होते हैं मान (जिन्हें फ़र्मियन कहा जाता है)। उनकी अकाल मृत्यु के समय, वह ब्रह्मांडीय विकिरणों के सैद्धांतिक अध्ययन में तल्लीन थे।



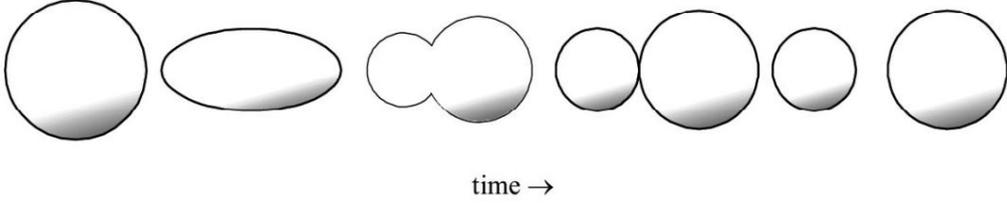
27.5.1 परमाणु विखंडन की क्रियाविधि

वर्ष 1939 में, बोहर और व्हीलर ने सादृश्य का उपयोग करके विखंडन का सिद्धांत विकसित किया परमाणु बलों और उन बलों के बीच जो अणुओं को तरल में बांधते हैं। उन्होंने इसकी भविष्यवाणी की थी

${}^{235}_{92}\text{यू}$ की तुलना में अधिक विखंडन था ${}^{237}_{92}\text{यू}$. चित्र 27.7 देखें। यदि परमाणु की योजनाएँ दिखाता है द्वारा विखंडन ${}^{235}_{92}$ समीकरण के अनुसार यू थर्मल न्यूट्रॉन।



उत्सर्जित न्यूट्रॉन में कुछ MeV और Q 200MeV के क्रम की ऊर्जा होती है। टिप्पणी न्यूट्रॉन कैप्चर के 10-17 सेकंड के भीतर एक विखंडन घटना होती है और विखंडन न्यूट्रॉन उत्सर्जित होते हैं



चित्र 27.7: तरल बूंद मॉडल के अनुसार नाभिक का परमाणु-विखंडन

घटना के लगभग 10-14 के भीतर। इसके अलावा, विखंडन टुकड़े असमान द्रव्यमान के होते हैं; एक दूसरे से 1.5 से 2 गुना भारी होना। इसके अलावा, समीकरण. (27.17) अधिक में से केवल एक देता है 40 से अधिक विभिन्न मोड जिनमें ${}^{235}\text{U}$ नाभिक विखंडन कर सकता है। यानी करीब 80 अलग

के विखंडन में मध्यवर्ती द्रव्यमान के नाभिकों का निर्माण होता है

द्रव्यमान सीमा 125 - 150 में है। अधिकतम 140 के आसपास है, जबकि हल्के टुकड़े 80 - 110 की सीमा में और अधिकतम 95 के आसपास स्थित है। उत्सर्जित न्यूट्रॉन की संख्या है

या तो दो या तीन और प्रति विखंडन उत्पादित न्यूट्रॉन की औसत संख्या

${}^{235}_{92}\text{U}$ यू . भारी टुकड़े

${}^{235}_{92}\text{U}$ यू 2.54 है

बोह और व्हीलर ने नाभिक को आवेशित गोलाकार सममित तरल बूंद के रूप में माना अपनी संतुलन (न्यूनतम ऊर्जा) अवस्था में। उनके अनुसार, जब कोई नाभिक किसी ताप को ग्रहण करता है न्यूट्रॉन, की बंधन ऊर्जा (बीई)।

यह न्यूट्रॉन, जो 6.8 MeV प्रति है

के लिए परमाणु द्रव्यमान इकाई ${}^{235}_{92}\text{U}$, है

जारी किया। यह ऊर्जा उत्तेजित करती है केन्द्रक और उसका आकार विकृत कर देता है। जबकि पृष्ठ तनाव का बल प्रयास करता है

मूल आकार पुनर्स्थापित करें, कूलम्ब बल इसे विकृत कर देता है

आगे। परिणामस्वरूप, यह दोलन करता है

गोलाकार और गूंगी घंटी के बीच

आकृतियों, जैसा कि चित्र 27.7 में दिखाया गया है,

की ऊर्जा पर निर्भर करता है

उत्तेजना. जब ऊर्जा प्राप्त हुई

नाभिक द्वारा आयाम बड़ा है

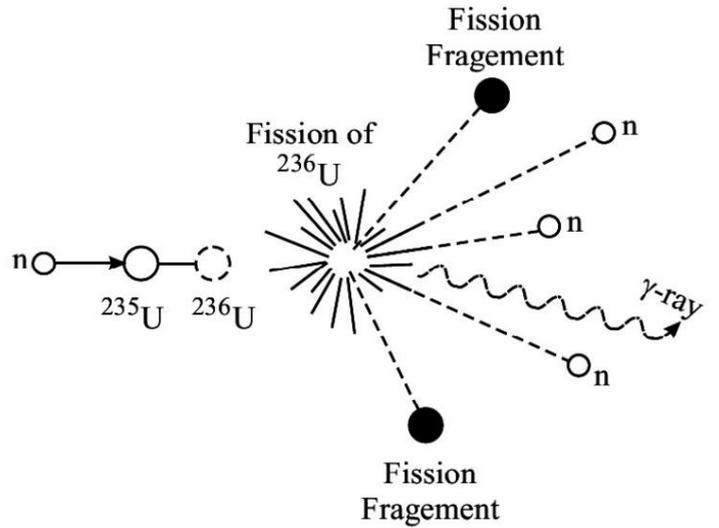
इन दोलनों को धक्का लगता है

न्यूक्लियंस को डम्बल आकार में। कब

दो आवेशों के बीच की दूरी

केंद्र एक महत्वपूर्ण मान से अधिक हो जाते हैं, उनके बीच इलेक्ट्रोस्टैटिक प्रतिकर्षण परमाणु पर हावी हो जाता है

सतह का तनाव और नाभिक को दो भागों में धकेलता है जिसके परिणामस्वरूप विखंडन होता है।



चित्र 27.8: परमाणु विखंडन

एक पदार्थ जैसा ${}^{235}_{92}\text{U}$ यू जो थर्मल न्यूट्रॉन द्वारा विखंडन से गुजरता है उसे विखंडन कहा जाता है

सामग्री। अन्य विखंडनीय पदार्थ हैं ${}^{239}\text{Pu}$, ${}^{233}\text{U}$ थ, यू और पु। आप देख सकते हैं कि ये सभी नाभिक

विषम द्रव्यमान संख्या और सम परमाणु संख्या होती है। हम ऊर्जा की मात्रा का अनुमान लगा सकते हैं

के विखंडन में जारी किया गया ${}_{92}^{235}\text{U}$ यू द्रव्यमान दोष की गणना इस प्रकार करें:

तालिका - 27.1 परमाणु प्रतिक्रिया में उत्पन्न ऊर्जा

अभिकारक	द्रव्यमान	उत्पादों	द्रव्यमान
${}^{235}\text{U}$	235.0439 यू	${}_{56}^{14}\text{Ba}$ + ${}_{36}^{92}\text{Kr}$	140.9139 यू
1n	1.008665 यू	$3 \times \text{वी.एन}$	3.025995 यू
कुल द्रव्यमान	236.052565 यू	कुल द्रव्यमान	235.837195 यू
सामूहिक दोष	0.21537 यू		
ऊर्जा जारी	$0.21537 \times 931 \sim 200$ मेव		

27.5.2 परमाणु श्रृंखला प्रतिक्रिया

अब आप जान चुके हैं कि जब ए

न्यूट्रॉन को दो टुकड़ों द्वारा पकड़ा जाता ${}_{92}^{235}\text{U}$ यू, यह विभाजित हो जाता है

है और 2-3 न्यूट्रॉन होते हैं

उत्सर्जित। ये उत्पन्न करने में सक्षम हैं

आगे विखंडन। ये तुरंत

की रोमांचक सम्भावना प्रस्तुत की

में विखंडन श्रृंखला प्रतिक्रिया को बनाए रखना जो प्रत्येक विखंडन घटना से एक को हटा देता है

न्यूट्रॉन और उससे अधिक द्वारा प्रतिस्थापित करता है दो।

जब उत्पादन की दर

न्यूट्रॉन न्यूट्रॉन की दर हानि के बराबर है,

प्रतिक्रिया को आत्मनिर्भर कहा जाता है।

आत्मनिर्भर और नियंत्रित श्रृंखला प्रतिक्रिया को बनाए रखने के लिए

डिज़ाइन किया गया उपकरण परमाणु रिएक्टर कहलाता है। परमाणु रिएक्टर हैं

आमतौर पर उस उद्देश्य के अनुसार वर्गीकृत किया जाता है जिसके लिए उनका उपयोग किया जाता है। तो एक परमाणु शक्ति

रिएक्टर का उपयोग बिजली का उत्पादन करने के लिए किया जाता है और एक अनुसंधान रिएक्टर का उपयोग रेडियोआइसोटोप का उत्पादन करने के लिए किया जाता है

चिकित्सा प्रयोजनों के लिए, परिशोधन या अनुप्रयुक्त अनुसंधान के लिए प्रयोग करना। हम

न्यूट्रॉन की ऊर्जा के आधार पर, परमाणु रिएक्टरों को तेज़ और धर्मल के रूप में भी वर्गीकृत किया जाता है

विखण्डन उत्पन्न करना। भारत में, हमारे पास तारापोर, नरोरा, कोटा, कैगा, में धर्मल पावर रिएक्टर हैं।

आदि। कलपक्कम में, हमने एक फास्ट ब्रीडर अनुसंधान रिएक्टर विकसित किया है। एक संक्षिप्त विवरण

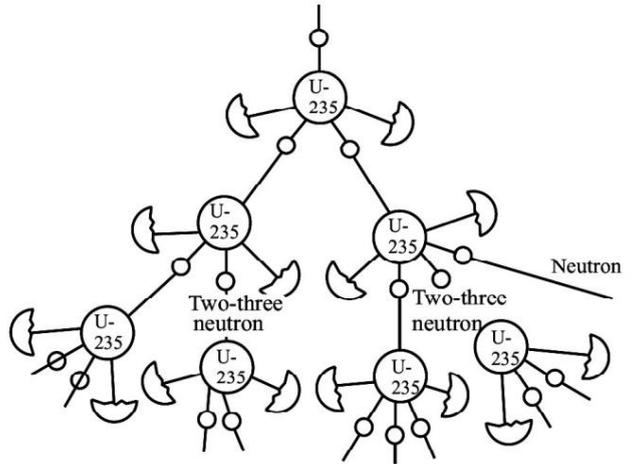
परमाणु रिएक्टर का विवरण नीचे दिया गया है।

27.5.3 परमाणु रिएक्टर

जब से फ़र्मी और उनके सहकर्मियों द्वारा पहले परमाणु रिएक्टर का निर्माण किया गया था

शिकागो विश्वविद्यालय, संयुक्त राज्य अमेरिका, दुनिया भर में बड़ी संख्या में रिएक्टरों का निर्माण किया गया है

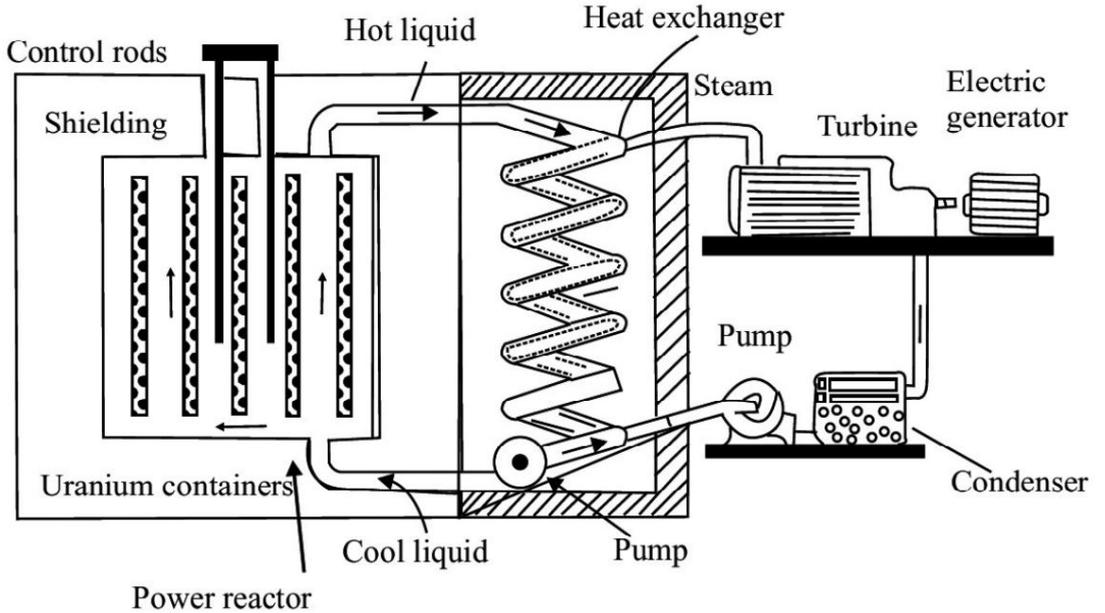
मुख्य रूप से ऊर्जा की मांग को पूरा करने के लिए। कुछ देश अपना 70% तक उत्पादन करते हैं



चित्र 27.9: परमाणु श्रृंखला अभिक्रिया

परमाणु रिएक्टरों से कुल ऊर्जा. भारत में परमाणु ऊर्जा का योगदान लगभग 2% ही है, लेकिन इस हिस्सेदारी को बढ़ाने के प्रयास जारी हैं। कुल मिलाकर, हम परमाणु रिएक्टरों से लगभग 20,000 मेगावाट का उत्पादन कर रहे हैं। परमाणु रिएक्टरों की संरचना बड़ी जटिल होती है और इन्हें डिजाइन करने में बहुत सावधानी बरतनी पड़ती है। परमाणु ऊर्जा संयंत्र का मूल सिद्धांत बहुत सरल और किसी भी ऊर्जा संयंत्र के समान है। विखंडन में निकलने वाली गर्मी का उपयोग ईंधन के चारों ओर शीतलक, जैसे पानी, को प्रसारित करके उच्च दबाव और उच्च तापमान पर भाप का उत्पादन करने के लिए किया जाता है। (कोयले से चलने वाले स्टेशन में, भाप पैदा करने के लिए कोयले को जलाया जाता है। चूंकि एक विखंडन घटना कार्बन के एक परमाणु को जलाने से उत्पन्न ऊर्जा की तुलना में लगभग 7×10^5 गुना अधिक ऊर्जा उत्पन्न करती है, इसलिए हम इस पर स्विच करके ग्रीनहाउस गैसों के उत्सर्जन में काफी हद तक कटौती कर सकते हैं। परमाणु ऊर्जा। हालाँकि, वैश्विक आयामों के साथ कुछ जटिल सामाजिक और राजनीतिक मुद्दे हैं जो अंततः हमारे अंतिम परमाणु ऊर्जा विकल्पों को तय करेंगे।)

भाप बिजली पैदा करने के लिए टरबाइन-जनरेटर प्रणाली चलाती है। (अनुसंधान रिएक्टरों में, गर्मी को नदी या समुद्र में छोड़ दिया जाता है। आपने कई लोगों ने ट्रॉम्बे, मुंबई में भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र या कलपक्कम में इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केंद्र के बारे में सुना होगा। इन केंद्रों में अनुसंधान रिएक्टरों द्वारा उत्पन्न गर्मी को नदी या समुद्र में छोड़ दिया जाता है। क्रमशः अरब सागर और बंगाल की खाड़ी।)



चित्र 27.10: परमाणु रिएक्टर का योजनाबद्ध आरेख

रिएक्टर की सामान्य विशेषताएं चित्र 27.10 में दर्शाई गई हैं। सभी परमाणु रिएक्टरों से मिलकर बनता है का:

एल एक रिएक्टर कोर, जहां विखंडन होता है जिसके परिणामस्वरूप ऊर्जा निकलती है। इसमें वांछित स्तर पर श्रृंखला प्रतिक्रिया को बनाए रखने के लिए ईंधन छड़ें (थर्मल रिएक्टरों में एक मॉडरेटर में एम्बेडेड) और नियंत्रण छड़ें हैं। विखंडन में उत्पन्न गर्मी को दूर करने के लिए शीतलक को परिचालित किया जाता है। आमतौर पर, भारी पानी या साधारण पानी का उपयोग शीतलक के रूप में किया जाता है और कैडमियम या बोरॉन का उपयोग नियंत्रण छड़ के लिए किया जाता है।

एल कोर से न्यूट्रॉन रिसाव को रोकने के लिए कोर के बगल में एक परावर्तक लगाया जाता है।

एल पूरी असंबली को एक बर्तन के अंदर रखा जाता है, जिसे दबाव पोत कहा जाता है। आमतौर पर, कुछ इस उद्देश्य के लिए इंच मोटे स्टेनलेस स्टील का उपयोग किया जाता है।

। वैज्ञानिकों और काम करने वाले अन्य कर्मियों की सुरक्षा के लिए एक मोटी ढाल प्रदान की जाती है
रिएक्टर कोर से आने वाले विकिरणों से रिएक्टर के चारों ओर। यह आमतौर पर होता है एक मोटी कंक्रीट की दीवार का रूप।

एल संपूर्ण संरचना एक रिएक्टर भवन के अंदर रखी गई है। यह वायुरोधी है और इसका रखरखाव किया जाता है वायुमंडलीय दबाव से थोड़ा कम दबाव पर ताकि कोई हवा बाहर न निकले इमारत।

विखंडन के कारण रिएक्टर के कोर के अंदर उत्पन्न गर्मी को किसके द्वारा हटा दिया जाता है? शीतलक प्रसारित करना। गर्म शीतलक को अपनी गर्मी को एक द्वितीयक तरल पदार्थ में छोड़ने के लिए बनाया जाता है, आमतौर पर हीट एक्सचेंजर में पानी। यह भाप उत्पन्न करता है, जिसका उपयोग बिजली संयंत्र में बिजली का उत्पादन करने के लिए टरबाइन-जनरेटर प्रणाली को चलाने के लिए किया जाता है और नदी/झील/में छोड़ा जाता है। एक शोध रिएक्टर में समुद्र।

पाठगत प्रश्न 27.5

1. ए. क्यों करता है? $^{238}_{92}$ न्यूट्रॉन को अवशोषित करने के बाद यू नाभिक $^{235}_{92}$ सक्रिय हो जाता है?
2. बाहर $^{238}_{92}$ यू, $^{141}_{54}$ बा, $^{141}_{39}$ पु और $^{89}_{39}$ सौ, कौन सा नाभिक 12 विखंडनीय है?
3. कब कितनी ऊर्जा निकलती है $^{235}_{92}$ क्या आप परमाणु विखंडन से गुजरते हैं?

27.6 परमाणु संलयन

अब आप जानते हैं कि यूरेनियम नाभिक को हल्के नाभिकों में विभाजित किया जा सकता है भारी मात्रा में ऊर्जा मुक्त होने में। अब आप पूछ सकते हैं: क्या हम हल्के नाभिकों को जोड़ सकते हैं? ऊर्जा उत्पन्न करें? इस प्रश्न का उत्तर खोजने के लिए, प्रति न्यूक्लियॉन बंधन ऊर्जा का संदर्भ लें (बीई/ए) वक्र (चित्र 27.2)। आप देखेंगे कि जैसे-जैसे हम बढ़ते हैं प्रति न्यूक्लियॉन बंधन ऊर्जा बढ़ती है हाइड्रोजन से हीलियम की ओर जाएँ। इसका मतलब है कि हीलियम हाइड्रोजन से अधिक स्थिर है। विचार करना निम्नलिखित प्रतिक्रिया:



आप तालिका-27.2 का उपयोग करके आसानी से अभिकारकों और उत्पादों के बीई की गणना कर सकते हैं:

तालिका - 27.2: कुछ प्रकाश नाभिकों की प्रति नाभिकीय बंधन ऊर्जा (बीई/ए)।

न्यूक्लियॉन	बीई/ए (एमईवी में)
3डी	1.11
3टी	2.827
3वह	2.573
4वह	7.074
6ली	5.332
7ली	6.541

आप आसानी से अभिकारकों और उत्पादों के बीई की गणना कर सकते हैं:

अभिकारकों का कुल BE, $BE_1 = 2 \times 2.22 = 4.44 \text{ MeV}$ उत्पादों का कुल BE,

$BE_2 = 28.295 \text{ MeV}$ $Q = (BE_2 - BE_1) \sim 24 \text{ MeV}$

—

इसलिए, इस प्रतिक्रिया में प्रति न्यूक्लियॉन जारी ऊर्जा $24/4 = 6 \text{ MeV}$ है, जो परमाणु विखंडन घटना में प्रति न्यूक्लियॉन ($200/238 = 0.83 \text{ MeV}$) जारी ऊर्जा का लगभग सात गुना है।

वह प्रक्रिया जिसमें दो हल्के नाभिक मिलकर एक भारी नाभिक बनाते हैं, परमाणु संलयन कहलाती है।

संलयन प्रक्रिया स्वयं को अधिक व्यवहार्य ऊर्जा विकल्प के रूप में प्रस्तुत करती है। हालाँकि, परमाणु विखंडन की तुलना में संलयन की प्रक्रिया को प्राप्त करना अधिक कठिन है क्योंकि दोनों ड्यूटेरॉन सकारात्मक रूप से चार्ज होते हैं। जब हम उन्हें एक साथ लाकर एक नाभिक में संयोजित करने का प्रयास करते हैं, तो वे एक-दूसरे को बहुत दृढ़ता से प्रतिकर्षित करते हैं और प्रतिक्रिया आम तौर पर असंभव होती है।

इस प्रतिक्रिया को प्राप्त करने के लिए, ड्यूटेरॉन को लगभग 10 मिलियन केल्विन तक गर्म करना पड़ता है ताकि वे हीलियम नाभिक में फ्यूज होने से पहले प्रतिकर्षण को दूर करने के लिए पर्याप्त गतिज ऊर्जा प्राप्त कर सकें। लेकिन इतने ऊंचे तापमान को लगातार बनाए रखने और अभिकारकों को एक साथ रखने से जुड़ी समस्याएं अभी तक पूरी तरह से हल नहीं हुई हैं। हालाँकि, ऊर्जा के इस स्रोत के दोहन के लिए आवश्यक नियंत्रित थर्मोन्यूक्लियर प्रतिक्रिया बहुत दूर नहीं है

अब।

समुद्र में लगभग अक्षय मात्रा में ड्यूटेरियम (भारी हाइड्रोजन) मौजूद है।

एक बार जब हम इस स्रोत का उपयोग करना शुरू कर देंगे, तो हमारी ऊर्जा समस्या हमेशा के लिए हल हो जानी चाहिए। हमें बिना किसी प्रदूषण के सस्ती बिजली की असीमित आपूर्ति मिलेगी। ऐसा इसलिए है क्योंकि एक ग्राम ड्यूटेरियम (भारी हाइड्रोजन) लगभग 100,000 kWh ऊर्जा उत्पन्न करता है।

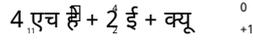
27.6.1 सूर्य और तारों में ऊर्जा

हमारे सूर्य जैसे तारे बहुत विशाल वस्तुएँ हैं। वे लगातार उत्सर्जन कर रहे हैं पिछले अरबों वर्षों से प्रचंड मात्रा में ऊर्जा।

कोयले जैसे पारंपरिक ईंधन को जलाकर इतनी बड़ी मात्रा में ऊर्जा प्राप्त नहीं की जा सकती। परमाणु विखंडन भी इस ऊर्जा का स्रोत नहीं हो सकता, क्योंकि सूर्य में भारी तत्व अधिक मात्रा में मौजूद नहीं होते हैं। सूर्य में मुख्यतः हाइड्रोजन और हीलियम गैस हैं। तो फिर आप यह जानना चाहेंगे: सूर्य में ऊर्जा का स्रोत क्या है? यह प्रश्न लंबे समय से मानव बुद्धि को उलझाए हुए है। एक बच्चे के रूप में, जब आपने यह कविता सीखी होगी तो आपने आसमान की ओर देखा होगा: ट्विंकल ट्विंकल लिटिल स्टार, मुझे आश्चर्य है कि आप क्या हैं!

आप जानते होंगे कि सूर्य का विशाल द्रव्यमान अत्यंत मजबूत गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र उत्पन्न करता है, जो इसके घटक गैसों को भारी दबाव से संपीड़ित करता है जिसके परिणामस्वरूप इसके केंद्र में तापमान लाखों केल्विन तक बढ़ जाता है। यह अनुमान लगाया गया है कि सूर्य के केंद्र का तापमान 20 मिलियन केल्विन है। ऐसे उच्च तापमान और दबाव पर, गैस के अणु उच्च गति से यात्रा करते हैं और थर्मोन्यूक्लियर प्रतिक्रिया में टकराते हैं और परिणामस्वरूप बड़ी मात्रा में ऊर्जा निकलती है।

हंस बेथे ने प्रस्तावित किया कि हाइड्रोजन का हीलियम में संलयन तारों में उत्पन्न ऊर्जा के लिए जिम्मेदार है:



यहां समग्र परिणाम यह है: चार हाइड्रोजन नाभिक एक हीलियम नाभिक में विलीन हो जाते हैं दो पोजिट्रॉन (एक ही द्रव्यमान के इलेक्ट्रॉन जैसे सूक्ष्मदर्शी कण लेकिन सकारात्मक) की रिहाई चार्ज) और 26.8 MeV ऊर्जा। थर्मो-न्यूक्लियर प्रतिक्रिया में जारी ऊर्जा की जबरदस्त मात्रा तारों में ऊर्जा का स्रोत है। सूर्य में हाइड्रोजन की मात्रा है यह इसे लगभग 8 अरब वर्षों तक चमकते रहने के लिए पर्याप्त है।

पाठगत प्रश्न 27.6

1. एक के विखंडन में 200 MeV ऊर्जा निकलती है $^{235}_{92}\text{U}$ यू नाभिक और 26.8 MeV ऊर्जा 4 प्रोटॉन के संलयन से मुक्त होता है। कौन सी प्रक्रिया प्रति यूनिट अधिक ऊर्जा जारी करती है? द्रव्यमान?

2. निम्नलिखित प्रतिक्रियाओं पर विचार करें:



पहली प्रतिक्रिया में Q और दूसरी प्रतिक्रिया में ट्रिटियम के द्रव्यमान की गणना करें। दिया गया

$$\text{एम डी}^2 = 2.014103 \text{ यू, एम एच} = 4.002604 \text{ यू, एम डी}^3 = 1.007825 \text{ यू और डीएम}^1 = 7.015982 \text{ यू} \quad \square \quad \square$$

27.7 परमाणु ऊर्जा

हमें जीवन की सभी गतिविधियों के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है। प्रति व्यक्ति उपभोग की जाने वाली ऊर्जा की मात्रा किसी राष्ट्र की उन्नति का माप है। यूनेस्को की एक रिपोर्ट (2007) के अनुसार, हम हैं धरती माता भोजन, पानी के रूप में जो पैदा कर सकती है, उससे लगभग 40% अधिक का उपभोग करती है और ऊर्जा। दरअसल, मानव समाज ऊर्जा सुरक्षा के लिए लगातार प्रयासरत रहा है और ऊर्जा के नए स्रोतों की तलाश कर रहे हैं। ऊर्जा के पारंपरिक स्रोतों के अधिक उपयोग के कारण बहुत तेजी से घट रहे हैं और अगले सौ वर्षों में पूरी तरह समाप्त हो सकते हैं। हमारी भविष्य की ऊर्जा जरूरतों को पूरा करने के लिए परमाणु ऊर्जा शायद एक महत्वपूर्ण विकल्प है शांतिपूर्ण अनुप्रयोग। आइए अब इन पर चर्चा करें।

27.7.1 शांतिपूर्ण अनुप्रयोग

परमाणु ऊर्जा का सबसे महत्वपूर्ण शांतिपूर्ण अनुप्रयोग बिजली उत्पादन में है। परमाणु ऊर्जा संयंत्र का एक मुख्य लाभ यह है कि इसमें ईंधन भरने की आवश्यकता नहीं होती है धर्मल पावर प्लांट में गैस या कोयले की तरह इसमें लगातार। इसके अलावा, यह प्रदूषित नहीं करता है जीवाश्म ईंधन/बिजली संयंत्रों से निकलने वाले धुएं या राख की सीमा तक पर्यावरण। रिएक्टर में एक बार लोड किया गया ईंधन लगातार लगभग 6 महीने तक चलता है। इसके कारण परमाणु ऊर्जा संयंत्रों का उपयोग विशाल जहाजों और पनडुब्बियों को बिजली देने के लिए किया गया है।

हालाँकि, रिएक्टर से निकला ईंधन अत्यधिक रेडियोधर्मी होता है क्योंकि इसमें बड़ी मात्रा में रेडियोधर्मी पदार्थ होते हैं रेडियोआइसोटोप की संख्या। भारत ने इस खर्च किए गए ईंधन के उपचार के लिए अपनी सुविधा विकसित की है कृषि, चिकित्सा, उद्योग और अनुसंधान में उपयोग के लिए रेडियोआइसोटोप निकालें। से बचने के लिए रेडियोधर्मी कचरे से रेडियोधर्मी विकिरणों का प्रसार, रेडियोधर्मी कचरा आम तौर पर होता है भारी स्टील के बक्सों में नमक की खदानों के अंदर गहराई तक जड़ा हुआ। फिर भी, इसने काफी कुछ पैदा किया है इसकी विनाशकारी क्षमता के कारण विवाद उत्पन्न हुआ जो 6 अगस्त 1945 को प्रदर्शित हुआ

हिरोशिमा (जापान) पर परमाणु बम गिराए जाने से बहुत ही कम समय में एक लाख लोग मारे गए। इसके बाद, और भी अधिक शक्तिशाली हाइड्रोजन और नाइट्रोजन बम विकसित किए गए हैं। ये इस खूबसूरत ग्रह को कई बार नष्ट कर सकते हैं।

भारत में परमाणु ऊर्जा

नागरिक उपयोग के लिए परमाणु ऊर्जा के दोहन की संभावना को डॉ. एचजे भाभा ने भारत की आजादी के तुरंत बाद पहचाना था। उन्होंने देश की परमाणु ऊर्जा जरूरतों को पूरा करने के लिए तीन चरणीय विकास योजना की रूपरेखा प्रस्तुत की। ये हैं :

एल बिजली उत्पन्न करने और उप-उत्पाद के रूप में प्लूटोनियम का उत्पादन करने के लिए प्राकृतिक यूरेनियम द्वारा संचालित दबावयुक्त भारी जल प्रतिक्रिया (पीएचडब्ल्यूआर) का उपयोग करें।

एल यू-233 के उत्पादन के लिए प्लूटोनियम को जलाने वाले फास्ट ब्रीडर रिएक्टर स्थापित करें थोरियम।

एल दूसरे चरण का विकास करें और विखंडनीय सामग्री का अधिशेष उत्पादन करें।

भारत में 14 छोटे और एक मध्यम आकार के परमाणु ऊर्जा रिएक्टरों के माध्यम से वाणिज्यिक संचालन में, आठ निर्माणाधीन और अधिक योजनाबद्ध तरीके से परमाणु ऊर्जा का उत्पादन किया गया है। अब तक, परमाणु ऊर्जा लगभग 2×1010 किलोवाट बिजली का योगदान देती है - कुल उपलब्ध बिजली क्षमता का 3%।

सरकार की नीति 2020 तक 20 गीगावॉट परमाणु क्षमता संचालित करने की है और 2050 तक 25% परमाणु योगदान का अनुमान है।

पाठगत प्रश्न 27.7

1. भारत में विद्युत उत्पादन के लिए किस प्रकार के रिएक्टरों का उपयोग किया जाता है?
2. कितना ²³⁵⁹² यू में एक परमाणु बम का विखंडन होता है जिससे 20,000 टन टीएनटी के बराबर ऊर्जा निकलती है। (यह देखते हुए कि 1 ग्राम टीएनटी 1000 कैलोरी ऊष्मा उत्पन्न करता है)।

27.7.2 परमाणु विकिरण के खतरे और सुरक्षा उपाय

हमारे आस-पास की सजीव और निर्जीव वस्तुएँ हमारे पर्यावरण का निर्माण करती हैं। इस पर्यावरण में, वनस्पतियों, जीवों, जलीय और मानव जीवन के बीच लाखों वर्षों से एक नाजुक संतुलन मौजूद है। यह संतुलन अब खतरे में है। इस संतुलन को बिगाड़ने वाले कारकों में से एक हमारे पर्यावरण में लगातार बढ़ता प्रदूषण है। हमारे पर्यावरण में मौजूद विभिन्न प्रकार के प्रदूषकों में से, जिसका बहुत गंभीर दीर्घकालिक जैविक प्रभाव होता है, वह है 'परमाणु विकिरण'। पहले ये केवल रेडियोधर्मी खनिजों और कॉस्मिक किरणों जैसे प्राकृतिक स्रोतों के कारण मौजूद थे, लेकिन अब मानव निर्मित स्रोतों के कारण इनकी उपस्थिति दिन-ब-दिन बढ़ती जा रही है। परमाणु विकिरण के प्रमुख वर्तमान मानव निर्मित स्रोत परमाणु परीक्षण, परमाणु अनुसंधान सुविधाएँ, परमाणु रिएक्टर और बीमारियों के इलाज में रेडियो आइसोटोप जैसे परमाणु प्रतिष्ठान हैं।

परमाणु विकिरण आयनीकरण के माध्यम से जीवित ऊतकों के जटिल अणुओं को अलग कर देते हैं और कोशिकाओं को मार देते हैं। वे कैंसर के विकास को प्रेरित करते हैं, बांझपन का कारण बनते हैं, त्वचा में गंभीर जलन पैदा करते हैं और बीमारियों के खिलाफ शरीर की प्रतिरोधक क्षमता को कम करते हैं। वे आनुवंशिक प्रक्रिया को बाधित करते हैं, मुख्य रूप से अजन्मे बच्चे में, और पाँच पीढ़ियों तक भी अपना प्रभाव दिखाते हैं। परमाणु विकिरण न केवल प्रत्यक्ष रूप से, बल्कि अप्रत्यक्ष रूप से वनस्पतियों, जीवों और जलीय जीवन को भी प्रभावित करते हैं

हमारे आसपास। वे वनस्पति, मछलियों और जानवरों को मारते हैं।

परमाणु विकिरणों से होने वाली क्षति शरीर के उजागर हिस्से के साथ-साथ ऊर्जा, तीव्रता और विकिरण की प्रकृति पर निर्भर करती है। मानव शरीर के विभिन्न अंग विकिरण के प्रति अलग-अलग संवेदनशीलता दिखाते हैं। α -कण, एक नियम के रूप में, अपनी उच्च आयनीकरण शक्ति के कारण काफी हानिकारक होते हैं। विभिन्न विकिरणों के हानिकारक प्रभावों की तुलना आम तौर पर उनकी 'सापेक्ष जैविक प्रभावशीलता' के संदर्भ में की जाती है, जिन्हें आरबीई कारक कहा जाता है। विभिन्न कणों/विकिरणों के लिए ये कारक तालिका-27.3 में दिए गए हैं।

तालिका - 27.3 : विभिन्न विकिरणों के आरबीई कारक

कण/विकिरण	आरबीई कारक
एक्स-रे, γ -विकिरण, β -कण	1
धर्मल न्यूट्रॉन	2 से 5
तेज़ न्यूट्रॉन	10
α -कण, O, N, आदि के उच्च ऊर्जा आयन।	10 से 20

विकिरण के प्राकृतिक स्रोतों पर कोई नियंत्रण नहीं है। हालाँकि, प्रयास अवश्य हो सकते हैं मानव निर्मित स्रोतों से विकिरण को कम करने के लिए बनाया गया। इनमें से कुछ इस प्रकार हैं:

परमाणु विस्फोट से बचें .

रेडियो-आइसोटोप का उत्पादन कम करें।

रेडियो-न्यूक्लाइड के अंश वाले औद्योगिक कचरे के निपटान में अत्यधिक सावधानी बरती जानी चाहिए।

एल परमाणु औषधियों और विकिरण चिकित्सा का उपयोग केवल तभी किया जाना चाहिए जब अत्यंत आवश्यक हो, और सुविचारित खुराक के साथ।

आपने क्या सीखा है

। परमाणु के नाभिक में धनावेशित प्रोटॉन और अनावेशित न्यूट्रॉन होते हैं।

। किसी भी तत्व के परमाणु के नाभिक के अंदर प्रोटॉनों की संख्या उस तत्व का परमाणु क्रमांक बताती है।

। किसी परमाणु के नाभिक में प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की संख्या का योग उसकी द्रव्यमान संख्या कहलाता है।

। वे परमाणु जिनकी परमाणु संख्या समान लेकिन द्रव्यमान संख्या भिन्न-भिन्न होती है, समस्थानिक कहलाते हैं।

समान द्रव्यमान संख्या लेकिन भिन्न परमाणु संख्या वाले परमाणुओं को आइसोबार कहा जाता है।

। समान संख्या में न्यूट्रॉन वाले परमाणुओं को आइसोटोन कहा जाता है।

एल प्रत्येक परमाणु के नाभिक के अंदर के न्यूक्लियॉन मजबूत आकर्षक परमाणु बलों द्वारा एक साथ बंधे होते हैं जो कम दूरी और चार्ज-स्वतंत्र होते हैं।

। किसी नाभिक का द्रव्यमान उसके नाभिकों के द्रव्यमान के योग से कम पाया जाता है।

द्रव्यमान में इस अंतर को द्रव्यमान-दोष कहा जाता है। यह बंधनकारी ऊर्जा का माप है।

। नाभिक का आकार (आयतन) उसकी द्रव्यमान संख्या पर निर्भर करता है।

। किसी भी नाभिक से α -कणों या β -कणों के सहज उत्सर्जन के बाद α -उत्सर्जन को रेडियोधर्मिता कहा जाता है।

। α -कणों की पहचान हीलियम नाभिक के रूप में की गई है, जबकि β -कणों की पहचान तेजी से चलने वाले इलेक्ट्रॉनों के रूप में की गई है। γ -किरणें अत्यंत छोटी तरंग दैर्घ्य की विद्युत चुम्बकीय तरंगें हैं।

रेडियोधर्म क्षय के नियम के अनुसार, प्रति सेकंड विघटित होने वाले रेडियोधर्मी परमाणुओं की संख्या उस क्षण मौजूद रेडियोधर्मी परमाणुओं की संख्या के समानुपाती होती है।

एल किसी रेडियोधर्मी पदार्थ का आधा जीवन वह समय है जिसके दौरान की संख्या रेडियोधर्मी परमाणु अपनी मूल संख्या से आधे से कम हो जाते हैं।

। घातांकीय क्षय का नियम $N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$ है। एल वैलेंस इलेक्ट्रॉन रासायनिक प्रतिक्रियाओं में भाग लेते हैं और ऐसी प्रतिक्रियाओं में शामिल ऊर्जा 1 eV के क्रम की होती है।

एल परमाणु प्रतिक्रिया में, परमाणु नाभिक एक नया तत्व बनाने के लिए परस्पर क्रिया करते हैं।

। परमाणु प्रतिक्रिया में शामिल ऊर्जा MeV के क्रम की होती है।

एल परमाणु प्रतिक्रिया में, परमाणु क्रमांक, द्रव्यमान संख्या और आवेश संरक्षित रहते हैं।

जब यूरेनियम जैसे भारी नाभिक पर धीमे न्यूट्रॉनों द्वारा बमबारी की जाती है, तो यह 2-3 न्यूट्रॉन और 200 MeV ऊर्जा की रिहाई के साथ दो टुकड़ों में विभाजित हो जाता है। इस प्रक्रिया को परमाणु विखंडन के नाम से जाना जाता है।

। वे पदार्थ जो विखंडन से गुजरते हैं, विखंडनीय पदार्थ कहलाते हैं। ^{233}Th , ^{233}U , ^{235}U , और ^{239}Pu विखंडनीय पदार्थ हैं।

एल श्रृंखला प्रतिक्रिया तब होती है जब एक से अधिक उत्सर्जित न्यूट्रॉन आगे विखंडन को प्रेरित करते हैं प्रत्येक प्राथमिक विखंडन के लिए।

एल परमाणु रिएक्टर नियंत्रित श्रृंखला प्रतिक्रिया को बनाए रखने के लिए एक उपकरण है।

एल नाभिकीय संलयन में दो हल्के नाभिक आपस में जुड़कर एक हो जाते हैं।

टर्मिनल व्यायाम

1. रेडियोधर्मी नमूना कब विघटित होता है?
2. आइसोटोप और आइसोबार के बीच अंतर बताएं।
3. द्रव्यमान संख्या वक्र बनाम प्रति न्यूक्लियॉन बंधन ऊर्जा की विशेषताओं की व्याख्या करें।
4. परमाणु बल की प्रकृति क्या है? इसकी विशेषताएँ बताइये।
5. बताएं कि क्षय स्थिरांक रेडियोधर्मी पदार्थ के आधे जीवन से कैसे संबंधित है।
6. निम्नलिखित शब्दों को परिभाषित करें:

(i) परमाणु संख्या;

(ii) द्रव्यमान संख्या; (iii) सामूहिक दोष;

(iv) न्यूक्लियॉन की बंधन ऊर्जा; (v) आधा जीवन

(vi) औसत जीवन;

(vii) क्षय स्थिरांक।

7. रेडियोधर्मी क्षय का नियम बताइये।
8. कार्बन डेटिंग क्या है? इसका महत्व क्या है?
9. निम्नलिखित परमाणुओं में न्यूट्रॉन, प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉनों की संख्या की गणना करें।



10. निम्नलिखित नाभिकों के लिए नाभिकों के द्रव्यमान दोष और बंधन ऊर्जा की गणना करें।

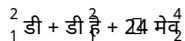


दिया गया है, $1 \text{ u} = 1.660566 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931 \text{ MeV}$, एक प्रोटॉन का द्रव्यमान = 1.007276 u , द्रव्यमान

न्यूट्रॉन का द्रव्यमान = 1.008665 u , का द्रव्यमान ^4_2He परमाणु = 4.00260 u , का द्रव्यमान ^7_3Li परमाणु =

7.01601 u , का द्रव्यमान $^{14}_7\text{N}$ परमाणु = 14.00307 u .

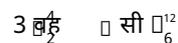
11. दो मुख्य यूरैनियम समस्थानिकों की वर्तमान प्रचुरता का उपयोग करना और मानना बहुतायत अनुपात कभी भी एकता से अधिक नहीं हो सकता, अधिकतम अनुमान लगाएं पृथ्वी की पपड़ी की संभावित आयु. (यह देखते हुए कि वर्तमान समय में ^{238}U और ^{235}U का अनुपात है $1378:1$ है; ^{238}U का अर्ध-आयु = 4.5×10^9 वर्ष है; और ^{235}U का मान 7.13×10^8 वर्ष है।)
12. यदि एक रेडियोधर्मी नमूने की गतिविधि 1 घंटे में उसके प्रारंभिक मूल्य के $1/16$ वें हिस्से तक गिर जाती है और 20 मिनट. अर्ध-आयु की गणना करें.
13. परमाणु प्रतिक्रिया रासायनिक प्रतिक्रिया से किस प्रकार भिन्न है?
14. विखंडन रिएक्टर में मॉडरेटर और अवशोषक का क्या उपयोग है?
15. प्रति न्यूक्लियॉन बनाम द्रव्यमान संख्या वक्र के आधार पर, परमाणु संलयन की व्याख्या करें।
16. परमाणु प्रतिक्रिया क्या है? परमाणु प्रतिक्रियाओं में पालन किए जाने वाले संरक्षण कानूनों का वर्णन करें। परमाणु प्रतिक्रियाओं के तीन उदाहरण दीजिए।
17. परमाणु विखंडन क्या है? अपने उत्तर को स्पष्ट करने के लिए एक उदाहरण दीजिए।
18. ^{235}U के लिए 100 मेगावाट बिजली उत्पन्न करने के लिए खपत ^{235}U के द्रव्यमान की गणना करें दिन.
19. भारी हाइड्रोजन निम्नलिखित संलयन प्रतिक्रिया से गुजरता है।



उपरोक्त के समान ऊर्जा उत्पन्न करने में प्रयुक्त भारी हाइड्रोजन की मात्रा की गणना करें। दोनों परिणामों की तुलना करें.

20. परमाणु संलयन क्या है? अपने उत्तर के समर्थन में परमाणु संलयन का समीकरण लिखें।
21. सूर्य में ऊर्जा का स्रोत क्या है? यह कैसे उत्पन्न होता है? एक के साथ चित्रित करें उदाहरण।
22. परमाणु रिएक्टर के निर्माण का वर्णन करें।

23. संलयन अभिक्रिया में निकलने वाली ऊर्जा की गणना करें,



दिया गया है, ^3_2He -कण का द्रव्यमान = 4.00263 u .

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

27.1

1. आइसोटोप	आइसोबार्स	आइसोटोन
$^{12}_6\text{सी और }^{12}_6\text{सी}$	$^{76}_{32}\text{जीई एवं }^{76}_{34}$	$^2_1\text{एच और }^3_2\text{ह}$
$^1_1\text{एच और }^2_1\text{एच और }^3_1\text{एच}$	$^{40}_{18}\text{ए एवं }^{40}_{20}\text{ए}$	$^{14}_6\text{सी एवं }^{14}_8\text{ओ}$
$^{16}_8\text{ओ एंड }^{18}_8\text{ओ}$	$^{76}_{32}\text{जीई एवं }^{76}_{34}$	$^{23}_{11}\text{Na और }^{24}_{12}\text{Mg}$
$^{35}_{17}\text{सीएल और }^{37}_{17}\text{सीएल}$	$^3_1\text{एच वह और }^3_2\text{हे}$	$^{27}_{13}\text{अल\&सी}^{28}_{14}$
$^{206}_{82}\text{पंजाब और }^{207}_{82}\text{पंजाब}$	$^7_3\text{ली और }^7_4\text{बी}$	$^{27}_{13}\text{अल एवं }^{28}_{14}\text{सी}$
$^{238}_{92}\text{युम युम }^{239}_{92}$		

- | | | |
|-----------|--------------|------------------------|
| 2. भारी | 3. द्रव्यमान | 4. न्युक्लियोन |
| 5. 14, 14 | 6. परमाणु | 7. (ii) परमाणु संख्या। |

27.2

- $\lambda_m = 1.041358 \text{ यू; } 969.5 \text{ मेव.}$
- $2.4 \times 10^{-15} \text{ मी.}$

27.3

- परमाणु विघटन में आमतौर पर α या β उत्सर्जन शामिल होता है जिसके परिणामस्वरूप परिवर्तन होता है मूल तत्व की परमाणु और द्रव्यमान संख्या। α और β के उत्सर्जन के साथ कण, भारी नाभिक अपना कुछ द्रव्यमान खो देते हैं जिसके परिणामस्वरूप वे अपेक्षाकृत हल्के हो जाते हैं नाभिक. अतः यह एक परमाणु विघटन घटना है।
- $\alpha > \beta > \gamma$ की आयनीकरण शक्ति
 $\alpha < \beta < \gamma$ की प्रवेश शक्ति
- (i) $a = Z - 2$ और $b = A - 4$
(ii) $E = \text{जेड} + 1$ और $\text{बी} = \text{ए}$ ।
- दो आधे जीवन काल की आवश्यकता होती है - एक 10 से 5 ग्राम तक की कमी के लिए और दूसरा अन्य 5 से 2.5 ग्राम यानी 10 साल तक।

27.4

1. ए) ${}_{9}^{18}\text{F} + {}_{1}^1\text{e}^{-} + {}_{2}^{16}\text{O} + \gamma$; बी) ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_{0}^1\text{n} \rightarrow {}_{11}^{24}\text{Na} + {}_{2}^4\text{He}$;
 सी) ${}_{92}^{23490}\text{Pa} + \gamma \rightarrow {}_{91}^{23490}\text{Th} + e^{-}$; डी) ${}_{29}^{63}\text{Cu} + {}_{1}^2\text{D} \rightarrow {}_{30}^{64}\text{Zn} + {}_{0}^1\text{n}$
2. 17.9 मेव
3. ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_{2}^4\text{He} \rightarrow {}_{8}^{17}\text{O} + {}_{1}^1\text{H} + 6.5\text{ MeV}$

27.5

1. प्राकृतिक अनुपात से ऊपर n/p अनुपात बढ़ने से इसकी स्थिरता कम हो जाती है। कम करने के लिए अनुपात अधिक स्थिरता प्राप्त करने के लिए, यह एक β^{-} -कण उत्सर्जित करता है।
2. 239 पु
3. 200 मेव.

27.6

1. विखंडन में उत्सर्जित ऊर्जा 0.84 MeV/u है जबकि संलयन में यह 6.7 MeV/u है। इस प्रकार बाद वाले मामले में प्रति इकाई द्रव्यमान से निकलने वाली ऊर्जा अधिक होती है।
2. (ए) 17.3 मेव, (बी) 2.69 मेव।

27.7

1. दबावयुक्त भारी जल रिएक्टर
2. लगभग 1 किग्रा.

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

9. (i) 12, 11, 11 (ii) 1, 1, 1 (iii) 146, 92, 921 (iv) 18, 17, 17
10. (i) 0.034, 28MeV (ii) 0.044, 37.86 MeV (iii) 0.10854, 101MeV
11. 6.0×10^9 वर्ष
12. 20 मिनट
18. 30.6 किग्रा
19. 146.6 ग्राम
23. 7.35 मेव



अर्धचालक उपकरण

परिचय

हमारे दैनिक जीवन में, ट्रांजिस्टर रेडियो, टीवी, सेल फोन और कंप्यूटर जिनका हम उपयोग करते हैं उन्हें अर्धचालक उपकरण कहा जाता है। सिलिकॉन और जर्मेनियम सबसे परिचित अर्धचालक पदार्थ हैं। आम तौर पर, अर्धचालक की चालकता धातुओं और कुचालकों की चालकता के बीच में होती है। यहां यह ध्यान दिया जाना चाहिए कि पूर्ण शून्य पर, अर्धचालक एक पूर्ण इन्सुलेटर की तरह भी कार्य करता है। अर्धचालक की चालकता डोपेंट नामक कुछ अशुद्धता तत्व जोड़ने से प्रभावित होती है। डोपेंट द्वारा जोड़े गए वाहक के प्रकार के आधार पर, अर्धचालक को पी-प्रकार या एन-प्रकार के रूप में वर्गीकृत किया जाता है।

यदि शुद्ध अर्धचालक का एक पक्ष पी-प्रकार की अशुद्धता के साथ डोप किया जाता है और दूसरा पक्ष एन-प्रकार की अशुद्धता के साथ डोप किया जाता है, तो हम पीएन जंक्शन कहते हैं। पीएन जंक्शन को डायोड भी कहा जाता है। इस अध्याय में आप विभिन्न प्रकार के अर्धचालकों, उनके व्यवहार और उन्हें सौर सेल, फोटोडायोड, ट्रांजिस्टर इत्यादि जैसे उपयोगी उपकरणों को बनाने के लिए कैसे संयोजित किया जाता है, के बारे में जानेंगे। इन सरल संरचनाओं का उपयोग वोल्टेज नियामकों, डिस्प्ले स्विच, भंडारण उपकरणों, संचार में किया जाता है। सिस्टम, कंप्यूटर, उपग्रह, अंतरिक्ष यान और बिजली प्रणालियाँ। इस अध्याय के अंत में लॉजिक गेट्स पर चर्चा की गई। लॉजिक गेट इलेक्ट्रॉनिक उपकरण हैं जो डिजिटल सर्किट के लिए बिल्डिंग ब्लॉक्स के रूप में कार्य करते हैं।

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

एन-प्रकार और पी-प्रकार अर्धचालकों के बीच अंतर कर सकेंगे ;

में पीएन जंक्शन डायोड में कमी क्षेत्र और बाधा क्षमता के गठन की व्याख्या कर सकेंगे;

आगे और पीछे के बायस में पीएन जंक्शन डायोड की IV विशेषताओं का वर्णन कर सकेंगे ;

में डायोड और ट्रायोड के अनुप्रयोगों को जानता हूँ;

में ट्रांजिस्टर की क्रिया को समझा पाऊंगा; उनकी इनपुट और आउटपुट विशेषताएँ;

में समझाऊंगा कि कैसे लॉजिक गेट बूलियन बीजगणित का अनुसरण करते हैं?

28.1 सामग्री के प्रकार

अर्धचालकों के वर्गीकरण पर चर्चा करने से पहले यह समझना आवश्यक है कि सामग्रियों का वर्गीकरण कैसे किया जाता है? प्रतिरोधकता मूल्यों के आधार पर, सामग्रियों को तीन श्रेणियों में वर्गीकृत किया जाता है, अर्थात् धातु, अर्धचालक और इन्सुलेटर।

(i) धातुएँ: इनमें बहुत कम प्रतिरोधकता (या उच्च चालकता) होती है। मान हैं:

$$\text{धातुओं के लिए प्रतिरोधकता } (\rho) = 10^{-2} - 10^{-8} \text{ }\Omega\text{m}$$

$$\text{चालकता } (\sigma = 1/\rho) = 10^2 - 10^8 \text{ स्म-1}$$

(ii) अर्धचालक: अर्धचालकों की प्रतिरोधकता या चालकता धातुओं और कुचालकों के बीच होती है

$$\text{अर्धचालकों के लिए प्रतिरोधकता } (\rho) = 10^{-5} - 10^6 \text{ }\Omega\text{m}$$

$$\text{चालकता } (\sigma) = 10^5 - 10^{-6} \text{ एसएम-1}$$

(iii) इंसुलेटर: इंसुलेटर में उच्च प्रतिरोधकता (या कम चालकता) होती है

$$\text{इंसुलेटर के लिए प्रतिरोधकता } (\rho) = 10^{11} - 10^{19} \text{ }\Omega\text{m}$$

$$\text{चालकता } (\sigma) = 10^{-11} - 10^{-19} \text{ एसएम-1}$$

ऊपर उल्लिखित मान अनुमानित मान और इसके लिए सटीक मानदंड हैं सामग्रियों के वर्गीकरण को ऊर्जा-बैंड सिद्धांत अवधारणा द्वारा समझाया गया है।

ऊर्जा-बैंड सिद्धांत

एक पृथक परमाणु में अपने विभिन्न इलेक्ट्रॉनों के लिए अलग-अलग ऊर्जाएँ होती हैं। मान लीजिए कि दो अलग-थलग परमाणुओं को बहुत करीब लाया जाता है; फिर, इन दोनों परमाणुओं की कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन एक दूसरे के साथ परस्पर क्रिया करते हैं। परिणामस्वरूप, संयुक्त प्रणाली में, इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जाएँ अब समान स्तर पर नहीं रहेंगी; वे थोड़ा बदल जाएंगे, अपने मूल मूल्यों से निचले और ऊंचे दोनों हो जाएंगे। नतीजतन, प्रत्येक ऊर्जा स्तर पर, दो निकट दूरी वाले ऊर्जा स्तर मौजूद होते हैं।

यदि एक ठोस बनाने के लिए 'एन' संख्या के परमाणुओं को एक साथ लाया जाता है और उनके इलेक्ट्रॉन परस्पर क्रिया करते हैं, तो अलग-अलग ऊर्जा स्तरों की जगह 'एन' निकट दूरी वाले ऊर्जा स्तरों का एक सेट बनता है। इन्हें अनुमत ऊर्जाओं के बैंड के रूप में जाना जाता है। अनुमत ऊर्जाओं के बैंड के बीच, खाली ऊर्जा क्षेत्र होते हैं जिन्हें निषिद्ध बैंड कहा जाता है। ठोस पदार्थों में मुख्य रूप से तीन ऊर्जा बैंड होते हैं और ये ऊर्जा बैंड ठोस पदार्थों के व्यवहार को समझने के लिए महत्वपूर्ण हैं।

तीन ऊर्जा बैंड हैं:

एल वैलेंस बैंड

एल संचालन बैंड

एल निषिद्ध बैंड या निषिद्ध अंतराल

एम वैलेंस बैंड: वह ऊर्जा बैंड जो वैलेंस इलेक्ट्रॉनों या बाहरी कक्षा के इलेक्ट्रॉनों के ऊर्जा स्तरों की सीमा को समूहीकृत करके बनता है, वैलेंस बैंड कहलाता है। संयोजकता बैंड चालन बैंड के नीचे मौजूद होता है जैसा चित्र 28.1 में दिखाया गया है।

वैलेंस बैंड के इलेक्ट्रॉनों में चालन बैंड के इलेक्ट्रॉनों की तुलना में कम ऊर्जा होती है। वैलेंस बैंड में मौजूद इलेक्ट्रॉन किसी परमाणु के नाभिक से शिथिल रूप से बंधे होते हैं।

m चालन बैंड: ऊर्जा बैंड जो मुक्त इलेक्ट्रॉनों के ऊर्जा स्तरों की सीमा को समूहीकृत करके बनता है, चालन बैंड कहलाता है। आम तौर पर, चालन बैंड खाली होता है लेकिन जब बाहरी ऊर्जा लागू होती है तो वैलेंस बैंड में इलेक्ट्रॉन चालन बैंड में कूद जाते हैं और मुक्त इलेक्ट्रॉन बन जाते हैं। इलेक्ट्रॉनों

चालन बैंड में वैलेंस बैंड के इलेक्ट्रॉनों की तुलना में अधिक ऊर्जा होती है।
चालन बैंड के इलेक्ट्रॉन परमाणु के नाभिक से बंधे नहीं होते हैं।

m निषिद्ध बैंड/अंतराल: दो ऊर्जा बैंडों को अलग करके संयोजकता बैंड और चालन बैंड के बीच मौजूद ऊर्जा अंतराल को निषिद्ध बैंड या निषिद्ध अंतराल कहा जाता है।
ठोस पदार्थों में, इलेक्ट्रॉन निषिद्ध अंतराल में नहीं रह सकते क्योंकि इस क्षेत्र में कोई अनुमत ऊर्जा अवस्था नहीं है। किसी ठोस की विद्युत चालकता निर्धारित करने के लिए निषिद्ध अंतराल प्रमुख कारक है। इन्सुलेटर, कंडक्टर और अर्धचालक के रूप में सामग्रियों का वर्गीकरण निषिद्ध अंतराल पर निर्भर करता है।

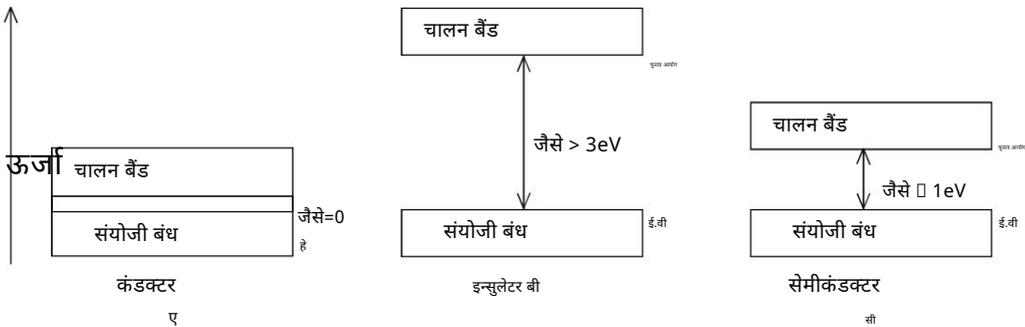
निषिद्ध बैंड से जुड़ी ऊर्जा को ऊर्जा अंतराल कहा जाता है, और इसे इलेक्ट्रॉन वोल्ट (ईवी) की इकाइयों में मापा जाता है।

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

किसी इलेक्ट्रॉन को वैलेंस बैंड से चालन बैंड तक धकेलने के लिए गर्मी या प्रकाश के रूप में लागू बाहरी ऊर्जा निषिद्ध अंतराल के बराबर होनी चाहिए।

ठोसों के बैंड सिद्धांत के आधार पर सामग्रियों का वर्गीकरण

निषिद्ध अंतराल किसी सामग्री की विद्युत चालकता निर्धारित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। निषिद्ध अंतराल के आधार पर सामग्रियों को भी तीन प्रकारों में वर्गीकृत किया जाता है, जैसा चित्र 28.1 में दिखाया गया है।



चित्र 28.1: (एसी) धातुओं (कंडक्टर), इंसुलेटर और अर्धचालक के लिए ऊर्जा बैंड आरेख।

एम धातुएँ: धातुओं का ऊर्जा बैंड आरेख चित्र 28.1 (ए) में दिखाया गया है। यहां, चालन बैंड और वैलेंस बैंड आंशिक रूप से भरे हुए हैं और आंशिक रूप से खाली हैं। इसलिए, चालन और संयोजकता बैंड ओवरलैप हो जाते हैं, और इसलिए संयोजकता बैंड से इलेक्ट्रॉन आसानी से चालन बैंड में जा सकते हैं। यह स्थिति विद्युत संचालन के लिए बड़ी संख्या में इलेक्ट्रॉन उपलब्ध कराती है। यहां यह ध्यान दिया जाना चाहिए कि निचले स्तर से इलेक्ट्रॉन उच्च स्तर पर जा सकते हैं और संचालन को संभव बना सकते हैं।

अंततः, ऐसी सामग्रियों का प्रतिरोध कम होता है या चालकता अधिक होती है।

एम इंसुलेटर: इंसुलेटर का ऊर्जा बैंड आरेख चित्र 28.1 (बी) में दिखाया गया है। एक बड़ा बैंड गैप (जैसे) मौजूद है और चालन बैंड में कोई इलेक्ट्रॉन नहीं हैं। इसलिए, इस मामले में कोई विद्युत चालन संभव नहीं है। यहां यह ध्यान दिया जाना चाहिए कि ऊर्जा अंतर इतना बड़ा है (जैसे > 3 ईवी) और इलेक्ट्रॉनों को किसी भी धर्मल उत्तेजन द्वारा वैलेंस बैंड से चालन बैंड तक बाहर नहीं निकाला जा सकता है।

एम अर्धचालक: अर्धचालकों का ऊर्जा बैंड आरेख चित्र 28.1 (सी) में दिखाया गया है। यहां, एक सीमित छोटा बैंड गैप (जैसे) मौजूद है। छोटे अंतर के कारण,

कमरे के तापमान पर भी वैलेंस बैंड से कुछ इलेक्ट्रॉन कुछ ऊर्जा प्राप्त करते हैं (जैसे ≈ 1 eV) और चालन बैंड में चले जाते हैं। यद्यपि इलेक्ट्रॉन संख्या में छोटे होते हैं, फिर भी वे चालन बैंड में गति कर सकते हैं। यहां एक उल्लेखनीय पहलू यह है कि अर्धचालकों का प्रतिरोध इन्सुलेटर जितना अधिक नहीं होता है।

पाठगत प्रश्न 28.1

1. मूल्यों के आधार पर सामग्रियों को तीन श्रेणियों में वर्गीकृत किया जाता है, अर्थात् धातु, इन्सुलेटर और अर्धचालक।
2. चालकता पारस्परिक है -----
3. चालन बैंड के इलेक्ट्रॉनों में वैलेंस बैंड के इलेक्ट्रॉनों की तुलना में ----- ऊर्जा होती है।
4. ऊर्जा अंतराल की इकाई है-----
5. इन्सुलेटर का ऊर्जा अंतर आम तौर पर 3 eV से अधिक होता है।

28.2 अर्धचालकों का वर्गीकरण

शुद्धता के आधार पर, अर्धचालकों को आंतरिक (शुद्ध) और बाह्य (अशुद्ध) के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। अर्धचालक. इसका विस्तृत पहलू इस प्रकार है:

28.2.1 एक आंतरिक अर्धचालक

शुद्ध सिलिकॉन और जर्मेनियम आंतरिक अर्धचालक हैं। उनमें कोई अशुद्धता नहीं है और इन तत्वों में सभी इलेक्ट्रॉन उनकी क्रिस्टलीय संरचना में कसकर बंद हैं। इसलिए, इलेक्ट्रॉन स्वतंत्र रूप से नहीं घूम सकते। जब ऊर्जा को गर्मी के रूप में शुद्ध सिलिकॉन में जोड़ा जाता है, तो यह कुछ इलेक्ट्रॉनों को उनके बंधनों से मुक्त करने का कारण बन सकता है, जिससे प्रत्येक मामले में एक छेद हो जाता है।

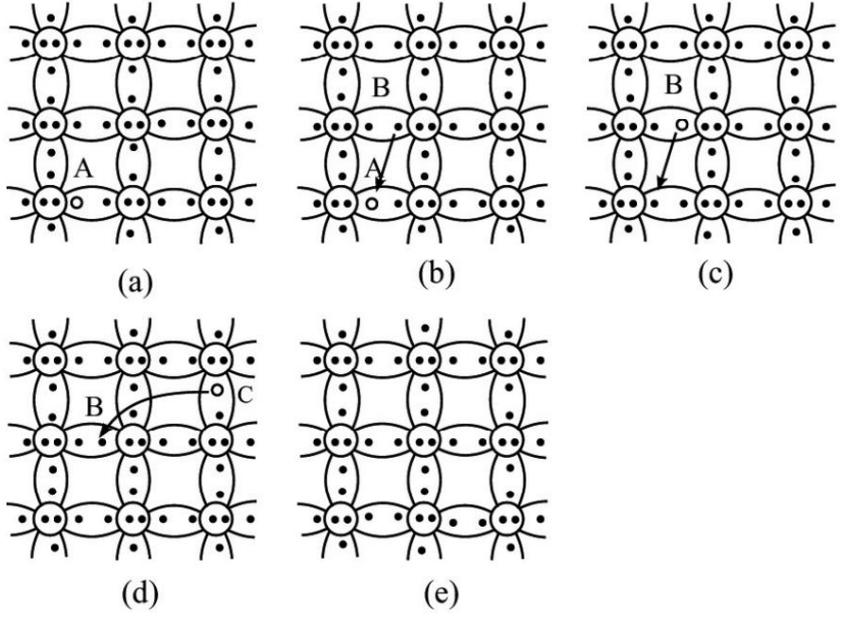
इलेक्ट्रॉनों की अनुपस्थिति को धनावेशित कण (छेद) के रूप में माना जाता है। इसमें इलेक्ट्रॉन के समान ही आवेश होता है, लेकिन आवेश धनात्मक होता है। ये इलेक्ट्रॉन क्रिस्टल में अनियमित रूप से घूमते रहते हैं। इन इलेक्ट्रॉनों और छिद्रों को मुक्त वाहक कहा जाता है और ये विद्युत धारा उत्पन्न करने के लिए गति कर सकते हैं। हालाँकि, वे कम हैं, इसलिए शुद्ध सिलिकॉन में बहुत उपयोगी नहीं हो सकते हैं।

चूँकि कोई अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन या छिद्र नहीं हैं, इस स्थिति में, किसी भी समय मौजूद इलेक्ट्रॉनों और छिद्रों की संख्या हमेशा बराबर रहेगी।

यहां यह ध्यान दिया जाना चाहिए कि एक आंतरिक अर्धचालक में, इलेक्ट्रॉन और छेद हमेशा जोड़े में उत्पन्न होते हैं और मुक्त इलेक्ट्रॉनों का नकारात्मक चार्ज छेद के सकारात्मक चार्ज से बिल्कुल संतुलित होता है। हालाँकि, एक छेद केवल एक इलेक्ट्रॉन की एक स्थान से दूसरे स्थान तक गति के कारण अपनी स्थिति बदलता है। तो, हम कह सकते हैं कि जब एक मुक्त इलेक्ट्रॉन तापीय ऊर्जा के कारण क्रिस्टल में गति करता है; जब भी यह किसी नाभिक या अन्य मुक्त इलेक्ट्रॉनों से टकराता है तो इसका पथ विचलित हो जाता है। इससे ज़िग-ज़ैग या यादृच्छिक गति उत्पन्न होती है, जो गैस में एक अणु के समान होती है।

इलेक्ट्रॉन-छिद्र युग्म पर विचार करें [चित्र 28.2 (ए)] बिंदु ए पर उत्पन्न होता है। मुक्त इलेक्ट्रॉन एक छेद को पीछे छोड़ते हुए क्रिस्टल में बह जाता है। टूटे हुए बंधन में अब केवल एक इलेक्ट्रॉन है और इस अयुग्मित इलेक्ट्रॉन में एक इलेक्ट्रॉन प्राप्त करने और सहसंयोजक बंधन बनाकर अपनी जोड़ी को पूरा करने की प्रवृत्ति होती है। थर्मल ऊर्जा के कारण, पड़ोसी बंधन से इलेक्ट्रॉन, मान लीजिए बिंदु बी पर, अपने स्वयं के बंधन को तोड़ने और ए पर छेद में कूदने के लिए उत्तेजित हो सकता है। परिणामस्वरूप, छेद

A पर गायब हो जाता है और B पर एक नया छेद दिखाई देता है [चित्र 28.2 (सी)]। इस प्रकार, बिंदु B से बिंदु A तक इलेक्ट्रॉन की गति के कारण छेद A से B की ओर गति करता है।



चित्र 28.2: अर्धचालक में इलेक्ट्रॉनों और छिद्रों की गति

परम शून्य तापमान पर, सभी वैलेंस इलेक्ट्रॉन अपने मूल परमाणुओं से मजबूती से बंधे होते हैं और आंतरिक अर्धचालक एक इन्सुलेटर के रूप में व्यवहार करता है। कमरे के तापमान पर, तापीय ऊर्जा एक परमाणु में एक वैलेंस इलेक्ट्रॉन को उसके नाभिक के प्रभाव से दूर ले जाती है।

इसलिए, एक सहसंयोजक बंधन टूट जाता है और इलेक्ट्रॉन क्रिस्टल में घूमने के लिए स्वतंत्र हो जाता है, जिसके परिणामस्वरूप एक रिक्त स्थान बनता है, जिसे छेद कहा जाता है। इस प्रकार, तापीय ऊर्जा के कारण, कुछ इलेक्ट्रॉन-छिद्र जोड़े उत्पन्न होते हैं, और अर्धचालक छोटी चालकता प्रदर्शित करते हैं। उदाहरण के लिए, कमरे के तापमान (300 K) पर, Ge की आंतरिक वाहक सांद्रता लगभग $2.5 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ है। जैसे-जैसे तापमान बढ़ता है, अधिक इलेक्ट्रॉन-छिद्र जोड़े उत्पन्न होते हैं और चालकता बढ़ती है। वैकल्पिक रूप से, हम कह सकते हैं कि तापमान बढ़ने पर प्रतिरोधकता कम हो जाती है। इसका मतलब है कि अर्धचालकों में प्रतिरोध का नकारात्मक तापमान गुणांक होता है।

28.2.2 एक बाह्य अर्धचालक

जैसा कि पहले उल्लेख किया गया है, आंतरिक अर्धचालकों में उच्च प्रतिरोधकता होती है, और उनकी चालकता थोड़ा लचीलापन दिखाती है। इन कारणों से, आंतरिक (शुद्ध) अर्धचालक बहुत कम उपयोग के होते हैं, ज़्यादा से ज़्यादा, इन्हें ताप या प्रकाश-संवेदनशील प्रतिरोधक के रूप में उपयोग किया जा सकता है। आंतरिक (शुद्ध) अर्धचालक में किसी अन्य सामग्री की एक छोटी और मापी गई मात्रा जोड़कर इन सीमाओं को दूर किया जाता है, जिससे या तो छिद्रों या इलेक्ट्रॉनों की संख्या बढ़ जाती है।

शुद्ध या आंतरिक अर्धचालक में अशुद्धियों को जोड़ने की प्रक्रिया को डोपिंग कहा जाता है और जो अशुद्धता परमाणु जोड़ा जाता है उसे डोपेंट कहा जाता है।

ऐसे अपमिश्रित अर्धचालकों को बाह्य अर्धचालक कहा जाता है। डोपेंट आम तौर पर समूह III (तीन संयोजकता वाले) से लिए जाते हैं

	तृतीय	चतुर्थ	वी	छठी
अल	सी	पी	एस	
Zn	गा	जीई	जैसा	से
सीडी	में	एस.एन.	एस.बी	ते
एचजी				

चित्र 28.3 : आवर्त सारणी का एक भाग।

समूह III और V तत्वों का उपयोग आंतरिक अर्धचालक को डोपिंग के लिए किया जाता है।

आवर्त सारणी के इलेक्ट्रॉन) या समूह V (पांच संयोजकता इलेक्ट्रॉन वाले)। चित्र 28.3 आवर्त सारणी का एक छोटा सा भाग दिखाता है। यहां समूह III और V को आम तौर पर डोपिंग के लिए उपयोग की जाने वाली सामग्रियों के प्रकार को इंगित करने के लिए हाइलाइट किया गया है।

आम तौर पर हम शुद्ध अर्धचालक में बहुत कम मात्रा में अशुद्धता परमाणु जोड़ते हैं।

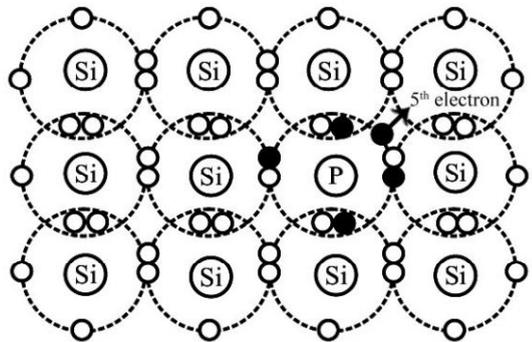
यह आंतरिक अर्धचालक के प्रति 108 परमाणुओं में एक अशुद्धता परमाणु के क्रम का है। ये परमाणु आवेश वाहकों के संतुलन को बदल देते हैं; या तो वे मुक्त इलेक्ट्रॉन जोड़ते हैं या छेद बनाते हैं।

इनमें से कोई भी जोड़ सामग्री को अधिक सुचालक बनाता है। इस प्रकार, बाह्य अर्धचालकों में अधिकांश आवेश वाहक अशुद्धता परमाणुओं से उत्पन्न होते हैं।

28.2.3 एन-और पी-प्रकार अर्धचालक

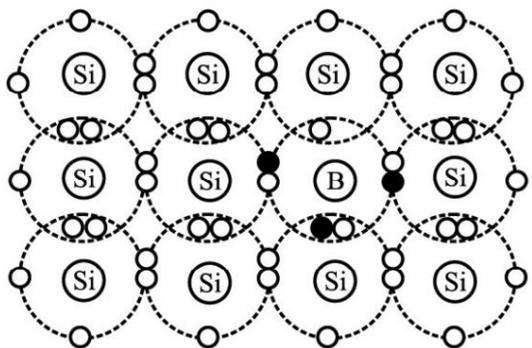
Si ($1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^2$) के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास से, आपको याद होगा कि दस इलेक्ट्रॉन नाभिक से मजबूती से बंधे होते हैं और चार इलेक्ट्रॉन सबसे बाहरी कक्षा में नाभिक के चारों ओर घूमते हैं। एक आंतरिक सिलिकॉन अर्धचालक में, सी परमाणु चार पड़ोसी सी परमाणुओं के साथ एक इलेक्ट्रॉन साझा करके स्थिरता प्राप्त करता है। (इसे सहसंयोजक बंधन कहा जाता है)।

यही बात जर्मैनियम के लिए भी सच है; इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^2, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^2, 4p^2$ है। जब सिलिकॉन (या जर्मैनियम) को बोरॉन, अर्सेनिक या एंटीमनी जैसे पेंटावैलेंट (सबसे बाहरी कक्षा में पांच इलेक्ट्रॉन) परमाणु के साथ डोप किया जाता है, तो चार इलेक्ट्रॉन चार पड़ोसी सिलिकॉन परमाणुओं के साथ सहसंयोजक बंधन बनाते हैं, लेकिन पांचवां (वैलेंस) इलेक्ट्रॉन अनबाउंड रहता है और है संचालन के लिए उपलब्ध है, जैसा चित्र 28.4 (ए) में दिखाया गया है। इस प्रकार, जब एक सिलिकॉन (या जर्मैनियम) क्रिस्टल को पेंटावैलेंट तत्व के साथ डोप किया जाता है, तो इसमें अतिरिक्त मुक्त इलेक्ट्रॉन विकसित होते हैं और इसे एन-प्रकार अर्धचालक कहा जाता है। ऐसी अशुद्धियों को दाता अशुद्धियाँ कहा जाता है। ध्यान दें कि एन-प्रकार के अर्धचालकों में, मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या छिद्रों की संख्या से कहीं अधिक है और अक्षर (एन) नकारात्मक चार्ज के लिए है।



चित्र 28.4 (ए): एन-प्रकार के अर्धचालक में सहसंयोजक बंधन

यदि सिलिकॉन (या जर्मैनियम) को बोरॉन, एल्यूमीनियम, गैलियम या इंडियम जैसे त्रिसंयोजक (सबसे बाहरी आवरण में तीन इलेक्ट्रॉन) परमाणु के साथ मिलाया जाता है, तो तीन वैलेंस इलेक्ट्रॉन तीन सिलिकॉन परमाणुओं के साथ सहसंयोजक बंधन बनाते हैं और एक इलेक्ट्रॉन की कमी पैदा होती है। इलेक्ट्रॉन की इस कमी को छिद्र कहा जाता है। इसे चित्र 28.4 (बी) में दिखाया गया है। ऐसे अर्धचालक को पी-प्रकार अर्धचालक कहा जाता है और अशुद्धियों को स्वीकर्ता अशुद्धियाँ कहा जाता है।



चित्र 28.4 (बी): पी-प्रकार अर्धचालक में सहसंयोजक बंधन

अब, एक मौलिक प्रश्न उठता है: क्या n-प्रकार का अर्धचालक ऋणात्मक रूप से आवेशित है? इस प्रश्न का उत्तर सकारात्मक नहीं है। वास्तव में, मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या अर्धचालक में छिद्रों और धनात्मक रूप से आवेशित आयनों की कुल संख्या के बराबर होती है, चाहे आंतरिक हो या अपमिश्रित। इसलिए, एक अर्धचालक विद्युत रूप से तटस्थ होता है।

ध्यान दें कि पी-प्रकार के अर्धचालक में स्वीकर्ता जोड़ने के कारण अधिक छेद बन जाते हैं कमरे के तापमान पर थर्मल ऊर्जा के कारण सहसंयोजक बंधनों को तोड़ने की तुलना में अशुद्धता। इस तरह, छिद्रों की शुद्ध सांद्रता इलेक्ट्रॉनों की तुलना में काफी अधिक है। यानी कि ए में पी-प्रकार अर्धचालक, छिद्र बहुसंख्यक आवेश वाहक होते हैं।

इसी प्रकार n-प्रकार के अर्धचालकों में जुड़ने से अधिक इलेक्ट्रॉन बनते हैं डोनर प्रकार की अशुद्धता परमाणु। इसलिए, इलेक्ट्रॉनों की सांद्रता की तुलना में बहुत अधिक है इलेक्ट्रॉन जो सामान्यतः तापीय ऊर्जा के कारण उत्पन्न होते हैं।

पाठगत प्रश्न 28.2

- 300 K पर, शुद्ध सिलिकॉन की आंतरिक वाहक सांद्रता $1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ है। क्या छिद्रों और इलेक्ट्रॉनों की सांद्रता क्या है?
- n-प्रकार का अर्धचालक किसके साथ डोपिंग द्वारा प्राप्त किया जाता है?

(a) त्रिसंयोजी अशुद्धि	(ii) पेटावैलेंट अशुद्धता
(iii) टेट्रावैलेंट अशुद्धता	(iv) त्रिसंयोजक और चतुष्संयोजक भी
- एक आंतरिक अर्धचालक को बाह्य अर्धचालक में परिवर्तित किया जा सकता है इसका जोड़ _____ इस प्रक्रिया को कहा जाता है _____.
- एन-प्रकार अर्धचालक में इलेक्ट्रॉन और पी-प्रकार अर्धचालक में छेद वाहक होते हैं। _____
- एक बाह्य अर्धचालक में आंतरिक की तुलना में _____ प्रतिरोधकता होती है अर्धचालक.

28.3 पीएन जंक्शन

पिछले अनुभाग में, हमने क्रमशः एन-प्रकार और पी-प्रकार अर्धचालकों का अध्ययन किया है बहुसंख्यक आवेश वाहक के रूप में इलेक्ट्रॉन और छिद्र होते हैं। आप क्या सोचते हैं यदि कोई एन-प्रकार की सामग्री है पी-प्रकार की सामग्री के संपर्क में रखा गया है? इस प्रश्न के उत्तर पर चर्चा की जायेगी निम्नलिखित अनुभाग में.

28.3.1 पीएन जंक्शन का निर्माण

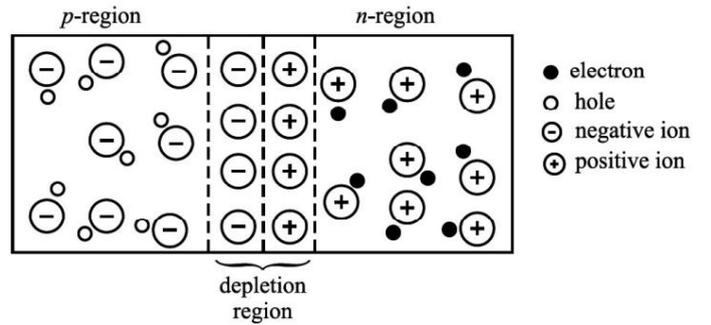
एक पीएन जंक्शन बनाने के लिए, सबसे सुविधाजनक तरीका है एक पर दाता अशुद्धियाँ डालें पक्ष और स्वीकर्ता अशुद्धियाँ एकल अर्ध-संचालन क्रिस्टल का दूसरा पक्ष, जैसा कि दिखाया गया है चित्र 28.5.

हम जानते हैं कि, वहाँ एक है इलेक्ट्रॉनों की अधिक सांद्रता

क्रिस्टल के एन-क्षेत्र में और

पी-क्षेत्र में छिद्रों का. इसके कारण, इलेक्ट्रॉन पी-क्षेत्र और छिद्रों में फैल जाते हैं

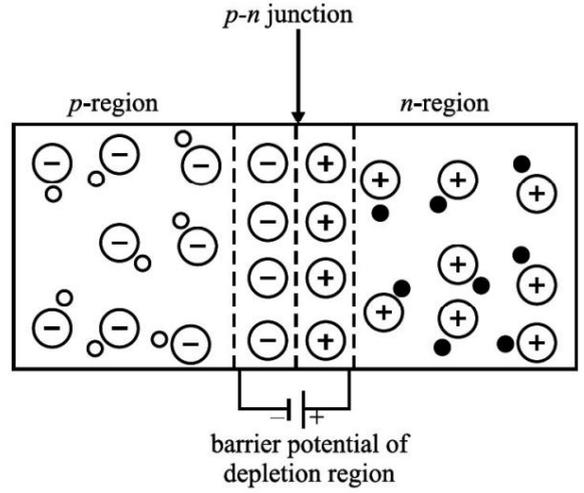
एन-क्षेत्र में और अंत में पुनः संयोजित हो जाते हैं। प्रत्येक पुनर्संयोजन एक छेद और एक मुक्त को समाप्त करता है इलेक्ट्रॉन. इसके परिणामस्वरूप जंक्शन के निकट धनात्मक और ऋणात्मक आवेशित आयनों का निर्माण होता है



चित्र 28.5: हास क्षेत्र वाला एक पीएन जंक्शन

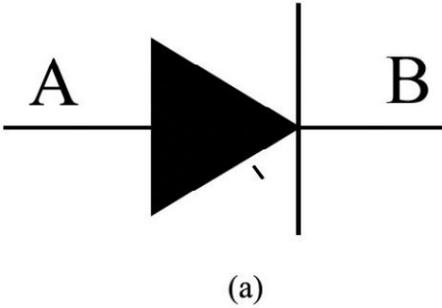
क्रमशः n और p क्षेत्रों में। जैसे-जैसे ये चार्ज जमा होते हैं, वे जंक्शन पर इलेक्ट्रॉनों और छिद्रों की आगे की गति को रोकने के लिए ढाल के रूप में कार्य करते हैं।

पुनर्संयोजन की प्रक्रिया के बाद, जंक्शन के पास एक संकीर्ण क्षेत्र मोबाइल चार्ज वाहक (लगभग 0.5 मिमी मोटी) में समाप्त हो जाता है, जिसे कमी क्षेत्र या स्पेस-चार्ज क्षेत्र कहा जाता है। जंक्शन के पास आवेश जमा होने के कारण विद्युत क्षेत्र स्थापित हो जाता है। यह इलेक्ट्रोस्टैटिक क्षमता को जन्म देता है, जिसे बाधा क्षमता के रूप में जाना जाता है। इस अवरोध में ध्रुवताएँ हैं, जैसा चित्र 28.6 में दिखाया गया है। जब कोई बाहरी विद्युत क्षेत्र नहीं होता है, तो यह अवरोध जंक्शन पर आवेश वाहकों के प्रसार को रोकता है।

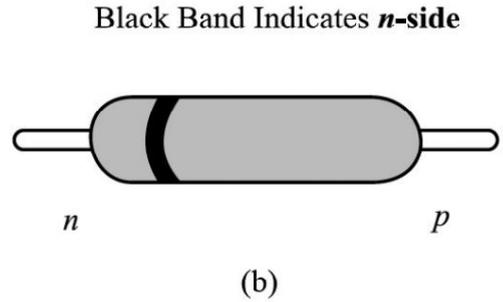


चित्र 28.6: हास क्षेत्र के कारण अवरोध क्षमता

अवरोध क्षमता अर्धचालक सामग्री की विशेषता है। यह Ge के लिए लगभग 0.3 V और Si के लिए लगभग 0.7 V है। जंक्शन एक डायोड के रूप में कार्य करता है। इसे प्रतीकात्मक रूप से दर्शाया गया है जैसा कि चित्र 28.7 (ए) में दिखाया गया है। यहां A, p-क्षेत्र से मेल खाता है और एनोड के रूप में कार्य करता है। इसी प्रकार, बी एन-क्षेत्र को इंगित करता है और एक कैथोड से मेल खाता है। चित्र 28.7 (बी) बाजार में उपलब्ध पीएन जंक्शन डायोड की तस्वीर दिखाता है।



(a) पीएन जंक्शन (डायोड) का प्रतीक। तीर पारंपरिक धारा की दिशा बताता है। यह p से n क्षेत्र तक है



(b) बाजार में एक पीएन जंक्शन डायोड उपलब्ध है।

चित्र 28.7: पीएन जंक्शन डायोड

आपने देखा होगा कि सेमीकंडक्टर डायोड को दो अक्षरों और उसके बाद एक सीरियल नंबर द्वारा निर्दिष्ट किया जाता है। पहला अक्षर सामग्री को इंगित करता है: ए का उपयोग जर्मेनियम जैसे 0.6 ईवी से 1.0 ईवी के बैंड गैप वाली सामग्री के लिए किया जाता है। बी का उपयोग 1.0 ईवी से 1.3 ईवी के बैंड गैप वाली सामग्री के लिए किया जाता है, जैसे सिलिकॉन। दूसरा अक्षर मुख्य अनुप्रयोग को इंगित करता है: A डिटेक्शन डायोड को दर्शाता है, B एक वैरिअबल कैपेसिटेंस डायोड को दर्शाता है, E टनल डायोड को दर्शाता है, Y रेक्टिफाईंग डायोड को दर्शाता है और Z जेनर डायोड को दर्शाता है। सीरियल नंबर पावर रेटिंग, पीक रिवर्स वोल्टेज, अधिकतम वर्तमान रेटिंग आदि निर्दिष्ट करते हैं (सटीक विवरण जानने के लिए हमें निर्माता की सूची का संदर्भ लेना होगा।) उदाहरण के लिए, BY127 एक सिलिकॉन रेक्टिफायर डायोड को दर्शाता है और BZ148, एक सिलिकॉन जेनर डायोड को दर्शाता है।

एनोड और कैथोड की दृश्य पहचान करने के लिए, निर्माता इनमें से किसी एक का उपयोग करते हैं निम्नलिखित तरीके:

- एल प्रतीक को डायोड के शरीर पर चित्रित किया गया है;
- एल डायोड की बॉडी पर लाल और नीले निशान का उपयोग किया जाता है। लाल निशान एनोड को दर्शाता है, जबकि नीला कैथोड को इंगित करता है;
- एल डायोड की बॉडी के एक सिरे पर एक छोटी सी रिंग छपी होती है जो इससे मेल खाती है कैथोड. चित्र 28.7 (बी) में बैंड पीएन जंक्शन के एन-साइड को इंगित करता है।

पाठगत प्रश्न 28.3

1. रिक्त स्थान भरें:

(ए) जब एक पीएन जंक्शन बनता है, तो ——— जंक्शन में फैल जाता है।

(बी) अप्रतिपूरित स्वीकर्ता और दाता आयनों वाले क्षेत्र को कहा जाता है _____ क्षेत्र।

(सी) सिलिकॉन में बाधा क्षमता है _____ वी और जर्मेनियम में, यह है _____ वी

(डी) किसी पीएन जंक्शन में जहां कोई लागू विद्युत क्षेत्र नहीं है, इलेक्ट्रॉन फैलते हैं _____ की एकाग्रता _____
n-क्षेत्र से p-प्रकार क्षेत्र जैसा कि इसमें है _____
पी-क्षेत्र की तुलना में एन-क्षेत्र।

2. सही विकल्प चुनें:

(ए) पीएन जंक्शन पर संभावित बाधा दोनों तरफ के आरोपों के कारण है जंक्शन का. ये हैं आरोप

(A) बहुसंख्यक वाहक

(ii) अल्पसंख्यक वाहक

(iii) निश्चित दाता और स्वीकर्ता आयन।

(iv) उपरोक्त में से कोई नहीं

(बी) बिना किसी बाहरी वोल्टेज वाले पीएन जंक्शन में, जंक्शन करंट संतुलन पर होता है है,

(i) केवल अल्पसंख्यक वाहकों के प्रसार के कारण

(ii) केवल बहुसंख्यक वाहकों के प्रसार के कारण

(iii) शून्य, क्योंकि कोई भी चार्ज जंक्शन को पार नहीं कर रहा है

(iv) शून्य, क्योंकि समान और विपरीत आवेश जंक्शन को पार कर रहे हैं

(सी) अर्धचालक डायोड में, बाधा क्षमता विकर्षित होती है

(i) दोनों क्षेत्रों में अल्पसंख्यक वाहक

(ii) दोनों क्षेत्रों में बहुसंख्यक वाहक

(iii) बहुसंख्यक और अल्पसंख्यक दोनों वाहक

(iv) उपरोक्त में से कोई नहीं

3. हास क्षेत्र का नाम ऐसा क्यों रखा गया है? हास क्षेत्र किससे बना होता है?

28.4 पीएन जंक्शन का फॉरवर्ड और रिवर्स बायस

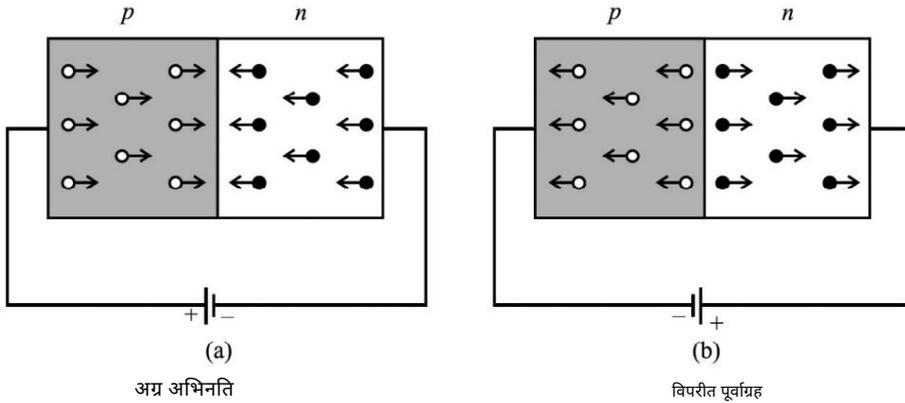
बायसिंग शब्द का अर्थ वोल्टेज का अनुप्रयोग है। संचालन के लिए एक पीएन जंक्शन बनाने के लिए, इलेक्ट्रॉनों को एन-प्रकार क्षेत्र से पी-प्रकार क्षेत्र और छिद्रों में विपरीत दिशा में जाना चाहिए। जंक्शन पर संभावित अवरोध को दूर करने के लिए, पीएन जंक्शन डायोड के दोनों सिरों पर एक बैटरी जोड़ी जानी चाहिए। बैटरी को पीएन जंक्शन से दो तरह से जोड़ा जा सकता है:

1. बैटरी का सकारात्मक टर्मिनल पी-साइड से जुड़ा है और बैटरी का नकारात्मक टर्मिनल एन-साइड से जुड़ा है। इसे आगे का पूर्वाग्रह कहा जाता है [चित्र। 28.8 (ए)]।
2. बैटरी का सकारात्मक टर्मिनल एन-साइड से जुड़ा है और बैटरी का नकारात्मक टर्मिनल पी-साइड से जुड़ा है। इसे रिवर्स बायस कहा जाता है [चित्र। 28.8 (बी)]।

जब एक जंक्शन आगे की ओर पक्षपाती होता है और पूर्वाग्रह बाधा क्षमता से अधिक हो जाता है, तो छेद जंक्शन की ओर बढ़ने और इसे पी-क्षेत्र से एन-क्षेत्र तक पार करने के लिए मजबूर होते हैं।

इसी प्रकार, इलेक्ट्रॉन विपरीत दिशा में जंक्शन को पार करते हैं। यह डायोड में फॉरवर्ड करंट सेट करता है। करंट वोल्टेज के साथ बढ़ता है और कुछ मिलीमीटर (mA) के क्रम का होता है। फॉरवर्ड बायस स्थिति के तहत, जंक्शन धारा के प्रवाह के लिए कम प्रतिरोध प्रदान करता है।

जंक्शन प्रतिरोध का मान, जिसे आगे का प्रतिरोध कहा जाता है, 10Ω से 30Ω की सीमा में है।



चित्र 28.8: पीएन जंक्शन की बायसिंग स्थिति

यदि पीएन जंक्शन रिवर्स बायस है, तो पी-क्षेत्र में छेद और एन-क्षेत्र में इलेक्ट्रॉन जंक्शन से दूर चले जाते हैं। क्या इसका मतलब यह है कि परिपथ में कोई धारा प्रवाहित नहीं होगी?

नहीं, तापीय उत्तेजना के कारण उत्पन्न इलेक्ट्रॉन-छिद्र युग्मों की कम संख्या के कारण अब भी एक छोटी धारा प्रवाहित होती है। अल्पसंख्यक वाहकों के कारण होने वाले इस छोटे करंट को रिवर्स सैचुरेशन करंट या लीकेज करंट कहा जाता है। अधिकांश व्यावसायिक रूप से उपलब्ध डायोड में, रिवर्स करंट लगभग स्थिर होता है और लागू रिवर्स बायस से स्वतंत्र होता है।

इसका परिमाण Ge डायोड के लिए कुछ माइक्रोएम्पीयर (μA) और Si डायोड में नैनो-एम्पीयर (nA) के क्रम का है।

एक पीएन जंक्शन आगे की ओर पक्षपाती होने पर कम प्रतिरोध प्रदान करता है, और जब पक्षपाती होता है तो उच्च प्रतिरोध प्रदान करता है विपरीत पक्षपात। पीएन जंक्शन की इस संपत्ति का उपयोग एसी-सुधार के लिए किया जाता है।

जब रिवर्स बायस वोल्टेज कुछ सौ वोल्ट के क्रम का होता है, तो पीएन जंक्शन के माध्यम से करंट तेजी से बढ़ता है और अत्यधिक बिजली अपव्यय के कारण इसे नुकसान पहुंचाता है। वह वोल्टेज जिस पर डायोड टूट जाता है उसे ब्रेकडाउन वोल्टेज कहा जाता है। शारीरिक रूप से, यह हो सकता है

इसे इस प्रकार समझाया जा सकता है: जब रिवर्स बायस लागू किया जाता है, तो जंक्शन पर एक बड़ा विद्युत क्षेत्र स्थापित हो जाता है। यह क्षेत्र (i) उपलब्ध अल्पसंख्यक वाहकों को गति देता है, जो बदले में, अर्धचालक सामग्री के परमाणुओं से टकराता है और ऊर्जा हस्तांतरण (हिमस्खलन प्रभाव) के माध्यम से अधिक इलेक्ट्रॉनों को बाहर निकालता है, और (ii) बंधे इलेक्ट्रॉनों पर बड़ा बल लगाकर सहसंयोजक बंधन को तोड़ता है। बांड द्वारा, इसके परिणामस्वरूप जंक्शन क्षेत्र (जेनर प्रभाव) में अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन-छेद जोड़े का निर्माण होता है। ये दोनों प्रक्रियाएं रिवर्स बायस वोल्टेज में थोड़ी वृद्धि के लिए भी बड़े रिवर्स करंट को जन्म देती हैं। इस प्रक्रिया को जेनर ब्रेकडाउन कहा जाता है।

पाठगत प्रश्न 28.4

1. अग्रगामी पूर्वाग्रह क्या है?

2. रिवर्स बायस क्या है?

3. रिक्त स्थान भरें:

(ए) जब पीएन जंक्शन डायोड पर फॉरवर्ड बायस लगाया जाता है, तो कमी की चौड़ाई क्षेत्र _____।

(बी) जब एक पीएन जंक्शन डायोड रिवर्स बायस होता है, तो कमी क्षेत्र की चौड़ाई _____ होती है।

(सी) जब रिवर्स बायस वोल्टेज बहुत अधिक कर दिया जाता है, तो पीएन के माध्यम से करंट जंक्शन _____ अचानक। इस वोल्टेज को कहा जाता है _____।

4. सही विकल्प चुनें:

(ए) आगे के पक्षपाती जंक्शन में

(i) n-क्षेत्र में छिद्र p-क्षेत्र की ओर बढ़ते हैं

(ii) अल्पसंख्यक वाहकों की आवाजाही है

(iii) आवेश वाहक गति नहीं करते

(iv) दोनों क्षेत्रों (n और p-क्षेत्रों) में बहुसंख्यक वाहक दूसरे में चले जाते हैं क्षेत्रों

(बी) एक रिवर्स बायस जंक्शन में

(i) कोई संभावित बाधा नहीं है

(ii) केवल बहुसंख्यक वाहकों की आवाजाही होती है

(iii) केवल अल्पसंख्यक वाहकों की आवाजाही होती है

(iv) उपरोक्त में से कोई नहीं

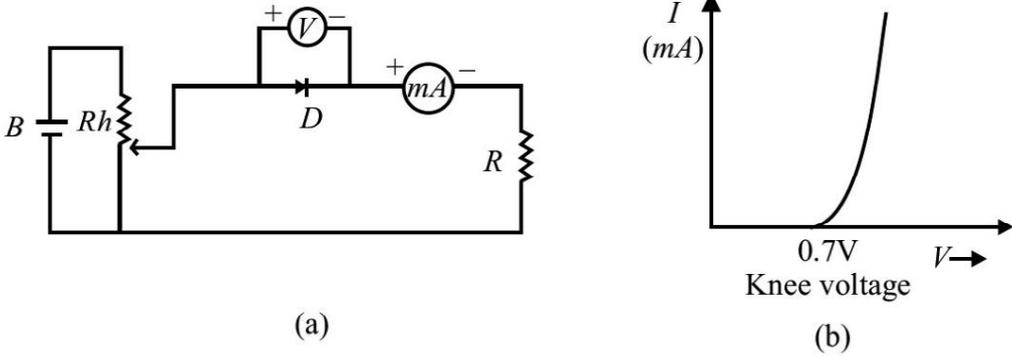
5. दो प्रकार के रिवर्स ब्रेकडाउन बताएं जो पीएन जंक्शन डायोड में हो सकते हैं।

28.5 पीएन जंक्शन डायोड की विशेषताएं

इलेक्ट्रॉनिक सर्किट में सेमीकंडक्टर डिवाइस का व्यावहारिक अनुप्रयोग वर्तमान और वोल्टेज (IV) संबंध पर निर्भर करता है, क्योंकि यह एक सर्किट डिजाइनर के साथ-साथ एक तकनीशियन को महत्वपूर्ण जानकारी देता है। इसलिए, I-V विशेषताओं की सहायता से, कोई यह जान सकता है कि किसी विशेष वोल्टेज पर जंक्शन डायोड के माध्यम से कितना प्रवाह प्रवाहित होता है।

28.5.1 अग्रेषित पूर्वाग्रह विशेषताएँ

चित्र 28.9 (ए) एक पीएन जंक्शन डायोड की फॉरवर्ड बायस विशेषता को दर्शाता है, एक बैटरी का सकारात्मक टर्मिनल (बी) रिओस्टेट के माध्यम से डायोड के पी-साइड से जुड़ा हुआ है (वैकल्पिक रूप से, हम एक परिवर्तनीय बैटरी का उपयोग कर सकते हैं)। डायोड पर लागू वोल्टेज को रिओस्टेट की मदद से बदला जा सकता है। मिलीमीटरमीटर (mA) सर्किट में करंट को मापता है और वोल्टमीटर (V) डायोड पर वोल्टेज को मापता है। पारंपरिक धारा की दिशा डायोड तीर की दिशा के समान होती है। चूंकि करंट को फॉरवर्ड बायस डायोड के माध्यम से अपने प्रवाह में थोड़ा विरोध का अनुभव होता है और वोल्टेज बढ़ने पर यह तेजी से बढ़ता है, करंट के मूल्य को सीमित करने के लिए सर्किट में एक प्रतिरोध (आर) जोड़ा जाता है। यदि यह प्रतिरोध शामिल नहीं है, तो इसके माध्यम से अत्यधिक धारा के प्रवाह के कारण डायोड स्थायी रूप से क्षतिग्रस्त हो सकता है। आगे के पूर्वाग्रह में एक पीएन जंक्शन का IV विशेषता वक्र चित्र 28.9 (बी) में दिखाया गया है।



चित्र 28.9: (ए) फॉरवर्ड बायस में एक पीएन जंक्शन डायोड की सर्किट आरेख IV विशेषताएँ (बी) विशिष्ट विशेषता वक्र

यहां यह ध्यान रखना चाहिए कि अभिलाक्षणिक वक्र मूल बिंदु से होकर नहीं गुजरता है; इसके बजाय, यह 0.7 वी के आसपास वी-अक्ष से मिलता है। इसका मतलब है कि पीएन जंक्शन तब तक संचालन नहीं करता है जब तक कि बाधा क्षमता को दूर करने के लिए एक निश्चित बाहरी वोल्टेज लागू नहीं किया जाता है। जंक्शन को चालन मोड में लाने के लिए आवश्यक अग्र वोल्टेज को नी वोल्टेज कहा जाता है। यह Si के लिए लगभग 0.7 V और Ge pn जंक्शन के लिए 0.3 V है।

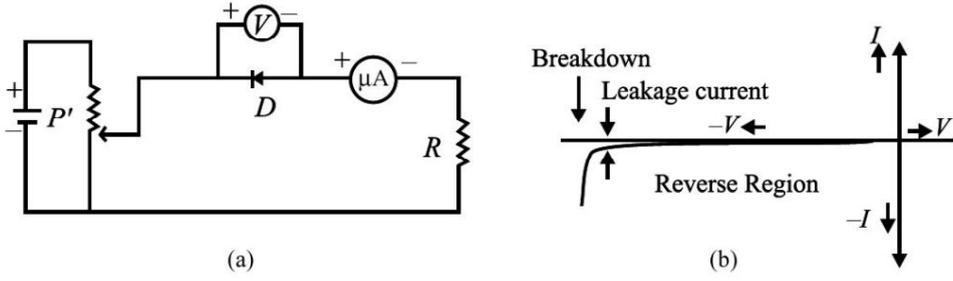
जंक्शन पर छेद-इलेक्ट्रॉन संयोजन प्रक्रिया शुरू करने के लिए इस वोल्टेज की आवश्यकता होती है।

यदि लागू वोल्टेज को घटने के वोल्टेज से अधिक बढ़ाया जाता है, तो डायोड के माध्यम से धारा रैखिक रूप से बढ़ जाती है। लगभग 1 V (एक वोल्ट) के वोल्टेज के लिए, करंट 30-80 mA का मान प्राप्त कर सकता है।

28.5.2 विपरीत पूर्वाग्रह विशेषताएँ

पीएन जंक्शन की रिवर्स बायस विशेषताओं को खींचने के लिए, हम चित्र 28.10 (ए) में दिखाए गए सर्किट आरेख का उपयोग करते हैं। रिवर्स बायस में पीएन जंक्शन का एक विशिष्ट IV विशेषता वक्र चित्र 28.10 (बी) में दिखाया गया है। यदि आप इसकी तुलना फॉरवर्ड IV विशेषताओं के लिए चित्र 28.9 (ए) से करते हैं, तो आप दो परिवर्तन देखेंगे:

- जंक्शन के टर्मिनल उलटे हैं।
- मिलीमीटर के स्थान पर माइक्रो-एमीटर (μA) का प्रयोग किया जाता है।



चित्र 28.10: (ए) रिवर्स बायस में पीएन जंक्शन की IV विशेषताओं को प्राप्त करने के लिए सर्किट आरेख
(बी) रिवर्स बायस विशेषता वक्र

ध्यान दें कि जंक्शन करंट सभी वोल्टेज के लिए रिवर्स बायस में तुलनात्मक रूप से बहुत कम है ब्रेकडाउन वोल्टेज के नीचे। और ब्रेकडाउन वोल्टेज पर, करंट तेजी से बढ़ता है वोल्टेज में थोड़ी वृद्धि। इसके अलावा, चित्र 28.9 (बी) और 28.10 (बी) की तुलना से पता चलता है कि एक पीएन जंक्शन डायोड कम प्रतिरोध प्रदान करता है जब यह आगे की ओर पक्षपाती और उच्च प्रतिरोध वाला होता है जब विपरीत पक्षपात हो। रिवर्स बायस डायोड में ब्रेकडाउन वोल्टेज पर, तेज रिवर्स करंट में वृद्धि जंक्शन द्वारा प्रस्तुत प्रतिरोध में अचानक कमी के कारण होती है।

इससे हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि एक पीएन जंक्शन डायोड केवल एक दिशा में संचालित होता है, यानी इसमें करंट का यूनिडायरेक्शनल संचालन होता है, जिसमें एन-टाइप क्षेत्र से इलेक्ट्रॉन प्रवाहित होते हैं आगे के पूर्वाग्रह में पी-टाइप अंत तक। पीएन जंक्शन डायोड के कुछ अनुप्रयोग:

1. डायोड की यूनिडायरेक्शनल कंडक्टिंग-प्रॉपर्टी का उपयोग एसी वोल्टेज को परिवर्तित करने के लिए किया जाता है एक दिष्टकारी के रूप में डीसी वोल्टेज। डायोड का उपयोग एडॉप्टर में बैटरियों को रिचार्ज करने के लिए भी किया जाता है सेल फोन, सीडी प्लेयर, लैपटॉप आदि। इनके बारे में आप एप्लीकेशन में विस्तार से पढ़ेंगे भाग।
2. एक उपकरण जो बैटरी का उपयोग करता है, उसमें अक्सर एक डायोड होता है, क्योंकि यह किसी भी करंट को रोकता है यदि बैटरी रिवर्स बायस है, तो उसे छोड़ने से बचें। यह संवेदनशील इलेक्ट्रॉनिक्स की सुरक्षा करता है डिवाइस में।

पाठगत प्रश्न 28.5

1. घुटने के वोल्टेज की अवधारणा को समझाइये।
2. (ए) सिलिकॉन डायोड के मामले में घुटने का वोल्टेज डायोड है _____ जबकि जर्मेनियम में _____
(बी) एक पीएन जंक्शन डायोड में, करंट केवल अंदर प्रवाहित होता है _____ दिशा।
(सी) रिवर्स संतृप्ति धारा के क्रम का है _____ जर्मेनियम डायोड के लिए।
3. सही विकल्प चुनें:
(ए) फॉरवर्ड बायस में पीएन जंक्शन डायोड की IV विशेषताएँ दर्शाती हैं
(i) एक अरैखिक वक्र
(ii) रैखिक वक्र
(iii) रैखिक और गैर-रैखिक भाग
(iv) उपरोक्त में से कोई नहीं

(बी) जब एक पीएन जंक्शन आगे की ओर पक्षपाती होता है और वोल्टेज बढ़ता है, तो तेजी से वोल्टेज में अपेक्षाकृत कम वृद्धि के लिए धारा में वृद्धि होती है

- लगभग तुरंत
- केवल तभी जब आगे का पूर्वाग्रह संभावित अवरोध से अधिक हो
- जब जंक्शन टूट जाता है
- उपरोक्त में से कोई नहीं

28.6 डायोड के प्रकार

डोपिंग के स्तर, डोपिंग सामग्री और ज्यामिति (आकार, क्षेत्र आदि) को समायोजित करके।

एक पीएन जंक्शन डायोड के विद्युत और ऑप्टिकल व्यवहार को ट्यून किया जा सकता है। विभिन्न प्रकार के डायोड, उनका योजनाबद्ध प्रतीक और उनके कार्य निम्नलिखित तालिका-28.1 में दिए गए हैं।

तालिका - 28.1: डायोड, उनके योजनाबद्ध प्रतीक और उनके कार्य।

नाम प्रतीक निर्माण		सिद्धांत मुख्य तंत्र		मुख्य उपयोग समारोह	
ज़ेनर डायोड		भारी डोपड पी-एंडएन-क्षेत्रों के साथ पीएन जंक्शन डायोड। बहुत संकीर्ण हास परत (<10 एनएम)।	जेनर ब्रेकडाउन निरंतर तंत्र चालू	प्रदान रिवर्स टूट - फूट वोल्टेज क्षेत्र हुए बिना क्षतिग्रस्त.	वोल्टेज स्थिरीकरण या विनियमन
फोटो-डायोड		पीएन जंक्शन डायोड. रिमोट के लिए ऑप्टिकल इनपुट में प्रकाश (या फोटो) प्रभाव का उपयोग करता है अर्धचालक-विद्युत नियंत्रण उत्सर्जित करना वीसीआर और टीवी में करंट के साथ कंडक्टर सामग्री बहुत पतला पी-क्षेत्र, विपरीत पूर्वाग्रह। जिसकी मोटाई है लहर द्वारा निर्धारित विकिरण की लंबाई पता लगाया जाए.	फोटोवोल्टिक एक रिसीवर को परिवर्तित करता है		
नेतृत्व किया		पीएन जंक्शन डायोड इलेक्ट्रो-परिवर्तन में प्रयुक्त होता है माइनस विद्युत मल्टीमीटर वाली सामग्री के साथ, बैंड ऊर्जा कोरेंस- डिजिटल में इनपुट घड़ियों में निकट प्रकाश आउटपुट पर विचार करना, अवरक्त क्षेत्र या आगे का पूर्वाग्रह। यंत्र दृश्य प्रकाश क्षेत्र प्रदर्शित करता है, (GaAsP या InP) कैलकुलेटर,			स्विच बोर्ड, बर्गलर अलार्म और दूरस्थ नियंत्रण उपकरण

सौर सेल		फोटोवोल्टिक रूपांतरण में पीएन जंक्शन डायोड जो या तो पी या एन प्रभाव क्षेत्र को जंक्शन तक पहुंचने से पहले प्रकाश के महत्वपूर्ण अवशोषण से बचने के लिए बहुत पतला बनाया जाता है।	सौर उपग्रहों की ऊर्जा को शक्ति में बिजली की व्यवस्था। ऊर्जा	में 1 2. चार्ज करना बैटरियां। 3. कैलकुलेटर
---------	---	--	--	--

पाठगत प्रश्न 28.6

1. सही विकल्प चुनें

(ए) एक जेनर डायोड संचालित होता है

- (i) आगे का पूर्वाग्रह
- (ii) विपरीत पूर्वाग्रह
- (iii) उपरोक्त दोनों
- (iv) उपरोक्त में से कोई नहीं

(बी) जेनर डायोड है

- (i) एक अत्यधिक डोप पीएन जंक्शन डायोड
- (ii) एक निम्न डोप पीएन जंक्शन डायोड
- (iii) एक मध्यम डोप पीएन जंक्शन डायोड
- (iv) सामान्य पीएन जंक्शन डायोड का दूसरा नाम

(सी) जेनर डायोड का उपयोग किया जाता है

- (i) एम्पलीफायर
- (ii) दिष्टकारी
- (iii) निरंतर चालू उपकरण
- (iv) स्थिर वोल्टेज उपकरण

28.7 अर्धचालक उपकरणों के अनुप्रयोग

लघु आकार और विशेष विद्युत गुणों के कारण, डायोड और ट्रायोड गैस लाइटर जैसे उपकरणों का उपयोग लगभग हर घरेलू उपकरण और गैजेट में होता है, सुरक्षा अलार्म, रेडियो, टीवी, टेलीफोन, टेप रिकॉर्डर, सीडी प्लेयर, कंप्यूटर, पंखा नियामक, आपातकालीन रोशनी आदि

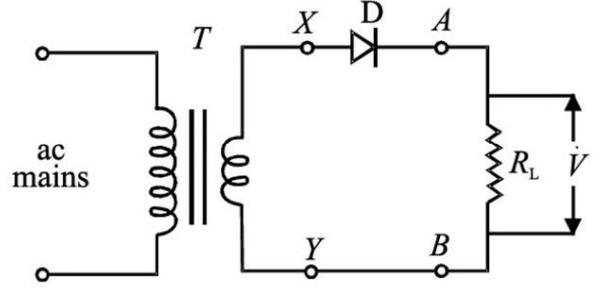
28.7.1 डायोड (पीएन जंक्शन) एक रेक्टिफायर के रूप में

हमारे घरों में बिजली की आपूर्ति हमें एसी वोल्टेज प्रदान करती है और यह एक साइनसोइडल सिग्नल है आवृत्ति 50 हर्ट्ज. इसका मतलब है कि वोल्टेज (या करंट) एक चक्र में दो बार शून्य हो जाता है, अर्थात्, तरंगरूप में एक सकारात्मक और दूसरा नकारात्मक आधा चक्र सममित रूप से बदलता रहता है

शून्य वोल्टेज स्तर. ऐसी तरंग का औसत वोल्टेज शून्य होता है। आइए अब एसी को डीसी में बदलने की विधि सीखें।

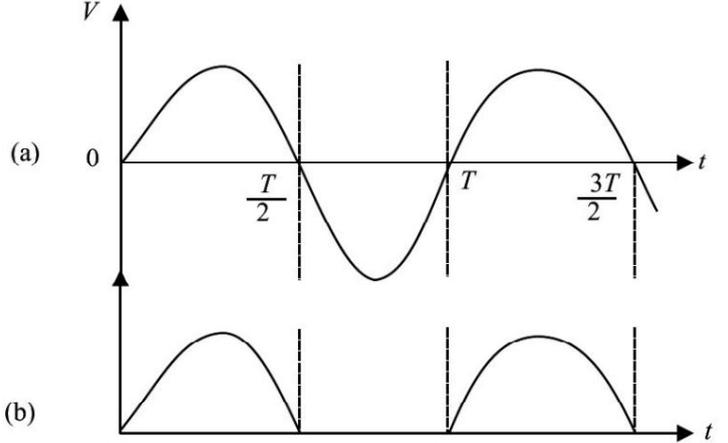
(ए) हाफ-वेव रेक्टिफिकेशन: एसी मेन से सिग्नल को स्टेप डाउन ट्रांसफार्मर

टी में फीड किया जाता है जो इसे टर्मिनल एक्स और वाई पर उपलब्ध कराता है (चित्र 28.11 देखें)। लोड प्रतिरोध आरएल एक पीएन जंक्शन डायोड डी के माध्यम से इन टर्मिनलों से जुड़ा हुआ है। हम स्टेप-डाउन ट्रांसफार्मर का उपयोग करते हैं क्योंकि अधिकांश उपकरणों को 220 वी से कम वोल्टेज स्तर की आवश्यकता होती है।



चित्र 28.11: हाफ-वेव रेक्टिफायर सर्किट

स्टेप डाउन ट्रांसफार्मर के आउटपुट पर स्टेप डाउन एसी-सिग्नल प्राप्त होता है। Y के संबंध में टर्मिनल X पर क्षमता समय के साथ साइन फ़ंक्शन के रूप में भिन्न होगी, जैसा कि चित्र 28.12 (ए) में दिखाया गया है।



चित्र 28.12: (ए) इनपुट एसी-वोल्टेज (बी) हाफ वेव रेक्टिफाइड आउटपुट

सकारात्मक आधे चक्र में, समय अंतराल 0 से टी/2 के दौरान, डायोड डी आगे की ओर झुका हुआ होगा और आचरण करेगा, यानी, ए से बी तक आरएल के माध्यम से धारा प्रवाहित होगी।

हालांकि, नकारात्मक आधे चक्र के दौरान, यानी,

अंतराल टी में /2 से टी, डी उलट बायस्ड है और जंक्शन संचालित नहीं होगा, यानी आरएल के माध्यम से कोई करंट प्रवाहित नहीं होता है। यह चित्र 28.12 (बी) में दिखाया गया है। चूंकि पीएन जंक्शन साइन तरंग के केवल आधे चक्र में संचालित होता है, यह अर्ध-तरंग रेक्टिफायर के रूप में कार्य करता है। गैर-संचालन आधे चक्र के दौरान, डायोड पर दिखाई देने वाला अधिकतम रिवर्स वोल्टेज शिखर एसी वोल्टेज वीएम के बराबर होता है। अधिकतम रिवर्स वोल्टेज जिसे एक डायोड बिना ब्रेकडाउन के विरोध कर सकता है, उसे पीक व्युत्क्रम वोल्टेज (PIV) कहा जाता है। सुधार के लिए, इसके द्वारा सुधारे जाने वाले पीक एसी वोल्टेज से अधिक पीआईवी वाले डायोड का चयन करना आवश्यक है; अन्यथा यह क्षतिग्रस्त हो जाएगा। हाफ-वेव रेक्टिफायर के मामले में वोल्टमीटर द्वारा मापा गया डीसी वोल्टेज, आरएल में वीडीसी, द्वारा दिया जाता है

जैसा

$$\text{वीडीसी} = \text{वीएम} / \square \quad (28.1)$$

जहां वीएम पीक एसी वोल्टेज है। लोड प्रतिरोध आरएल के माध्यम से डीसी वर्तमान आईडीसी इस प्रकार दी गई है:

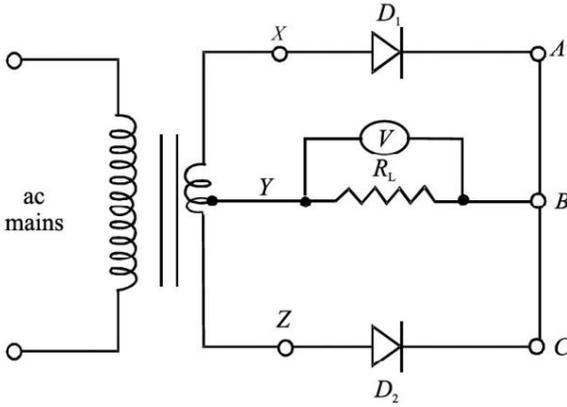
$$\text{आईडीसी} = \frac{\text{वीडीसी}}{\text{आर}} = \frac{\text{वीएम}}{\text{आर} \times \square} \quad (28.2)$$

ध्यान दें कि इस मामले में, हम इनपुट पावर का केवल आधा उपयोग कर रहे हैं और जाहिर तौर पर यह डीसी प्राप्त करने का एक प्रभावी तरीका नहीं है। इसके बजाय आप तार्किक रूप से ऐसा सोच सकते हैं

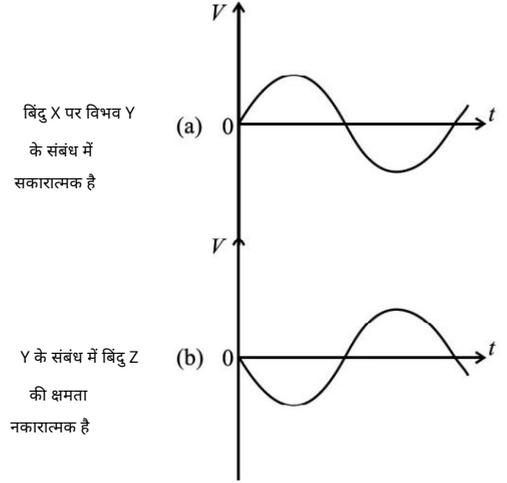
एक, हमें दो डायोड का उपयोग इस प्रकार करना चाहिए कि वे वैकल्पिक चक्र में संचालित हों। इसे पूर्ण-तरंग सुधार के रूप में जाना जाता है। आइए अब इसके बारे में जानें।

(बी) फुल-वेव रेक्टिफिकेशन: फुल-वेव रेक्टिफिकेशन के लिए, हम इनपुट सिग्नल को सेंटर टैप किए गए स्टेप डाउन ट्रांसफार्मर में फीड करते हैं। (इसमें दो समान द्वितीयक वाइंडिंग श्रृंखला में जुड़े हुए हैं।) डी1 और डी2 दो पीएन जंक्शन डायोड हैं, जैसा चित्र 28.13 में दिखाया गया है।

लोड प्रतिरोध आरएल का एक सिरा द्वितीयक वाइंडिंग के केंद्रीय बिंदु Y से जुड़ा है और दूसरा सिरा डायोड D1 और D2 के कैथोड टर्मिनलों से जुड़ा है। इन डायोड के एनोड क्रमशः द्वितीयक वाइंडिंग के सिरों X और Z से जुड़े होते हैं। X और Z छोर पर विभव Y के संबंध में विपरीत चरण में हैं, अर्थात, जब X का विभव सकारात्मक है, तो Z ऋणात्मक होगा और इसके विपरीत। इसे चित्र 28.14 (ए) और (बी) में ग्राफिक रूप से दिखाया गया है।



चित्र 28.13: एक पूर्ण तरंग दिष्टकारी सर्किट (दो डायोड का उपयोग करके)



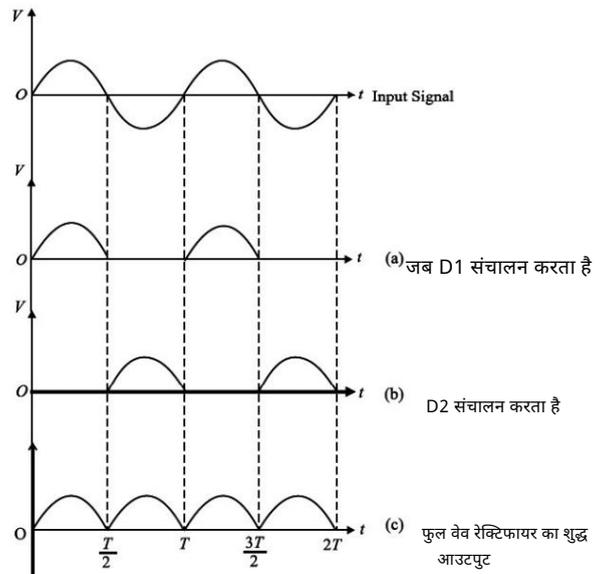
बिंदु X पर विभव Y के संबंध में सकारात्मक है

Y के संबंध में बिंदु Z की क्षमता नकारात्मक है

चित्र 28.14: संभावित वक्र

मान लीजिए कि आरंभ करने के लिए, टर्मिनल X सकारात्मक है और Y के संबंध में Z नकारात्मक है।

इस स्थिति में, डायोड D1 संचालन करेगा लेकिन D2 संचालन नहीं करेगा। करंट लोड के माध्यम से बी से वाई तक प्रवाहित होगा और आरएल पर आउटपुट वोल्टेज चित्र 28.15 (ए) में दिखाया गया है। अगले आधे चक्र के दौरान, टर्मिनल X नकारात्मक होगा और Z सकारात्मक होगा। इस स्थिति के तहत, डायोड डी2 संचालित होता है और करंट फिर से लोड प्रतिरोध से उसी दिशा में गुजरेगा जो बी से वाई तक है। संबंधित तरंग रूप चित्र 28.15 (बी) में दिखाया गया है। आरएल में शुद्ध आउटपुट स्पंदित है, जैसा चित्र 28.15 (सी) में दिखाया गया है। चूंकि भार के माध्यम से धारा अब साइन तरंग के पूरे चक्र में प्रवाहित होती है, इसे पूर्ण-तरंग सुधार कहा जाता है। डीसी वोल्टेज वीडिीसी और डीसी करंट आईडीसी द्वारा दिए गए हैं

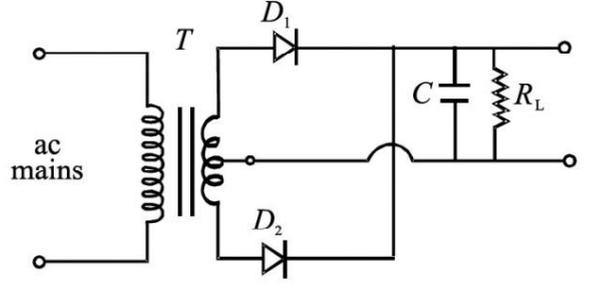


चित्र 28.15: आरएल पर वोल्टेज

$$V_m = 2 \times \frac{V_r}{\pi} \quad (28.3)$$

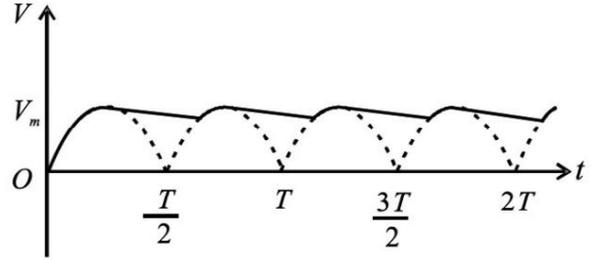
$$I_{m, \text{अवधि}} = \frac{V_m}{\text{आरू } \pi \text{ आर}} \quad (28.4)$$

ध्यान दें कि पूर्ण-तरंग सुधार के बाद लोड प्रतिरोध के माध्यम से बहने वाली यूनिटायरेक्शनल धारा अधिकतम से न्यूनतम (शून्य) तक स्पंदित होती है और किसी भी व्यावहारिक अनुप्रयोग के लिए उपयोगी नहीं है। उतार-चढ़ाव वाले घटक को कम करने और अधिक स्थिर धारा प्राप्त करने के लिए, हम स्पंदित भाग को फ़िल्टर करते हैं। इसके लिए, लोड प्रतिरोध से जुड़ा एक कैपेसिटर सी, जैसा कि चित्र 28.16 में दिखाया गया है, उच्च आवृत्ति घटक को फ़िल्टर करता है।



चित्र 28.16: पूर्ण तरंग सुधार में कैपेसिटर फ़िल्टर के लिए सर्किट आरेख

जब डायोड D1 अवधि $t = T/4$ के लिए संचालित होता है तो संधारित्र लगभग अधिकतम क्षमता V_m तक चार्ज हो जाता है। जब करंट $T/4 < t < T/2$ के लिए कम हो जाता है, तो कैपेसिटर खुद को डिस्चार्ज कर देता है और लोड के माध्यम से करंट को बनाए रखने की कोशिश करता है, जिससे उतार-चढ़ाव काफी कम हो जाता है, जैसा कि चित्र 28.17 में दिखाया गया है। कैपेसिटर और लोड प्रतिरोध का मान जितना बड़ा होगा, रेक्टिफाइड डीसी में उतार-चढ़ाव उतना ही कम होगा। उतार-चढ़ाव को कम करने के लिए लोड से जुड़े कैपेसिटर को फ़िल्टर कैपेसिटर कहा जाता है। बिजली आपूर्ति में, हम तरंग प्रभाव को कम करने के लिए सी या एल या एलसी (या एल) और सीएलसी (या \square) फ़िल्टर का उपयोग करते हैं।



चित्र 28.17: आउटपुट वोल्टेज जब कैपेसिटर का उपयोग एसी को फ़िल्टर करने के लिए किया जाता है

पाठगत प्रश्न 28.7

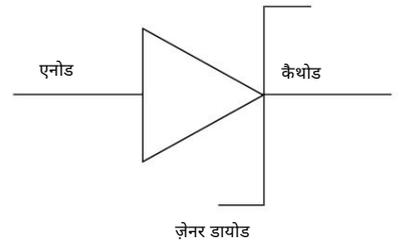
1. फ़िल्टर कैपेसिटर के साथ फुल वेव रेक्टिफायर का सर्किट बनाएं।

28.8 पीएन जंक्शन डायोड (जेनर डायोड) का विशेष उद्देश्य

जेनर डायोड एक विशेष प्रयोजन अर्धचालक डायोड है, जिसका नाम वर्ष 1934 में इसके आविष्कारक सी. जेनर के नाम पर रखा गया था। इसे ब्रेक डाउन क्षेत्र में रिवर्स बायस के तहत संचालित करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। जेनर डायोड आमतौर पर वोल्टेज नियामक के रूप में उपयोग किया जाता है।

जेनर डायोड का प्रतीक चित्र 28.18 में दिखाया गया है।

जेनर डायोड में दो प्रकार के ब्रेकडाउन देखे गए हैं:



चित्र 28.18: जेनर डायोड प्रतीक हिमस्खलन

ब्रेकडाउन: हिमस्खलन ब्रेकडाउन उच्च रिवर्स वोल्टेज पर होता है। यह सामान्य डायोड और जेनर डायोड दोनों में होता है। यदि पीएन जंक्शन पर रिवर्स वोल्टेज का उच्च मान लागू किया जाता है, तो मुक्त इलेक्ट्रॉनों को पर्याप्त ऊर्जा मिलती है और उच्च वेग प्राप्त होता है।

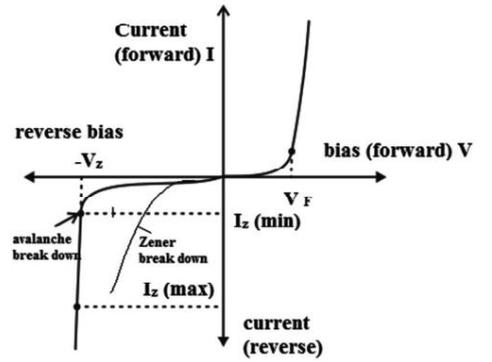
ये उच्च-वेग वाले इलेक्ट्रॉन अन्य परमाणुओं से टकराते हैं। नए परमाणुओं के साथ इलेक्ट्रॉनों की निरंतर टक्कर के कारण, बड़ी संख्या में मुक्त इलेक्ट्रॉन उत्पन्न होते हैं और अंततः डायोड में विद्युत प्रवाह में तेजी से वृद्धि होती है। विद्युत धारा में इस प्रकार का अचानक उछाल डायोड को नष्ट कर देता है। जेनर डायोड को इस प्रकार के ब्रेकडाउन वोल्टेज के तहत संचालित करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। यदि लागू रिवर्स वोल्टेज (V_Z) 6V से अधिक है, तो जेनर डायोड में हिमस्खलन ब्रेकडाउन होता है।

जेनर ब्रेकडाउन: जब लागू किया गया रिवर्स बायस वोल्टेज जेनर वोल्टेज के करीब पहुंचता है, तो क्षेत्र में घटता हुआ विद्युत क्षेत्र वैलेंस बैंड से इलेक्ट्रॉनों को खींचने के लिए पर्याप्त मजबूत हो जाता है। ये संयोजकता इलेक्ट्रॉन ह्रास क्षेत्र के एक मजबूत विद्युत क्षेत्र से उच्च मात्रा में ऊर्जा प्राप्त करते हैं और मूल परमाणु से मुक्त हो जाते हैं। इसलिए, जेनर ब्रेकडाउन क्षेत्र में, वोल्टेज में थोड़ी सी वृद्धि के परिणामस्वरूप बिजली में अचानक वृद्धि होती है

मौजूदा।

28.8.1 VI जेनर डायोड के लक्षण

जेनर डायोड की VI विशेषताओं को चित्र 28.19 में दिखाया गया है। ग्राफ से यह स्पष्ट है कि जेनर डायोड एक साधारण डायोड की तरह व्यवहार करता है जब इसे फॉरवर्ड बायस में जोड़ा जाता है। लेकिन जब रिवर्स वोल्टेज को जेनर डायोड पर लागू किया जाता है, जैसे कि रिवर्स वोल्टेज एक विशेष मूल्य से अधिक बढ़ जाता है, तो जेनर डायोड में ब्रेकडाउन होता है।



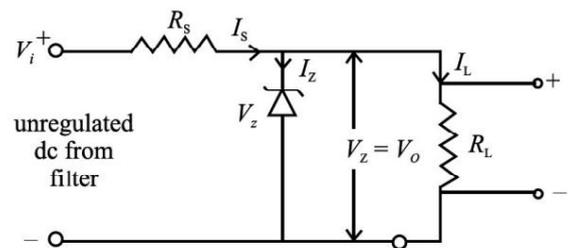
जेनर डायोड के ब्रेकडाउन वोल्टेज पर विद्युत धारा विपरीत दिशा में तेजी से बढ़ती है।

चित्र 28.19: जेनर डायोड की IV विशेषताएँ।

28.8.2 जेनर डायोड एक वोल्टेज नियामक के रूप में

फिल्टर के साथ आधे और पूर्ण तरंग रेक्टिफायर सबसे सरल प्रकार की बिजली आपूर्ति हैं। ये लगभग शुद्ध डीसी प्रदान करते हैं- लेकिन इनमें एक कमी है। जब प्रतिरोध कम करके लोड करंट बढ़ाया जाता है, तो आउटपुट वोल्टेज गिर जाता है। ऐसा इसलिए है, क्योंकि जब बड़ी धारा खींची जाती है, तो फिल्टर कैपेसिटर अधिक डिस्चार्ज हो जाता है और लोड रेसिस्टर पर इसका वोल्टेज कम हो जाता है।

इसी प्रकार, यदि एसी-इनपुट बदलता है, तो डीसी-आउटपुट वोल्टेज भी बदलता है। जाहिर है, अलग-अलग आउटपुट वोल्टेज वाली आपूर्ति इसके साथ संचालित होने वाले विभिन्न उपकरणों के प्रदर्शन को प्रभावित करती है। उदाहरण के लिए, यदि हम एक एम्पलीफायर चलाते हैं, तो इसके द्वारा पुनरुत्पादित ध्वनि की गुणवत्ता खराब हो जाएगी। इस कमी को दूर करने के लिए, जेनर डायोड का उपयोग साधारण बिजली आपूर्ति के साथ किया जाता है जो निरंतर डीसी वोल्टेज देता है। ऐसे सर्किट को विनियमित विद्युत आपूर्ति कहा जाता है। जेनर विनियमित वोल्टेज आपूर्ति सर्किट चित्र 28.20 में दिखाया गया है। इसमें ब्रेकडाउन वोल्टेज V_Z वाला जेनर डायोड होता है। यह स्थिर आउटपुट वोल्टेज V_O के बराबर होगा।



चित्र 28.20: स्टेबलाइजर के रूप में जेनर डायोड

सर्किट करंट को नियंत्रित करने और अतिरिक्त वोल्टेज को खत्म करने के लिए एक उपयुक्त श्रृंखला प्रतिरोध रूपये शामिल किया गया है। जेनर डायोड का एनोड इनपुट के नकारात्मक टर्मिनल से जुड़ा होता है

आपूर्ति, और कैथोड इनपुट आपूर्ति के सकारात्मक टर्मिनल के साथ श्रृंखला में जुड़ा हुआ है, यानी, जेनर रिवर्स बायस स्थिति में जुड़ा हुआ है। लोड प्रतिरोध जेनर डायोड से जुड़ा हुआ है। जेनर रेगुलेटर केवल तभी काम करेगा जब रेगुलेटर V_i को इनपुट आपूर्ति वोल्टेज V_z से अधिक हो। टूटने के बाद, इसके पार वोल्टेज लगभग स्थिर रहता है और इससे गुजरने वाली धारा से स्वतंत्र होता है। रुपये से गुजरने वाली धारा I समीकरण द्वारा दी गई है

$$I = (V_i - V_z) / R_s \quad (28.5)$$

यह धारा दो भागों में विभाजित होती है: जेनर धारा I_z और वर्तमान आईएल लोड करें। को लागू करने किर्चोफ़ का वर्तमान नियम, हम लिख सकते हैं

$$I = I_z + I_L \quad (28.6)$$

जेनर डायोड को संचालित करने के लिए, कुछ वर्तमान I_z मिनट हमेशा इसके माध्यम से प्रवाहित होना चाहिए। इसलिए, लोड करंट I_L हमेशा मुख्य करंट I से कम होना चाहिए। न्यूनतम का विशिष्ट मूल्य

5 mA से 20 mA तक हो सकता है।

यदि लोड करंट शून्य है, तो संपूर्ण I जेनर डायोड से होकर गुजरेगा और आउटपुट वोल्टेज V_o V_z के बराबर होगा। जब कुछ लोड करंट खींचा जाता है, मान लीजिए I_L , तो जेनर करंट उसी मात्रा में कम हो जाएगा लेकिन आउटपुट वोल्टेज V_z ही रहेगा। इसी प्रकार, यदि एसी मुख्य वोल्टेज बढ़ता या घटता है, तो इनपुट वोल्टेज, V_i तदनुसार बढ़ेगा या घटेगा।

इसके परिणामस्वरूप समीकरण द्वारा दिए गए I में परिवर्तन होगा। (28.5). I में परिवर्तन के कारण V_i में परिवर्तन श्रृंखला प्रतिरोध रुपये में गिरावट के रूप में दिखाई देगा। जेनर वोल्टेज V_z और इसलिए V_o अपरिवर्तित रहेगा। इस प्रकार हम देखते हैं कि आउटपुट वोल्टेज को करंट और इनपुट वोल्टेज में बदलाव के विरुद्ध स्थिर कर दिया गया है। जेनर डायोड में बिजली अपव्यय संबंध द्वारा दिया गया है:

$$P_z = I_z V_z \quad (28.7)$$

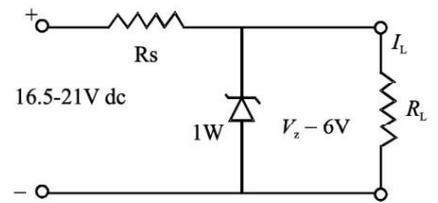
यह अपव्यय जेनर डायोड के लिए निर्माता द्वारा अनुशंसित अधिकतम विद्युत अपव्यय रेटिंग से अधिक नहीं होना चाहिए। आइए अब जेनर विनियमित बिजली आपूर्ति के डिज़ाइन को निम्नलिखित उदाहरण से समझें।

उदाहरण 28.1

एक सर्किट में लोड करंट 0 से 100 mA तक भिन्न होता है और इनपुट सप्लाय वोल्टेज 16.5 V से 21 V तक भिन्न होता है। 6 V की स्थिर डीसी आपूर्ति के लिए एक सर्किट डिज़ाइन करें।

समाधान :

हम 6 V का जेनर डायोड चुनते हैं। मान लीजिए $I_z \text{ min } 5 \text{ mA}$ है। जब कोई लोड करंट नहीं होगा तो अधिकतम करंट जेनर से प्रवाहित होगा। इसका परिमाण $(100 + 5) \text{ mA} = 0.105 \text{ A}$ होगा।



रुपये का मूल्य न्यूनतम इनपुट वोल्टेज और अधिकतम आवश्यक वर्तमान द्वारा निर्धारित किया जाता है

$$I = \frac{V_i - V_z}{R_s} = \frac{16.5 \text{ V} - 6 \text{ V}}{105 \text{ mA}} = 100 \text{ mA}$$

जेनर डायोड के माध्यम से धारा अधिकतम तब होगी जब इनपुट वोल्टेज अधिकतम होगा, अर्थात् 21 V और $I_L = 0$ ।

इसलिए, अधिकतम जेनर करंट $I_{\text{max}} = (21\text{V} - 6\text{V})/100 \Omega = 0.15 \text{ A}$ ।

डायोड में अधिकतम शक्ति अपव्यय $6 \text{ V} \times 0.15\text{A} = 0.9 \text{ W}$ है।

इसका मतलब है कि हमें 6 V , 1 W और 100Ω के प्रतिरोध वाले जेनर डायोड का उपयोग करना चाहिए। इसे ऊपर दिखाए अनुसार सर्किट में जोड़ा जाना चाहिए। यह लोड और इनपुट भिन्नता की निर्दिष्ट श्रेणियों के लिए 6 V का स्थिर आउटपुट देगा।

28.8.3 ऑप्टो-इलेक्ट्रॉनिक जंक्शन डिवाइस

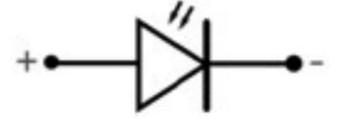
ऑप्टोइलेक्ट्रॉनिक जंक्शन उपकरण विशेष प्रकार के अर्धचालक उपकरण हैं। ये उपकरण प्रकाश ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में या इसके विपरीत परिवर्तित करने में सक्षम हैं। ठोस क्रिस्टलीय सामग्री, जो इंसुलेटर से भारी लेकिन धातुओं से हल्की होती है, का उपयोग ऑप्टोइलेक्ट्रॉनिक उपकरण बनाने के लिए किया जाता है। कुछ ऑप्टोइलेक्ट्रॉनिक उपकरण हैं:

एक। फोटोडायोड (ऑप्टिकल सिग्नल का पता लगाने के लिए उपयोग किया जाता है)

बी। प्रकाश उत्सर्जक डायोड (एलईडी) (जो विद्युत ऊर्जा को प्रकाश में परिवर्तित करता है)

सी। फोटोवोल्टिक उपकरण (जो ऑप्टिकल विकिरण को बिजली में परिवर्तित करता है, जिसे सौर सेल भी कहा जाता है) (ए)
फोटोडायोड: यह

एक उपकरण है जो प्रकाश ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है। यह रिवर्स बायस परिस्थितियों में काम करता है। फोटोडायोड तैयार करने के लिए सिलिकॉन, जर्मेनियम और इंडियम गैलियम आर्सेनाइड जैसी सामग्रियों का उपयोग किया जाता है। फोटोडायोड को निम्नलिखित प्रतीक [चित्र] का उपयोग करके दर्शाया जा सकता है। 28.21 (ए)।



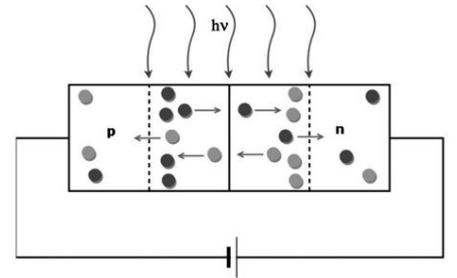
चित्र 28.21 (ए):
फोटोडायोड प्रतीक

यहां, यह ध्यान दिया जाना चाहिए कि फोटोडायोड का प्रतीक एलईडी के समान है।

तीर अंदर की ओर इंगित करते हैं इसका मतलब है कि फोटोडायोड प्रकाश ऊर्जा को अवशोषित करता है जबकि तीर बाहर की ओर इंगित करता है इसका मतलब है कि एलईडी प्रकाश ऊर्जा उत्सर्जित करता है।

फोटोडायोड का कार्य:

फोटोडायोड एक विशेष पीएन जंक्शन डायोड है, जो प्रकाश ($h\nu$) को डायोड पर गिरने की अनुमति देने के लिए एक पारदर्शी खिड़की से निर्मित होता है [चित्र 28.21 (बी) देखें]। इस अवधारणा को आसानी से समझने के लिए फोटोडायोड की कार्य प्रक्रिया बिंदुवार दी गई है।



चित्र 28.21 (बी): रिवर्स बायस के तहत प्रबुद्ध फोटोडायोड

• यह रिवर्स बायस के तहत संचालित होता है।

द्वितीय. फोटोडायोड फोटॉन ऊर्जा ($h\nu$) से प्रकाशित होता है, जो

ऊर्जा अंतराल (जैसे E_g) से अधिक है। फिर, डायोड के क्षय क्षेत्र के पास, फोटॉन के अवशोषण के कारण इलेक्ट्रॉन-छिद्र जोड़े उत्पन्न होते हैं, जैसा कि चित्र 28.21 (बी) में दिखाया गया है।

iii. लागू विद्युत क्षेत्र के कारण, इलेक्ट्रॉन और होल पुनः संयोजित होने से पहले अलग हो जाते हैं।

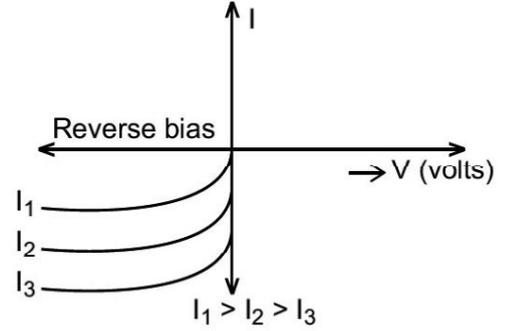
iv. विद्युत क्षेत्र की दिशा इलेक्ट्रॉनों को n-पक्ष तक और छिद्रों को p-पक्ष तक पहुँचने में सक्षम बनाती है।

v. विद्युत क्षेत्र के कारण, इलेक्ट्रॉनों को एन-साइड पर एकत्र किया जाता है और छिद्रों को पी-साइड पर एकत्र किया जाता है, जिससे ईएमएफ उत्पन्न होता है।

vi. यदि कोई बाहरी लोड जुड़ा है, तो करंट प्रवाहित होता है। प्रकाश धारा का परिमाण आपतित प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर करता है।

सातवीं. प्रकाश धारा आपतित प्रकाश की तीव्रता के समानुपाती होती है।

उपरोक्त बिंदुओं के आधार पर यह स्पष्ट है कि धारा में परिवर्तन के कारण रिवर्स बायस स्थिति के तहत प्रकाश की तीव्रता में परिवर्तन होता है। फोटोडायोड की एक विशिष्ट IV विशेषता चित्र 28.21 (सी) में दिखाई गई है।

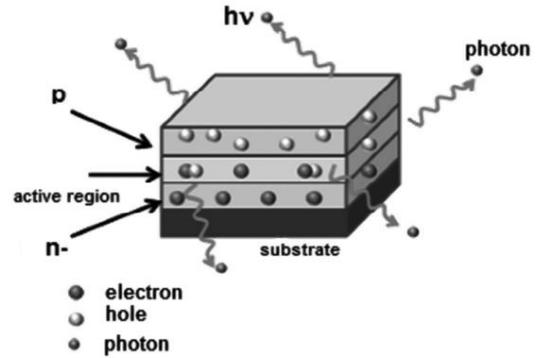


चित्र 28.21 (सी) : IV विभिन्न प्रकाश (प्रबुद्ध) तीव्रता के लिए रिवर्स बायस के तहत फोटोडायोड की विशेषताएं

यह सिद्धांत फोटोडायोड को ऑप्टिकल संकेतों का पता लगाने के लिए फोटोडिटेक्टर के रूप में काम करने की अनुमति देता है।

(बी) प्रकाश उत्सर्जक डायोड: प्रकाश उत्सर्जक डायोड (एलईडी) भी एक विशेष

प्रकार का पीएन जंक्शन डायोड है। प्रकाश उत्सर्जक डायोड विशेष रूप से अपमिश्रित अर्धचालक है और अग्र अभिनत अवस्था में प्रकाश उत्सर्जित करता है। एल्यूमीनियम इंडियम गैलियम फॉस्फाइड (AlInGaP) और इंडियम गैलियम नाइट्राइड (InGaN) एलईडी प्रौद्योगिकियों के लिए सबसे अधिक उपयोग किए जाने वाले अर्धचालकों में से दो हैं।



एलईडी का एक योजनाबद्ध आरेख चित्र 28.22 (ए) में दिखाया गया है।

चित्र 28.22 (ए): एलईडी का योजनाबद्ध आरेख

एलईडी की कार्यशील परिस्थितियों की कुछ महत्वपूर्ण विशेषताएं नीचे दी गई हैं:

में। एलईडी एक भारी डोपड पीएन जंक्शन है। द्वितीय. फॉरवर्ड बायस स्थिति में यह

स्वतःस्फूर्त विकिरण उत्सर्जित करता है। iii.

इसे एक पारदर्शी आवरण से ढक दिया गया है ताकि उत्सर्जित प्रकाश बाहर आ सके। iv. यदि LED अग्र अभिनत है, तो इलेक्ट्रॉन n पक्ष से और छिद्र से भेजे जाते हैं

पी □ एन.

v. जंक्शन सीमा पर अल्पसंख्यक वाहकों की सांद्रता संतुलन सांद्रता (या कोई पूर्वाग्रह स्थिति) की तुलना में बढ़ जाती है।

vi. पुनर्संयोजन पर, ऊर्जा फोटॉन के रूप में निकलती है।

सातवीं. बैंड गैप के बराबर या उससे थोड़ी कम ऊर्जा वाले फोटॉन उत्सर्जित होते हैं। viii. यदि डायोड की अग्रवर्ती धारा छोटी है, तो उत्सर्जित प्रकाश की तीव्रता

छोटा है।

नौ. जैसे-जैसे आगे की धारा बढ़ती है, प्रकाश की तीव्रता बढ़ती है और अधिकतम तक पहुंच जाती है। आगे की धारा में और वृद्धि के साथ, इसके परिणामस्वरूप प्रकाश की तीव्रता में कमी आती है।

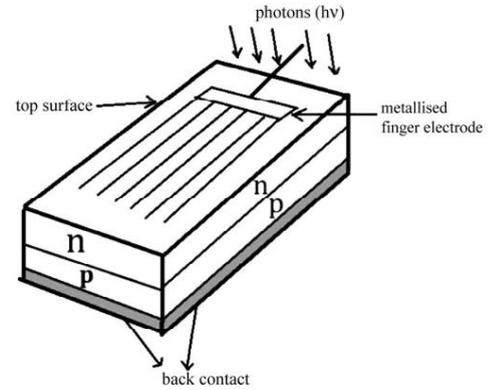
एलईडी की IV विशेषताएं सी-जंक्शन डायोड के समान हैं। लेकिन, जंक्शन डायोड की तुलना में श्रेयोल्ड वोल्टेज बहुत अधिक है। प्रत्येक रंग के लिए श्रेयोल्ड वोल्टेज थोड़ा अलग होता है। एलईडी का रिवर्स ब्रेकडाउन वोल्टेज बहुत कम है, आमतौर पर 5V के आसपास।

लाल, पीली, नारंगी, हरी और नीली एलईडी को व्यावसायिक रूप से उपलब्ध एलईडी के रूप में जाना जाता है। दृश्यमान एलईडी में कम से कम 1.8 eV का बैंड गैप होना चाहिए। गैलियम आर्सेनाइड - फॉस्फाइड (GaAs_{1-x}P_x) का उपयोग रंगीन एलईडी के लिए किया जाता है। GaAs_{0.6}P_{0.4} (जैसे ~ 1.9 eV) का उपयोग लाल एलईडी के लिए किया जाता है, GaAs (जैसे ~ 1.4 eV) का उपयोग इन्फ्रारेड एलईडी बनाने के लिए किया जाता है। एलईडी का उपयोग रिमोट कंट्रोल, बर्गलर अलार्म सिस्टम और ऑप्टिकल संचार प्रणालियों में किया जाता है।

गरमागरम कम शक्ति वाले लैंप की तुलना में एलईडी के कई फायदे हैं।

इनमें कम परिचालन वोल्टेज और कम शक्ति होती है। उत्सर्जित प्रकाश की बैंडविड्थ 100 Å से 500 Å की सीमा में होती है या दूसरे शब्दों में कहें तो वे एकवर्णी होते हैं। उनके पास लंबा जीवन और असभ्यता है। इसके अलावा उनमें तेज ऑन-ऑफ स्विचिंग क्षमता भी है।

(सी) सौर सेल या फोटोवोल्टिक (पीवी) सेल: एक सौर सेल मूल रूप से एक पीएन जंक्शन है, जो पीएन जंक्शन पर सौर विकिरण गिरने पर ईएमएफ उत्पन्न करता है। यह फोटोवोल्टिक प्रभाव के सिद्धांत पर कार्य करता है। यदि एक डायोड को फोटॉन (प्रकाश) द्वारा ऊर्जा ($h\nu > E$) से प्रकाशित किया जाता है तो फोटॉन के अवशोषण के कारण ई छेद जोड़े उत्पन्न होते हैं। अधिक शक्ति के लिए, किसी को बड़े जंक्शन क्षेत्र को बनाए रखना चाहिए और कोई बाहरी पूर्वाग्रह की स्थिति नहीं होनी चाहिए। μ), फिर इलेक्ट्रॉन-



चित्र 28.22 (बी) : सौर सेल (पीएन जंक्शन)

सौर सेल को एक ऐसे उपकरण के रूप में परिभाषित किया जाता है जिसकी विद्युत विशेषताएँ जैसे करंट, वोल्टेज या प्रतिरोध प्रकाश के संपर्क में आने पर भिन्न होनी चाहिए। चित्र 28.22 (बी) विशिष्ट पीएन जंक्शन सौर सेल दिखाता है।

लगभग 300 nm का पी-प्रकार का सिलिकॉन वेफर लिया जाता है जिसके ऊपर प्रसार प्रक्रिया द्वारा एक तरफ एन-प्रकार के सिलिकॉन की एक पतली परत (~0.3 nm) उगाई जाती है। पी-टाइप सिलिकॉन (Si) का दूसरा पक्ष एक धातु (बैक कॉन्टैक्ट) से लेपित है। एन-सी परत के शीर्ष पर, धातु फिंगर इलेक्ट्रोड (या धातु ग्रिड) जमा किया जाता है। यह फ्रंट संपर्क के रूप में कार्य करता है। धात्विक ग्रिड कोशिका क्षेत्र का केवल एक बहुत छोटा सा अंश (<15%) घेरता है ताकि प्रकाश ऊपर से कोशिका पर आपतित हो सके।

सौर सेल द्वारा ईएमएफ का उत्पादन तब होता है जब प्रकाश पड़ता है। यह निम्नलिखित तीन बुनियादी प्रक्रियाओं के कारण है: (i) पीढ़ी (ii) पृथक्करण और (iii) संग्रह। प्रकाश के कारण ईएच जोड़े की उत्पत्ति (हास क्षेत्र के विद्युत क्षेत्र के कारण $e\hbar > E$ छेद के साथ। इलेक्ट्रॉनों को एन-साइड और छिद्रों को पी-साइड में ले जाया जाता है; एन-साइड तक पहुंचने वाले इलेक्ट्रॉनों को सामने के संपर्क द्वारा एकत्र μ) जंक्शन के करीब; इलेक्ट्रॉनों का पृथक्करण और किया जाता है। और पी-साइड तक पहुंचने वाले छेद को पिछले संपर्क द्वारा एकत्र किया जाता है। इस प्रकार पी-साइड सकारात्मक हो जाता है और एन-साइड नकारात्मक हो जाता है जिससे फोटोवोल्टेज बढ़ जाता है। यदि कोई बाहरी लोड जुड़ा हुआ है, जैसा कि दिखाया गया है

चित्र 28.22 (सी) में, फोटोकॉरंट (आईएल) लोड (आरएल) के माध्यम से प्रवाहित होता है। सौर सेल की IV विशेषता चित्र 28.22 (डी) में दिखाई गई है। चूंकि सौर सेल करंट नहीं खींचता है बल्कि लोड को करंट की आपूर्ति करता है, इसलिए, IV विशेषताओं को ग्राफ के चौथे चतुर्थांश में दिखाया गया है।

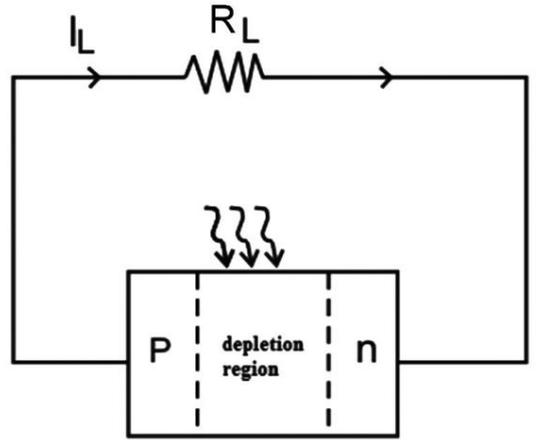
सौर सेल सामग्री: 1.5 ईवी के करीब बैंड गैप वाले अर्धचालक को सौर सेल निर्माण के लिए आदर्श सामग्री के रूप में जाना जाता है।

अर्धचालक सामग्री जैसे Si (उदाहरण = 1.1 eV), GaAs (उदाहरण = 1.43 eV), CdTe (उदाहरण = 1.45 eV), CuInSe2 (उदाहरण = 1.04 eV), आदि का उपयोग निर्माण में किया जाता है। सौर सेल निर्माण के लिए सामग्री के चयन के महत्वपूर्ण मानदंड इस प्रकार हैं:

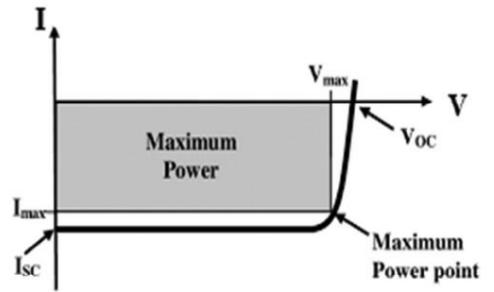
- (i) बैंड गैप (~1.0 से 1.8 eV)
- (ii) उच्च ऑप्टिकल अवशोषण (~10⁴ सेमी-1)
- (iii) कच्चे माल की विद्युत चालकता

सौर सेल के लिए सूर्य के प्रकाश की आवश्यकता आवश्यक नहीं है। फोटॉन ऊर्जा के साथ प्रकाश अधिक होता है सौर सेल के लिए बैंड गैप क्या काम करेगा।

उपयोग: इनका उपयोग उपग्रहों, अंतरिक्ष वाहनों और बिजली में इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों को शक्ति देने के लिए किया जाता है कुछ इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के आपूर्तिकर्ता।



चित्र 28.22 (सी): प्रबुद्ध पीएन जंक्शन सौर सेल



चित्र 28.22 (डी): सौर सेल की IV विशेषताएं

पाठगत प्रश्न 28.8

1. यदि आप इसके बजाय फॉरवर्ड बायस में जेनर डायोड कनेक्ट करते हैं, तो आउटपुट वोल्टेज क्या होगा
उदाहरण 28.1 के नियामक सर्किट में रिवर्स बायस का?
2. रिक्त स्थान भरें
 - a) जेनर डायोड किस पर आधारित है? _____ विखंडन तंत्र.
 - बी) एक फोटोडायोड संचालित होता है _____ पक्षपात।
 - ग) एक फोटोडायोड में, पीएन जंक्शन बनाया जाता है _____ अर्धचालक सामग्री.
 - घ) एलईडी कंडक्टर सामग्री से बने होते हैं _____ आवर्त सारणी का.
 - ई) प्रकाश उत्सर्जक डायोड संचालित होते हैं _____ पक्षपात।
 - एफ) एलईडी के प्रतीक में तीर प्रकाश के _____ का प्रतीक है।
 - छ) एलईडी में प्रकाश किसके कारण उत्सर्जित होता है? _____ इलेक्ट्रॉनों और छिद्रों का.

ज) एलईडी किस सिद्धांत पर आधारित है _____.

i) सौर सेल किस पर आधारित हैं? _____ प्रभाव।

जे) जब बैंड गैप ऊर्जा की तुलना में _____ ऊर्जा वाली सूर्य की रोशनी सौर सेल पर पड़ती है, तो यह इलेक्ट्रॉन-छेद जोड़े को मुक्त कर देती है। _____

28.9 ट्रांजिस्टर

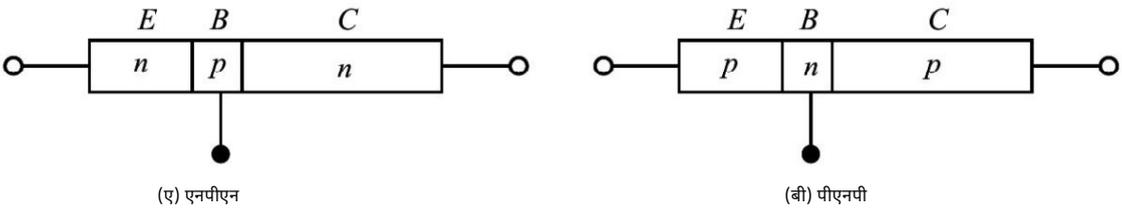
पिछले अनुभागों में, आपने पीएन जंक्शन डायोड के बारे में सीखा है, जो धारा को केवल एक दिशा में प्रवाहित करने की अनुमति देता है। यह इसके अनुप्रयोगों को सुधार और पता लगाने तक सीमित करता है।

एक अधिक उपयोगी अर्धचालक उपकरण द्विध्रुवी जंक्शन ट्रांजिस्टर है। 1948 में संयुक्त राज्य अमेरिका की बेल प्रयोगशाला में जॉन बार्डीन, वाल्टर ब्रैटन और विलियम शॉक्ले द्वारा ट्रांजिस्टर के आविष्कार ने इलेक्ट्रॉनिक उद्योग में क्रांति ला दी। ट्रांजिस्टर हमारे दैनिक जीवन में गैस लाइट से लेकर खिलौनों से लेकर एम्पलीफायरों, रेडियो सेट और टेलीविजन तक कई अनुप्रयोगों में पाए जाते हैं। स्विचिंग डिवाइस के रूप में इनका उपयोग सड़कों पर वाहनों के यातायात को नियंत्रित करने के लिए किया जा सकता है। वे कंप्यूटर, अंतरिक्ष यान, उपग्रहों और संचार में बिजली प्रणालियों में प्रमुख तत्व बनाते हैं।

एक ट्रांजिस्टर मूल रूप से एक सिलिकॉन या जर्मेनियम क्रिस्टल होता है जिसमें पी और एन-प्रकार के अर्धचालकों के तीन वैकल्पिक क्षेत्र होते हैं जैसा कि चित्र 28.23 में दिखाया गया है। इन तीन क्षेत्रों को उत्सर्जक (ई), आधार (बी) और संग्राहक (सी) कहा जाता है। मध्य क्षेत्र आधार है और बाहरी दो क्षेत्र उत्सर्जक और संग्राहक हैं। ध्यान दें कि उत्सर्जक और संग्राहक एक ही प्रकार (पी या एन) के हैं और संग्राहक तीन क्षेत्रों में सबसे बड़ा है।

बेस टर्मिनल उत्सर्जक और संग्राहक के बीच प्रवाहित होने वाली धारा को नियंत्रित करता है।

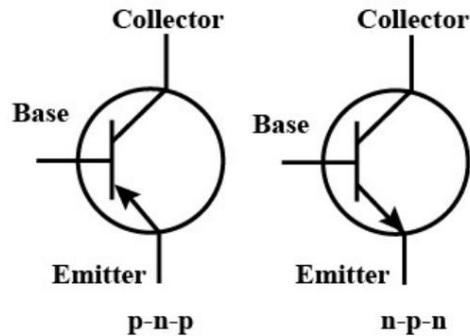
यह नियंत्रण क्रिया ट्रांजिस्टर को डायोड पर अतिरिक्त लाभ देती है, जिसमें वर्तमान प्रवाह को नियंत्रित करने की कोई संभावना नहीं होती है। डोपिंग के प्रकार के आधार पर, ट्रांजिस्टर को एनपीएन या पीएनपी के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। सामान्य तौर पर, डोपिंग का स्तर उत्सर्जक से संग्राहक से आधार तक घटता जाता है।



चित्र 28.23: ट्रांजिस्टर के प्रकार

ट्रांजिस्टर के टर्मिनलों के नाम उनके कार्यों का स्पष्ट संकेत देते हैं।

एनपीएन ट्रांजिस्टर के मामले में, उत्सर्जक से अधिकांश वाहक (इलेक्ट्रॉन) को आधार क्षेत्र में इंजेक्ट किया जाता है। चूंकि आधार एक बहुत हल्के ढंग से डोप की गई पतली परत है, यह उत्सर्जक द्वारा इंजेक्ट किए गए अधिकांश इलेक्ट्रॉनों को कलेक्टर में पारित करने की अनुमति देता है। तीन क्षेत्रों में सबसे बड़ा होने के कारण, कलेक्टर अन्य दो क्षेत्रों की तुलना में अधिक गर्मी नष्ट करता है।



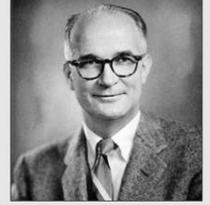
चित्र 28.24: पीएनपी और एनपीएन ट्रांजिस्टर के प्रतीक

एनपीएन और पीएनपी ट्रांजिस्टर का प्रतीकात्मक प्रतिनिधित्व चित्र 28.24 में दिखाया गया है। तीर का शीर्ष पारंपरिक धारा के प्रवाह की दिशा को इंगित करता है। एक एनपीएन, ट्रांजिस्टर में, उत्सर्जक धारा उत्सर्जक से आधार की ओर इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह के कारण होती है, और पारंपरिक धारा आधार से उत्सर्जक की ओर प्रवाहित होती है और इसलिए तीर का शीर्ष आधार से बाहर की ओर इंगित करता है। पीएनपी ट्रांजिस्टर के मामले में, उत्सर्जक धारा में उत्सर्जक से आधार तक छिद्रों का प्रवाह शामिल होता है।

इस प्रकार पारंपरिक धारा उत्सर्जक से आधार की ओर प्रवाहित होती है। चूँकि ट्रांजिस्टर द्विध्रुवी उपकरण हैं, उनका संचालन बहुसंख्यक और अल्पसंख्यक वाहक (इलेक्ट्रॉन और छेद) दोनों पर निर्भर करता है।

विलियम ब्रैडफोर्ड शॉक्ले (1910 - 1989)

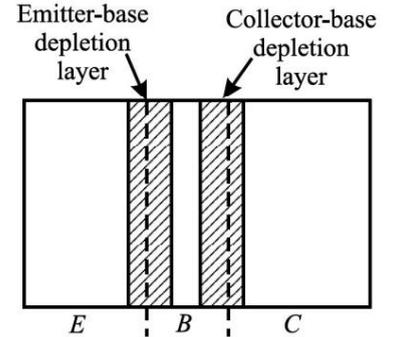
इंग्लैंड में जन्मे, अमेरिकी भौतिक विज्ञानी डब्ल्यूबी शॉक्ले उन तीन वैज्ञानिकों में से एक थे, जिन्हें ट्रांजिस्टर की खोज के लिए भौतिकी में 1956 का नोबेल पुरस्कार मिला था। मूल रूप से एक ठोस भौतिक विज्ञानी, शॉकली ने अर्धचालकों में बैंड, मिश्र धातुओं में क्रम और विकार की सैद्धांतिक समझ के विकास में महत्वपूर्ण योगदान दिया; वैक्यूम ट्यूबों का सिद्धांत, अव्यवस्थाओं का सिद्धांत और लौहचुंबकीय डोमेन का सिद्धांत। वह सचमुच इलेक्ट्रॉनिक क्रांति के अग्रदूतों में से एक हैं।



28.9.1 कार्य सिद्धांत

एनपीएन ट्रांजिस्टर पर विचार करें, क्योंकि यह अधिक सामान्यतः उपयोग किया जाता है। जब ट्रांजिस्टर पर कोई वोल्टेज लागू नहीं किया जाता है, तो जंक्शनों पर मुक्त इलेक्ट्रॉनों का प्रसार दो कमी परतों का निर्माण करता है, जैसा कि चित्र 28.25 में दिखाया गया है।

प्रत्येक कमी परत के लिए, सिलिकॉन ट्रांजिस्टर के लिए 25°C पर अवरोध क्षमता लगभग 0.7 V और जर्मेनियम ट्रांजिस्टर के लिए 0.3 V है। जैसा कि आप जानते होंगे, उच्च वोल्टेज रेटिंग, अधिक वर्तमान रेटिंग और कम तापमान संवेदनशीलता के कारण सिलिकॉन ट्रांजिस्टर जर्मेनियम ट्रांजिस्टर की तुलना में अधिक व्यापक रूप से उपयोग किए जाते हैं। अपनी चर्चा के लिए, हम सिलिकॉन ट्रांजिस्टर का उल्लेख करते हैं, जब तक कि अन्यथा संकेत न दिया गया हो।



चित्र 28.25: जब कोई वोल्टेज लागू नहीं किया जाता है तो ट्रांजिस्टर में घटती परतें

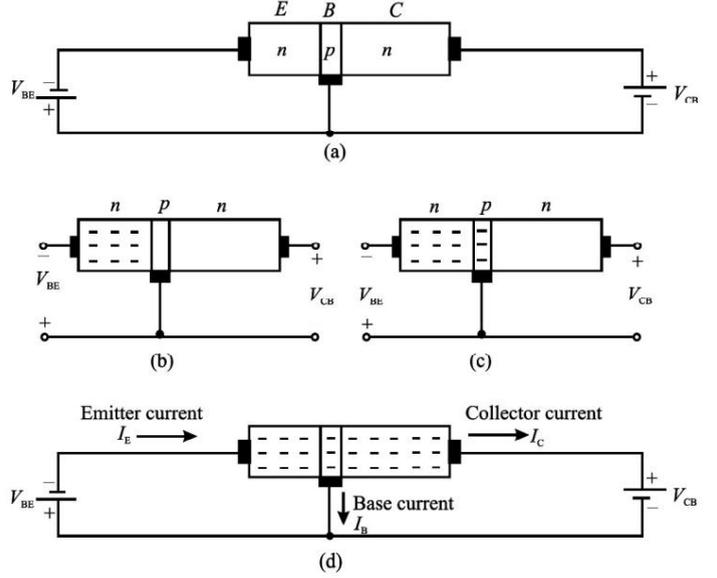
चूँकि एक ट्रांजिस्टर में तीन क्षेत्रों में अलग-अलग डोपिंग स्तर होते हैं, कमी परतों की चौड़ाई अलग-अलग होती है। यदि किसी क्षेत्र को भारी मात्रा में डोप किया जाता है, तो जंक्शन के पास आयनों की सांद्रता अधिक होगी, जिसके परिणामस्वरूप पतली कमी-परत होगी और इसके विपरीत। चूँकि उत्सर्जक और संग्राहक की तुलना में आधार को हल्का डोप किया जाता है, इसलिए क्षय परतें इसमें अच्छी तरह से विस्तारित होती हैं, जबकि उत्सर्जक/संग्राहक क्षेत्रों में प्रवेश कुछ हद तक होता है।

*1 एनपीएन ट्रांजिस्टर

एनपीएन ट्रांजिस्टर की एक विशिष्ट बायसिंग योजना चित्र 28.26 (ए) में दिखाई गई है। ध्यान दें कि एमिटर-बेस जंक्शन आगे की ओर पक्षपाती है जबकि कलेक्टर-बेस जंक्शन विपरीत दिशा में पक्षपाती है। इसलिए हम एक बड़े उत्सर्जक धारा और कम संग्राहक धारा की अपेक्षा करते हैं। लेकिन व्यवहार में, हम देखते हैं कि संग्राहक धारा लगभग उत्सर्जक धारा जितनी बड़ी होती है। आइये इसका कारण समझते हैं। जब आगे का पूर्वाग्रह उत्सर्जक जंक्शन पर लागू होता है, तो उत्सर्जक में मुक्त इलेक्ट्रॉनों को आधार क्षेत्र में प्रवेश करने के लिए बाधा क्षमता को पार करना पड़ता है [चित्र 28.26 (बी) देखें]। जब VBE अवरोध क्षमता (सिलिकॉन ट्रांजिस्टर के लिए 0.6 से 0.7V) से अधिक हो जाता है, तो ये इलेक्ट्रॉन आधार क्षेत्र में प्रवेश करते हैं, जैसा कि चित्र 28.26 (सी) में दिखाया गया है। एक बार आधार के अंदर, ये इलेक्ट्रॉन प्रवाहित हो सकते हैं

या तो पतले आधार के माध्यम से बाहरी आधार लीड में या कलेक्टर जंक्शन के पार कलेक्टर क्षेत्र में। आधार धारा के

अधोगामी घटक को पुनर्संयोजन धारा कहा जाता है। यह छोटा है क्योंकि आधार हल्का डोप किया गया है और केवल कुछ छेद उपलब्ध हैं। चूँकि आधार क्षेत्र बहुत पतला है और यह $V_{BE} > 0.7V$ के लिए बड़ी संख्या में इलेक्ट्रॉन प्राप्त करता है, अधिकांश



चित्र 28.26: एक एनपीएन ट्रांजिस्टर जब (ए) उत्सर्जक आगे-पक्षपाती होता है और संग्राहक विपरीत-पक्षपाती होता है, (बी) एक उत्सर्जक में मुक्त इलेक्ट्रॉन, (सी) मुक्त इलेक्ट्रॉन आधार में इंजेक्ट किया जाता है; और (डी) मुक्त इलेक्ट्रॉन आधार से होकर संग्राहक तक पहुंचते हैं।

ये इलेक्ट्रॉन संग्राहक रिक्तीकरण परत में फैल जाते हैं। इस परत में मुक्त इलेक्ट्रॉनों को (घटाव परत क्षेत्र द्वारा) कलेक्टर क्षेत्र में धकेल दिया जाता है [(चित्र 28.26 (डी))] और बाहरी कलेक्टर लीड में प्रवाहित होते हैं। इसलिए, हम कह सकते हैं कि इलेक्ट्रॉनों की एक स्थिर धारा नकारात्मक छोड़ती है स्रोत टर्मिनल और उत्सर्जक क्षेत्र में प्रवेश करता है। आगे का पूर्वाग्रह इन इलेक्ट्रॉनों को आधार क्षेत्र में प्रवेश करने के लिए मजबूर करता है। लगभग ये सभी इलेक्ट्रॉन आधार के माध्यम से कलेक्टर कमी परत में फैल जाते हैं। कमी परत क्षेत्र फिर इलेक्ट्रॉनों की एक स्थिर धारा को कलेक्टर क्षेत्र में धकेलता है। अधिकांश ट्रांजिस्टर में, 95 प्रतिशत से अधिक उत्सर्जक-इंजेक्टेड इलेक्ट्रॉन कलेक्टर में प्रवाहित होते हैं; 5 प्रतिशत से कम प्रवाह बाहरी आधार पर होता है।

ट्रांजिस्टर क्रियाओं की कुंजी भारी डोप किए गए उत्सर्जक और मध्यवर्ती रूप से डोप किए गए कलेक्टर के बीच हल्के से डोप किए गए पतले आधार के कारण होती है। आधार से गुजरने वाले मुक्त इलेक्ट्रॉन थोड़े समय के लिए आधार में रहते हैं और संग्राहक तक पहुँचते हैं। एक ट्रांजिस्टर के कलेक्टर करंट (I_C करंट गेन, β) के बीच संबंध। इसे इस प्रकार परिभाषित किया गया है:

*) और उत्सर्जक धारा (I_E) को बड़े सिग्नल के रूप में व्यक्त किया जाता है

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad (28.8)$$

यहां, β लगभग एक के बराबर है, लेकिन हमेशा एक से थोड़ा कम है।

इसी प्रकार, कोई ट्रांजिस्टर में कलेक्टर करंट को बेस करंट से जोड़ सकता है। यह है ग्रीक अक्षर बीटा द्वारा दर्शाया गया:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad (28.9)$$

बीटा सामान्य-उत्सर्जक विन्यास में ट्रांजिस्टर के वर्तमान लाभ को दर्शाता है। β का मान एक से काफी अधिक है। चूँकि उत्सर्जक धारा संग्राहक धारा और आधार धारा के योग के बराबर है, हम लिख सकते हैं

आईई = आईसी + आईबी

IC द्वारा सम्पूर्ण भाग देने पर हमें प्राप्त होता है

$$\frac{I_E}{I_C} = 1 + \frac{I_B}{I_C} \quad (28.10)$$

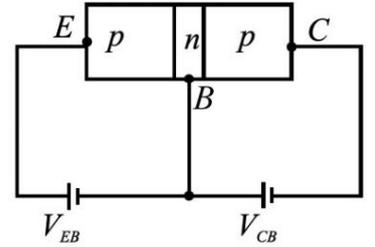
□ और □ के संदर्भ में, हम इसे इस प्रकार पुनः लिख सकते हैं

$$\frac{1}{\alpha} = 1 + \beta \frac{1}{\alpha}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (28.11)$$

द्वितीय. एक पीएनपी ट्रांजिस्टर

इस खंड में कोई भी विस्तार से समझ सकता है कि पीएनपी ट्रांजिस्टर एनपीएन ट्रांजिस्टर से कैसे भिन्न है। सक्रिय क्षेत्र में संचालन के लिए बायस्ड एक पीएनपी ट्रांजिस्टर चित्र 28.27 में दिखाया गया है। ध्यान दें कि जब एनपीएन ट्रांजिस्टर को पीएनपी ट्रांजिस्टर द्वारा प्रतिस्थापित किया जाता है तो हम बैटरी टर्मिनलों को उलट देते हैं।



चित्र 28.27: सक्रिय संचालन के लिए पक्षपाती एक पीएनपी ट्रांजिस्टर

पहले की तरह, एमिटर-बेस जंक्शन वोल्टेज वीईबी की बैटरी द्वारा फॉरवर्ड बायस्ड है और कलेक्टर बेस जंक्शन वोल्टेज वीसीबी की बैटरी द्वारा रिवर्स बायस्ड है। कलेक्टर-बेस जंक्शन (जो रिवर्स बायस्ड है) की तुलना में इसके आगे के पूर्वाग्रह के कारण एमिटर-बेस जंक्शन का प्रतिरोध बहुत छोटा है। इसलिए, हम एमिटर-बेस जंक्शन पर छोटे फॉरवर्ड बायस वोल्टेज (0.7 V) को लागू करते हैं, जबकि कलेक्टर-बेस जंक्शन पर लागू रिवर्स बायस वोल्टेज बहुत अधिक मूल्य (9 V) का होता है। उत्सर्जक-आधार जंक्शन का आगे का पूर्वाग्रह बैटरी के सकारात्मक टर्मिनल द्वारा प्रतिकर्षित होने पर, उत्सर्जक (पी-क्षेत्र) में अधिकांश वाहकों को आधार (एन-क्षेत्र) में फैलाने के लिए बनाता है जो छेद हैं। चूंकि आधार की चौड़ाई बेहद पतली है और इसे हल्के ढंग से डोप किया गया है, कुल छिद्रों में से बहुत कम (दो से पांच प्रतिशत) जो आधार में प्रवेश करते हैं, इलेक्ट्रॉनों के साथ पुनः संयोजित होते हैं और 95% से 98% संग्राहक क्षेत्र तक पहुंचते हैं। संग्राहक-आधार क्षेत्र के विपरीत पूर्वाग्रह के कारण, इस क्षेत्र तक पहुंचने वाले छिद्र संग्राहक पर लागू नकारात्मक क्षमता से आकर्षित होते हैं, जिससे संग्राहक धारा (आईसी) बढ़ जाती है।

इसलिए, उत्सर्जक धारा (I_E) में वृद्धि से संग्राहक धारा बढ़ती है और समीकरण (28.8) - (28.11) इस मामले में भी लागू होता है।

पाठगत प्रश्न 28.9

1. सही विकल्प चुनें :

a) ट्रांजिस्टर के प्रतीक में तीर का सिर किस दिशा में इंगित करता है

- उत्सर्जक क्षेत्र में छिद्र प्रवाह
- उत्सर्जक क्षेत्र में इलेक्ट्रॉन प्रवाह

(iii) अधिकांश वाहक उपरोक्त क्षेत्र में प्रवाहित होते हैं

(iv) उपरोक्त में से कोई नहीं

बी) सामान्य पूर्वाग्रह में एक ट्रांजिस्टर में उत्सर्जक धारा है

(i) कलेक्टर करंट से कम

(ii) बेस करंट और कलेक्टर करंट के योग के बराबर

(iii) बेस करंट के बराबर

(iv) उपरोक्त में से कोई नहीं

2. रिक्त स्थान भरें

(ए) एक ट्रांजिस्टर में _____ क्षेत्र और _____ जंक्शन होते हैं।

(बी) एक ट्रांजिस्टर में, _____ सबसे कम मोटाई है।

(सी) उत्सर्जक क्षेत्र डोपिंग है। _____ डोप किया गया, जबकि _____ क्षेत्र में सबसे कम है

(डी) ट्रांजिस्टर के कलेक्टर के पास है _____ आकार और _____ डोपिंग।

(ई) ट्रांजिस्टर को सक्रिय क्षेत्र में तब कहा जाता है जब _____ जंक्शन आगे होता है
बायस्ड और _____ जंक्शन रिवर्स बायस्ड है।

(फ) ट्रांजिस्टर दो प्रकार के होते हैं _____ और _____.

28.9.2 ट्रांजिस्टर विन्यास

एक ट्रांजिस्टर एक दो-पोर्ट डिवाइस है, यह एक इनपुट ले सकता है और एक आउटपुट दे सकता है। दोनों के लिए इनपुट और आउटपुट, दो टर्मिनलों की आवश्यकता है। यह एक ट्रांजिस्टर बनाकर किया जा सकता है तीन टर्मिनलों में से एक सामान्य है। एक ट्रांजिस्टर का विन्यास जिसमें से एक इनपुट और आउटपुट दोनों के लिए सामान्य टर्मिनल चित्र 28.28 में दिखाए गए हैं।

जब उत्सर्जक इनपुट और आउटपुट सर्किट दोनों के लिए उभयनिष्ठ होता है, तो हम उभयनिष्ठ उत्सर्जक प्राप्त करते हैं (सीई) विन्यास [चित्र। 28.28 (ए)];

जब आधार इनपुट और आउटपुट सर्किट दोनों के लिए सामान्य होता है, तो हम सामान्य आधार प्राप्त करते हैं (सीबी) विन्यास [चित्र। 28.28 (बी)]; और

जब कलेक्टर इनपुट और आउटपुट सर्किट दोनों के लिए सामान्य होता है, तो हमारे पास सामान्य कलेक्टर होता है (सीसी) विन्यास [चित्र। 28.28 (सी)]।

इनमें से प्रत्येक कॉन्फिगरेशन में, ट्रांजिस्टर विशेषताएँ अद्वितीय हैं। सीई कॉन्फिगरेशन का उपयोग सबसे अधिक व्यापक रूप से किया जाता है क्योंकि यह वोल्टेज, करंट और पावर लाभ प्रदान करता है। में सीबी कॉन्फिगरेशन, ट्रांजिस्टर का उपयोग निरंतर वर्तमान स्रोत के रूप में किया जा सकता है जबकि सीसी कॉन्फिगरेशन का उपयोग आमतौर पर प्रतिबाधा मिलान के लिए किया जाता है

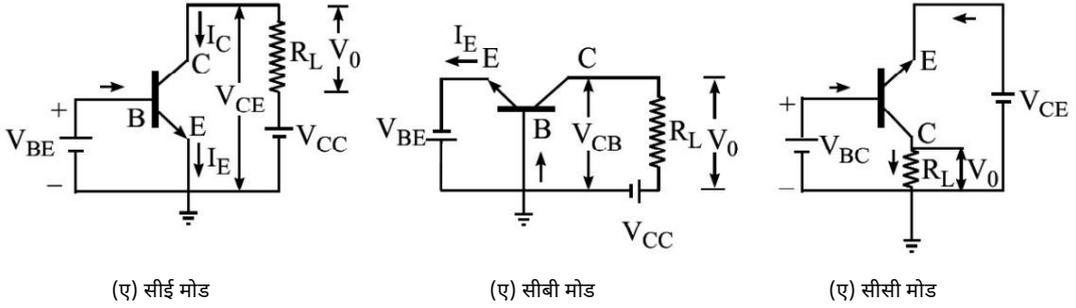
प्रत्येक कॉन्फिगरेशन के लिए, हम तीन अलग-अलग विशेषताओं को प्लॉट कर सकते हैं:

ए) इनपुट विशेषताएँ,

बी) आउटपुट विशेषताएँ, और

ग) शामिल मात्राओं की प्रकृति के आधार पर स्थानांतरण विशेषताएँ।

तालिका-28.2 इन सभी विशेषताओं में से प्रत्येक से संबंधित विभिन्न मात्राएँ देती है तीन विन्यास और रुचि के ट्रांजिस्टर स्थिरांक।



चित्र 28.28: ट्रांजिस्टर विन्यास

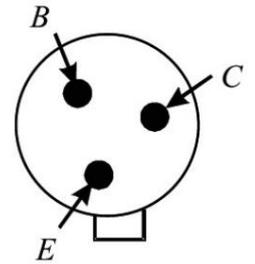
तालिका-28.2: ट्रांजिस्टर की विभिन्न विशेषताओं में रुचि की भौतिक मात्राएँ

कॉन्फिगरेशन इनपुट	विशेषता	उत्पादन विशेषता विशेषता ट्रांजिस्टर स्थिरांक	स्थानांतरण	महत्वपूर्ण
सीई	वीबीई और आईबी के साथ वीसीई और आईसी के साथ पैरामीटर के रूप में वीसीई, पैरामीटर के रूप में आईबी	आईबी और आईसी	आईबी और आईसी	वर्तमान लाभ, β
सीबी	वीबीई और आईई के साथ वीसीबी और आईसी के साथ पैरामीटर के रूप में वीसीबी	आईई और आईसी	आईई और आईसी	वर्तमान लाभ, β
सीसी	वीसीबी और आईबी के साथ वीसीई और आईई के साथ पैरामीटर के रूप में वीसीई, पैरामीटर के रूप में आईबी	आईबी और आईई	आईबी और आईई	वर्तमान लाभ, β

ट्रांजिस्टर के साथ काम करने के लिए, आपको इसके आधार, उत्सर्जक और संग्राहक लीड की पहचान करनी होगी। ऐसा करने के लिए, आप निम्न चरणों का पालन कर सकते हैं।

- (i) धातु की टोपी पर दिए गए छोटे निशान को देखें। नाँच के निकट का टर्मिनल उत्सर्जक है। अन्य दो टर्मिनलों की पहचान करने के लिए ट्रांजिस्टर को ऊपर-नीचे घुमाएँ।
- (ii) चित्र 28.29 में दिखाए अनुसार आधार और संग्राहक को पहचानें।
- (iii) पीएन जंक्शन डायोड की तरह, ट्रांजिस्टर को भी दो अक्षरों से नामित किया जाता है जिसके बाद एक सीरियल नंबर होता है।

पहला अक्षर सामग्री का संकेत देता है। ए जर्मेनियम के लिए है और बी सिलिकॉन के लिए है। दूसरा अक्षर मुख्य अनुप्रयोग को इंगित करता है: C का उपयोग ऑडियो फ्रीक्वेंसी ट्रांजिस्टर के लिए, D का उपयोग पावर ट्रांजिस्टर के लिए और F का उपयोग रेडियो-फ्रीक्वेंसी ट्रांजिस्टर के लिए किया जाता है। सीरियल नंबर में पहचान के लिए निर्माता द्वारा निर्दिष्ट अंक शामिल होते हैं। उदाहरण के लिए, AC 125 ऑडियो फ्रीक्वेंसी (AF) अनुप्रयोगों के लिए जर्मेनियम ट्रांजिस्टर का प्रतिनिधित्व करता है।



चित्र 28.29: ट्रांजिस्टर लीड की पहचान करना

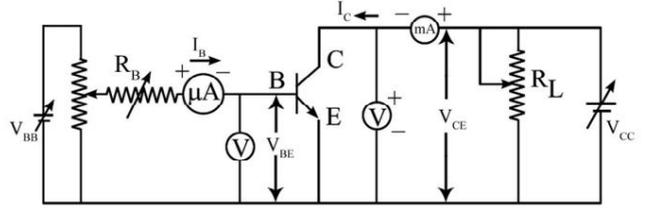
28.10 ट्रांजिस्टर विशेषताएँ

जैसा कि पहले उल्लेख किया गया है, एक ट्रांजिस्टर के संचालन का अध्ययन इनपुट और आउटपुट IV विशेषताओं के साथ किया जा सकता है। इन विशेषताओं की प्रकृति अद्वितीय है और उपयोग किए गए कॉन्फिगरेशन पर निर्भर करती है। आइए पहले CE विन्यास का अध्ययन करें।

28.10.1 एनपीएन ट्रांजिस्टर का सामान्य उत्सर्जक (सीई) विन्यास

ट्रांजिस्टर की सामान्य उत्सर्जक विशेषताएँ वोल्टेज और करंट से संबंधित होती हैं जब उत्सर्जक इनपुट और आउटपुट सर्किट दोनों के लिए सामान्य होता है। एनपीएन ट्रांजिस्टर की सीई विशेषताओं के लिए सर्किट आरेख चित्र 28.30 में दिखाया गया है। वीबीबी 0-3 वी की एक वैरिएबल डीसी सप्लाई है और वीसीसी 0-15

वी की एक वैरिएबल डीसी सप्लाई है। आरबी एक बेस रेसिस्टर है। इसका उपयोग बेस टू एमिटर वोल्टेज, वीबीई को नियंत्रित करने के लिए किया जाता है। आरएल एक लोड रजिस्टर से जुड़ा है



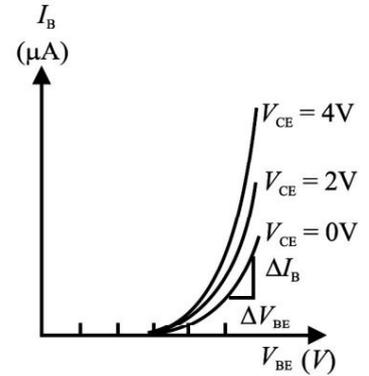
चित्र 28.30: सीई कॉन्फिगरेशन में एक ट्रांजिस्टर के इनपुट और आउटपुट विशेषताओं के लिए सर्किट आरेख।

कलेक्टर सर्किट में श्रृंखला।

इनपुट विशेषताएँ

सीई कॉन्फिगरेशन में, वीसीई को स्थिर रखने पर इनपुट विशेषताएँ वीबीई के साथ आईबी की भिन्नता दिखाती हैं।

इस विशेषता को आकर्षित करने के लिए, वीसीई को कलेक्टर आपूर्ति वीसीसी का उपयोग करके उपयुक्त मूल्य पर रखा जाता है। फिर वीबीई को चरणों में बदला जाता है और आईबी के संबंधित मूल्यों को आधार से जुड़े माइक्रो-एमीटर की मदद से मापा जाता है। चित्र 28.31 सीई कॉन्फिगरेशन में एक-पीएन ट्रांजिस्टर की विशिष्ट इनपुट विशेषताओं को दर्शाता है।



चित्र 28.31: सीई कॉन्फिगरेशन में एक विशिष्ट एनपीएन-ट्रांजिस्टर की इनपुट विशेषताएँ

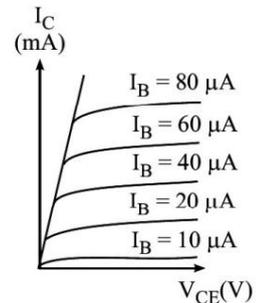
ध्यान दें कि वीसीई के दिए गए मान के लिए, वक्र फॉरवर्ड बायस्ड पीएन जंक्शन डायोड के लिए प्राप्त किया गया है। वीबीई < 0.5 वी के लिए, कोई मापने योग्य आधार धारा नहीं है (आईबी = 0)। हालाँकि, VBE > 0.6V के लिए IB तेजी से बढ़ता है।

इनपुट विशेषता के ढलान के व्युत्क्रम से, हमें ट्रांजिस्टर के इनपुट प्रतिरोध को आधार-उत्सर्जक वोल्टेज में छोटे परिवर्तन और स्थिर कलेक्टर-उत्सर्जक वोल्टेज पर आधार धारा में उत्पन्न छोटे परिवर्तन के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है। आमतौर पर री का मान 20-100 Ω के बीच होता है। आपको ध्यान देना चाहिए कि चूंकि वक्र रेखिक नहीं है, इसलिए इनपुट प्रतिरोध का मान माप के बिंदु के साथ बदलता रहता है। जैसे-जैसे वीसीई बढ़ता है, वक्र अधिक लंबवत हो जाता है और इसका मान बढ़ जाता है

$$आर = \left. \frac{\Delta V_{होना}}{\Delta I_{बी.वी.}} \right|_{सिई} \tag{28.12}$$

आउटपुट विशेषताएँ

आउटपुट विशेषता वक्र वीसीई के साथ कलेक्टर वर्तमान आईसी की भिन्नता को दर्शाते हैं, जब बेस वर्तमान आईबी को स्थिर रखा जाता है। आउटपुट विशेषताओं को आकर्षित करने के लिए, वीबीबी आपूर्ति को समायोजित करके, आईबी को 10 ΩA पर तय किया जाता है। फिर वीसीसी आपूर्ति को अलग-अलग करके वीसीई को 0.5 वी के चरणों में 0 से 10 वी तक बढ़ाया जाता है और आईसी के संबंधित मूल्य को नोट किया जाता है। इसी प्रकार, आउटपुट विशेषताएँ IB= 20 ΩA, 40 ΩA, 60 ΩA, 80 ΩA पर प्राप्त की जा सकती हैं। हालाँकि, किसी भी स्थिति में, अधिकतम आधार वर्तमान रेटिंग नहीं



चित्र 28.32: एनपीएन अनुवादक सीई कॉन्फिगरेशन के लिए आउटपुट विशेषताएँ

ट्रांजिस्टर की सीमा पार हो जानी चाहिए। इस कॉन्फिगरेशन की आउटपुट विशेषताएँ चित्र 28.32 में दिखाई गई हैं। आउटपुट विशेषताओं से, आप देखेंगे कि I_B के दिए गए मान के लिए V_{CE} में वृद्धि के साथ I_C बदलता है और किसी दिए गए V_{CE} के लिए I_B के साथ I_C बढ़ता है। इन विशेषताओं से, हम आउटपुट प्रवेश (कुदाल) की गणना कर सकते हैं:

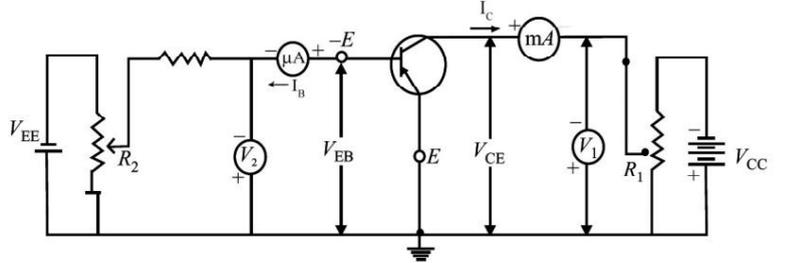
$$\text{एच} = \frac{\Delta I_{\text{सी}}}{\Delta V_{\text{सी}}} \quad (28.13)$$

28.10.2 पीएनपी ट्रांजिस्टर का सामान्य उत्सर्जक (सीई) विन्यास

पिछले अनुभाग में, आपने सामान्य एमिटर कॉन्फिगरेशन में एनपीएन ट्रांजिस्टर की इनपुट और आउटपुट विशेषताओं को बनाना सीखा। अब हम एक पीएनपी ट्रांजिस्टर पर विचार करेंगे।

चित्र 28.33 एक पीएनपी ट्रांजिस्टर की सीई विशेषताओं के लिए सर्किट आरेख दिखाता है। ट्रांजिस्टर सक्रिय क्षेत्र में संचालित होने के लिए पक्षपाती है। माइक्रो-एमीटर और वोल्टमीटर का उपयोग बेस-एमिटर सर्किट में बेस करंट (आईबी) और बेस और एमिटर के बीच वोल्टेज को मापने के लिए किया जाता है। इसी प्रकार, मापने के लिए मिलीमीटर और वोल्टमीटर को कलेक्टर-एमिटर

सर्किट में जोड़ा जाता है



कलेक्टर करंट (आईसी) और कलेक्टर और एमिटर (वीसीई) के बीच वोल्टेज।

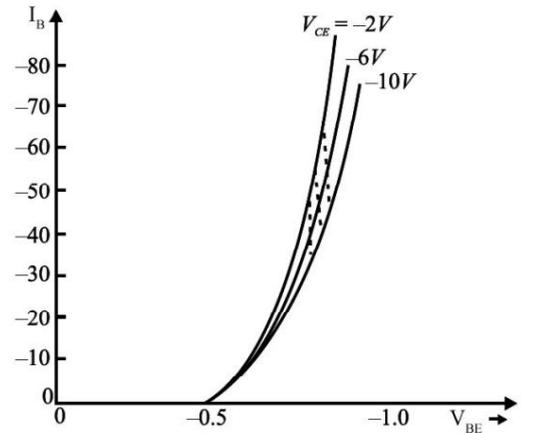
चित्र 28.33: सीई कॉन्फिगरेशन में पीएनपी ट्रांजिस्टर की इनपुट और आउटपुट विशेषताओं को प्राप्त करने के लिए सर्किट आरेख

इनपुट विशेषताएँ

वीसीई के विभिन्न स्थिर मूल्यों पर वीबीई और आईबी के बीच इनपुट विशेषताओं को प्लॉट किया जाता है। इनपुट विशेषताओं को प्लॉट करने के लिए, एमिटर-कलेक्टर सर्किट में पोटेंशियोमीटर R_1 को तब तक समायोजित किया जाता है जब तक वोल्टमीटर स्थिर मान नहीं दिखाता। फिर एमिटर-बेस सर्किट में पोटेंशियोमीटर को इस तरह से समायोजित किया जाता है कि बेस-एमिटर वोल्टेज शून्य हो। इस मान के लिए आधार धारा भी शून्य देखी गई है। वीसीई को स्थिर रखते हुए, वीबीई को धीरे-धीरे बढ़ाया जाता है और माइक्रो-एमीटर की मदद से बेस करंट में बदलाव को नोट किया जाता है। $V = -2V$ पर इनपुट विशेषताओं को प्लॉट करने के लिए, मान लीजिए, एमिटर-कलेक्टर सर्किट में पोटेंशियोमीटर को तब तक समायोजित किया जाता है जब तक कि उसी सर्किट में वोल्टमीटर $2V$ न पढ़ ले। फिर एमिटर-बेस सर्किट में पोटेंशियोमीटर को V_{BE} शून्य बनाने के लिए समायोजित किया जाता है।

फिर वीसीई को स्थिर रखते हुए वीबीई को धीरे-धीरे बढ़ाया जाता है। इसी प्रकार सीई कॉन्फिगरेशन में ट्रांजिस्टर की इनपुट विशेषताओं को वीसीई = -6 वी, -10 वी और इसी तरह के विभिन्न मूल्यों के लिए तैयार किया जा सकता है।

चित्र 28.34 सीई-कॉन्फिगरेशन के विशिष्ट इनपुट लक्षण दिखाता है। जैसा कि ध्यान दिया जा सकता है,



चित्र 28.34: सीई-कॉन्फिगरेशन में एनपीएन ट्रांजिस्टर की इनपुट विशेषताएँ

इनपुट विशेषताओं की प्रकृति पीएन जंक्शन डायोड की आगे की विशेषताओं के समान है। जब तक बेस वोल्टेज बैरियर वोल्टेज से कम है (सिलिकॉन ट्रांजिस्टर के लिए, यह $\sim 0.7 \text{ V}$ है) तब तक बेस करंट शून्य रहता है। जैसे ही बेस वोल्टेज बैरियर वोल्टेज से अधिक हो जाता है, करंट धीरे-धीरे बढ़ने लगता है और फिर अचानक बढ़ जाता है। इनपुट विशेषता के वक्र के ढलान के व्युत्क्रम से, ट्रांजिस्टर के एसी इनपुट प्रतिरोध की गणना की जा सकती है।

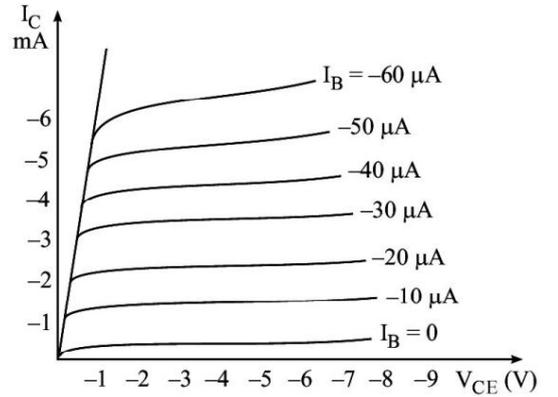
CE विन्यास में ट्रांजिस्टर का इनपुट प्रतिरोध (R_{in}) इस प्रकार व्यक्त किया जाता है

$$R_{in} = \frac{\Delta V_{बी}}{\Delta I_{बी}} \quad (28.14)$$

इस कॉन्फिगरेशन में रिन आमतौर पर एक $k\Omega$ के क्रम का होता है।

आउटपुट विशेषताएँ ये बेस करंट (आईबी) के

विभिन्न स्थिर मूल्यों पर कलेक्टर-एमिटर वोल्टेज (वीसीई) और कलेक्टर करंट (आईसी) के बीच के ग्राफ हैं। इन विशेषताओं को खींचने के लिए, वीसीई को शून्य बना दिया जाता है और वीबीई को तब तक समायोजित किया जाता है जब तक कि बेस-एमिटर सर्किट में माइक्रोमीटर एक स्थिर मान को पढ़ने के लिए सेट न हो जाए। इस प्रकार VBE को एक विशेष मूल्य पर IB को स्थिर बनाने के लिए समायोजित किया जाता है। अब IB को स्थिर रखते हुए, VCE को कई चरणों में शून्य से बढ़ाया जाता है और कलेक्टर के साथ श्रृंखला में जुड़े मिलीमीटर की मदद से संबंधित कलेक्टर वर्तमान IC को नोट किया जाता है। $IB = 50 \mu\text{A}$ पर आउटपुट विशेषताओं को प्लॉट करने के लिए, VBE को तब तक समायोजित किया जाता है जब तक कि माइक्रोमीटर $50 \mu\text{A}$ न पढ़ ले। अब धीरे-धीरे VCE बढ़ाएं और IC के संगत मान नोट करें। वीसीई और आईसी के बीच का ग्राफ आईबी = $50 \mu\text{A}$ पर आउटपुट विशेषताएँ देता है।



चित्र 28.35: सीबी कॉन्फिगरेशन में एक विशिष्ट पीएनपी-ट्रांजिस्टर की आउटपुट विशेषताएँ

इसी प्रकार, आउटपुट विशेषताएँ $IB = 10 \mu\text{A}$, $20 \mu\text{A}$ इत्यादि पर प्राप्त की जा सकती हैं।

चित्र 28.35 सीई कॉन्फिगरेशन के लिए पीएनपी ट्रांजिस्टर की आउटपुट विशेषताओं को दर्शाता है।

पाठगत प्रश्न 28.10

1. रिक्त स्थान भरें

(ए) वक्र किसी दिए गए आउटपुट वोल्टेज के लिए इनपुट वोल्टेज के साथ इनपुट करंट से संबंधित है।

(बी) द _____ वक्र किसी दिए गए इनपुट करंट के लिए आउटपुट करंट को आउटपुट वोल्टेज से जोड़ता है।

(सी) एक ट्रांजिस्टर के सामान्य उत्सर्जक विन्यास में, आउटपुट टर्मिनल _____ और _____ हैं।

(डी) इनपुट टर्मिनल हैं, जबकि और _____ और सामान्य बेस कॉन्फिगरेशन में ट्रांजिस्टर के आउटपुट टर्मिनल हैं। _____

28.11 ट्रांजिस्टर अनुप्रयोग

पिछले पाठ में ट्रांजिस्टर के कार्य सिद्धांत का विस्तार से वर्णन किया गया है। आम तौर पर, कलेक्टर रिवर्स बायस्ड होता है और कलेक्टर-एमिटर सर्किट में कोई करंट प्रवाहित नहीं होता है। यदि हम बेस सर्किट में बहुत छोटा करंट प्रवाहित करते हैं, तो कलेक्टर सर्किट में बहुत बड़ा करंट प्रवाहित होने लगता है। इस संपत्ति ने ट्रांजिस्टर को विशाल इलेक्ट्रॉनिक अनुप्रयोगों के लिए अपरिहार्य बना दिया है।

लेकिन यहां हमने एक एम्पलीफायर के रूप में, एक स्विच के रूप में और एक ऑसिलेटर (आवृत्ति जनरेटर) के रूप में इसके अनुप्रयोगों पर चर्चा की है।

28.11.1 एम्पलीफायर के रूप में ट्रांजिस्टर

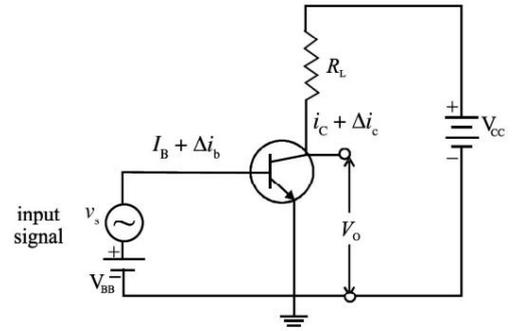
एक विद्युत संकेत वोल्टेज या करंट होता है, जिसे कुछ उपयोगी जानकारी के साथ कोडित किया जाता है। उदाहरण के लिए, जब हम माइक्रोफोन के सामने बोलते हैं, तो इसका डायग्राम कंपन करता है और ध्वनि की तीव्रता के आधार पर इसके तार में बहुत छोटा वोल्टेज उत्पन्न करता है। यह प्रेरित वोल्टेज एक कमजोर सिग्नल के रूप में प्रकट होता है और ध्वनि को पुनः उत्पन्न करने के लिए लाउडस्पीकर को संचालित नहीं कर सकता है। इसे समझने योग्य बनाने के लिए इसे एम्पलीफायर नामक उपकरण में डाला जाता है। एम्पलीफायर इनपुट सिग्नल के स्तर को बढ़ाता है और आवर्धित आउटपुट देता है। यदि V_i एम्पलीफायर को दिया गया इनपुट सिग्नल वोल्टेज है और V_o प्रवर्धित आउटपुट को दर्शाता है, तो उनके अनुपात को वोल्टेज लाभ कहा जाता है।

$$A = \frac{V_o}{V_i} \quad (28.15)$$

इसी प्रकार, हम वर्तमान लाभ और शक्ति लाभ को इस प्रकार परिभाषित कर सकते हैं

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} \quad (28.16)$$

$$A_p = \frac{P_o}{P_i} \quad (28.17)$$



चित्र 28.36: सीई मोड में एनपीएन ट्रांजिस्टर का उपयोग करते हुए बुनियादी एम्पलीफायर सर्किट

एम्पलीफायर के रूप में ट्रांजिस्टर का सर्किट चित्र 28.36 में दिखाया गया है।

यहां CE मोड में एक npn ट्रांजिस्टर का उपयोग किया जाता है। इसका कलेक्टर बैटरी वीसीसी द्वारा लोड प्रतिरोध आरएल के माध्यम से रिवर्स बायस्ड है। जब एक बेस करंट I_B प्रवाहित होता है, तो कुछ कलेक्टर करंट I_C प्रवाहित होने लगेंगे। I_B कम होने पर एक स्थिति ऐसी आएगी जब I_C लगभग शून्य हो जाएगी। यह आईबी की भिन्नता की निचली सीमा है। इसी प्रकार, I_B दोबारा बढ़ने पर, संतृप्ति की अवस्था आ जाती है और I_C बढ़ना बंद हो जाता है। यह आईबी की भिन्नता की ऊपरी सीमा के अनुरूप है। इनपुट सिग्नल के विश्वसनीय प्रवर्धन के लिए, आईबी के इन दो सीमित मूल्यों के माध्य के बराबर बेस करंट को बैटरी वीबीबी के साथ आगे की ओर बायस करके आधार के माध्यम से पारित किया जाता है।

हम ट्रांजिस्टर के रैखिक ऑपरेटिंग रेंज के केंद्र में ऑपरेटिंग बिंदु चुन सकते हैं।

इसे आधार का पूर्वाग्रह कहा जाता है। इनपुट सिग्नल वीएस प्रदान करने वाला एक सिग्नल स्रोत वीबीबी के साथ श्रृंखला में जुड़ा हुआ है।

वीबीबी बनाम ऑसिलेटिंग सिग्नल वोल्टेज के जुड़ने के कारण, बेस करंट डीसी बायसिंग करंट आईबी के आसपास बदल जाता है। सिग्नल राशि i_b

वोल्टेज को कम रखा जाता है ताकि सिग्नल करंट i_c यदि आईबी से जोड़ा और घटाया जाए तो बेस करंट भिन्नता की ऊपरी और निचली सीमा को पार न कर सके। अन्यथा, ट्रांजिस्टर कट ऑफ या संतृप्ति क्षेत्र में चला जाएगा और प्रवर्धित आउटपुट अत्यधिक विकृत और शोर वाला होगा। ध्यान दें कि सिग्नल करंट

$$\Delta i_{in} = \text{बनाम} / r_i \quad (28.18)$$

r_i जहां r_i इनपुट प्रतिबाधा है। आधार धारा Δi_{in} में यह परिवर्तन द्वारा दिया गया है Δi_{in} का परिणाम बढ़ा है कलेक्टर धारा में परिवर्तन, मान लीजिए Δi_{in}

$$\Delta i_{in} = \Delta i_{in} \times \text{बनाम} / r_i \quad (28.19)$$

जहां Δi_{in} एसी धारा प्रवर्धन कारक है, जो Δi_{in} के बराबर है (समीकरण 28.19) से हमें मिलता है $\Delta i_{in} / r_i$

$$\text{बनाम} = \Delta i_{in} \times r_i / \Delta i_{in} \quad (28.20)$$

चित्र 28.36 में आउटपुट सर्किट पर किरचॉफ के नियम को लागू करने पर, वीसीसी = वीसीई + आईसीआरएल

$$(28.21)$$

यह लोड-लाइन का समीकरण है.

विभेदक समीकरण 28.21,

$$dV_{CC} = dV_{CE} + dI_C \times R_L \quad \text{चूँकि } V_{CC} \quad (28.22)$$

स्थिर है, $dV_{CC} = 0$, तो $dV_{CE} = -dI_C \times R_L$ लेकिन dV_{CE} आउटपुट Δv_0 में परिवर्तन है और dI_C

$\Delta v_0 = -\Delta i_{in}$ एम्पलीफायर का वोल्टेज लाभ AV द्वारा दिया जाता है $\times R_L / (\Delta i_{in} \times r_i)$ में Δi_{in} . इसलिए,

$$= -\Delta i_{in} \times R_L / r_i \times \text{आरएल}$$

अनुपात $\Delta v_0 / r_i$ को ट्रांजिस्टर का ट्रांसकंडक्टेंस कहा जाता है और इसे g_m द्वारा दर्शाया

$$g_m = \Delta i_{in} / \text{बनाम} = -(\Delta i_{in} \times R_L / r_i) \times \text{आरएल} \quad (28.23)$$

$$\text{इसलिए} \quad (28.23)$$

समीकरण. (28.23) के रूप में लिखा जा सकता है

$$g_m = \Delta i_{in} / \text{बनाम} = -g_m \times \text{आरएल} \quad (28.24)$$

नकारात्मक चिह्न इंगित करता है कि इनपुट और आउटपुट विपरीत चरण में हैं, अर्थात उनके चरण में 180° का अंतर है। शक्ति लाभ द्वारा दिया जाता है

$$g_m = \Delta i_{in} \times \text{आरएल} \quad (28.25)$$

जॉन बार्डीन (1908 - 1991)

जॉन बार्डीन विज्ञान के इतिहास में एकमात्र शोधकर्ता हैं जिन्हें भौतिकी में दो नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुए। उनका जन्म मैडिसन, विस्कॉन्सिन यूएसए में एक उच्च शिक्षित परिवार में हुआ था। वह इतना मेधावी बच्चा था कि उसके माता-पिता ने उसे तीसरी कक्षा से जूनियर हाई स्कूल में स्थानांतरित कर दिया।

उन्होंने इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग में ग्रेजुएशन किया। लेकिन, उन्हें अपने करियर के लिए संघर्ष भी करना पड़ा। गल्फ ऑयल कंपनी में भूभौतिकीविद् के रूप में तीन साल बिताने के बाद, वह अपनी पीएचडी के लिए प्रिंसटन चले गए। गणितीय भौतिकी में. हार्वर्ड और मिनेसोटा और नेवल ऑर्डनेंस लैब्स में एक संक्षिप्त कार्यकाल के बाद, वह बेल लेबोरेटरीज में विलियम शॉक्ले के अनुसंधान समूह में शामिल हो गए।

वाल्टर ब्रैटन के साथ, उन्होंने पहला ट्रांजिस्टर बनाया जिसके लिए बार्डीन, ब्रैटन और शॉक्ले को 1956 में भौतिकी में नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया था।

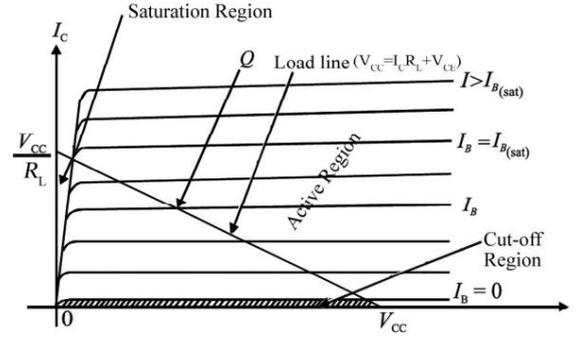
बार्डीन ने अपना दूसरा नोबेल 1972 में सुपरकंडक्टिविटी पर सैद्धांतिक काम के लिए लियोन सी कूपर और आर शिफ्रर के साथ साझा किया था।



28.11.2 ट्रांजिस्टर एक स्विच के रूप में

दैनिक जीवन में, हम लैंप, पंखे, मशीनों जैसे उपकरणों को मैन्युअल रूप से चालू या बंद करने के लिए विद्युत स्विच का उपयोग करते हैं। ध्यान दें कि स्विच की दो अलग-अलग स्थितियाँ हैं (चालू और बंद)। इलेक्ट्रॉनिक्स में, हम ऐसी स्थितियों का सामना करते हैं जहाँ हमें दो अलग-अलग वोल्टेज स्तरों के रूप में किसी डिवाइस पर इनपुट लागू करने की आवश्यकता होती है। यह ऐसा है मानो हम कोई स्विच चला रहे हों। जब स्विच चालू होता है, तो एक वोल्टेज स्तर लागू होता है, लेकिन जब स्विच बंद होता है, तो दूसरा वोल्टेज स्तर लागू होता है। आमतौर पर, ऐसे वोल्टेज स्तर का उपयोग कंप्यूटर में किया जाता है, जहाँ डिजिटल सिग्नल कार्यरत होते हैं। यह इसके संचालन के गैर-रेखीय क्षेत्र में एक ट्रांजिस्टर का उपयोग करके किया जाता है।

चित्र 28.37 (ए) में दिखाए गए ट्रांजिस्टर विशेषताओं में, हम दो चरम क्षेत्र देखते हैं: कट-ऑफ क्षेत्र और संतृप्ति क्षेत्र। शून्य आधार (आईबी = 0) के नीचे (जंजीरदार) क्षेत्र कट ऑफ क्षेत्र को दर्शाता है। ट्रांजिस्टर संचालन नहीं करता है और संपूर्ण आपूर्ति वोल्टेज वीसीसी कलेक्टर और उत्सर्जक (वीसीई) के बीच ट्रांजिस्टर पर दिखाई देता है। अर्थात्, कलेक्टर पर आउटपुट वोल्टेज V_{CC} है। जब बेस करंट आईबी इसके संतृप्ति मान से अधिक होता है, तो ट्रांजिस्टर पूरी तरह से संचालित होता है और कलेक्टर-एमिटर वोल्टेज वीसीई लगभग शून्य होता है। ऐसे मामले में, कलेक्टर और जमीन के बीच प्राप्त आउटपुट वोल्टेज शून्य है और संपूर्ण वोल्टेज ड्रॉप दिखाई देता है, अर्थात् कलेक्टर करंट है: आरएल।



चित्र 28.37 (ए): ट्रांजिस्टर आउटपुट विशेषताएँ

आईसी = वीसीसी / आरएल

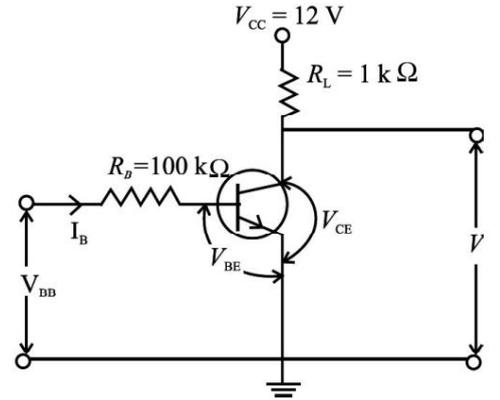
यहाँ, संग्राहक धारा = $I_C = V_O / R_L$ । ट्रांजिस्टर को चालू या बंद करने की स्थिति के लिए नियंत्रण संकेत को वीबीबी द्वारा समझाया जा सकता है। चित्र 28.37 (बी) एक स्विच के रूप में ट्रांजिस्टर का विशिष्ट सर्किट आरेख दिखाता है।

इनपुट लूप है:

$$\text{आईबीआरबी} + \text{वीबीई} - \text{वीबीबी} = 0 \quad (28.26)$$

यदि वीबीबी = 0, तो आईबी = -वीबीई / आरबी (28.27)

शून्य से कम आईबी के लिए, ट्रांजिस्टर कटऑफ है और वीसीसी वीओ बन जाता है। उचित सिग्नल लागू करके एक ट्रांजिस्टर को संतृप्ति (स्थिति पर) और कट ऑफ (ऑफ स्थिति) के बीच स्विच किया जा सकता है। इसलिए, ट्रांजिस्टर एक स्विच के रूप में कार्य करता है।



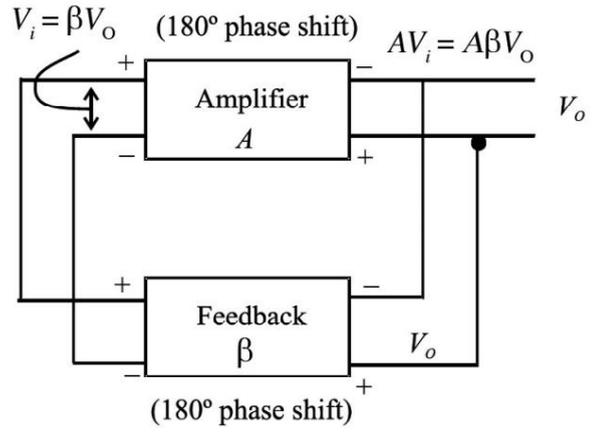
चित्र 28.37 (बी): एक स्विच के रूप में ट्रांजिस्टर

28.11.3 एक थरथरानवाला के रूप में ट्रांजिस्टर

इलेक्ट्रॉनिक ऑसिलेटर एक उपकरण है जो निरंतर विद्युत दोलन उत्पन्न करता है। एक साधारण थरथरानवाला सर्किट में, एक समानांतर एलसी-सर्किट का उपयोग अनुनाद सर्किट के रूप में किया जाता है और एक एम्पलीफायर का उपयोग अनुनाद सर्किट को ऊर्जा खिलाने के लिए किया जाता है। यह एल और सी की पसंद के आधार पर ऑडियो से रेडियो रेंज तक फ्रीक्वेंसी उत्पन्न कर सकता है।

हम जानते हैं कि जब एक आवेशित संधारित्र किसी प्रेरक से जुड़ा होता है, तो आवेश दोलन करता है। लेकिन विकिरण और तारों के गर्म होने से ऊर्जा की हानि होती है

और दोलनों का आयाम समय के साथ घटता जाता है। एक साइनसॉइडल ऑसिलेटर बनाने के लिए, जहां दोलन कायम रहते हैं (यानी उनका क्षय नहीं होता है), हमें सकारात्मक प्रतिक्रिया वाले एक एम्पलीफायर की आवश्यकता होती है। मूल विचार आउटपुट सिग्नल के एक हिस्से को इनपुट सिग्नल में फीड करना है। सर्किट के लाभ और फीडबैक सिग्नल के चरण को समायोजित करके, वांछित आवृत्ति के निरंतर दोलन प्राप्त करने के लिए प्रत्येक चक्र में नष्ट हुई ऊर्जा की भरपाई की जाती है। योजनाबद्ध रूप से हम एक थरथरानवाला को दो मुख्य ब्लॉकों से बना चित्रित कर सकते हैं: लाभ ए के साथ एक एम्पलीफायर, और फीडबैक कारक β के साथ एक फीडबैक सर्किट, जैसा कि चित्र 28.38 में दिखाया गया है।

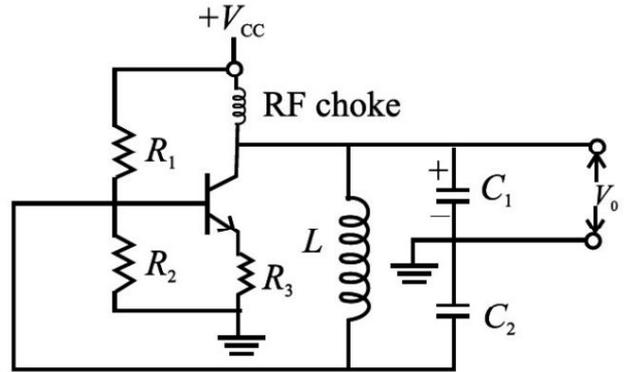


चित्र 28.38: थरथरानवाला का योजनाबद्ध आरेख

मामले में, $A\beta < 1$, V_o लगातार घटता जाता है। दूसरी ओर, यदि $A\beta > 1$, V_o धीरे-धीरे बढ़ता है। लेकिन यदि $A\beta = 1$ है, तो हमें V_o का स्थिर मान मिलता है जिससे निरंतर दोलन होता है।

अब, हम एक सीई एम्पलीफायर पर विचार करते हैं, जिसकी चर्चा पिछले अनुभाग में की गई है। इसमें इनपुट और आउटपुट के बीच 180° का चरण अंतर है, यानी इसमें नकारात्मक लाभ (-ए) है। कुल फीडबैक लाभ $A\beta = 1$ रखने के लिए, हमें यह आवश्यक है कि β भी नकारात्मक हो; -ए-1 के बराबर। यानी फीडबैक सर्किट में भी 180° का फेज शिफ्ट लगाना जरूरी है।

चित्र 29.39 में, हमने एलसी टैंक सर्किट और सीई मोड में एक ट्रांजिस्टर एम्पलीफायर का उपयोग करके एक ऑसिलेटर का एक सर्किट आरेख दिखाया है। इसे कोलपिट्स ऑसिलेटर कहा जाता है। इस सर्किट में C_1 , C_2 और L टैंक सर्किट बनाते हैं। इस परिपथ में दोलन धारा उत्पन्न होती है, जो इसकी गुंजयमान आवृत्ति पर होती है। आउटपुट C_1 में प्राप्त किया जाता है, फीडबैक CE मोड में ट्रांजिस्टर एम्पलीफायर के आधार से जुड़े C_2 में प्रदान किया जाता है। इस मामले में 180° को एम्पलीफायर द्वारा पेश किया जाता है और एक और 180° चरण शिफ्ट कैपेसिटर C_2 द्वारा प्रदान किया जाता है जो जमीन और प्रारंभ करनेवाला कॉइल के दूसरे छोर के बीच जुड़ा होता है। इसलिए, कुल लूप लाभ सकारात्मक है। जब ट्रांजिस्टर एम्पलीफायर का लाभ गुंजयमान आवृत्ति पर पर्याप्त रूप से बढ़ा होता है, तो हम आउटपुट पर निरंतर दोलन प्राप्त करते हैं।



चित्र 29.39: कोलपिट्स ऑसिलेटर

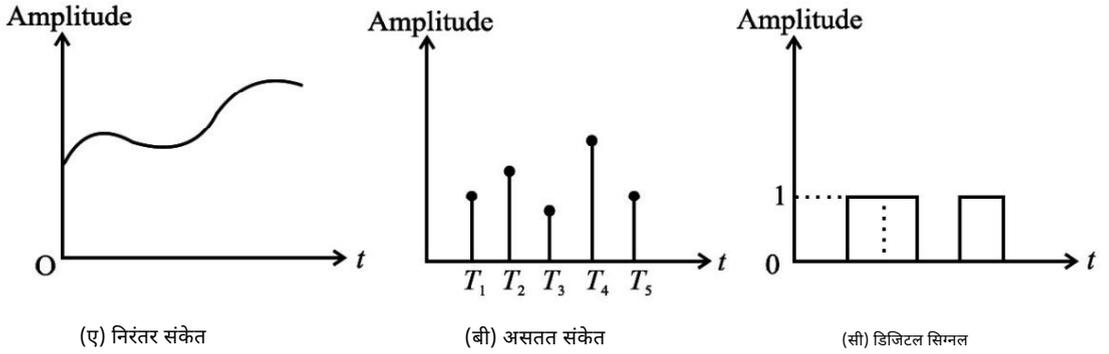
पाठगत प्रश्न 28.11

1. CE मोड एम्पलीफायर के लिए, V_i 20 mV है और V_o एक वोल्ट है। वोल्टेज लाभ की गणना करें।
2. एक एम्पलीफायर का P_o , P_i से 200 गुना है। शक्ति लाभ की गणना करें।
3. सीई एम्पलीफायर के लिए, आरएल = 2000 ओम, और आरआई = 500 ओम और $\beta = 50$ । वोल्टेज लाभ और पावर लाभ की गणना करें।

28.12 लॉजिक गेट्स

इलेक्ट्रॉनिक्स में, हम मुख्य रूप से दो प्रकार की तरंगों को देखते हैं। इन तरंगों द्वारा ली गई जानकारी को सिग्नल कहा जाता है। जब सिग्नल किसी भी समय किसी आयाम की सीमा के भीतर कोई मान लेता है, तो इसे निरंतर सिग्नल कहा जाता है। जब सिग्नल केवल निश्चित समय पर मान लेता है, तो इसे असतत सिग्नल कहा जाता है। जब सिग्नल केवल विशेष सीमित संख्या में आयाम मान लेता है, तो इसे डिजिटल सिग्नल कहा जाता है (चित्र 28.40)।

डिजिटल सिग्नल चरणों में भिन्न होता है और आमतौर पर केवल दो व्यापक रूप से अलग-अलग मान '0' और '1' होते हैं। इन्हें बिट्स कहा जाता है। आम तौर पर 0V बिट '0' से मेल खाता है और 5 V बिट '1' से मेल खाता है। चूंकि स्तर इतने व्यापक रूप से अलग-अलग हैं, सिग्नल पर आने वाला कोई भी शोर लगभग 2 V की सीमा के भीतर होता है, [(0 V + 2 V) स्तर '0' के लिए और (5 V - 2 ;V) स्तर '1' के लिए, सिग्नल मूल्य को प्रभावित नहीं करता है, इसलिए ये सिग्नल शोर से प्रतिरक्षित हैं। कंप्यूटर में उपयोग किये जाने वाले सिग्नल डिजिटल होते हैं। जानकारी को अलग-अलग क्रम में व्यवस्थित बिट्स की एक श्रृंखला द्वारा डिजिटल सिग्नल के रूप में कोडित किया जाता है। प्रत्येक बिट निश्चित समय अवधि की एक पल्स है।



चित्र 28.40

डिजिटल सिग्नल पर विभिन्न गणितीय ऑपरेशन किए जा सकते हैं। इन संक्रियाओं को नियंत्रित करने वाले गणित को बूलियन बीजगणित कहा जाता है। बूलियन बीजगणित में, मूल संक्रियाएँ जोड़ और गुणा हैं। यदि यह एक डिजिटल डेटा है जिसका मान 0 या 1 है, तो निम्नलिखित पहचानें मान्य होंगी:

$$ए \times 0 = 0 \quad (28.28)$$

$$ए + 1 = 1 \quad (28.29)$$

जो सर्किट ये ऑपरेशन करते हैं उन्हें लॉजिक गेट कहा जाता है। आइए अब बुनियादी लॉजिक गेट्स के बारे में जानें।

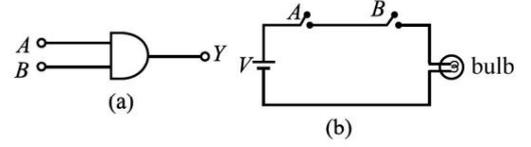
28.12.1 बुनियादी तर्क द्वार

लॉजिक गेट वे उपकरण होते हैं जिनमें एक या अधिक इनपुट और एक आउटपुट होता है। जब इनपुट बिट्स की व्यवस्था अलग-अलग होती है तो वे अलग-अलग आउटपुट देते हैं। इन गेटों द्वारा उत्पादित आउटपुट बूलियन तर्क के नियमों का पालन करता है। तीन बुनियादी प्रकार के लॉजिक गेट हैं:

1. और गेट 2. या गेट 3. गेट नहीं

ये द्वार क्रमशः गुणन, जोड़ और व्युत्क्रम (नकारात्मक) संचालन करते हैं। आइए अब इन लॉजिक गेट्स की कार्यप्रणाली सीखें।

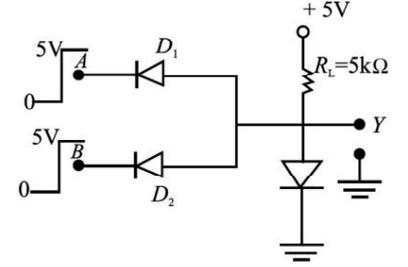
1. AND गेट: एक AND गेट में दो या दो से अधिक इनपुट हो सकते हैं लेकिन आउटपुट केवल एक ही हो सकता है। दो इनपुट और गेट का तार्किक प्रतीक चित्र 28.41 (ए) में दिया गया है। हम श्रृंखला में जुड़े कई विद्युत स्विचों पर विचार करके AND गेट के व्यवहार को समझ सकते हैं। उदाहरण के लिए, स्विच ए और बी गेट के दो इनपुट हैं और बल्ब आउटपुट वाई देता है। ऑन स्विच का मतलब लॉजिक इनपुट '1' है और ऑफ स्विच का मतलब लॉजिक इनपुट '0' है।



इस स्थिति में, बल्ब तभी चमकेगा जब वह आपूर्ति वोल्टेज से जुड़ा होगा। यह तभी होगा जब A- और B- दोनों स्विच एक साथ चालू (या '1') हों।

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(c)



(d)

चित्र 28.41: (ए) एएनडी गेट का प्रतीक (बी) एएनडी गेट का स्विच कार्यान्वयन (सी) एएनडी गेट की सत्यता तालिका (डी) एएनडी गेट का डायोड कार्यान्वयन

ए और बी के विभिन्न मूल्यों पर आउटपुट वाई का व्यवहार चित्र 28.41 (सी) में तालिका में दिखाया गया है। इस तालिका को सत्य तालिका कहा जाता है।

AND ऑपरेशन के लिए बूलियन अभिव्यक्ति को इस प्रकार दर्शाया गया है:

$$Y = AB = \overline{A+B} = A \times B \text{ और } A \text{ तथा } B \text{ के रूप में पढ़ें।}$$

AND गेट की प्राप्ति: डायोड का उपयोग करके प्राप्त लॉजिक गेट को DDL गेट (डायोड-डायोड लॉजिक गेट) कहा जाता है। दो-इनपुट और गेट का डायोड कार्यान्वयन चित्र 28.41 (डी) में दिखाया गया है। समानांतर में जुड़े दो डायोड D1 और D2 के एनोड को 5 k Ω प्रतिरोध के माध्यम से 5 V बैटरी द्वारा अग्र-अभिनत किया जाता है। आउटपुट एनोड से लिया जाता है। कैथोड तार A और B इनपुट टर्मिनल के रूप में कार्य करते हैं।

जब ए या बी या दोनों टर्मिनलों को ग्राउंड किया जाता है, तो संबंधित डायोड संचालित होगा और प्रतिरोध में एक संभावित गिरावट विकसित होगी और आउटपुट 0.7 वी होगा, यानी तर्क '0'। जब दोनों टर्मिनल 5 V से जुड़े होते हैं (यानी इनपुट 1, 1 के लिए), तो कोई भी डायोड संचालित नहीं होगा और आउटपुट 5 V होगा, यानी तर्क '1'।

2. OR गेट: OR गेट में दो या दो से अधिक इनपुट और केवल एक आउटपुट हो सकता है। दो इनपुट या गेट का तर्क प्रतीक चित्र 28.42 (ए) में दिया गया है। हम समानांतर में जुड़े कई विद्युत स्विचों की सहायता से OR गेट के व्यवहार को समझ सकते हैं। दो इनपुट या गेट के लिए, दो स्विच जुड़े हुए हैं, जैसा चित्र 28.42 (बी) में दिखाया गया है। स्विच ए और बी गेट के दो इनपुट हैं और बल्ब आउटपुट वाई देता है। ऑन स्विच का मतलब लॉजिक इनपुट '1' है और ऑफ स्विच का मतलब लॉजिक इनपुट '0' है। चमकता हुआ बल्ब लॉजिक आउटपुट '1' के लिए है और गैर-चमकदार बल्ब लॉजिक आउटपुट '0' के लिए है। इस मामले में, जब ए या बी या दोनों स्विच चालू होते हैं, तो आपूर्ति वोल्टेज आउटपुट तक पहुंचता है और बल्ब चमकता है। ओआर गेट के लिए इनपुट-आउटपुट सहसंबंध चित्र 29.42 (सी) में दी गई सत्य तालिका में दिखाया गया है।

OR ऑपरेशन के लिए बूलियन अभिव्यक्ति को इस प्रकार दर्शाया गया है:

$$Y = A + B \text{ और } A \text{ या } B \text{ के रूप में पढ़ें।}$$

OR गेट का कार्यान्वयन: दो-इनपुट OR गेट का डायोड

कार्यान्वयन चित्र 28.42 (डी) में दिखाया गया है।

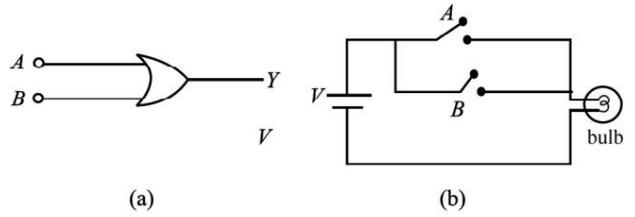
समानांतर में जुड़े डायोड D1 और D2 के कैथोड को 5 kΩ प्रतिरोध के माध्यम से ग्राउंड किया जाता है।

आउटपुट कैथोड से लिया जाता है और दो एनोड तार ए और बी इनपुट टर्मिनल के रूप में काम करते हैं। जब ए या बी या दोनों टर्मिनल 5 वी बैटरी के सकारात्मक

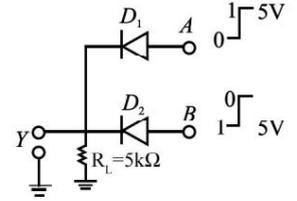
टर्मिनल से जुड़े होते हैं, तो संबंधित डायोड/डायोड संचालित होंगे और आउटपुट पर क्षमता लगभग 5 वी

यानी तर्क '1' होगी। जब दोनों स्विच खुले होंगे तो

आउटपुट 0 V यानी लॉजिक '0' होगा।

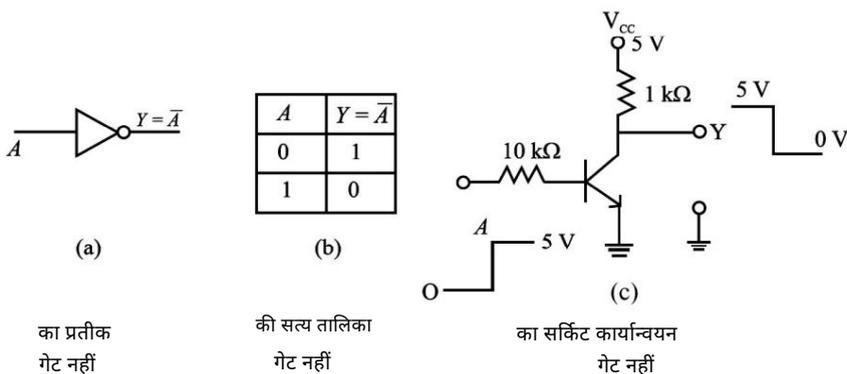


A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



चित्र 28.42: (ए) ओआर गेट का प्रतीक (बी) ओआर गेट का स्विच कार्यान्वयन (सी) ओआर गेट की सत्यता तालिका (डी) ओआर गेट का डायोड कार्यान्वयन

3. नॉट गेट: डिजिटल सिग्नल हैंडलिंग में उपयोग किया जाने वाला एक अन्य महत्वपूर्ण गेट नॉट गेट है, जो सिग्नल को उलट देता है, यानी, यदि इनपुट '1' है तो नॉट गेट का आउटपुट '0' है और '0' इनपुट के लिए आउटपुट है '1'। NOT गेट का प्रतीक चित्र 28.43 (a) में दिखाया गया है। NOT गेट की सत्य तालिका चित्र 28.43 (बी) में दिखाई गई है। नॉट गेट को लागू करने का सर्किट एक स्विच के रूप में ट्रांजिस्टर के लिए उपयोग किए जाने वाले सर्किट के समान है। यह चित्र 28.43 (सी) में दिखाया गया है। जब इनपुट A '0' स्तर पर होता है, तो ट्रांजिस्टर बंद हो जाता है और संपूर्ण VCC वोल्टेज (5V) आउटपुट Y पर दिखाई देता है। जब इनपुट A '1' (5V) होता है, तो ट्रांजिस्टर संचालित होता है और आउटपुट वोल्टेज Y '0' होता है। उलटा ऑपरेशन इनपुट के प्रतीक के शीर्ष पर एक बार द्वारा दर्शाया गया है उदाहरण के लिए सत्य तालिका में हम लिख सकते हैं, $Y = \overline{NOT(A)} = A$ ।



का प्रतीक गेट नहीं

की सत्य तालिका गेट नहीं

का सर्किट कार्यान्वयन गेट नहीं

चित्र 28.43: गेट नहीं

अब तक हमने बुनियादी लॉजिक गेट्स पर चर्चा की है। अब आप पूछ सकते हैं: क्या हम अन्य लॉजिक गेट विकसित करने के लिए इन्हें जोड़ सकते हैं? इस प्रश्न का उत्तर आपको निम्नलिखित अनुभाग में मिलेगा।

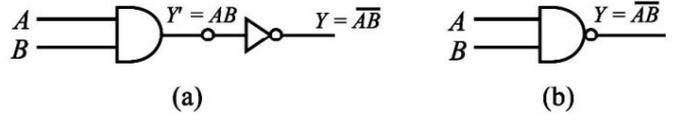
28.12.2 संयोजन लॉजिक गेट्स

लॉजिक गेट्स के संयोजन से बनने वाले दो सबसे महत्वपूर्ण गेट हैं:

- (1) नंद [नहीं+और]
- (2) न ही [नहीं+या] द्वार।

डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक्स में, NAND गेट या NOR गेट बिल्डिंग ब्लॉक्स के रूप में काम करते हैं, क्योंकि इनमें से किसी भी गेट की एकाधिक संख्या का उपयोग हमें OR, AND और NOT गेट्स प्राप्त करने की अनुमति देता है। इसी कारण इन्हें सार्वभौम द्वार कहा जाता है। आइए अब संयोजन लॉजिक गेट्स के बारे में जानें।

1. NAND गेट: NAND गेट AND गेट और NOT गेट को मिलाकर प्राप्त किया जाता है, जैसा कि चित्र 28.44 (a) में दिखाया गया है। यहां अंतिम आउटपुट Y प्राप्त करने के लिए AND गेट के आउटपुट Y' को NOT गेट द्वारा उल्टा कर दिया जाता है। NAND गेट का लॉजिक सिंबल चित्र 28.44 (बी) में दिखाया गया है।



NAND गेट की सत्य तालिका चित्र 28.44 (c) में दी गई है। इसे AND गेट के आउटपुट को उल्टा करके प्राप्त किया जा सकता है। NAND गेट की सत्य तालिका से पता चलता है कि यह आउटपुट '1' देता है जब कम से कम एक इनपुट '0' होता है। NAND ऑपरेशन की बूलियन अभिव्यक्ति को इस प्रकार दर्शाया गया है:

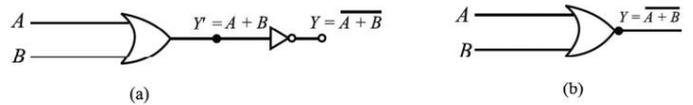
A	B	$Y' = AB$	$Y = \overline{AB}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

(c)

चित्र 28.44: (ए) संयोजन लॉजिक गेट के रूप में नंद (बी) नंद गेट का प्रतीक (सी) नंद गेट की सत्य तालिका

$$\text{वाई} = \overline{\text{एबी}}$$

2. NOR गेट: OR गेट और NOT गेट को मिलाकर प्राप्त NOR गेट को चित्र 28.45 में दिखाया गया है (a) यहां OR गेट, Y' का आउटपुट, अंतिम प्राप्त करने के लिए NOT गेट द्वारा उल्टा किया गया है। आउटपुट Y. NOR गेट का तर्क प्रतीक चित्र 28.45 (बी) में दिया गया है।



A	B	$Y' = A+B$	$Y = \overline{A+B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

चित्र 28.45: (ए) एनओआर एक संयोजन तर्क गेट के रूप में (बी) एनओआर गेट का प्रतीक (सी) एनओआर गेट की सत्य तालिका

चित्र 28.45 (सी) में दिए गए एनओआर गेट की सत्य तालिका, ओआर गेट के आउटपुट को उल्टा करके प्राप्त की जा सकती है। NOR गेट की सत्य तालिका से पता चलता है कि यह आउटपुट '1' तभी देता है जब दोनों इनपुट '0' हों। NOR ऑपरेशन के लिए बूलियन अभिव्यक्ति को इस प्रकार दर्शाया गया है:

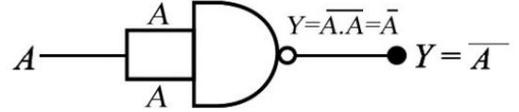
$$\text{वाई} = \overline{\text{ए+बी}}$$

जैसा कि पहले उल्लेख किया गया है, NAND और NOR गेट सभी लॉजिक गेटों के बुनियादी निर्माण खंड हैं। आइए अब देखें, हम NAND गेट्स का उपयोग करके तीन मूल गेट्स AND, OR और NOT कैसे प्राप्त कर सकते हैं।

28.12.3 NAND गेट से मूल गेटों का निर्माण

NAND गेट को सार्वभौमिक गेट माना जाता है क्योंकि इस गेट का उपयोग करके अन्य सभी गेटों का एहसास किया जा सकता है।

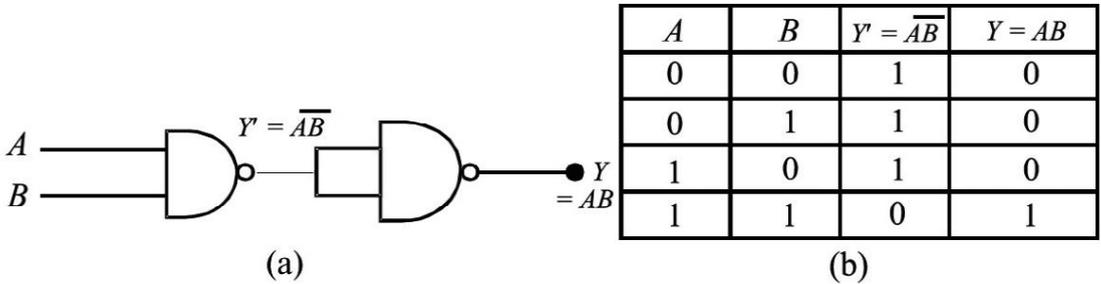
(ए) एक एनओटी गेट का एहसास: यदि एक नंद गेट के दो इनपुट लीड को एक साथ छोटा किया जाता है, जैसा कि चित्र 28.46 में दिखाया गया है, तो परिणामी गेट एक एनओटी गेट है। आप इसकी सत्यता सारणी लिखकर स्वयं को इस बात का विश्वास दिला सकते हैं।



चित्र 28.46: NAND गेट गैर गेट के रूप में

यहाँ हमारे पास $A = B$ है

(बी) एएनडी गेट का एहसास: एएनडी गेट का एहसास दो नंद गेटों का उपयोग करके किया जा सकता है। एक NAND गेट का आउटपुट दूसरे NAND गेट द्वारा उल्टा कर दिया जाता है जिसका उपयोग NOT गेट के रूप में किया जाता है जैसा कि चित्र 28.47 (a) में दिखाया गया है। संयोजन एक AND गेट के रूप में कार्य करता है, जैसा कि चित्र 28.47 (बी) में दी गई सत्य तालिका से स्पष्ट है।

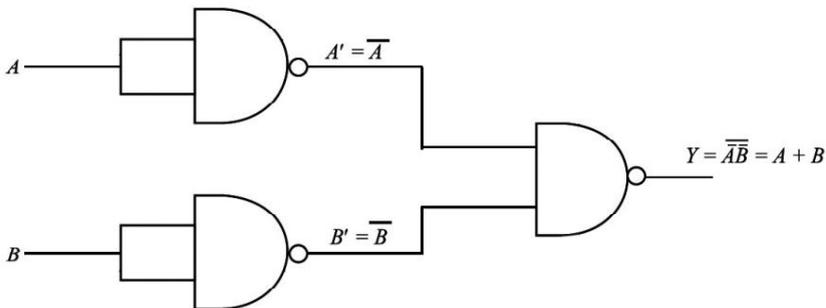


NAND गेट कार्यान्वयन AND गेट से जुड़े हुए हैं

NAND गेट का उपयोग करके AND गेट की सत्य तालिका

चित्र 28.47

(सी) एक ओआर गेट का एहसास: तीन नंद गेटों का उपयोग करके ओआर गेट का एहसास किया जा सकता है। दो NAND गेट इनवर्टर के रूप में जुड़े हुए हैं और उनके आउटपुट को NAND गेट के दो इनपुट में फीड किया जाता है, जैसा कि चित्र 28.48 में दिखाया गया है। संयोजन OR गेट के रूप में कार्य करता है।



चित्र 28.48: तीन NAND गेट OR गेट के रूप में जुड़े हुए हैं

पाठगत प्रश्न 28.12

1. यह सिद्ध करने के लिए कि यह एक OR गेट है, चित्र 28.48 से निम्नलिखित तालिका को पूरा करें।

एक शिथु				
0	0	-	-	
0	1	-	-	
1	0	-	-	
1	1	-	-	

28.13 एकीकृत सर्किट

अर्धचालक के एक छोटे ब्लॉक या चिप पर संपूर्ण सर्किट बनाने की अवधारणा

प्रौद्योगिकी ने संपूर्ण इलेक्ट्रॉनिक प्रौद्योगिकी में क्रांति ला दी है। यह छोटी सी चिप या सर्किट है इटीग्रेटेड सर्किट (आईसी) कहा जाता है। पारंपरिक विधि में, सर्किट को डिज़ाइन करने का अर्थ है डायोड, ट्रांजिस्टर, प्रतिरोध (आर), इंडक्शन (एल) जैसे वांछित घटकों को चुनना, कैपेसिटर (सी) आदि, और उन्हें कनेक्ट करना

सोल्डरिंग तार. ये सर्किट पाए गए

कम विश्वसनीय और कम शॉकप्रूफ बनें। रखना

इस दृष्टि से एक संपूर्ण सर्किट का निर्माण किया गया है

एक छोटी चिप (आईसी)। सबसे ज्यादा इस्तेमाल किये जाने वाले चिप्स

मोनोलिथिक इटीग्रेटेड सर्किट हैं। शब्द

मोनोलिथिक शब्द ग्रीक शब्द से लिया गया है।

मोनोस का अर्थ है एकल और लिथोस का अर्थ है पत्थर।

इसका मतलब है कि एक संपूर्ण सर्किट बनता है

एकल पत्थर (या चिप)। के आयाम

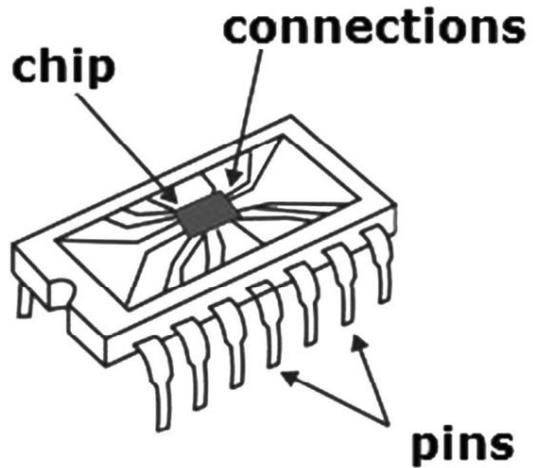
चिप आमतौर पर 1 मिमी × 1 मिमी या उससे भी छोटी होती हैं

इस से। चित्र 28.49 आईसी चिप को ढका हुआ दिखाता है

सुरक्षात्मक प्लास्टिक केस के साथ. कनेक्शन

पिनो को जोड़कर ऐसा बना सकते हैं कि एक

वांछित अनुप्रयोगों के लिए उनका उपयोग करने में सक्षम हो सकते हैं।



चित्र 28.49: प्लास्टिक केस में मोनोलिथिक आईसी

इनपुट सिग्नल के आधार पर, IC को दो श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया है, अर्थात् रैखिक IC और

डिजिटल आईसी. रैखिक आईसी अधिकतम और की सीमा पर सुचारू रूप से और लगातार प्रक्रिया करता है

न्यूनतम मान. आउटपुट कमोबेश इनपुट मान के समानुपाती होता है। में

दूसरे शब्दों में, आउटपुट सिग्नल इनपुट के साथ रैखिक रूप से बदलता रहता है। रैखिक आईसी का एक अच्छा उदाहरण परिचालन प्रवर्धक है.

डिजिटल आईसी के मामले में, सर्किट में लॉजिक गेट होते हैं। के स्तर पर निर्भर करता है

कई सर्किटरी ऑपरेशंस या लॉजिक गेट्स के लिए, इन IC को कहा जाता है: (i) SSI: छोटा

स्केल एकीकरण (लॉजिक गेट्स <10) (ii) एलएसआई: बड़े पैमाने पर एकीकरण (लॉजिक गेट्स <1000)

(iii) वीएलएसआई (बहुत बड़े पैमाने पर एकीकरण, जहां लॉजिक गेट > 1000। निर्माण की तकनीक

बड़े पैमाने पर उत्पादन को चुनौती दे रहा है और इसे सबसे सस्ता बना दिया है। इसलिए वे हैं

भविष्य के, तेज़ और छोटे उपकरण।

आपने क्या सीखा है

एल अर्धचालक सिलिकॉन (Si) और जर्मेनियम (Ge) जैसे पदार्थ हैं, जो होते हैं

इन्सुलेटर और कंडक्टर के बीच चालकता।

एल अर्धचालक दो प्रकार के होते हैं: आंतरिक (शुद्ध) और बाह्य (डोप)।

एल बाह्य अर्धचालक पी-प्रकार (तीसरे समूह की अशुद्धियों से मिश्रित) या एन-प्रकार (पांचवें समूह की अशुद्धियों से मिश्रित) हो सकते हैं।

एल एक पीएन जंक्शन डायोड में टर्मिनलों के साथ एक एन-प्रकार क्षेत्र और एक पी-प्रकार क्षेत्र होता है प्रत्येक छोर पर.

जब एक पीएन जंक्शन बनता है, तो जंक्शन पर छिद्रों और इलेक्ट्रॉनों के प्रसार के परिणामस्वरूप एक क्षय क्षेत्र बनता है जिसमें कोई मोबाइल चार्ज नहीं होता है।

। हास क्षेत्र से सटे क्षेत्र में आयन एक संभावित अंतर उत्पन्न करते हैं

जंक्शन के उस पार.

एल एक अग्र अभिनत पीएन जंक्शन इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह के लिए कम प्रतिरोध प्रदान करता है।

एल एक रिवर्स बायस्ड पीएन जंक्शन डायोड धारा के प्रवाह के लिए उच्च प्रतिरोध प्रदान करता है।

एल एक पीएन जंक्शन धारा को केवल एक दिशा में प्रवाहित करने की अनुमति देता है।

एल एक पीएन जंक्शन डायोड का उपयोग एसी को डीसी में परिवर्तित करने के लिए रेक्टिफायर के रूप में किया जा सकता है।

। एक हाफ-वेव रेक्टिफाइड डीसी में फुल-वेव रेक्टिफाइड डीसी की तुलना में अधिक एसी घटक होते हैं।

एल जेनर डायोड बिजली आपूर्ति के आउटपुट को स्थिर करता है।

। एक स्टेबलाइज़र में, जेनर डायोड द्वारा करंट लेने पर अधिक शक्ति नष्ट हो जाती है लोड कम है.

। एक ट्रांजिस्टर में तीन अलग-अलग क्षेत्र (एमिटर, बेस और कलेक्टर) और दो जंक्शन होते हैं। एमिटर सबसे अधिक मात्रा में अपमिश्रित होता है और आधार सबसे कम अपमिश्रित होता है। जबकि कलेक्टर का आकार सबसे बड़ा है, आधार सबसे पतला है।

एल ट्रांजिस्टर या तो एनपीएन प्रकार या पीएनपी प्रकार का हो सकता है।

एल एक ट्रांजिस्टर को तीन कॉन्फिगरेशन में से किसी में जोड़ा जा सकता है: सामान्य कलेक्टर (सीई), सामान्य आधार (सीबी) या सामान्य उत्सर्जक (सीई)।

ट्रांजिस्टर की विशेषताएँ ट्रांजिस्टर के विन्यास के अनुसार भिन्न होती हैं ।

एल सीई कॉन्फिगरेशन को अन्य कॉन्फिगरेशन की तुलना में प्राथमिकता दी जाती है क्योंकि यह उच्च वर्तमान लाभ और वोल्टेज लाभ प्रदान करता है।

एल प्रवर्धन के लिए, एक ट्रांजिस्टर को इनपुट करंट की आवश्यकता होती है।

एल ट्रांजिस्टर को संतृप्ति और कट-ऑफ क्षेत्रों में बायस करके एक स्विच के रूप में उपयोग किया जा सकता है।

एल तीन बुनियादी तर्क द्वार हैं: और, या और नहीं।

। NAND गेट एक सार्वभौमिक गेट है क्योंकि इसका उपयोग अन्य गेटों को लागू करने के लिए किया जा सकता है आसानी से।

एल इंटीग्रेटेड सर्किट का महत्व.

टर्मिनल व्यायाम

1. पीएन जंक्शन डायोड की सबसे महत्वपूर्ण विशेषता का वर्णन करें।
2. पीएन जंक्शन डायोड में कमी क्षेत्र के गठन की व्याख्या करें।
3. कौन से आवेश वाहक पीएन जंक्शन डायोड में अग्रवर्ती धारा का संचालन करते हैं?
4. (i) फॉरवर्ड बायस और रिवर्स बायस (ii) हिमस्खलन और जेनर ब्रेकडाउन के बीच अंतर करें
5. पीएनपी और एनपीएन ट्रांजिस्टर की कार्यप्रणाली समझाएं।
6. एक ट्रांजिस्टर के वर्तमान लाभ β और β को परिभाषित करें।
7. $\beta = 0.998$ के लिए, यदि IE में परिवर्तन 4 mA है तो IC में परिवर्तन की गणना करें।
8. फिल्टर कैपेसिटर के साथ हाफ-वेव रेक्टिफायर में पीएन जंक्शन डायोड का पीक व्युत्क्रम वोल्टेज (PIV) कैपेसिटर के बिना दोगुना क्यों होता है?
9. बताएं कि जेनर डायोड लोड भिन्नता के विरुद्ध डीसी को स्थिर करने में कैसे मदद करता है।
10. एक एम्पलीफायर के ठीक से काम करने के लिए इनपुट सिग्नल के आयाम की भिन्नता की सीमा क्या होनी चाहिए?
11. NOR गेट लागू करने के लिए डायोड और ट्रांजिस्टर का उपयोग करके एक सर्किट बनाएं।

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

28.1

1. प्रतिरोधकता मान
2. प्रतिरोधकता
- 3 और
4. ईवी
5. अधिक

28.2

1. शून्य
2. (ii)
3. अशुद्धता, डोपिंग
4. बहुमत
5. निचला

28.3

1. (ए) बहुसंख्यक वाहक (बी) ह्रास क्षेत्र
(सी) 0.7, 0.3 (डी) उच्चतर, इलेक्ट्रॉन
2. (ए) (iii) (बी) (iii) (सी) (iii)
3. इसमें आवेश वाहक समाप्त हो गए हैं और इसमें केवल आयन हैं।

28.4

1. आगे की ओर पूर्वाग्रह से कमी परत की संभावित बाधा ऊंचाई और चौड़ाई कम हो जाती है।
2. रिवर्स बायस घटने वाली परत की संभावित बाधा ऊंचाई और चौड़ाई को बढ़ाता है।
3. (ए) घट जाती है (बी) बढ़ता है (सी) बढ़ता है, ब्रेकडाउन वोल्टेज
4. (ए) (iv) (बी) (iii)
5. हिमस्खलन और जेनर ब्रेकडाउन।

28.5

2. (ए) 0.7 वी, 0.3 वी (हड्डी) (सी) माइक्रो एम्पीयर
3. (ए) (iii) (बी) (ii)

28.6

1. (ए) (ii) (बी) (iii) (सी) (iv)

28.7

1. चित्र 28.16 देखें

फुल वेव रेक्टिफायर के मामले में, दोनों डायोड D1 और D2 C को अधिकतम वोल्टेज तक चार्ज करते हैं
वैकल्पिक आधे चक्रों में V_{max} का। इसलिए, डायोड का PIV $2 \times V_{max}$ होना चाहिए।

28.8

1. $R_Z = 100\Omega$, $r_z = 100\Omega$ और $R = R_Z + r_z = 200\Omega$

इस तरह,

$$m = \frac{21}{200} = 0.105$$

और वी = आईआर = $0.105 \times 100 = 10.5$ वी

2. (ए) जेनर (बी) उलटा (सी) प्रकाश संवेदनशील
 (डी) समूह III-V (ई) आगे (च) उत्सर्जन
 (छ) पुनर्संयोजन (ज) इलेक्ट्रोव्यूमिनसेंस (i) फोटोवोल्टिक
 (जे) अधिक, अवशोषित

28.9

1. (ए) (iii) (बी) (ii)
 2. (ए) तीन, दो (बी) आधार
 (सी) सबसे भारी, आधार (डी) सबसे बड़ा आकार, मध्यम
 (ई) उत्सर्जक-आधार, संग्राहक-आधार (एफ) एनपीएन, पीएनपी

28.10

1. (ए) इनपुट विशेषता (बी) आउटपुट विशेषताएँ
 (सी) संग्राहक, उत्सर्जक (डी) आधार और उत्सर्जक, आधार और संग्राहक

28.11

1. $A_v = V_O / V_i = 1 \text{ V} / 20 \text{ mV} = 50$

2. $A_{पी} = पीओ / पीआई = 200$

3. $A_{वी} = \frac{\beta \times आर_{उ} \times 2000\Omega}{500\Omega} = 200$

$A_{वी} = \beta \times A_{पी} = 50 \times 200 = 10000$

28.12

एबी ए'			द्वारा	
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	1	0	0	1

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

7. 3.992 एमए



संचार की मूल बातें

परिचय

जानवरों की दुनिया में संचार यांत्रिक, श्रव्य और रासायनिक संकेतों द्वारा किया जाता है। आपने देखा होगा कि कैसे किसी घुसपैठिए को देखकर गौरैया जोर-जोर से चहचहाने लगती है, जो उनकी जान को खतरे में डाल सकता है! हालाँकि, मनुष्य को संचार के बहुत मजबूत साधन प्राप्त हैं। हम जो देखते हैं, सोचते हैं और महसूस करते हैं जो हमारे आसपास हो रहा है उसे व्यक्त कर सकते हैं। हम संचार के लिए ध्वनि (श्रव्य सीमा, 20 हर्ट्ज - 20 किलोहर्ट्ज) और प्रकाश (दृश्य सीमा में, 4000 Å - 7000Å) का उपयोग करते हैं। संचार में एक व्यक्ति/स्थान से दूसरे व्यक्ति तक सूचना प्रसारित करना और प्राप्त करना शामिल है। दूसरे शब्दों में, प्राप्तकर्ता और प्रेषक को एक सामान्य भाषा समझनी चाहिए।

लिखित वर्णमाला से पहले, पहले युग में, संचार का तरीका मौखिक था। संचार का दूसरा युग प्रिंटिंग प्रेस के आविष्कार के साथ शुरू हुआ। उन्नीसवीं सदी की शुरुआत में टेलीग्राफ के आविष्कार को तीसरे चरण की शुरुआत के रूप में चिह्नित किया गया।

क्रांतिकारी तकनीकी विकास ने हमें सूचना के कुशल और विश्वसनीय हस्तांतरण में सक्षम बनाया है। टेलीग्राफ, फैक्स, टेलीफोन, रेडियो, मोबाइल, उपग्रह, कंप्यूटर आदि जैसे उपकरणों और तकनीकों का उपयोग करके लंबी दूरी तक संचार करना संभव है। महासागरों और पर्वत श्रृंखलाओं के कारण अब कोई समस्या नहीं रही। यहां समय और दूरी की बाध्यता भी न के बराबर है। हालिया महामारी के दौरान या महामारी के बाद, ऑनलाइन शिक्षण, (शिक्षा), प्रकाशन (अनुसंधान), बैंकिंग (व्यवसाय) जो अब नियमित गतिविधियां बन रही हैं।

वास्तव में, संचार ने एक नया क्षितिज खोल दिया है।

आधुनिक संचार प्रणाली को निम्नलिखित तीन श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया है।

- एक से एक (बिंदु से बिंदु) संचार।
- एक से अनेक (प्रसारण) संचार।
- अनेक से अनेक (मोबाइल कॉन्फ्रेंस कॉल) संचार।

संचार प्रणाली में, सूचना विद्युत सिग्नल (वोल्टेज या करंट) के रूप में होती है जो आवृत्ति की एक सीमा (सिग्नल बैंडविड्थ कहा जाता है) में फैली होती है। सिग्नल में शोर भी जोड़ा जाता है और वांछित जानकारी को अस्पष्ट करने का प्रयास किया जाता है।

उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के बाद, आपको सक्षम होना चाहिए

मैं संचार प्रणाली के लिए उपयोग किए जाने वाले घटकों की सूची को समझ पाऊंगा; मैं एनालॉग, डिजिटल, मॉड्यूलेशन और डिमॉड्यूलेशन सिग्नल आदि जैसे शब्दों की व्याख्या करूंगा; मैं वर्णन करूंगा कि विद्युत चुम्बकीय तरंगें सूचना के वाहक के रूप में कैसे कार्य करती हैं; मैं मॉड्यूलेशन और डिमॉड्यूलेशन की प्रक्रियाओं का वर्णन करूंगा।

29.1 संचार प्रणाली के घटक

चित्र 29.1 एक विशिष्ट संचार प्रणाली के निर्माण खंडों को दर्शाता है। आवश्यक तत्व एक संचार प्रणाली के हैं:

एल सिग्नल का एक स्रोत, एक सेंसर ट्रांसड्यूसर और एक ट्रांसमीटर, जो सूचना ले जाने वाले सिग्नल को लॉन्च करता है,

एल लंबी दूरी तक सिग्नल को निर्देशित करने और ले जाने के लिए एक मध्यवर्ती माध्यम/चैनल

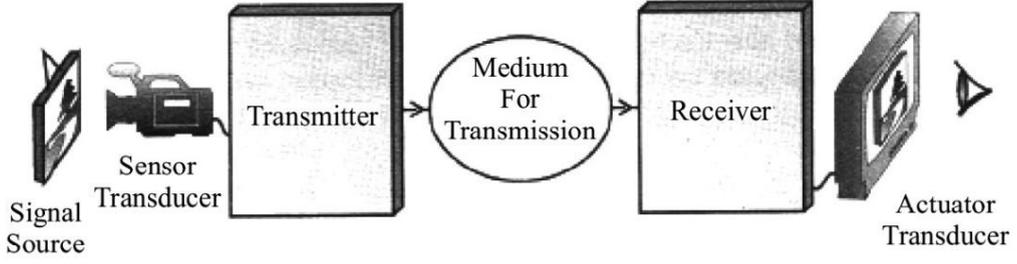
एल सिग्नल रिसेवर (एक एक्चुएटर ट्रांसड्यूसर) सिग्नल को इंटरसेप्ट करने और जानकारी प्राप्त करने के लिए।

संचार में सबसे अधिक उपयोग किए जाने वाले सिग्नल या तो श्रव्य या दृश्य होते हैं। इनकी विशेषता आयाम, आवृत्ति, चरण और ध्रुवीकरण है। ध्वनि संकेतों के लिए, श्रव्य सीमा 20 हर्ट्ज - 20 किलोहर्ट्ज है। सामान्य टेलीफोन के मामले में, सीमा केवल 4 kHz तक सीमित है। एक और उल्लेखनीय पहलू यह है कि पुलिसकर्मी (या सुरक्षाकर्मी) गणमान्य व्यक्तियों की गतिविधियों या सार्वजनिक रैलियों पर नज़र रखने के लिए वॉकी-टॉकी सेट रखते हैं। ऐसे सेटों की सीमा 1 kHz तक सीमित है।

संचार के लिए आमतौर पर उपयोग किए जाने वाले कुछ शब्द हैं:

- (i) ट्रांसमीटर और रिसेवर: एक इनपुट सिग्नल (सूचना धारण करने वाला) एक ट्रांसमीटर द्वारा दूर के बिंदु तक प्रेषित किया जाता है। एक रिसेवर ऐसे संकेतों को पकड़ता है और उन्हें इस तरह से बदल देता है कि उनमें छिपी जानकारी को उपयोग योग्य रूप में परिवर्तित किया जा सके।
- (ii) सिग्नल: सूचना का लिपिकीय रूप जो संचरण के लिए उपयुक्त होता है, सिग्नल कहलाता है। एक सिग्नल एनालॉग या डिजिटल हो सकता है। एनालॉग सिग्नल वोल्टेज या करंट के निरंतर-परिवर्तन होते हैं। एनालॉग सिग्नल समय के एकल-मूल्यवान कार्य हैं।
डिजिटल सिग्नल वे होते हैं जो केवल अलग-अलग चरणबद्ध मान ले सकते हैं।
- (iii) शोर: अवांछित सिग्नल जो संचार प्रणाली में ट्रांसमिशन सिग्नल को परेशान करते हैं, शोर कहलाते हैं।
- (iv) क्षीणन: किसी माध्यम से प्रसारित होने पर सिग्नल की शक्ति में कमी को क्षीणन कहा जाता है।
- (v) एंटीना या एरियल अनिवार्य रूप से कंडक्टरों की प्रणाली है, जो विद्युत चुम्बकीय तरंगों को प्रभावी ढंग से विकिरण और अवशोषित करती है। एंटीना एक लंबे, कड़े तार (ज्यादातर कारों पर एएम/एफएम रेडियो एंटीना के रूप में) या एक विशाल डिश (दूर के उपग्रहों के लिए) के रूप में हो सकता है।
- (vi) संवेदनशीलता एक मानक आउटपुट सिग्नल वोल्टेज उत्पन्न करने के लिए आवश्यक न्यूनतम इनपुट वोल्टेज को दर्शाती है। रिसेवर का प्रवर्धन जितना अधिक होगा, उसकी संवेदनशीलता उतनी ही अधिक होगी। सिग्नल-टू-शोर अनुपात, जिसे संक्षेप में एस/एन अनुपात कहा जाता है, एक रिसेवर की संवेदनशीलता निर्धारित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। यदि कोई बाहरी शोर सिस्टम में प्रवेश करता है, तो उसे कुछ सिग्नल प्रोसेसिंग तकनीक का उपयोग करके फ़िल्टर किया जाना चाहिए।
- (vii) चयनात्मकता एक रिसेवर की किसी विशेष आवृत्ति के वांछित सिग्नल और आस-पास की आवृत्तियों के अन्य सभी अवांछित संकेतों के बीच अंतर करने की क्षमता है।
चयनात्मकता रिसेवर में प्रयुक्त ट्यूनिंग सर्किट के अनुनाद वक्रों की तीक्ष्णता पर निर्भर करती है।

(viii) फिडेलिटी मॉड्यूलेशन आवृत्ति के साथ एक रिसेवर के आउटपुट की भिन्नता का प्रतिनिधित्व करती है और मॉड्यूलेटिंग सिग्नल के तरंग रूप को पुनः उत्पन्न करने के लिए रिसेवर की क्षमता को दर्शाती है।



चित्र 29.1: संचार प्रणाली के लिए एक योजनाबद्ध व्यवस्था।

ट्रांसमिशन के लिए इनपुट सिग्नल (जैसे रेडियो सिग्नल) आमतौर पर आवाज या संगीत के रूप में होता है और ट्रांसमीटर इसे (मॉड्यूलेशन नामक प्रक्रिया द्वारा, जिसे आप इस अध्याय के अंत में सीखेंगे) विद्युत सिग्नल में बदल देता है (इलेक्ट्रोमैग्नेटिक पर सुपरपोज़ करके) आवृत्ति रेंज 30 kHz - 300 MHz में तरंगों। ये रेडियो सिग्नल एरियल या एंटेना के माध्यम से सभी दिशाओं में या कुछ निर्दिष्ट दिशा में प्रसारित किए जाते हैं। रेडियो ट्रांसमीटर में एंटीना रेडियो तरंगों को अंतरिक्ष में लॉन्च करता है। एक रिसेवर में, विचार यह है कि अधिकतम संचरित शक्ति प्राप्त की जाए और इसे ट्यूनर को आपूर्ति की जाए। रेडियो एंटीना का इष्टतम आकार सिग्नल की आवृत्ति से संबंधित है। एन्टेना संचारित या प्राप्त करने का प्रयास करता है।

इन कंडक्टरों का आकार सिग्नल की तरंग दैर्घ्य λ (कम से कम $\lambda/4$ आयाम) के बराबर होना चाहिए, ताकि वे सिग्नल के समय-परिवर्तन का ठीक से पता लगा सकें। यदि प्राप्त करने वाले एंटीना द्वारा उठाए गए सिग्नल बेहद कमजोर हैं, तो विश्लेषण करने से पहले सिग्नल को बढ़ाया जाता है। संक्षेप में, एक सिग्नल एक माध्यम के माध्यम से ट्रांसमीटर से रिसेवर तक संचारित होता है। वाहक एक तरंग के रूप में होता है और ध्वनि के साथ-साथ विद्युत चुम्बकीय तरंगों के लिए भी होता है। अतः माध्यम सुपरपोजिशन के सिद्धांत का समर्थन करता है। संचार प्रणाली का उद्देश्य प्रेषित सिग्नल का विश्वसनीय पुनरुत्पादन है। एक सर्किट डिजाइनर प्राप्तकर्ता छोर पर सर्वोत्तम संभव पुनरुत्पादन सुनिश्चित करने के लिए हर संभव प्रयास करता है।

पाठगत प्रश्न 29.1

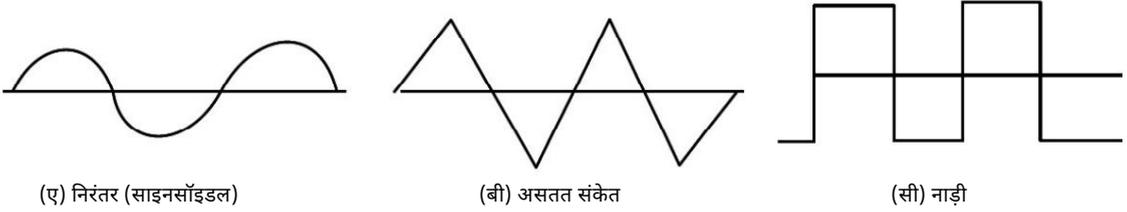
1. रेडियो तरंगों की आवृत्ति सीमा क्या है?
2. आप रेडियो एंटीना का इष्टतम आकार कैसे निर्धारित करते हैं?

29.2 सिग्नल के प्रकार

सिग्नलों को उनकी उत्पत्ति और प्रकृति के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है, तदनुसार हमारे पास है:

- निरंतर समय (एनालॉग) और असतत समय (डिजिटल) सिग्नल;
- कोडित और गैर-कोडित सिग्नल
- आवधिक और एपेरियोडिक संकेत
- ऊर्जा और शक्ति संकेत
- नियतिवादी और यादृच्छिक संकेत.

हम यहां केवल एनालॉग और डिजिटल सिस्टम पर विचार करेंगे। आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक संचार प्रणालियों में, संकेतों को अलग-अलग रूप में परिवर्तित किया जाता है। उनके पास समय और शून्य के विभिन्न उदाहरणों पर आयाम के सीमित मान हैं [चित्र 29.2 (बी) और (सी) देखें] रूप। चित्र 29.2 से, आप देखेंगे कि प्रतिनिधित्व करने के लिए उपयोग की जाने वाली तरंगें एक विशेष आवृत्ति के अनुरूप होती हैं और आवधिक होती हैं; जबकि इनमें से एक साइनसॉइडल है, दूसरा स्पंदित है। वास्तव में इन्हें साइन और स्क्वायर तरंगों के उप-वर्ग के रूप में देखा जा सकता है। सूचना को एनालॉग (निरंतर) और डिजिटल (अलग) दोनों रूपों में पैक किया जा सकता है। उदाहरण के लिए, वाणी एक एनालॉग सिग्नल है जो समय के साथ लगातार बदलता रहता है। इसके विपरीत, कंप्यूटर फ़ाइलों में एक प्रतीकात्मक "असतत-समय" डिजिटल सिग्नल होता है।



चित्र 29.2 : सिग्नल के प्रकार

डिजिटल प्रारूप में, सिग्नल बिट्स की एक स्ट्रिंग (बाइनरी अंकों से संक्षिप्त) के रूप में होते हैं, प्रत्येक बिट या तो 'चालू' या 'बंद' (1 या 0) होता है। बाइनरी सिस्टम एक संख्या प्रणाली को संदर्भित करता है जो केवल दो अंकों, 1 और 0 का उपयोग करता है। हम सभी सूचना-असर संकेतों को असतत-समय और आयाम-मात्रा वाले डिजिटल संकेतों में परिवर्तित कर सकते हैं। एक कॉम्पैक्ट डिस्क (सीडी) में, ऑडियो को डिजिटल सिग्नल के रूप में संग्रहीत किया जाता है, जैसे एक डिजिटल वीडियो डिस्क (डीवीडी) वीडियो को डिजिटल रूप से संग्रहीत करता है। एनालॉग सिस्टम सामान्यतः डिजिटल सिस्टम की तुलना में कम महंगे होते हैं। लेकिन डिजिटल सिस्टम अधिक कुशल हैं और बेहतर प्रदर्शन (कम त्रुटि और शोर), और अधिक लचीलापन देते हैं। दिलचस्प बात यह है कि डिजिटल और एनालॉग ट्रांसमिशन एनालॉग सिग्नल का उपयोग करके पूरा किया जाता है, जैसे ईथरनेट में वोल्टेज (वायर-लाइन संचार का एक उदाहरण) और सेलुलर फोन (वायरलेस संचार) में विद्युत चुम्बकीय विकिरण। सिग्नल को बड़े क्षेत्र में संचारित करना और संचरण शक्ति को कम करना मोबाइल संचार के लिए मुख्य विचार है। सुबासिंघे-डायस (1992) द्वारा डिज़ाइन की गई षट्भुज अवधारणा का उपयोग छोटे क्षेत्र की सेवा के लिए किया जाता है, जिसे सेल कहा जाता है, जिसने आधुनिक मोबाइल संचार प्रणाली के लिए एक हॉल मार्क दृष्टिकोण बनाया है।

संचार प्रणालियों में सबसे महत्वपूर्ण पैरामीटर सिग्नल बैंडविड्थ है, जो उस आवृत्ति रेंज को संदर्भित करता है जिसमें सिग्नल भिन्न होता है। एनालॉग बैंडविड्थ स्पेक्ट्रम की सीमा को मापता है और बैंडविड्थ डिजिटल सिग्नल में निहित जानकारी की मात्रा बताता है। इस कारण से, एनालॉग बैंडविड्थ को आवृत्ति (हर्ट्ज) के संदर्भ में और डिजिटल बैंडविड्थ को बिट्स प्रति सेकंड (बीपीएस) के संदर्भ में व्यक्त किया जाता है। कुछ ऑडियो सिग्नलों की फ्रीक्वेंसी रेंज और उनकी बैंडविड्थ तालिका-29.1 में दी गई हैं। ध्यान दें कि मानव भाषण में लगभग चार किलो हर्ट्ज की बैंडविड्थ होती है। आयाम मॉड्युलेटेड (एएम) रेडियो ट्रांसमिशन में बैंडविड्थ लगभग 10 किलोहर्ट्ज और फ्रीक्वेंसी मॉड्युलेटेड (एफएम) ट्रांसमिशन में 15 किलोहर्ट्ज है। हालाँकि, एफएम प्रसारण से प्राप्त सिग्नल की गुणवत्ता एएम से काफी बेहतर है।

कॉम्पैक्ट डिस्क की बैंडविड्थ 20 kHz है। एक वीडियो सिग्नल की बैंडविड्थ लगभग 4.2 मेगाहर्ट्ज है और टेलीविजन प्रसारण चैनल की बैंडविड्थ 6 मेगाहर्ट्ज है। एक विशिष्ट मॉडेम (एनालॉग टेलीफोन लाइन पर डिजिटल सिग्नल के संचार के लिए उपयोग किया जाने वाला एक उपकरण) सिस्टम की बैंडविड्थ क्रमशः 32 केबीपीएस, 64 केबीपीएस या 128 केबीपीएस है।

तालिका - 29.1: ज्ञात प्रणालियों के लिए आवृत्ति और बैंडविड्थ

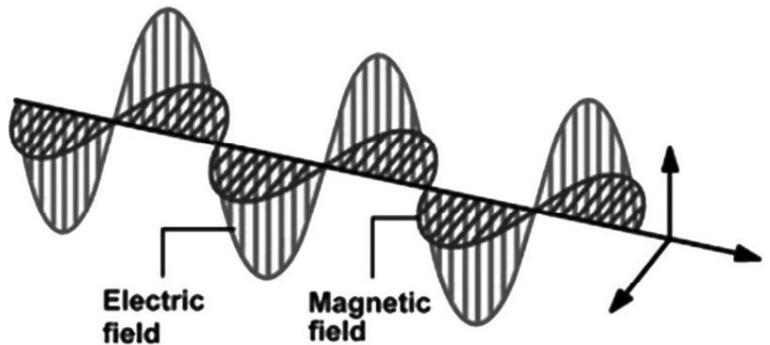
स्रोत	फ़्रिक्वेंसी रेंज (हर्ट्ज)	बैंडविड्थ (kHz)
गिटार	82-880	...0.8
वायोलिन	196-2794	...2.6
स्वर (ए,ई,आई,ओ,यू) व्यंजन	250-5000	... 4
टेलीफोन संकेत	200-3200	... 3

वायरलेस संचार की शुरुआत डॉ. जे.सी. बोस और जी. मार्कोनी ने की थी। के बाद से, टेक्नोलॉजी बहुत आगे बढ़ चुकी है। पहले चरण में रेडियो संचार माध्यम से किया जाता था आयाम संग्राहक (एएम) संचरण। इसके बाद, इसने फ़्रीक्वेंसी मॉड्यूलेटेड का रास्ता दिया (एफएम) प्रसारण। वर्तमान में, रेडियो सिग्नल उपग्रह-संचार के माध्यम से प्रसारित हो रहे हैं। लेकिन सरलता के लिए, हम यहां खुद को एनालॉग और डिजिटल सिग्नल, एएम और का उपयोग करने तक ही सीमित रखते हैं एफएम मॉड्यूलेशन और डिमोड्यूलेशन प्रक्रियाएं। चूंकि संचार की डिजिटल व्यवस्था है अधिक कुशल और शोर-मुक्त, हम एक एनालॉग सिग्नल को उसके डिजिटल समकक्ष में परिवर्तित करने का इरादा रखते हैं। यह नमूनाकरण तकनीक का उपयोग करके किया जाता है। इसके विस्तृत पहलू पर आगे चर्चा की जाएगी अनुभाग।

संचार में, विद्युत संकेत को स्थानांतरित करने के विभिन्न तरीके हैं रिसेवर को ट्रांसमीटर। हालाँकि, करंट एक धातु कंडक्टर से होकर गुजरता है विद्युत चुम्बकीय विकिरण के रूप में हवा के माध्यम से करंट सिग्नल या वोल्टेज ड्रॉप का रूप। विद्युत चुम्बकीय शब्द से पता चलता है कि तरंगों में विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र शामिल होते हैं, जो अविभाज्य हैं।

उन्हें तरंग प्रसार था मैक्सवेल द्वारा दिया गया। उनके अनुसार, एक बिजली क्षेत्र समय में भिन्न होता है एक स्पेस-टाइम उत्पन्न करता है भिन्न चुंबकीय क्षेत्र, जो, बदले में, उत्पादन करता है विद्युत क्षेत्र। सचित्र एक विमान का प्रतिनिधित्व विद्युत चुम्बकीय तरंग है

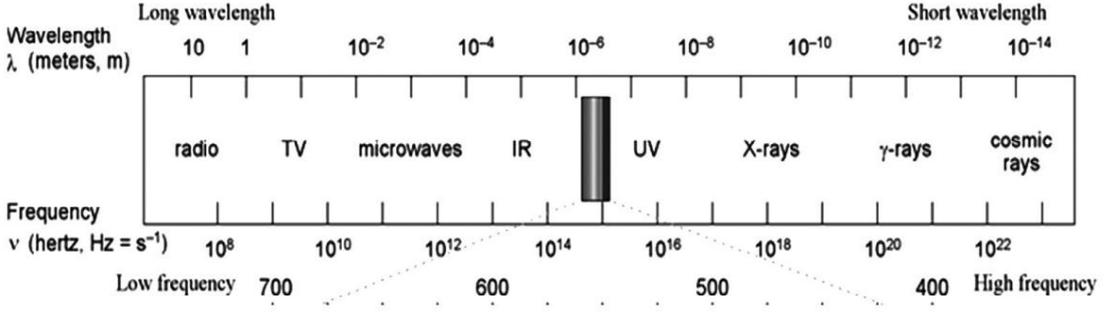
चित्र 29.3 में दिखाया गया है।



चित्र 29.3 : ई.एम. का प्रसार लहर की

गणितीय रूप से, विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र वैक्टर को इस प्रकार दर्शाया जा सकता है:

$E = E_0 \sin(kz - \omega t)$ और $H = H_0 \sin(kz - \omega t)$. के लिए प्रत्यक्ष प्रायोगिक साक्ष्य ईएम तरंगों का अस्तित्व 1888 में शुरू किए गए शानदार प्रयोगों की एक श्रृंखला के माध्यम से आया हर्ट्ज़ द्वारा। 1895 में भारतीय भौतिक विज्ञानी जगदीश चंद्र बोस ने तरंग दैर्ध्य की तरंगों उत्पन्न की 25 मिमी से 5 मीटर की सीमा में और रेडियो प्रसारण की संभावना का प्रदर्शन किया। एक विस्तृत ईएम स्पेक्ट्रम और अन्य तरंग स्पेक्ट्रम रेंज चित्र 29.4 में दी गई है। ये काम डाला गया गुग्लिर्मो मार्कोनी द्वारा व्यावहारिक उपयोग के लिए, जो विद्युत चुम्बकीय संचारण में सफल रहे अटलांटिक महासागर में लहरें। इससे संचार के नये युग की शुरुआत हुई उन्हें तरंगों का उपयोग करना। कार्ल फर्डिनेंड ब्रौन के साथ मार्कोनी को 1909 का नोबेल पुरस्कार मिला वायरलेस टेलीग्राफी पर उनके काम के लिए भौतिकी में।



चित्र 29.4: विद्युत चुम्बकीय और अन्य तरंग दैर्ध्य स्पेक्ट्रम

संचार प्रणाली में, एक ट्रांसमीटर की सहायता से विद्युत चुम्बकीय तरंगें उत्सर्जित की जाती हैं एक एंटीना का। ये तरंगें अंतरिक्ष में फैलती हैं और रिसेवर द्वारा पकड़ ली जाती हैं। पर रिसेवर, एक अन्य एंटीना विद्युत चुम्बकीय तरंगों से ऊर्जा (निर्माण में) निकालता है। अब हम टेलीविजन (टीवी) प्रसारण, एएम (आयाम) के विभिन्न उद्देश्यों के लिए रेडियो तरंगों का उपयोग करते हैं मॉड्युलेटेड) और एफएम (फ्रीक्वेंसी मॉड्युलेटेड) रेडियो प्रसारण, पुलिस और फायर रेडियो, उपग्रह -टीवी प्रसारण, सेल फोन वार्तालाप, इत्यादि। ऐसा प्रत्येक सिग्नल अलग-अलग उपयोग करता है आवृत्ति, और इस तरह वे सभी अलग हो गए हैं। तालिका-29.2 में हमने अंतरराष्ट्रीय स्तर पर सूचीबद्ध किया है रेडियो और टीवी प्रसारण के लिए प्रासंगिक स्वीकृत विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम, लोकप्रिय ब्रांड नाम, और उनका आवेदन।

तालिका - 29.2 : रेडियो फ्रीक्वेंसी बैंड

बैंड	फ्रीक्वेंसी रेंज तरंग दैर्ध्य रेंज अनुप्रयोग		
अत्यधिक निम्न आवृत्ति (ईएलएफ)	<30 हर्ट्ज	> 10,000 किमी	पानी के नीचे संचार
बहुत कम आवृत्ति (वीएलएफ)	3 - 30 किलोहर्ट्ज	100 - 10 कि.मी	सोनार
कम आवृत्ति (एलएफ)	30 - 300 किलोहर्ट्ज	10 - 1 किमी	समुद्री नाविक
मध्यम आवृत्ति (एमएफ) 300 किलोहर्ट्ज	3 मेगाहर्ट्ज	1 किमी - 100 मीटर	मध्यम तरंग रेडियो
उच्च आवृत्ति (एचएफ)	3 - 30 मेगाहर्ट्ज	100 - 10 मी	शॉर्ट वेव रेडियो,
बहुत उच्च आवृत्ति (वीएचएफ)	30 - 300 मेगाहर्ट्ज	10 - 1 मी	एफएम रेडियो, चुंबकीय अनुनाद इमेजिंग
अल्ट्रा हाई फ्रीक्वेंसी (यूएचएफ)	300 मेगाहर्ट्ज - 3 गीगाहर्ट्ज	1 मीटर - 10 सेमी	वाणिज्यिक, टीवी, रेडियो, राडार ताररहित संपर्क
अति उच्च आवृत्ति (एसएचएफ)	3 - 30 गीगाहर्ट्ज	10 - 1 सेमी	आधुनिक संचार उपग्रह संचार, सेल्यूलर मोबाइल, वाणिज्यिक टी.वी

बैंड पर प्रसारण के आधार पर, तरंगों को लोकप्रिय रूप से वर्गीकृत किया जाता है:

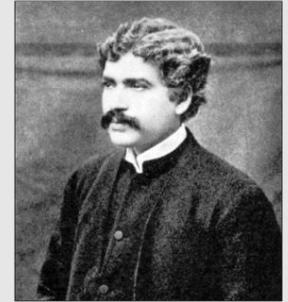
(i) वाणिज्यिक एएम रेडियो प्रसारण के लिए मध्यम तरंग (530-1700 किलोहर्ट्ज़) का सबसे अधिक उपयोग किया गया है।

(ii) लॉन्ग वेव (144-351 kHz) का उपयोग उत्तरी और दक्षिणी अमेरिका को छोड़कर हर जगह किया जाता है, जहां यह बैंड वैमानिक नेविगेशन के लिए आरक्षित है। लंबे और मध्यम-तरंग बैंड के लिए, तरंग दैर्ध्य इतना लंबा होता है कि तरंग जमीनी तरंग प्रसार द्वारा पृथ्वी के वक्र के चारों ओर विचलित हो जाती है, जिससे एएम रेडियो को लंबी दूरी मिलती है, खासकर रात में।

(iii) शॉर्ट वेव (3-30 एम हर्ट्ज़) का उपयोग रेडियो सेवाओं द्वारा किया जाता है जिसका उद्देश्य ट्रांसमिटिंग स्टेशन से काफी दूरी पर सुना जाना है; शॉर्ट वेव प्रसारण की दूरवर्ती सीमा कम ऑडियो निष्ठा की कीमत पर आती है। लघु तरंग के प्रसार की विधि आयनोस्फेरिक है।

जगदीश चंद्र बोस (1858 - 1937)

भारत में अपनी स्कूली शिक्षा पूरी करने के बाद, जगदीश चंद्र बोस 1880 में लंदन विश्वविद्यालय में चिकित्सा का अध्ययन करने के लिए इंग्लैंड चले गए। एक वर्ष के भीतर, उन्होंने कैम्ब्रिज में क्राइस्ट कॉलेज में प्राकृतिक विज्ञान का अध्ययन करने के लिए छात्रवृत्ति ली - जो कैम्ब्रिज में उनके व्याख्याताओं में से एक था; प्रोफेसर रेले का उन पर गहरा प्रभाव था। 1884 में बोस को कैम्ब्रिज विश्वविद्यालय द्वारा बीए की डिग्री और लंदन विश्वविद्यालय द्वारा बीएससी की डिग्री प्रदान की गई। इसके बाद बोस भारत लौट आए और कलकत्ता (अब कोलकाता) के प्रेसीडेंसी कॉलेज में भौतिकी के कार्यवाहक प्रोफेसर के रूप में शिक्षण कार्य संभाला। प्रेसीडेंसी कॉलेज में उनके कई छात्रों का अपने आप में प्रसिद्ध होना तय था। सत्येन्द्र नाथ बोस जो बोस-आइंस्टीन सांख्यिकी पर अपने अग्रणी काम के लिए प्रसिद्ध हुए और एमएन साहा जिन्होंने थर्मल आयनीकरण का क्रांतिकारी सिद्धांत दिया, जिसने भौतिकविदों को सितारों को कुछ समूहों में वर्गीकृत करने में सक्षम बनाया।



1894 में, जेसी बोस ने प्रेसीडेंसी कॉलेज में बाथरूम से लगे एक छोटे से बाड़े को प्रयोगशाला में बदल दिया। उन्होंने अपवर्तन, विवर्तन और ध्रुवीकरण से जुड़े प्रयोग किए। विकिरण प्राप्त करने के लिए, उन्होंने अत्यधिक संवेदनशील गैल्वेनोमीटर से जुड़े विभिन्न जंक्शनों का उपयोग किया। उन्होंने छोटी तरंग दैर्ध्य रेडियो तरंगों और सफेद और पराबैंगनी प्रकाश दोनों के लिए रिसेवर बनाने के लिए गैलेना क्रिस्टल का उपयोग विकसित किया। 1895 में, बोस ने रेडियो प्रसारण का अपना पहला सार्वजनिक प्रदर्शन किया, इन विद्युत चुम्बकीय तरंगों का उपयोग करके दूर से घंटी बजाई और कुछ बारूद विस्फोट किया। उन्हें 1897 में लॉर्ड रेले द्वारा व्याख्यान देने के लिए आमंत्रित किया गया था।

बोस ने रॉयल इंस्टीट्यूशन और इंग्लैंड की अन्य सोसाइटियों को अपने माइक्रोवेव (2.5 सेमी से 5 मिमी) प्रयोगों की सूचना दी। लेकिन नोबेल पुरस्कार शायद उनके इस काम के ज्वलंत व्यावहारिक अनुप्रयोग की चाह के कारण ही उन्हें मिला। 19वीं शताब्दी के अंत तक, बोस की रुचि पौधों में प्रतिक्रिया घटना में बदल गई। वह 1915 में प्रेसीडेंसी कॉलेज से सेवानिवृत्त हुए और उन्हें प्रोफेसर एमेरिटस नियुक्त किया गया। दो साल बाद कोलकाता में बोस इंस्टीट्यूट की स्थापना हुई। 1920 में बोस को रॉयल सोसाइटी का फेलो चुना गया।

पाठगत प्रश्न 29.2

1. विद्युत चुम्बकीय तरंग क्या है?
2. अंतरिक्ष में प्रसारित 30 मेगाहर्ट्ज आवृत्ति की रेडियो तरंग की तरंग दैर्ध्य की गणना करें।
3. दृश्य प्रकाश की आवृत्ति सीमा क्या है?

29.3 नमूनाकरण प्रमेय

पिछले अनुभाग में, आपको याद होगा कि एक एनालॉग सिग्नल में एक निश्चित समय अंतराल में अनंत संख्या में बहुत सटीक मान होते हैं। चूंकि अनंत परिशुद्धता के साथ समय के अनंत निकटतम क्षणों में इसके मूल्यों को गिनना और संग्रहीत करना असंभव है, इसलिए हम एक अच्छा डिजिटल सन्निकटन चुनने का एक व्यावहारिक तरीका तैयार करते हैं। इस प्रक्रिया में पहला कदम नमूनाकरण है। किसी सिग्नल का नमूना लेने के लिए, हम समय के नियमित अंतराल पर उसके मानों को नोट करते हैं (जिस दर पर नमूने लिए जाते हैं उसे नमूना दर कहा जाता है)।

सैंपलिंग प्रमेय में कहा गया है कि, एक एनालॉग सिग्नल पूरी तरह से उसके नमूनों द्वारा वर्णित है, समान समय अंतराल T_s पर लिया गया है, यदि और केवल यदि सैंपलिंग आवृत्ति $f = 1 / T_s$ अधिकतम आवृत्ति घटक (यानी, बैंडविड्थ) के दोगुने से अधिक या उसके बराबर है) एनालॉग सिग्नल का। समानता वह परिभाषित करती है जिसे नाइक्विस्ट दर कहा जाता है। इस प्रकार एक एनालॉग सिग्नल का नमूना लेकर, सिग्नल को (बिना किसी जानकारी के नुकसान के) एक आयाम वाले निरंतर समय-अलग सिग्नल में परिवर्तित किया जाता है, जो बदले में एक परिमाणित तरंग को आयाम और समय दोनों में अलग सिग्नल में परिवर्तित किया जा सकता है। इसका मतलब यह है कि आयामों के अनंत सटीक मानों को उन मानों में परिवर्तित किया जाता है जिन्हें डिजिटल रूप से संग्रहीत किया जा सकता है।

जैसा कि पहले उल्लेख किया गया है, एनालॉग मॉड्यूलेशन के तीन अलग-अलग प्रकार क्रमशः एम्प्लिट्यूड मॉड्यूलेशन (एएम), फ्रीक्वेंसी मॉड्यूलेशन (एफएम) और चरण मॉड्यूलेशन (पीएम) हैं। स्पंदित वाहक तरंगों के लिए, पल्स कोड मॉड्यूलेशन (पीसीएम) को प्राथमिकता दी जाती है। इसके विस्तृत पहलू पर अगले अनुभाग में चर्चा की जाएगी।

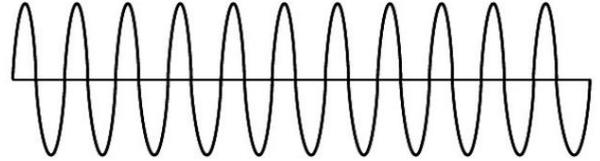
29.4 मॉड्यूलेशन एनालॉग (एएम और एफएम) और डिजिटल (पीसीएम)

ट्रांसमिशन के लिए सिग्नल की प्रोसेसिंग को मॉड्यूलेशन कहा जाता है। सूचना देने वाले सिग्नल 20 किलोहर्ट्ज से कम आवृत्ति के ऑडियो सिग्नल हैं। छोटी दूरी के लिए, हम सरल सीधे लिंक द्वारा संचार कर सकते हैं। लेकिन निम्नलिखित दो कारणों से ऐसे संकेतों को लंबी दूरी तक प्रसारित करना व्यावहारिक नहीं है:

- 1) सिग्नल में एक एंटीना/हवाई आकार का और सिग्नल की तरंग दैर्ध्य के बराबर होना चाहिए ताकि सिग्नल की समय भिन्नता को एंटीना द्वारा ठीक से महसूस किया जा सके। यहाँ यह याद रखना चाहिए कि कम-आवृत्ति (या लंबी-तरंग दैर्ध्य) संकेतों के लिए, एंटीना का आकार बड़ा होना चाहिए।
- 2) यदि कम आवृत्ति सिग्नलों द्वारा ले जाने वाली शक्ति छोटी है तो तरंगें बड़ी दूरी तक संचारित नहीं हो सकती हैं। इसका मुख्य कारण अवशोषण/विकिरण हानि के कारण निरंतर गिरावट (या स्वचालन) है। दूसरे शब्दों में, लंबी दूरी के प्रसारण के लिए उच्च आवृत्ति सिग्नल का उपयोग किया जाता है। लेकिन ये सिग्नल कोई उपयोगी जानकारी नहीं रखते।

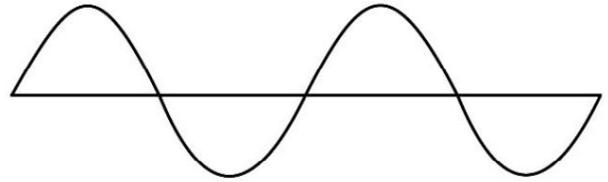
बेहतर समझ के लिए, निम्नलिखित पैराग्राफ में एक साधारण घटना पर चर्चा की गई है।

मान लीजिए, हमारी भारतीय सेना दुश्मन सेना को आगे बढ़ती हुई देख लेती है। पोस्ट को बचाने के लिए सेना को बेस कैंप से सुदृढीकरण की जरूरत है। लेकिन जब तक सेना का कोई जवान जाता है, संदेश देता है और सुदृढीकरण पहुंचता है, तब तक पोस्ट गिर चुकी होती है। इसलिए, वह एक वाहक चाहता है; ऐसा घोड़ा कहें, जो तेज दौड़ सके। लेकिन घोड़ा संदेश नहीं दे सकता। इसलिए, रास्ता यह है: जवान को घोड़े पर बिठाओ; घोड़े को दौड़ने दो और जवान संदेश दे दो। सिग्नल ट्रांसमिशन के लिए, ऑडियो सिग्नल जवान के रूप में कार्य करता है और उच्च (रेडियो) आवृत्ति घोड़े (वाहक) के रूप में कार्य करता है। दूसरे शब्दों में, उच्च आवृत्ति वाहक तरंग पर कम आवृत्ति सिग्नल को सुपर लगाकर, कोई सिग्नल को संसाधित कर सकता है और इसे ट्रांसमिशन के लिए उपयुक्त बना सकता है। हम सिग्नल जनरेटर का उपयोग करके मूल सिग्नल को विद्युत सिग्नल में परिवर्तित करते हैं, जिसे बेस बैंड सिग्नल कहा जाता है।



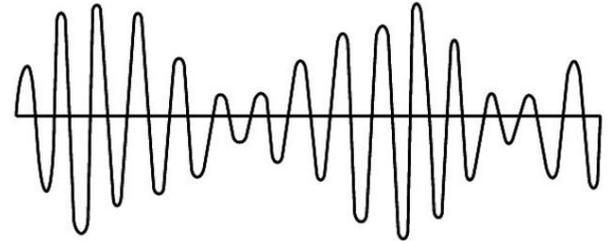
(ए) उच्च आवृत्ति की एक साइनसोइडल वाहक तरंग

वाहक तरंग निरंतर या स्पंदित हो सकती है। चूंकि एक साइनसोइडल तरंग, आयाम, आवृत्ति और चरण की विशेषता होती है, इसलिए इन भौतिक मापदंडों में से किसी एक को मॉडरेट करना संभव है। इसे एनालॉग मॉड्यूलेशन के रूप में जाना जाता है और वे दो प्रकार के होते हैं: आयाम मॉड्यूलेशन (एएम) और फ्रीक्वेंसी मॉड्यूलेशन (एफएम)।



(बी) कम आवृत्ति का एक मॉड्यूलेटिंग सिग्नल (संदेश या सूचना सिग्नल),

आयाम मॉड्यूलेशन: उच्च आवृत्ति वाहक तरंग का आयाम [चित्र। 29.5 (ए)] को कम आवृत्ति वाले ऑडियो या वीडियो मॉड्यूलेटिंग सिग्नल की ताकत के अनुसार संशोधित किया गया है [चित्र। 29.5 (बी)]। यदि मॉड्यूलित तरंग का आयाम बढ़ता है, तो मॉड्यूलित वाहक का आयाम भी बढ़ जाता है। मॉड्यूलेटेड तरंग का आवरण मॉड्यूलेटिंग सिग्नल के आयाम और आवृत्ति के आधार पर आकार लेता है [चित्र। 29.5 (सी)]।



(सी) आयाम संग्राहक वाहक तरंग

चित्र 29.5: एक मॉड्यूलेटिंग सिग्नल द्वारा वाहक तरंग का मॉड्यूलेशन

माना कि ऑडियो सिग्नल और वाहक तरंग के तात्कालिक आयाम हैं:

$$a(t) = A \sin(\omega t) \quad (29.1 \text{ ए})$$

और

$$c(t) = C \cos(\omega_c t) \quad (29.1 \text{ बी})$$

यहां, A और C कोणीय आवृत्तियां हैं और ω और ω_c क्रमशः ऑडियो और वाहक तरंगों के वेग को दर्शाते हैं। आयाम मॉड्यूलेशन सिग्नल को वाहक तरंग पर आरोपित किया जाता है, ताकि परिणामी मॉड्यूलेटेड तरंग के आयाम को इस प्रकार व्यक्त किया जा सके:

$$e(t) = a(t) + c(t) = A \sin(\omega t) + C \cos(\omega_c t) \quad (29.2)$$

$$e(t) = A \sin(\omega t) + C \cos(\omega_c t) \quad (29.2)$$

इसलिए, संग्राहक तरंग को इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है:

$$v(t) = A \sin(\omega t) + \frac{1}{2} A m \cos(\omega_c t) \sin(\omega t) \quad (29.3)$$

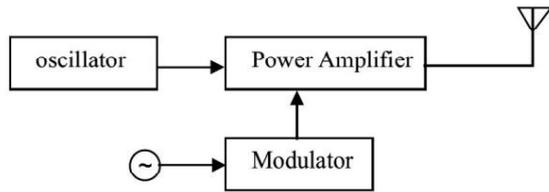
समीकरण से, (29.3) हम देखते हैं कि संग्राहक तरंग का तात्क्षणिक आयाम है एनालॉग ऑडियो सिग्नल के आयाम और आवृत्ति द्वारा निर्धारित किया जाता है। अनुपात A_m / A_c हमें यह माप देता है कि एनालॉग मॉड्यूलेशन द्वारा वाहक आयाम किस हद तक भिन्न होता है सिग्नल और इसे आयाम मॉड्यूलेशन इंडेक्स के रूप में जाना जाता है। हम इसे मा से निरूपित करेंगे। मॉड्यूलेशन इंडेक्स, हम समीकरण को फिर से लिख सकते हैं। (29.3) इस प्रकार:

$$v(t) = A \sin(\omega_c t) + \frac{1}{2} A m \cos(\omega_c t) \sin(\omega_c t) = A \sin(\omega_c t) + \frac{1}{4} A m [\cos(\omega_c - \omega_c)t + \cos(\omega_c + \omega_c)t] \quad (29.4)$$

उपरोक्त समीकरण से यह स्पष्ट है कि:

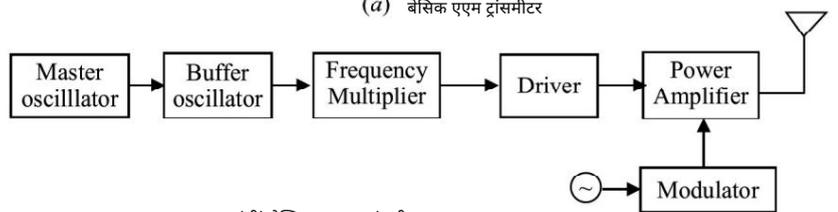
- (i) मॉड्युलेटेड तरंग [चित्र 29.5 (सी) में दिखाई गई] में तीन घटक होते हैं। पहला पद वाहक तरंग का प्रतिनिधित्व करता है। दूसरे पद की आवृत्ति वाहक की आवृत्ति से कम है तरंग और निचले पार्श्व बैंड पर गठित होती है। उच्चतर आवृत्ति वाला तीसरा पद वाहक तरंग की तुलना में ऊपरी पार्श्व बैंड है।
- (ii) मॉड्युलेटिंग सिग्नल की आवृत्ति सीधे आयाम में निहित नहीं है संग्राहक तरंग।

यह ध्यान रखना महत्वपूर्ण है कि सबसे कुशल सूचना हस्तांतरण अधिकतम होने पर होता है संचार प्रणाली द्वारा प्रेषित शक्ति साइड बैंड में समाहित होती है। द ब्लॉक एक बुनियादी एनालॉग एएम-ट्रांसमीटर का आरेख चित्र 29.6 (ए) में दिखाया गया है। थरथरानवाला प्रदान करता है एक निश्चित आवृत्ति और पावर एम्पलीफायर सिग्नल को नियंत्रित करता है। AM प्रसारण ट्रांसमीटर में, हार्टली-कोलपिट्स ऑसिलेटर का उपयोग किया जाता है [चित्र 29.6 (बी)]। इसके अलावा एक बेहतर एम्पलीफायर पेश किया गया है शेष सर्किट में मास्टर ऑसिलेटर के बीच। आवृत्ति और आयाम को बढ़ाने के लिए सिग्नल आवृत्ति का गुणक और चालक एम्पलीफायर जोड़े जाते हैं मॉड्युलेट करने से पहले एक शक्ति में संकेत प्रवर्धक।



(a) बेसिक एएम ट्रांसमीटर

किसी भी प्रसारण के लिए, अधिकतम शक्ति रेडियो ट्रांसमीटर का है 500 W से रेंज में 50 किलोवाट. हर ब्रॉडकास्टर को, वेव को ऐसा करना चाहिए एक निश्चित आवृत्ति और तरंग



(बी) प्रैक्टिकल एएम ट्रांसमीटर

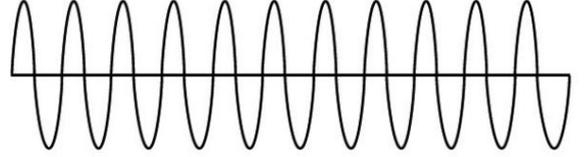
चित्र 29.6: एएम ट्रांसमीटर का ब्लॉक आरेख

अन्य सिग्नलों में हस्तक्षेप नहीं करना चाहिए। इसे सुनिश्चित करने के लिए, कपलिंग सर्किट का उपयोग करके अवांछित आवृत्तियों को फ़िल्टर किया जाता है।

पिछले 50 वर्षों से भारत के रेडियो संचार में एनालॉग एएम के लिए मीडियम वेव (530 - 1700 किलोहर्ट्ज) और शॉर्ट वेव (3 - 30 मेगाहर्ट्ज) का उपयोग किया जा रहा है। एनालॉग एफएम प्रसारण के माध्यम से इसका व्यापक प्रसार जारी है और अब बेहतर मात्रा के कारण इसे पसंद किया जा रहा है। इसके अलावा, रेडियो तरंगों अब तुलनात्मक रूप से मुफ्त हैं और निजी प्रसारक भी बड़े पैमाने पर इस क्षेत्र में प्रवेश कर रहे हैं। शिक्षा के साथ-साथ ग्रामीण युवाओं और गृहिणियों के सशक्तिकरण के लिए शैक्षणिक संस्थानों द्वारा एफएम रेडियो स्टेशन भी बनाए जा रहे हैं। टीवी प्रसारण में, ऑडियो आवृत्ति संग्राहक होता है, जबकि वीडियो (चित्र) में आयाम संग्राहक होता है।

फ़्रिक्वेंसी मॉड्यूलेशन: यहां, वाहक तरंग का आयाम स्थिर रहता है और इसकी आवृत्ति ऑडियो/वीडियो सिग्नल के तात्कालिक आयाम के अनुसार लगातार बदलती रहती है। यदि मॉड्यूलेटिंग सिग्नल वोल्टेज का आयाम बढ़ा है, तो वाहक आवृत्ति बढ़ जाती है। दूसरी ओर, यदि मॉड्यूलेटिंग सिग्नल का आयाम कम है, तो वाहक आवृत्ति कम हो जाती है।

एफएम तरंग की आवृत्ति मॉड्यूलेटिंग सिग्नल के आयाम के न्यूनतम और अधिकतम मूल्यों के अनुरूप न्यूनतम से अधिकतम तक भिन्न होगी (चित्र 29.7 देखें)।



चित्र 29.7: आवृत्ति संग्राहक कैरियर तरंग

एक एफएम ट्रांसमीटर में अनिवार्य रूप से एक ऑसिलेटर होता है, जिसके वाहक की आवृत्ति इनपुट ऑडियो सिग्नल के आधार पर भिन्न होती है। यह आमतौर पर एलसी ऑसिलेटर में कैपेसिटेंस को अलग करके या कैपेसिटर पर लागू चार्जिंग करंट को बदलकर पूरा किया जाता है, (उदाहरण के लिए, रिवर्स बायस्ड डायोड के उपयोग से, क्योंकि ऐसे डायोड की कैपेसिटेंस लागू वोल्टेज के साथ बदलती रहती है)। मॉड्यूलेटेड सिग्नल की शक्ति बढ़ाने के बाद इसे ट्रांसमिशन एंटीना को फीड किया जाता है। कम आवृत्ति वाले रेडियो प्रसारण स्टेशन इस प्रकार की आवृत्ति मॉड्यूलेशन का उपयोग करते हैं, क्योंकि यह एक सरल, मजबूत तरीका है।

चरण मॉड्यूलेशन में मॉड्यूलेटिंग आवृत्ति के अनुसार वाहक सिग्नल के चरण कोण को बदलना शामिल है। एनालॉग पल्स मॉड्यूलेशन या तो आयाम मॉड्यूलेटेड या समय मॉड्यूलेटेड होता है। इसी प्रकार, डिजिटल पल्स मॉड्यूलेशन दो प्रकार का होता है: (i) पल्स कोड मॉड्यूलेशन और (ii) पल्स डेल्टा मॉड्यूलेशन।

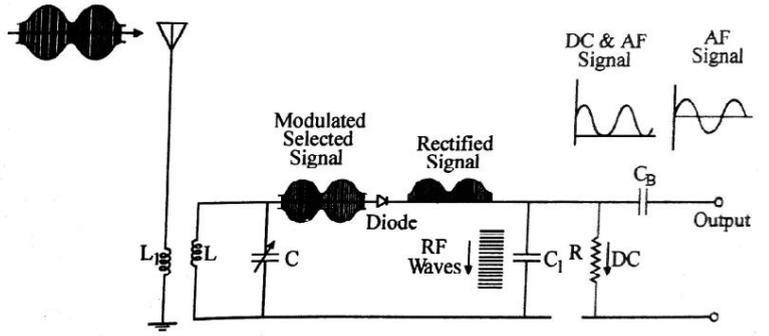
यहां, पल्स कोड मॉड्यूलेशन (पीसीएम) में, मॉड्यूलेटिंग सिग्नल का पहले नमूना लिया जाता है, और प्रत्येक नमूने के आयाम का परिमाण (एक निश्चित संदर्भ के संबंध में) निर्धारित किया जाता है।

यह एक एनालॉग सिग्नल का एक डिजिटल प्रतिनिधित्व है जहां सिग्नल का परिमाण T_s अवधि के समान अंतराल पर नियमित रूप से नमूना लिया जाता है। बाइनरी कोड आमतौर पर लैंडलाइन जैसे ट्रांसमिशन माध्यम में एनालॉग करंट को मॉड्यूलेट करके प्रसारित किया जाता है। पीसीएम का उपयोग एनालॉग सिग्नल को डिजिटल सिग्नल में बदलने के लिए किया जाता है। पल्स कोड मॉड्यूलेशन का उपयोग डिजिटल टेलीफोन सिस्टम और कॉम्पैक्ट डिस्क पर डिजिटल ऑडियो रिकॉर्डिंग में किया जाता है।

29.5 डिमॉड्यूलेशन

जानकारी ले जाने वाला मॉड्यूलेटेड सिग्नल, एक बार एंटीना द्वारा विकिरणित होने के बाद, अंतरिक्ष में यात्रा करता है। चूंकि बहुत सारे ट्रांसमिटिंग स्टेशन हैं और हजारों सिग्नल हम तक पहुंचते हैं

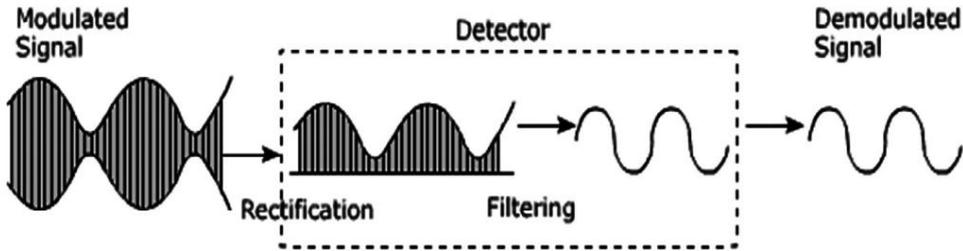
एटीना. हमें वांछित सिग्नल चुनना होगा और वाहक तरंग और मॉड्यूलेटिंग सिग्नल को अलग करना होगा। इस प्रक्रिया को डिमॉड्यूलेशन के रूप में जाना जाता है। दूसरे शब्दों में, डिमॉड्यूलेशन प्रक्रिया में, हम रेडियो फ्रीक्वेंसी वाहक को हटा देते हैं और मॉड्यूलेशन सिग्नल को अलग (फ़िल्टर) कर देते हैं।



चित्र 29.8 (ए): डिमोड्युलेटेड तरंग का सर्किट आरेख

आयाम डिमॉड्यूलेशन करने के लिए, चित्र 29.8 (ए) में दिखाए गए सरल सर्किट का उपयोग किया जाता है।

ऐन्टेना द्वारा प्राप्त मॉड्युलेटेड तरंग को एक गुंजयमान सर्किट में फीड किया जाता है। रिसीवर एरियल में प्रेरित विभिन्न आरएफ वोल्टेज, केवल एलसी सर्किट की गुंजयमान आवृत्ति के समान आवृत्ति वाले होते हैं, जो कॉइल्स एल 1 और एल के बीच विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के कारण चालू होते हैं। सी को अलग करके, एलसी सर्किट की गुंजयमान आवृत्ति को अलग किया जा सकता है और इसलिए किसी भी वांछित आवृत्ति के आरएफ सिग्नल को चालू किया जा सकता है। इस इनपुट सिग्नल को डायोड द्वारा ठीक किया जाता है और कम-पास फिल्टर आरसी 1 पर भेज दिया जाता है।



चित्र 29.8: (बी) इनपुट और आउटपुट तरंगें

आरएफ वाहक तरंग को कम-प्रतिक्रिया कैपेसिटर C_1 द्वारा फिल्टर किया जाता है जिसे आरएफ फिल्टर कैपेसिटर या आरएफ बाय-पास कैपेसिटर कहा जाता है। शेष सिग्नल के डीसी घटक को आर के माध्यम से बाहर निकाल दिया जाता है क्योंकि यह अवरुद्ध कैपेसिटर सीबी से नहीं गुजर सकता है। लेकिन कम, आवृत्ति एफएफ सिग्नल आसानी से सीबी के माध्यम से प्राप्त हो सकता है और पूरे आउटपुट में उपलब्ध हो जाता है। जब इसे किसी उपयुक्त उपकरण, मान लीजिए, हेडफोन से गुजारा जाता है, तो मूल ध्वनि सुनी जा सकती है। चित्र 29.8 (बी) मॉड्युलेटेड और डिमोड्युलेटेड तरंगों को दर्शाता है।

29.6 अंतरिक्ष संचार

पृथ्वी-वायुमंडल के चारों ओर के स्थान का उपयोग करते हुए एक संचारण और एक प्राप्तकर्ता स्टेशन के बीच वायरलेस संचार को अंतरिक्ष संचार कहा जाता है। पृथ्वी का वायुमंडल ईएम तरंगों के एक स्थान से दूसरे स्थान तक प्रसार में बहुत दिलचस्प भूमिका निभाता है।

यह हवा के तापमान, वायु घनत्व और विद्युत-चालकता में परिवर्तन के कारण संभव है।

इसके लिए अवशोषण विशेषताएँ और ऊँचाई भी जिम्मेदार है जैसे (i) अवरक्त क्षेत्र में विकिरण वायुमंडल द्वारा अवशोषित होते हैं (ii) पराबैंगनी विकिरण ओजोन परत द्वारा अवशोषित होते हैं।

निम्नलिखित परत-प्रकारों को संचार में मुख्य भूमिका निभाने के लिए माना जाता है:

पृथ्वी की सतह से लगभग 60 किमी ऊपर सी-परत 3 किलोहर्ट्ज़ - 300 किलोहर्ट्ज़ आवृत्ति रेंज में ईएम तरंगों को प्रतिबिंबित करती है। इसका उपयोग प्रत्यक्ष लंबी दूरी के संचार के लिए किया जाता है।

लगभग 80 किमी की ऊंचाई पर डी-लेयर कम आवृत्ति रेंज (3kHz - 300kHz) में ईएम तरंगों को प्रतिबिंबित करती है। यह मध्यम आवृत्ति रेंज (300 kHz - 3MHz) और उच्च आवृत्ति रेंज (3 - 30MHz) में तरंगों को अवशोषित करता है।

एल ई-लेयर लगभग 110 किमी की ऊंचाई पर है। यह मध्यम आवृत्ति रेंज में तरंगों के प्रसार में मदद करता है लेकिन दिन के समय उच्च आवृत्ति रेंज में तरंगों को प्रतिबिंबित करता है।

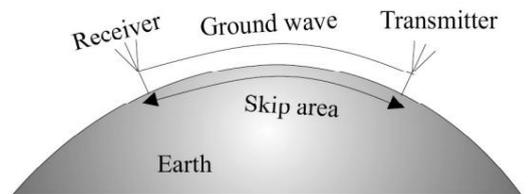
एल एफ1 -परत लगभग 180 किमी की ऊंचाई पर है और अधिकांश उच्च आवृत्ति तरंगों को आने देती है निकासी।

एल F2- परत (दिन के समय 300 किमी और रात में 350 किमी की ऊंचाई पर) 30 मेगाहर्ट्ज तक की तरंगों को परावर्तित करती है और उच्च आवृत्तियों की तरंगों को गुजरने की अनुमति देती है।

आपको अपनी पिछली कक्षाओं से याद होगा कि, वायुमंडलीय परत पृथ्वी के करीब है जिसे क्षोभमंडल कहा जाता है जो समुद्र तल से लगभग 12 किमी ऊपर तक फैली हुई है। क्षोभमंडल में तापमान 290 K (भूमध्य रेखा पर) से 220 K के बीच होता है। यहां वायु घनत्व अधिकतम और विद्युत चालकता न्यूनतम है। लगभग 50 किमी तक की अगली परत को समताप मंडल कहा जाता है। निचले समताप मंडल में ओजोन परत लगभग 15 किमी से 30 किमी तक फैली हुई है। समतापमंडल के ऊपर और लगभग 90 किमी तक की परत को मध्यमंडल कहा जाता है।

मध्यमंडल में न्यूनतम तापमान 180 K के आसपास होता है। मध्यमंडल से 350 किमी दूर तक आयनित अणुओं और इलेक्ट्रॉनों का एक क्षेत्र होता है जिसे आयनमंडल कहा जाता है। आयनमंडल में, ऊंचाई के साथ तापमान लगभग 1000 K तक बढ़ जाता है। आयनमंडल रेडियो तरंगों के प्रसार को प्रभावित करता है। इसे इलेक्ट्रॉनों की संख्या घनत्व के आधार पर डी, ई, एफ1 और एफ2 क्षेत्रों में विभाजित किया गया है, जो ऊंचाई के साथ डी-क्षेत्र में लगभग 109 मीटर-3 से बढ़कर 1011 मीटर-3 और एफ2 परत में 1012 मीटर-3 हो जाता है। तापमान, घनत्व और चालकता में ये भिन्नताएं अलग-अलग ऊंचाइयों पर सौर विकिरणों के अलग-अलग अवशोषण और संरचना आदि में परिवर्तन के कारण उत्पन्न होती हैं।

अंतरिक्ष संचार की आवश्यक विशेषता यह है कि ट्रांसमीटर के एंटीना से उत्सर्जित सिग्नल को रिसीवर के एंटीना तक पहुंचना होता है। रेडियो तरंग की आवृत्ति (एफओ) के आधार पर, संचार जमीनी तरंग, अंतरिक्ष तरंग, आकाश तरंग और उपग्रह संचार के माध्यम से हो सकता है। इसके विस्तृत पहलू पर अगले अनुभाग में चर्चा की जाएगी।



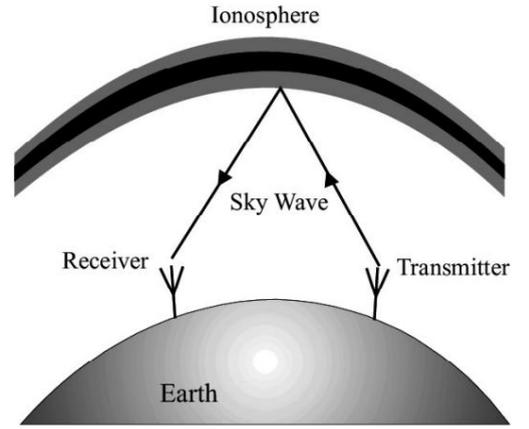
चित्र 29.9: भू-तरंग प्रसार

- (i) भू-तरंग प्रसार: भू-तरंग प्रसार (चित्र 29.9) में, विद्युत चुम्बकीय तरंगें पृथ्वी की सतह के साथ चलती हैं। ये वस्तुओं के कोनों के चारों ओर झुक सकते हैं लेकिन इलाके से प्रभावित होते हैं। विद्युत चुम्बकीय तरंगों को प्रसारित करने के लिए एक ऊर्ध्वाधर एंटीना का उपयोग किया जाता है। यदि विद्युत क्षेत्र E ऊर्ध्वाधर है, और चुंबकीय क्षेत्र B क्षैतिज है, तो प्रसार की दिशा k क्षैतिज और E और B दोनों वैक्टरों के लंबवत है। ज़मीनी तरंगों के भौतिक गुण, जैसे इसकी चालकता, अपवर्तक सूचकांक और ढांकता हुआ स्थिरांक, ऐसी तरंगों के प्रसार को नियंत्रित करने के लिए देखे जाते हैं। इसीलिए ज़मीनी तरंगों का प्रसार रेगिस्तान की तुलना में समुद्र के ऊपर कहीं बेहतर होता है। व्यवहार में, पृथ्वी की घुमावदार सतह से बिखरने के कारण जमीनी तरंगें तेजी से क्षीण हो जाती हैं। बड़ी तरंग दैर्ध्य के परिणामस्वरूप कम क्षीणन होता है। वह

यह है कि, जमीनी तरंगों कम आवृत्तियों के रूप में अधिक उपयोगी हैं और पनडुब्बियों के साथ समुद्र में संचार करने का एकमात्र तरीका हैं। इसके अलावा, प्रसार का यह तरीका कम दूरी के संचार के लिए उपयुक्त है। इन कारणों से, रेडियो तरंग (300 किलोहर्ट्ज - 3 मेगाहर्ट्ज) संचरण के लिए ग्राउंड वेव प्रसार का उपयोग किया जाता है।

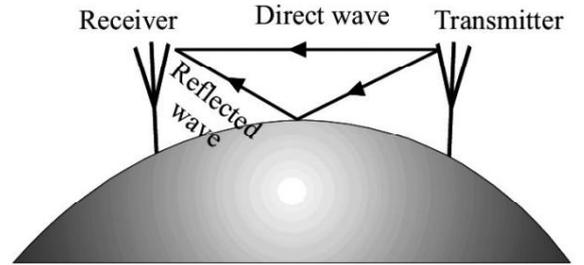
(ii) आकाश तरंग या आयनोस्फेरिक प्रसार: आकाश तरंग या आयनोस्फेरिक प्रसार (चित्र

29.10) में, एक संचारण एंटीना द्वारा प्रक्षेपित 3 मेगाहर्ट्ज - 30 मेगाहर्ट्ज के बीच आवृत्तियों की विद्युत चुम्बकीय तरंगें ऊपर की ओर यात्रा करती हैं, आयनमंडल द्वारा परावर्तित होती हैं और दूर के स्थानों पर लौट आती हैं। इस मोड में, आयनमंडल की परावर्तक क्षमता आकाश तरंग की प्रसार विशेषताओं को नियंत्रित करती है। आयनमंडल पृथ्वी के चारों ओर एक अदृश्य विद्युत चुम्बकीय "दर्पण" के रूप में कार्य करता है - ऑप्टिकल आवृत्तियों पर यह पारदर्शी होता है, लेकिन रेडियो आवृत्तियों पर यह विद्युत चुम्बकीय विकिरण को वापस पृथ्वी पर प्रतिबिंबित करता है।



चित्र 29.10: आकाश तरंग प्रसार

पृथ्वी की सतह पर एकल आयनोस्फेरिक प्रतिबिंब द्वारा पहुंचा जा सकने वाली अधिकतम दूरी परावर्तक परत की ऊंचाई के आधार पर 2010 से 3000 किमी के बीच होती है। एकल प्रतिबिंब के साथ आने वाली संचार दूरी 6.8 और 10 एमएस के बीच होती है। प्रसार की इस पद्धति का उपयोग लगभग 5 और 10 मेगाहर्ट्ज के बीच आवृत्ति रेंज में लंबी दूरी (छोटी तरंग) संचार के लिए किया जाता है। 10 मेगाहर्ट्ज से ऊपर की तरंगें आयनमंडल से होकर गुजरती हैं और वापस पृथ्वी पर परावर्तित नहीं होती हैं। हालाँकि, यह आयनमंडल में आयनित परतों की संख्या घनत्व और ऊंचाई में भिन्नता के कारण अनियमित दैनिक और मौसमी परिवर्तनों के अधीन है। सूर्य की उपस्थिति या अनुपस्थिति के कारण रात में आयनमंडल की संरचना दिन की तुलना में भिन्न होती है। इसीलिए अंतर्राष्ट्रीय प्रसारण रात में किया जाता है क्योंकि उस समय आयनमंडल की परावर्तन विशेषताएँ बेहतर होती हैं।



चित्र 29.11: अंतरिक्ष-तरंग प्रसार

(iii) अंतरिक्ष तरंग प्रसार : आप

रेडियो स्टेशन पर बहुत ऊँचे एंटेना देखे होंगे। इनका उपयोग प्रसारण के लिए किया जाता है।

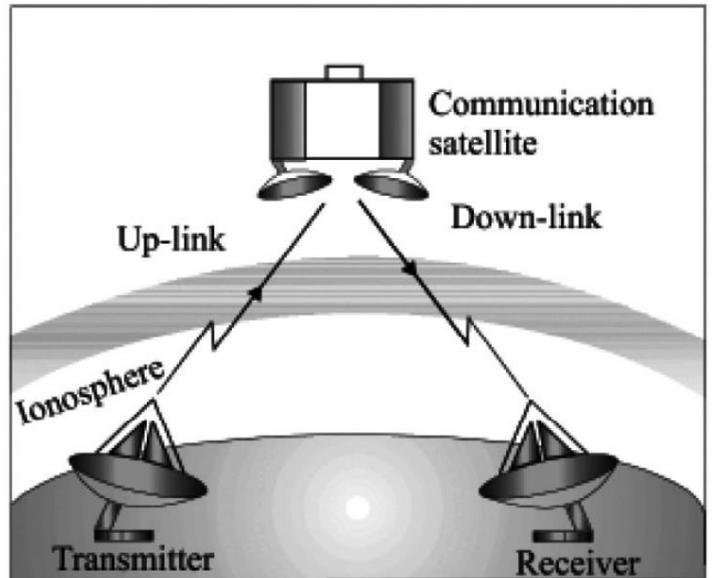
अंतरिक्ष तरंग प्रसार (चित्र 29.11) में, एक एंटीना द्वारा उत्सर्जित कुछ वीएचएफ रेडियो तरंगें (30 मेगाहर्ट्ज - 300 मेगाहर्ट्ज) या तो सीधे अंतरिक्ष के माध्यम से यात्रा करते हुए या पृथ्वी की वक्रता द्वारा प्रतिबिंब के बाद रिसीवर तक पहुंच सकती हैं। (ध्यान दें कि पृथ्वी से परावर्तित तरंगें जमीनी तरंगों से भिन्न होती हैं। व्यवहार में, प्रत्यक्ष तरंग मोड अधिक प्रभावी होता है। हालाँकि, यह तथाकथित लाइन-ऑफ़-विज़न ट्रांसमिशन दूरी और पृथ्वी की वक्रता के साथ-साथ एंटीना की ऊंचाई तक सीमित है। कवरेज की सीमा।

(iv) उपग्रह संचार: अब तक आपने सीखा है कि जमीनी तरंगों में चालन हानि होती है, अंतरिक्ष तरंगों में दृष्टि रेखा के कारण सीमाएं होती हैं और आकाश तरंगों एक निश्चित आवृत्ति से परे आयनीकरण में प्रवेश करती हैं। 1950 के दशक में संचार उपग्रहों के प्रक्षेपण के साथ इनमें से कुछ कठिनाइयों को दूर किया गया। उपग्रह संचार ने प्रसारण और संचार के स्वरूप और प्रारूप में क्रांतिकारी परिवर्तन लाए हैं।

उपग्रह संचार का मूल सिद्धांत चित्र 29.12 में दिखाया गया है। मॉड्युलेटेड वाहक तरंगों एक ट्रांसमीटर द्वारा सीधे उपग्रह की ओर प्रसारित की जाती हैं। उपग्रह रिसेवर प्राप्त सिग्नल को बढ़ाता है और हस्तक्षेप से बचने के लिए इसे एक अलग आवृत्ति पर पृथ्वी पर पुनः प्रसारित करता है। इन चरणों को अप-लिंकिंग और डाउन-लिंकिंग कहा जाता है।

जैसा कि हम प्रकाश तरंगों के साथ संचार के संबंध में पहले ही देख चुके हैं, संचार की आवृत्ति बढ़ाकर संचार चैनल की क्षमता को बढ़ाया जा सकता है। हम आवृत्ति में कितनी ऊंचाई तक जा सकते हैं? अब आप जानते हैं कि आयनमंडल 10 मेगाहर्ट्ज से अधिक आवृत्तियों की तरंगों को प्रतिबिंबित नहीं करता है, और ऐसी उच्च आवृत्तियों के लिए हम ऊंचे टावरों से सीधे प्रसारण के साथ अंतरिक्ष तरंग प्रसार को प्राथमिकता देते हैं। लेकिन इस लाइन-ऑफ़-विज़न ट्रांसमिशन की भी एक सीमित सीमा या पहुंच है। इसलिए 30 मेगाहर्ट्ज से अधिक आवृत्तियों के साथ लंबी दूरी के वायरलेस संचार के लिए, जैसे कि 50 - 1000 मेगाहर्ट्ज की रेंज में टीवी प्रसारण के लिए, उपग्रह के माध्यम से संचार का उपयोग किया जाता है।

पृथ्वी और उपग्रह के बीच गुरुत्वाकर्षण बल, लगभग 36,000 किमी की ऊंचाई पर उपग्रह को मुक्त-पतन गति में पृथ्वी का चक्कर लगाने के लिए आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल के रूप में कार्य करता है। वह कक्षा जिसमें भूमध्य रेखा के चारों ओर एक चक्कर का समय पृथ्वी के एक दिन के घूर्णन समय से बिल्कुल मेल खाता है, भू-स्थिर कक्षा कहलाती है, अर्थात् उपग्रह पृथ्वी के सापेक्ष स्थिर प्रतीत होता है। ग्राउंड स्टेशन परिक्रमा कर रहे उपग्रहों तक संचारित करते हैं जो सिग्नल को बढ़ाते हैं और इसे वापस पृथ्वी पर भेजते हैं। यदि उपग्रह भू-स्थिर कक्षाओं में नहीं होते, तो आकाश में उनकी गति के लिए हमें रिसेवर एंटीना को लगातार समायोजित करने की आवश्यकता होती।



चित्र 29.12: उपग्रह संचार।

वर्तमान में संचार उपग्रहों के लिए दो अन्य कक्षाओं का भी उपयोग किया जा रहा है: (i) लगभग 1000 किमी की ऊंचाई पर ध्रुवीय गोलाकार कक्षा, जो लगभग ध्रुवों के ऊपर से गुजरती है (यानी, 90° के झुकाव के साथ), और (ii) अत्यधिक अण्डाकार झुकी हुई कक्षा (उच्च ऊंचाई वाले क्षेत्रों में संचार के लिए 63° के झुकाव के साथ)।

पाठगत प्रश्न 29.3

1. प्रत्येक स्थिति में सही विकल्प चुनें:

(ए) मॉड्यूलेशन का उपयोग किया जाता है

- (i) उपयोग की जाने वाली बैंडविड्थ को कम करें
- (ii) विभिन्न उपयोगकर्ताओं के प्रसारण को अलग करें
- (iii) सुनिश्चित करें कि सूचना लंबी दूरी तक प्रसारित की जा सके
- (iv) व्यावहारिक एंटेना के उपयोग की अनुमति दें।

(बी) प्रसारण के लिए AM का उपयोग किया जाता है क्योंकि

- (i) यह अन्य मॉड्यूलेशन प्रणालियों की तुलना में अधिक शोर प्रतिरोधी है
- (ii) इसे अन्य प्रणालियों की तुलना में कम संचारण शक्ति की आवश्यकता होती है
- (iii) यह रिसीवर जटिलता से बचाता है
- (iv) कोई भी अन्य मॉड्यूलेशन सिस्टम वफ़ादारों के लिए आवश्यक बैंडविड्थ प्रदान नहीं कर सकता है संचरण.

2. आप कुछ रेडियो स्टेशनों को दिन की तुलना में रात में बेहतर क्यों सुनते हैं?

3. प्रत्येक स्थिति में सही विकल्प चुनें:

(ए) यूएचएफ रेंज में आवृत्तियां आम तौर पर इसके माध्यम से प्रसारित होती हैं

- (i) ज़मीनी लहरें
- (ii) आकाशीय लहरें
- (iii) सतही तरंगें
- (iv) अंतरिक्ष तरंगें

(बी) उपग्रहों का उपयोग संचार के लिए किया जाता है

- (i) कम (<30 मेगाहर्ट्ज) आवृत्तियों के साथ और छोटी रेंज के लिए
- (ii) कम (<30 मेगाहर्ट्ज) आवृत्तियों के साथ और लंबी दूरी के लिए
- (iii) उच्च (> 30 मेगाहर्ट्ज) आवृत्तियों के साथ और छोटी रेंज के लिए
- (iv) उच्च (>30 मेगाहर्ट्ज) आवृत्तियों के साथ और लंबी दूरी के लिए

एडुसैट

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (ISRO), अंतरिक्ष विभाग, भारत सरकार ने सितंबर 2004 में एक विशेष शिक्षा उपग्रह EDUSAT लॉन्च किया था। उपग्रह के पदचिह्न पूरे देश में हैं और यह KU (जर्मन में K शब्द का अर्थ कुर्ज़ है) में संचालित होता है। अनटन; नाटो-के बैंड के नीचे; 2240 गीगाहर्ट्ज़) बैंड। इसे सात वर्षों तक सेवाएं प्रदान करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। इस उपग्रह में रेडियो और टीवी प्रसारण, इंटरनेट आधारित शिक्षा, डेटा प्रसारण, टॉक-बैंक विकल्प, ऑडियो-वीडियो इंटरैक्शन, इंटरनेट पर वॉयस चैट और वीडियो कॉन्फ़्रेंसिंग की क्षमता है। इसने कई संभावनाओं को खोल दिया है: एक अग्रणी शैक्षिक शिक्षक

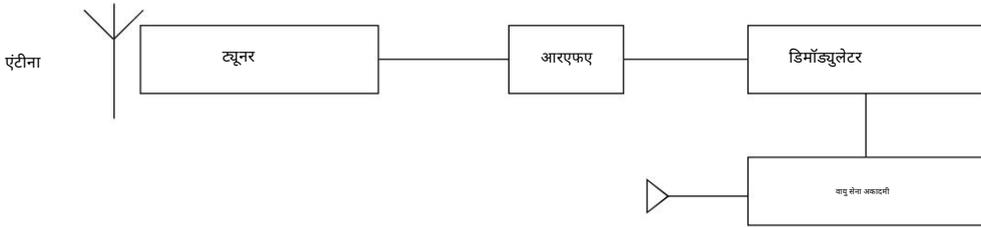
किसी शहर में कोई संस्थान दूर-दराज के स्कूल के छात्रों के साथ वीडियो-कॉन्फ्रेंस कर सकता है, या गांवों में स्कूल छोड़ने वाले बच्चे इंटरनेट-आधारित शिक्षा सहायता प्राप्त कर सकते हैं और मुख्यधारा की शिक्षा प्रणाली में वापस आ सकते हैं। EDUSAT में 72 चैनल प्रसारित करने की क्षमता है। राज्य सरकारों और एनआईओएस सहित राष्ट्रीय संस्थानों द्वारा बड़ी संख्या में नेटवर्क बनाए गए हैं। क्षेत्रीय भाषाओं में भी शिक्षा प्रदान करने के लिए ऐसे नेटवर्क का सफलतापूर्वक उपयोग किया जा रहा है।

सामान्य संचार उपकरणों पर अतिरिक्त जानकारी

अब तक हमने सिग्नल ट्रांसमिशन और डिटेक्शन प्रक्रिया की बुनियादी भौतिकी पर चर्चा की है। अब हम संचार में उपयोग किए जाने वाले कुछ विशिष्ट इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों पर ध्यान केंद्रित करते हैं।

रेडियो: रेडियो प्रसारण में, एक उच्च-आवृत्ति वाहक तरंग को पहले सूचना संकेत (आवाज या संगीत) द्वारा संशोधित किया जाता है। मॉड्युलेटेड कैरियर को फिर एक एंटीना द्वारा अंतरिक्ष में प्रसारित किया जाता है। ऐसे मॉड्युलेटेड कैरियर का पता लगाने के लिए उपयोग किए जाने वाले उपकरण को आमतौर पर रेडियो या ट्रांजिस्टर कहा जाता है। एक रेडियो रिसीवर एक एंटीना या एरियल के साथ रेडियो तरंगों को रोकता है।

एंटीना ट्यून किए गए एलसी सर्किट की मदद से वांछित सिग्नल का चयन करता है और कमजोर रेडियो-फ्रीक्वेंसी (आरएफ) सिग्नल को बढ़ाता है। उसके बाद, यह डिमॉड्यूलेशन की प्रक्रिया के माध्यम से रेडियो तरंग से ऑडियो सिग्नल को डिकोड करता है और ऑडियो सिग्नल को बढ़ाता है। फिर प्रवर्धित ऑडियो सिग्नल को लाउडस्पीकर पर भेजा जाता है जो इनपुट ऑडियो सिग्नल को पुनः उत्पन्न करता है। रेडियो रिसीवर सर्किट का ब्लॉक आरेख चित्र 29.13 में दिखाया गया है।



चित्र 29.13: रेडियो रिसीवर सर्किट

फैक्स : प्रत्येक आधुनिक कार्यालय में एक प्रतिकृति या फैक्स देखा जाता है। जब एक टेलीफोन लाइन से जुड़ा होता है, तो फैक्स हमें दूर स्थित किसी अन्य व्यक्ति तक अपना संदेश पहुंचाने की अनुमति देता है। यह दस्तावेजों की डिलीवरी में किसी भी अन्य संचार की तुलना में लगभग तुरंत और तेज़ है। यह किसी भी दस्तावेज़ जैसे मुद्रित सामग्री, हस्तलिखित प्रतिलिपि, चित्र या आरेख को प्रसारित कर सकता है और इसे ईमानदारी से पुनः प्रस्तुत कर सकता है।

फैक्स मशीनें 150 से अधिक वर्षों से अस्तित्व में हैं। हालाँकि, इसका डिज़ाइन इलेक्ट्रॉनिक सर्किटरी में विकास के अनुसार लगातार विकसित हुआ है। आजकल की फैक्स मशीनें बहुत तेज़ हैं। मूल रूप से फैक्स मशीन में एक स्कैनर और एक प्रिंटर होता है। स्कैनर दस्तावेज़ को विद्युत रूप से, लाइन दर लाइन स्कैन करता है, और इसे टेलीफोन द्वारा प्रसारित करता है। संदेश को दूसरे छोर पर डिकोड किया जाता है और एक प्रिंटर के माध्यम से पुनः प्रस्तुत किया जाता है। अर्थात्, स्कैनर और मुद्रित एक साथ स्थित नहीं हैं; ये एक दूरसंचार माध्यम से जुड़े हुए हैं। किसी दस्तावेज़ को स्कैन करने के लिए, एक शक्तिशाली स्रोत से प्रकाश को केंद्रित किया जाता है और एक रेखा पर प्रत्येक छोटे तत्व के प्रतिबिंब का बाएं से दाएं उत्तरोत्तर मूल्यांकन किया जाता है और इसे अंत तक पंक्ति दर पंक्ति दोहराया जाता है।

मॉडेम: मॉडेम 1960 के दशक में फोन लाइनों के माध्यम से टर्मिनलों को कंप्यूटर से जोड़ने के एक तरीके के रूप में अस्तित्व में आए। मॉडेम शब्द मॉड्युलेटर शब्द से बना है

डेमोडुलेटर एक श्रृंखला मॉडेम कंप्यूटर से डिजिटल डेटा को एक एनालॉग संचार चैनल (टेलीफोन लाइन) के साथ संगत एनालॉग सिग्नल में मॉड्यूलेट करता है। दूसरी ओर, प्राप्तकर्ता मॉडेम प्राप्तकर्ता कंप्यूटर के लिए एनालॉग सिग्नल को डिजिटल डेटा में डिमॉड्यूलेट करता है। इसका मतलब है कि वही मॉडेम संदेश भेजते समय मॉड्यूलेटर के रूप में और संदेश प्राप्त करते समय डेमोडुलेटर के रूप में काम करता है। वायरलेस मॉडेम डिजिटल डेटा को रेडियो सिग्नल और बैक में परिवर्तित करते हैं।

आपने क्या सीखा है

एल संचार प्रणाली के आवश्यक तत्व हैं (i) एक ट्रांसमीटर (ii) सिग्नल को लंबी दूरी तक ले जाने के लिए एक माध्यम या तंत्र, और (iii) सिग्नल को रोकने और जानकारी प्राप्त करने के लिए एक रिसीवर।

एल एंटीना या एरियल अनिवार्य रूप से कंडक्टरों की एक प्रणाली है, जो वांछित रेडियो फ्रीक्वेंसी क्षेत्र में विद्युत चुम्बकीय तरंगों का एक प्रभावी रेडिएटर और अवशोषक है।

एल एनालॉग सिग्नल भौतिक सिग्नल होते हैं जो डिजिटल होते हुए भी समय के साथ लगातार बदलते रहते हैं सिग्नल अलग-अलग स्पंदनों के रूप में होते हैं।

एल डिजिटल संचार प्रणालियाँ अपने एनालॉग समकक्षों की तुलना में अधिक कुशल, बेहतर प्रदर्शन और अधिक लचीलापन देती हैं

एल एएम रेडियो तीन बैंडों पर प्रसारित होता है, लंबी तरंग 144 - 351 किलोहर्ट्ज़ (एलएफ में), मध्यम तरंग 530 - 1,700 किलोहर्ट्ज़ (एमएफ में), और लघु तरंग 3 - 30 मेगाहर्ट्ज़ (एचएफ) पर।

एल एक एनालॉग सिग्नल को उसके नमूनों द्वारा पूरी तरह से वर्णित किया जाता है, समान समय अंतराल पर लिया जाता है यदि और केवल यदि नमूना आवृत्ति $f = 1/T_s$, एनालॉग सिग्नल के आवृत्ति घटक, अधिकतम T_s से कम से कम दोगुना है।

एल एरियल या व्यावहारिक आयामों के एंटेना का उपयोग करके कम आवृत्तियों को लंबी दूरी तक प्रेषित नहीं किया जा सकता है। कम आवृत्ति वाले संदेशों को मॉड्यूलेशन नामक प्रक्रिया द्वारा उच्च आवृत्ति वाहक सिग्नल पर लोड किया जाता है। आयाम मॉड्यूलेशन (एएम) में, उच्च-आवृत्ति वाहक तरंग के आयाम को कम-आवृत्ति सूचना संकेत की ताकत के अनुसार संशोधित किया जाता है। फ्रीक्वेंसी मॉड्यूलेशन (एफएम) में, वाहक तरंग का आयाम स्थिर रहता है, लेकिन इसकी आवृत्ति सूचना संकेत के तात्कालिक आयाम के अनुसार लगातार बदलती रहती है, यानी, मॉड्यूलेटेड वाहक तरंग की आवृत्ति न्यूनतम से अधिकतम तक भिन्न होती है। मॉड्यूलेटिंग सिग्नल के न्यूनतम और अधिकतम मान तक।

एल डिजिटल पल्स कोड मॉड्यूलेशन (पीसीएम) तकनीक में, सबसे पहले मॉड्यूलेटिंग सिग्नल का नमूना लिया जाता है, प्रत्येक नमूने के आयाम का परिमाण (एक निश्चित संदर्भ के संबंध में) निर्धारित किया जाता है, और फिर बाइनरी कोड आमतौर पर एक एनालॉग करंट को मॉड्यूलेट करते हुए प्रसारित किया जाता है। लैंडलाइन।

एल विद्युत संचार चैनल वायरलाइन (निर्देशित मीडिया का उपयोग करके) या वायरलेस (अनिर्देशित मीडिया का उपयोग करके) हैं।

एल मल्टीप्लेक्सिंग एक ही पथ पर विभिन्न संदेशों (प्रत्येक कुछ आवृत्ति बैंडविड्थ के साथ) के एक साथ प्रसारण की प्रक्रिया को संदर्भित करता है। वाहक की आवृत्ति जितनी अधिक होगी, उसकी संदेश-वहन क्षमता उतनी ही अधिक होगी।

। विभिन्न वायरलाइन चैनलों की तुलना करने पर, एक ऑप्टिकल फाइबर में दृश्य प्रकाश (लगभग 1014 हर्ट्ज की आवृत्ति) की संचार क्षमता एक धातु कंडक्टर में विशिष्ट माइक्रोवेव (लगभग 109 हर्ट्ज की आवृत्ति) की तुलना में बहुत बड़ी है।

वायरलेस रेडियो ट्रांसमिशन में, कंडक्टरों की एक प्रणाली जिसे एंटीना या एरियल कहा जाता है, वाहक रेडियो तरंगों को अंतरिक्ष में लॉन्च करती है और रिसेवर स्थान पर उनका पता भी लगाती है।

वायुमंडल में रेडियो तरंगों का प्रसार तरंगों की आवृत्ति पर निर्भर करता है। लगभग 1 मेगाहर्ट्ज तक की निम्न और मध्यम आवृत्ति वाली रेडियो तरंगों का उपयोग जमीनी (या सतह) तरंग संचार में किया जाता है। 300 किलोहर्ट्ज - 3 मेगाहर्ट्ज की मध्यम आवृत्ति (एमएफ) तरंगें बड़े पैमाने पर आयनमंडल द्वारा अवशोषित होती हैं। हालाँकि, 3 - 30 मेगाहर्ट्ज की उच्च-आवृत्ति (एचएफ) तरंगें आयनमंडल द्वारा वापस परावर्तित होती हैं। वीएचएफ और यूएचएफ तरंगें या तो ऊँचे टावरों (अंतरिक्ष तरंग या क्षोभमंडल प्रसार) का उपयोग करके सीधी दृष्टि रेखा द्वारा प्रसारित की जाती हैं, या कृत्रिम उपग्रहों तक बीम करके और वहाँ से प्रसारण करके प्रसारित की जाती हैं।

एल सेलुलर या मोबाइल टेलीफोन प्रणाली एक रेडियो नेटवर्क के रूप में काम करती है जिसमें एक शहर को 1 किमी से 50 किमी के दायरे में 'सेल' में विभाजित किया जाता है, और प्रत्येक सेल एक बेस स्टेशन द्वारा कवर किया जाता है। सेल्यूलर फोन में एक कम-शक्ति वाला ट्रांसमीटर और एक कम-शक्ति वाला ट्रांसमीटर होता है

एल एक विशिष्ट आधुनिक संचार प्रणाली में, जानकारी विद्युत संकेतों (वोल्टेज या करंट) के रूप में होती है।

टर्मिनल व्यायाम

1. संचार प्रणाली के आवश्यक तत्व क्या हैं?
2. एंटीना क्या है?
3. संचार प्रणाली में रिसेवर की महत्वपूर्ण विशेषताएँ क्या हैं?
4. एनालॉग और डिजिटल सिग्नल शब्दों के बीच अंतर बताएं। 'बिट' को परिभाषित करें।
5. वीएचएफ बैंड 30 - 300 मेगाहर्ट्ज की रेडियो फ्रीक्वेंसी रेंज को कवर करता है। विद्युत चुम्बकीय तरंग की गति और आवृत्ति और तरंग दैर्ध्य के ज्ञात संबंध का उपयोग करके, निर्वात में वीएचएफ तरंग दैर्ध्य रेंज निर्धारित करें। निर्वात में प्रकाश की गति $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ लें
6. लंबी दूरी के रेडियो प्रसारण में शॉर्टवेव बैंड का उपयोग किया जाता है। व्याख्या करना।
7. लंबी दूरी के टीवी प्रसारण के लिए उपग्रहों का उपयोग किया जाता है। औचित्य।
8. नमूनाकरण प्रमेय की व्याख्या करें।
9. मॉड्यूलेशन से आप क्या समझते हैं? व्याख्या करना।
10. डिमोड्यूलेशन की प्रक्रिया समझाइये।

पाठ्य प्रश्नों के उत्तर

29.1

- 30 किलोहर्ट्ज़ - 300 मेगाहर्ट्ज़
- एंटीना का अधिकतम आकार सिग्नल की आवृत्ति से संबंधित होता है। इसे डिज़ाइन किया गया है अधिकतम रेडियल भाग को संचारित करने या प्राप्त करने और कैप्चर करने के लिए।

29.2

- ईएम तरंगें दोलनशील विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र से बनी होती हैं। यह गति प्रदान करता है और ऊर्जा विकिरित करता है।

$$2. \quad \text{सी } \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8 \text{ एमएस}^{-1}}{30 \times 10^6 \text{ एस}^{-1}} = 10 \text{ मी}$$

- 1014 से 1015 हर्ट्ज़

29.3

- (ए) चतुर्थ (बी) (iii)
- रात में आयनमंडल की संरचना और परावर्तन विशेषताएँ अच्छी होती हैं (अनुपस्थिति)।
सूरज का।
- (ए) चतुर्थ (बी) (iv)

टर्मिनल व्यायाम के उत्तर

- 10 मीटर - 1 मीटर

