3 अध्याय

भौतिक विज्ञान

इस अध्याय में आप सीखेंगे किः

- प्रमुख भौतिक राशियां, उनके मानक, मात्रक की उपयोगिता क्यों है।
- बल विज्ञान के क्या सिद्धान्त हैं और इनके क्या अनुप्रयोग हैं।
- यांत्रिक विज्ञान आधुनिक विज्ञान को कैसे गतिशील और प्रभावी बनाता है।
- ध्वनि क्या है, इसके प्रकार और इसके क्या-क्या अभिलक्षण हैं।
- ध्वनि के सिद्धान्त और व्यावहारिक जीवन में इनके अनुप्रयोग क्या हैं।
- ऊष्मा और ऊष्मा गतिकी में क्या अन्तर है।
- ऊष्मा का प्रभाव संचरण और इसके अनुप्रयोग का व्यावहारिक जीवन में क्या महत्व है।
- प्रकाश क्या है। प्रकाश के प्रमुख सिद्धान्त कौन-कौन से हैं।
- लैन्स क्या है, उसकी उपयोगिता क्यों है।
- विद्युत ऊर्जा और चुम्बकीय ऊर्जा में क्या अन्तर है।
- विद्युत के मूल-भूत सिद्धान्त और उनके अनुप्रयोग कौन-कौन से हैं।
- चुम्बकत्व एवं स्थिर विद्युत के नियम और सिद्धान्त कौन-कौन से हैं।
- तरंग के प्रकार और सिद्धान्त कौन-कौन से हैं तथा इनके अभिलक्षण।
- नाभिकीय भौतिकी की मूलभूत अवधारणाएँ और सिद्धान्त कौन-कौन से हैं।
- ऊर्जा का महत्व, उसके क्षेत्र, उसका स्रोत और इसके सिद्धान्त कौन-कौन से हैं।

मात्रक एवं माप (Units and Measurement)

- प्रत्येक राशि की माप के लिए उसी राशि का कोई मानक मान लिया जाता है इस मानक को 'मात्रक' कहते हैं।
- मात्रक दो प्रकार के होते हैं:
  1. मूल मात्रक
  2. व्युत्पन्न मात्रक
- मूल मात्रक वे मात्रक हैं जिनको आपस में बदला अथवा सम्बन्धित नहीं किया जा सकता है।
- वे सभी मात्रक जो मूल मात्रकों की सहायता से व्यक्त किये जा सकते हैं व्युत्पन्न मात्रक कहलाते हैं।

तालिका 3.1: मापने की अन्तर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति में मूल मात्रक

भौतिक राशि	मूल मात्रक	संकेत
लम्बाई	मीटर	m
द्रव्यमान	किलोग्राम	kg
समय	सेकेंण्ड	sec
ताप	केल्विन	K
विद्युत धारा	ऐम्पियर	A
ज्योति तीव्रता	कैण्डला	cd
पदार्थ की मात्रा	मोल	mol

- पेरिस के अन्तर्राष्ट्रीय माप तौल कार्यालय में प्लेटिनम इरीडियम मिश्रधातु की NM पर 0°C ताप पर बने दो चिह्नों के बीच की दूरी 'मीटर' कहलाती है।
- 1983 में एक कांफ्रेस में 'मीटर' को परिभाषित करते हुए कहा गया कि 'वह लम्बाई जिसे शून्य स्थान में प्रकाश 1/299792457 सेकेण्ड में तय करता है मीटर कहलाती है।

तालिका 3.2: बहुत बड़ी तथा छोटी राशियों की सूची

बड़ी राशियाँ	छोटी राशियाँ
डेकामीटर-10^{1}	डेसीमीटर-10^{-1}
हेक्टोमीटर-10^{2}	सेण्टीमीटर-10^{-2}
किलोमीटर-10^{3}	मिलीमीटर-10^{-3}
मिरियामीटर-10^{4}	मेगामीटर-10^{6}
माइक्रोमीटर-10^{-6}	जाइगोमीटर-10^{9}
नैनो मीटर-10^{-9}	टेरामीटर-10^{12}
एंग्स्ट्राम-10^{-10}	पेंटामीटर-10^{15}
पिकोमीटर-10^{-12}	एक्सामीटर-10^{18}
फर्मीमीटर-10^{-15}	एटोमीटर-10^{-18}

- बहुत लम्बी दूरियाँ मापने हेतु प्रकाश वर्ष का प्रयोग किया जाता है। एक प्रकाश वर्ष = 9.46×10^{15} मीटर
  प्रकाश वर्ष से भी बड़ी इकाई पारसेक है। पारसेक = 3.26 प्रकाश वर्ष
- अन्तर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति (SI) में द्रव्यमान का मात्रक किग्रा है। पेरिस के पास सेवरिस नगर में अन्तर्राष्ट्रीय माप तौल कार्यालय में रखे प्लेटिनम इरीडियम मिश्र धातु के बेलन का द्रव्यमान 'मानक किग्रा' माना जाता है।

तालिका 3.3: बड़ी और छोटी राशियां

बड़ी राशियाँ	छोटी राशियाँ
मेगाग्राम-10^{3} किग्रा (1 टन)	डेसीग्राम-10^{-4} किग्रा
जीगाग्राम-10^{6} किग्रा	मिलीग्राम-10^{-6} किग्रा
टेराग्राम-10^{9} किग्रा	पिकोग्राम-10^{-15} किग्रा

SI पद्धति में समय का मात्रक सेकेण्ड है। एक मध्याहन से दूसरे मध्याहन के बीच की अवधि को सौर दिन कहा जाता है। पूरे वर्ष के सौर दिनों के औसत को माध्य सौर दिन कहते हैं इस माध्य सौर दिन का 1/86400 भाग को एक सेकेण्ड कहते हैं।

मापक यंत्र

1. **समुद्र में डुबी वस्तु**—सोनार
2. **ध्वनिकी तीव्रता**—ऑडियोमीटर
3. **पवन वेग**—एनीमोमीटर
4. **विद्युतधारा**—अमीटर
5. **उच्च ताप**—पाइरोमीटर
6. **सोलर रेडिएशन**—पाइरहिलियोमीटर
7. **गैसों का दाब**—मैनोमीटर
8. **आपेक्षिक आर्द्रता**—हाइग्रोमीटर
9. दाब—बैरोमीटर
10. **वाहनों के पहियों द्वारा तय की गई दूरी का मापन**—ओडोमीटर
11. **दूध का आपेक्षिक घनत्व**—लैक्टोमीटर
12. **ह्रदय की धड़कन**—स्टेथोस्कोप
13. **रक्त चाप**—स्फिग्नौमैनोमीटर
14. **सोने की शुद्धता**—कैरेमीटर
15. **प्रकाश की तीव्रता**—लक्समीटर
16. **भूकम्प की तीव्रता**—रिक्टर पैमाने
17. **भूकम्प मापी यंत्र**—सीस्मोग्राफ
18. **समुद्र की गहराई**—कैथीमीटर
19. **समुद्र तल से विमान ऊँचाई**—अल्टीमीटर
20. **ध्वनि की तीव्रता एवं स्पंदन आवृत्ति**—फोनोमीटर
21. **झूठ का पता लगाना**—पॉलीग्राफ
22. **घूमती वस्तुओं की गति**—गाइरोस्कोप

मात्रक इकाई

1. **शक्ति**—वाट
2. **बल**—न्यूटन
3. **कार्य**—जूल
4. **विद्युतधारा**—ओम मीटर
5. **खगोलीय दूरी**—प्रकाश वर्ष
6. **लम्बी खगोलीय दूरी**—पारसेक
7. **विद्युत धारा**—एम्पियर

8. **उत्पादित बिजली**—मेगावाट
9. **दाब**—पास्कल (डाइन)
10. **उष्मा**—कैलोरी
11. **ऊर्जा**—जूल
12. **शक्ति की इकाई**—अश्व शक्ति
13. **पारिस्थितिकी दवाब**—बार
14. **जल का बहाव**—क्यूसेक
15. **ओज़ोन पर्त की मोटाई**—डॉब्सन
16. **ध्वनि की तीव्रता**—ऑडियोमीटर

गति (Motion)

वस्तुओं के समय के साथ साथ स्थिति परिवर्तन को गति कहते हैं समय के साथ स्थिर वस्तु के सापेक्ष स्थिति नहीं बदलते पर उसे विराम अवस्था कही जाती है गति तथा विराम सापेक्षिक होती है। गति मुख्यत: तीन प्रकार की होती है।

1. **सरल रेखीय स्थानान्तरित गति**—सीधी रेखा में गतिमान वस्तु की गति को कहते हैं।
2. **तृतीय घूर्णन गति**—किसी अक्ष के परित: घूमते पिण्ड की गति को कहते हैं।
3. **दोलनी**—किसी निश्चित बिन्दु के इधर-उधर गति करती वस्तु को कहते हैं। जैसे—घड़ी का लोलक।

अदिश राशि—जिन भौतिक राशियों में केवल परिमाण हो दिशा न हो अदिश दिशा कहते हैं। जैसे—समय, चाल, द्रव्यमान, कार्य, ऊर्जा आदि।

सदिश राशि—जिन भौतिक राशियों में परिमाण एवं दिशा दोनों निरुपित हो सदिश राशि कहलाती है। जैसे—वेग, विस्थापन, बल, त्वरण आदि।

विद्युत धारा, ताप एवं दाब में यद्यपि दिशा भी होती है फिर भी ये अदिश राशियाँ है।

दूरी—दिये गये समयान्तराल में वस्तु द्वारा तय किये गये मार्ग की लम्बाई को दूरी कहते हैं।

विस्थापन—किसी विशेष दिशा में गतिशील वस्तु के स्थिति परिवर्तन को विस्थापन कहते हैं। विस्थापन एक सदिश राशि है, इसमें परिमाण एवं दिशा दोनों होते है।

वस्तु का विस्थापन धनात्मक, ऋणात्मक एवं शून्य कुछ भी हो सकता है परन्तु दूरी सदैव धनात्मक होती है।

वेग—गतिशील वस्तु के विस्थापन की दर अर्थात् एक सेकेण्ड में हुए विस्थापन को वस्तु का वेग कहते हैं।

वेग=विस्थापन/समय (मात्रक मी./से.)

चाल—किसी वस्तु के स्थिति परिवर्तन की दर को वस्तु की चाल कहते हैं।

चाल=दूरी/समय (मात्रक मी./से.)

त्वरण—किसी गतिमान वस्तु के वेग में प्रति एकांक समयान्तराल में होने वाले परिवर्तन को उस वस्तु का त्वरण कहते हैं।

त्वरण=वेग में परिवर्तन/समयान्तराल $\Delta V/\Delta T$ (मी./से.)

न्यूटन के गति विषयक नियम—इसका प्रतिपादन आइजक न्यूटन ने 1687 में अपनी पुस्तक 'प्रिंसीपिया' में किया। ये तीन है।

प्रथम नियम—(जड़त्व का नियम)—यदि कोई वस्तु विरामावस्था में है या एक सरल रेखा में समान वेग से गतिशील है तो उसकी विरामावस्था या गति अवस्था में परिवर्तन तभी होगा, जब उस पर कोई बाह्य बल लगाया जाता है।

बाह्य बल के अभाव में किसी वस्तु की अपनी विरामावस्था या समान गति की अवस्था को बनाये रखने की प्रवृत्ति को जड़त्व कहते हैं।

दैनिक जीवन में इसका उदाहरण—गाड़ी के चलने या रुकने पर शरीर का पीछे या आगे को लटक जाना, हथौडे को ठोकने पर उसका कस जाना, गोली मारने पर काँच में छेद हो जाना जबकि पत्थर मारने पर टूटना।

द्वितीय नियम—किसी वस्तु पर आरोपित बल, उस वस्तु के द्रव्यमान तथा उसमें बल की दिशा में उत्पन्न त्वरण के गुणनफल के बराबर होता है। अर्थात् बल के अभाव में वस्तु अपनी गति अथवा विरामावस्था को बनाये रखती है। यह प्रथम नियम का ही एक रूप है। $F = ma$

तृतीय नियम—प्रत्येक क्रिया की उसके समान परन्तु विपरीत दिशा में प्रतिक्रिया होती है। इसमें एक बल को क्रिया तथा दूसरे को प्रतिक्रिया बल कहते हैं। दैनिक जीवन में उपयोग—बन्दूक से गोली छोड़ने पर पीछे को झटका लगता है, घोड़ा गाडी खींचते समय घोड़ा अपनी पिछली टाँगों से पृथ्वी को धक्का देता है, व्यक्ति नाव से कूदता है तो नाव पीछे चली जाती है, राकेट का आगे बढ़ना, कुएँ से पानी खीचतें समय रस्सी टूटने पर गिर जाना आदि।

कार्य (Work)

दैनिक जीवन से भिन्न भौतिकी में कार्य होना तभी कहा जाता है जब बल लगाने पर बल की दिशा में विस्थापन होता है। कार्य की माप लगाये गये बल तथा बल की दिशा में वस्तु के विस्थापन के गुणनफल के बराबर होती है।

कार्य = बल × बल की दिशा में विस्थापन

यह अदिश राशि है इसका मात्रक जूल है।

यदि कोई व्यक्ति सिर पर सामान रखकर एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाता है तो भौतिकी के शब्दों में कोई कार्य नहीं होगा क्योंकि वस्तु का विस्थापन पृथ्वी द्वारा लगाये गये गुरुत्वीय बल के लम्बवत् शून्य है।

शक्ति—किसी मशीन या व्यक्ति अथवा जीव के द्वारा कार्य करने की दर को 'सामर्थ्य' अथवा 'शक्ति' कहते हैं-

शक्ति = कार्य/समय

$$P = w/t$$

शक्ति अथवा समार्थ्य का मात्रक वाट है, शक्तिशाली मशीनों की शक्ति, कलोवाट मेगावाट, एवं अश्वशक्ति में व्यक्त की जाती हैं।

शक्ति या सामर्थ्य के अन्य मात्रक:

$$1 \text{ वाट सामर्थ्य} = \frac{1 \text{ जूल}}{1 \text{ सेकेण्ड}} = 1 \text{ जूल सेकेण्ड}$$

1 किलोवाट = 1000 वाट = 10^3 वाट
= 10^{10} अर्ग/से

1 अश्वशक्ति = 746 वाट

साधारण मुनष्य की सामर्थ्य अथवा शक्ति 0.05 HP से 0.1 HP (Horse Power) होती है। सामान्यत: मशीन की शक्ति को अश्वशक्ति में मापते हैं।

ऊर्जा (Energy)

किसी वस्तु में कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते हैं इसका मात्रक जूल है। इसके निम्न प्रकार है:

1. **गतिज ऊर्जा**—किसी वस्तु में उसकी गति के कारण कार्य करने की क्षमता को कहते हैं। यह सदैव धनात्मक होती है—गतिज ऊर्जा—1/2 × द्रव्यमान (m) × वेग² (V)
2. **स्थितिज ऊर्जा**—किसी वस्तु के विशेष अवस्था अथवा स्थिति के कारण उसमें कार्य करने की क्षमता को कहते हैं। जैसे—दबी हुई स्प्रिंग, घड़ी की भरी हुई चाबी, ऊंचाई पर रखी वस्तु।
   स्थितिज ऊर्जा—mgh
   (m) द्रव्यमान, (g) गुरूत्वजनित त्वरण, (h) ऊंचाई
   स्थितिज ऊर्जा के रूप—प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा, गुत्वीय स्थितिज ऊर्जा, वैद्युत स्थितिज ऊर्जा, चुम्बकीय एवं रासायनिक स्थितिज ऊर्जा आदि।
   भौतिक जगत में सभी प्रक्रियाओं में किसी न किसी रूप में ऊर्जा का एक या अधिक रूपों में रूपान्तरण होता रहता है।

कतिपय उपकरण व उनसे होने वाला ऊर्जा रूपान्तरण निम्नवत् है:

उपकरण		ऊर्जा का स्वरूप परिवर्तन
विद्युत बल्ब	—	वैद्युत ऊर्जा से ऊष्मा व प्रकाश ऊर्जा
विद्युत सेल	—	रासायनिक ऊर्जा से वैद्युत ऊर्जा
मोमबत्ती	—	रासायनिक ऊर्जा से प्रकाश व ऊष्मा में
फोटो इलेक्ट्रिक सेल	—	प्रकाश ऊर्जा से वैद्युत ऊर्जा
डायनमों	—	यांत्रिक ऊर्जा से वैद्युत ऊर्जा
मोटर	—	वैद्युत ऊर्जा से यांत्रिक ऊर्जा
लाउडस्पीकर	—	वैद्युत ऊर्जा से ध्वनि ऊर्जा
माइक्रोफोन	—	ध्वनि ऊर्जा से वैद्युत ऊर्जा
सितार	—	यांत्रिक ऊर्जा से ध्वनि ऊर्जा
इंजन	—	ऊष्मा से यांत्रिक ऊर्जा
सोलर सेल	—	सौर ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा

दाब (Pressure)

किसी सतह के एकाँक क्षेत्रफल पर लगने वाले बल को दाब कहते हैं। इसका मात्रक न्यूटन/वर्ग मीटर है। वस्तु का क्षेत्रफल जितना कम होता है वह किसी सतह पर उतना ही अधिक दाब डालती है। दैनिक जीवन में उपयोग—दलदल में फँसे व्यक्ति को लेटने की सलाह, कील की सिरा नुकीला होना आदि।

दाब का SI मात्रक-न्यूटन/मीटर² है। न्यूटन/मीटर² को पास्कल भी कहते है, पास्कल 'एक फ्रांसीसी वैज्ञानिक थे जिनके नाम पर इसे पास्कल (Pa) से दर्शाया जाता है। अत: 1 पास्कल = 1 न्यूटन/मीटर²

पास्कल के नियम:

1. गुरूत्वीय प्रभाव की अनुपस्थिति में, सन्तुलित अवस्था में द्रव के भीतर दाब सम्पुर्ण रूप से समान होता है एवं गुरूत्वीय प्रभाव की उपस्थिति में गहराई के साथ द्रव-दाब बढ़ता जाता है, किंतु समान गहराई पर स्थित सभी बिंदु पर द्रव का दाब समान होता है।
2. किसी बर्तन में बन्द द्रव के किसी भाग पर आरोपित बल द्रव द्वारा सभी दिशाओं में समान परिणाम में संचारित कर दिया जाता है
   पास्कल के नियम के आधार पर निर्मित द्रवचालित यंत्र-' हाइड्रोलिक ब्रेक, हाइड्रोलिक लिफ्ट, हाइड्रोलिक प्रेस आदि।

वायुमण्डलीय दाब (Atmospheric Pressure)

पृथ्वी के चारों ओर उपस्थित वायु एवं विभिन्न गैसें हम सभी पर अत्यधिक दाब डालती है इसे वायुमण्डलीय दाब कहते हैं। यह दाब 105 N/m² होता है इतना अधिक दाब हमें इसलिए नहीं अनुभव होता क्योंकि हमारे अन्दर के खून एवं अन्य कारक अन्दर से दाब डाल कर इसे सन्तुलित करते रहते है।

पृथ्वी की सतह से ऊंचाई पर जाने पर वायुदाब कम होता जाता है फलत: पहाड़ों पर खाना बनाने में कठिनाई होती है, वायुयान में बैठे यात्री के पेन की स्याही बहने लगती है, उच्चदाब वाले व्यक्ति को वायुयान यात्रा न करने की सलाह दी जाती है।

वायुदाब मापी में पारे के स्तम्भ का गिरना आँधी या वर्षा का सूचक होता है इसका चढ़ना स्वच्छ व साफ मौसम का सूचक है।

द्रव के भीतर किसी बिन्दु पर द्रव का दाब द्रव के स्वतंत्र तल से बिन्दु की गहराई पर निर्भर करता है तथा किसी भी गहराई पर द्रव का दाब चारों ओर समान होता है। गहराई बढ़ने पर दाब बढ़ता जाता है।

हाइड्रोलिक लिफ्ट, हाइड्रोलिक प्रेस, हाइड्रोलिक ब्रेक आदि पास्कल के नियम पर कार्य करते है।

वे पदार्थ जो पिघलने पर फैलते हैं उन पर दाब बढ़ाने से उनका गलनांक बढ़ जाता है जैस—घी, मोम

वे पदार्थ जो पिघलने पर संकुचित होते हैं दाब बढ़ाने पर उनका गलनांक कम हो जाता है जैसे—cQZA

दाब बढ़ाने से पानी का क्वथनांक बढ़ जाता है इसीलिए प्रेशर कुकर में खाना जल्दी एवं आसानी से बन जाता है।

संवेग—गतिमान वस्तु के द्रव्यमान तथा वेग के गुणनफल को वस्तु का संवेग कहते हैं।

संवेग संरक्षण का सिद्धान्त—एक या एक से अधिक वस्तुओं के निकाय का संवेग तब तक अपरिवर्तित रहता है जब तक वस्तु या वस्तुओं के निकाय पर कोई बाह्य बल आरोपित न हो। राकेट का ऊपर जाना इसी सिद्धान्त पर आधारित है।

बल आघूर्ण—जब किसी पिण्ड पर लगा बाह्य बल उसे किसी अक्ष के परित: घुमाने का प्रयास करता है तो बल की इस प्रवृत्ति को बल आघूर्ण कहते हैं।

यदि बल अक्ष पर लगाया जाता है तो पिण्ड को घुमाया नहीं जा सकता इसके विपरीत बल अक्ष से जितनी दूर होगा, बल आघूर्ण उतना ही अधिक होगा और पिण्ड को घुमाने में आसानी होगी। इसीलिए दरवाजे के हत्थे तथा कुम्हार के चाक में लकड़ी फँसाने वाला छेद दूर बनाया जाता है तथा हैण्ड पम्प का हत्था लम्बा होता है।

अभिकेन्द्रीय बल—किसी वृत्ताकार मार्ग पर गति करती हुई किसी वस्तु पर जो बल केन्द्र की ओर कार्य करता है उसे अभिकेन्द्रीय बल कहते हैं इसके अभाव में कोई वस्तु वृत्ताकार मार्ग पर नहीं चल सकती है। इसका उदाहरण—पृथ्वी का सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाना, एलेक्ट्रॉन का नाभिक के चारों ओर घूमना, मुड़ते समय साइकिल सवार का झुक जाना आदि है।

अपकेन्द्रीय बल—वृत्ताकार मार्ग पर गति करती हुई वस्तु पर जो बल अभिकेन्द्रीय बल के विपरीत केन्द्र से बाहर की ओर लगता है उसे अपकेन्द्रीय बल कहते हैं। इसके उदाहरण मौत के कुंऐ में साइकिल का चलाना, कपड़ा सुखाने की मशीन, दूध से मक्खन निकालने वाली मशीन आदि इसी सिद्धान्त पर कार्य करते हैं।

गुरुत्व—गुरुत्व वह आकर्षण बल है जिससे पृथ्वी किसी वस्तु को अपने केन्द्र की ओर खींचती है।

इसीलिए मुक्त रूप से ऊपर फेंकी गई वस्तुएँ पृथ्वी पर आकर गिरती है। किसी वस्तु पर लगने वाला गुरुत्वीय बल ही उसका भार कहलाता है।

गुरुत्वीय त्वरण—मुक्त रूप से पृथ्वी की ओर गिरती किसी वस्तु के वेग में प्रति सेकेण्ड होने वाली वृद्धि गुरुत्वीय त्वरण कहलाती है। गुरुत्वीय त्वरण वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नही करता है।

यदि भिन्न-भिन्न द्रव्यमान की दो वस्तुओं को मुक्त रूप से निर्वात में समान ऊँचाई से गिराया जाए तो वे दोनों एक साथ पृथ्वी पर पहुँचेगी।

गुरुत्वीय त्वरण का मान भूमध्यरेखा पर सबसे कम व ध्रुवों पर अधिक होने के कारण वस्तु का भार भूमध्यरेखा पर कम तथा ध्रुवों पर अधिक होगा।

पृथ्वी तल से ऊपर या नीचे जाने पर गुरुत्वीय त्वरण का मान घटता जाता है। पृथ्वी के केन्द्र पर यह शून्य होता है। अत: केन्द्र पर वस्तु का भार शून्य तथा द्रव्यमान पूर्ववत् रहता है।

पृथ्वी के घूर्णन गति का भी प्रभाव गुरुत्वीय त्वरण पर पड़ता है यदि पृथ्वी घूमना बंद कर दे तो ध्रुवों के अतिरिक्त प्रत्येक स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण का मान व वस्तु का भार बढ़ जायेगा।

यदि पृथ्वी अपने अक्ष के परित: तेजी से घूमने लगे तो ध्रुवों के अतिरिक्त प्रत्येक स्थान पर वस्तुओं के भार में कमी हो जाएगी यह कमी भूमध्य रेखा पर सर्वाधिक होगी।

यदि पृथ्वी घूर्णन गति 17 गुनी हो जाए तो विषुवत रेखा पर वस्तु का भार शून्य हो जायेगा।

गुरुत्व केन्द्र—गुरुत्व केन्द्र वह बिन्दु है, जहाँ वस्तु का समस्त भार कार्य करता है।

गुरुत्व केन्द्र तथा सन्तुलन—कोई वस्तु तभी तक सन्तुलन की अवस्था में रह सकती है, जब तक उसके गुरुत्व केन्द्र से गुजरने वाली उर्ध्वाधर रेखा उस वस्तु के आधार के क्षेत्रफल के अन्दर से होकर गुजरती है यदि यह रेखा बाहर हो जाती है तो वस्तु का सन्तुलन बिगड़ जाता है। किसी वस्तु के आधार का क्षेत्रफल जितना बड़ा होगा उसका सन्तुलन उतना ही स्थायी होगा। इसका उदाहरण पहाड़ पर चढ़ते या पीठ पर बोझ लिए चलता आदमी आगे झुक जाता है, दुमंजिले बसों का निचला तला भारी बनाया जाता है।

ग्रह—वे आकाशीय पिण्ड जो सूर्य के चारों ओर अपनी-अपनी कक्षा में चक्कर लगाते रहते हैं ग्रह कहलाते हैं। सूर्य से बढ़ते दूरी के के क्रम में ये, शुक्र पृथ्वी, मंगल, वृहस्पति, शनि, यूरेनस (अरुण) वरुण (नेप्च्यून) हैं।

उपग्रह—वे आकाशीय पिण्ड जो ग्रहों के चारों ओर परिक्रमा करते हैं उपग्रह कहलाते हैं।

कृत्रिम उपग्रह—ये मानव निर्मित होते हैं। यदि किसी पिण्ड को पृथ्वी तल से कुछ सौ किमी ऊपर आकाश में भेजकर उसे लगभग 8 KM/सेकेण्ड का क्षैतिज वेग दे दिया जाए तो वह पिण्ड पृथ्वी के चारों ओर एक निश्चित कक्षा में परिक्रमण करने लगता है इसका परिक्रमण काल 84 मिनट होता है।

कक्षीय उपग्रह—ये उपग्रह एक निश्चित कक्षा में पृथ्वी के चारों ओर परिक्रमा करते है।

भूस्थिर उपग्रह—ये पृथ्वी के किसी स्थान के सापेक्ष स्थिर रहते है। इनकी कक्षा पृथ्वी के विषुवतीय तल में होती है तथा इनका परिक्रमण काल पृथ्वी के अपने अक्ष के परित: घूर्णन काल के बराबर (24 घंटे) होता है। इनकी ऊंचाई पृथ्वी तल से लगभग 36000 KM होती है। इन्हें संचार उपग्रह भी कहते हैं। इनका उपयोग टेलीफोन, टेलीग्राफ एवं टेलीविजन सिग्नलों हेतु होता है।

यदि घूमते हुए किसी उपग्रह से कोई वस्तु या पैकेट गिरा दिया जाए तो वह पृथ्वी पर न गिरकर उपग्रह के साथ उसी कक्षा में एवं उसी चाल से धूमने लगेगा।

उपग्रहों में भार हीनता—कृत्रिम उपग्रहों में भारहीनता की अवस्था पायी जाती है अर्थात् उपग्रह के तल द्वारा यात्री पर लगाया गया प्रतिक्रिया बल शून्य होता है। भारहीनता के कारण अंतरिक्ष यात्री अपना भोजन विशेष प्रकार के ट्यूब मे ले जाते हैं और दबा कर निगलते हैं।

चन्द्रमा का द्रव्यमान अधिक होने के कारण भारहीनता की स्थिति नहीं पायी जाती है। पृथ्वी के सापेक्ष चन्द्रमा का गुरुत्वीय त्वरण 1/6 है अत: वहाँ (चन्द्रमा) किसी वस्तु का भार 1/6 हो जायेगा परन्तु द्रव्यमान नियत रहेगा।

नीचे उतरते समय लिफ्ट की डोरी टूट जाए तो भी भारहीनता का अनुभव होता है।

पलायन वेग—वह न्यूनतम वेग, जिससे किसी पिण्ड को ऊपर की ओर फेंका जाए और वह पृथ्वी के गुरुत्वीय क्षेत्र को पार कर जाए तथा वापस

पृथ्वी पर लौटकर न आए पलायन वेग कहलाता है। इसका मान पृथ्वी पर 11.2 किमी/सेकेण्ड है।

पलायन वेग = $\sqrt{2}$ g R

g गुरुत्वीय त्वरण = 9.8 मी/से.^{2}, R

(पृथ्वी की त्रिज्या = 6.4 × 10^6 मी.)

ग्रहों, उपग्रहों में वायुमण्डल की उपस्थिति—किसी ग्रह या उपग्रह पर वायुमण्डल का होना या न होना, वहाँ पर पलायन वेग के मान पर निर्भर करता है। यदि पलायन वेग का मान बहुत अधिक है तो बहुत सधन वायुमण्डल होगा और यदि पलायन वेग कम है तो वायुमण्डल विरल होगा।

चन्द्रमा की त्रिज्या, द्रव्यमान एवं गुरुत्वीय त्वरण, पृथ्वी पर इसके मान की अपेक्षा कम है अत: चन्द्रमा का पलायन वेग 2.4 KM/ सेकेंड है। चन्द्रमा पर गैसों का औसत वेग इससे अधिक होता है जिससे वे ठहर नहीं पाते हैं फलतः वायुमण्डल अनुपस्थित है। वृहस्पति, शनि आदि पर पलयान वेग बहुत अधिक है अत: सघन वायुमण्डल पाया जाता है। वायुमण्डल की उपस्थिति या अनुपस्थिति पलायान वेग पर निर्भर करती है।

पृष्ठ तनाव—द्रव के अपने पृष्ठीय क्षेत्रफल को न्यूनतम करने की प्रवृत्त को पृष्ठ तनाव कहते हैं। इसके दैनिक जीवन में बहुत से उदाहरण हैं जैसे—ओस एवं वर्षा बूदों का गोल होना, चिकने सतह पर पारा का गोल आकार में लुढ़कना। साबुन मिलाने या गर्म करने पर पानी का पृष्ठ तनाव कम हो जाता है। गड्ढे में भरे पानी पर मिट्टी का तेल छिड़कने पर पृष्ठ तनाव कम हो जाता है और मच्छर मर जाते हैं। काँच की नली को गर्म करने पर पृष्ठ तनाव के कारण उसके सिरे गोल हो जाते है। समुद्र की लहरों को शान्त करने के लिए भी तेल डाल कर पृष्ठ तनाव ही कम करते है।

ससंजक बल—एक ही पदार्थ के अणुओं के बीच कार्य करने वाले आकर्षण बल को ससंजक बल कहते हैं। जिन पदार्थों के अणुओं के बीच यह बल अधिक होगा वे रखे जाने वाले बर्तन की दीवारों में नहीं चिपकेगें। पृष्ठ तनाव का कारण भी यही बल है।

आसंजक बल—भिन्न-भिन्न पदार्थों के अणुओं के बीच कार्य करने वाले बल को आसंजक बल कहते हैं। जब किसी द्रव के अणुओं के बीच कार्य करने वाला ससंजक बल द्रव व बर्तन के बीच कार्य करने वाले आसंजक बल से कम होता है तो वह द्रव बर्तन की सतह को गीला कर देता है। इसके विपरीत स्थिति में गीला नहीं करेगा। स्याही व कागज के बीच आसंजक बल, स्याही के अणुओं के बीच कार्य करने वाले ससंजक बल से अधिक होता है इसलिए लिखते समय स्याही कागज पर चिपकती है।

केशिकात्व—केशनली में द्रव के ऊपर चढ़ने या नीचे उतरने की प्रक्रिया को केशिकात्व कहते हैं। केशनली के जितनी पतली होगी द्रव का तल उतना ही अधिक ऊपर चढ़ेगा या नीचे गिरेगा। ऐसे द्रव जो बर्तन की सतह को भिगाते हैं केशनली में ऊपर चढ़ते हैं जैस—जल। जो बर्तन की सतह को नहीं गीला करते हैं वे केशनली में नीचे उतरते है। द्रव का ऊपर चढ़ना या नीचे उतरना भी पृष्ठ तनाव के कारण ही होता है। इसके दैनिक जीवन में बहुत से उदाहरण है।

जैसे खेत की नमी को सुरक्षित रखने हेतु किसान का खेत की जुताई करना, तौलियें के एक सिरे को जल में डुबाने पर पूरी तौलिये का गीला होना, लालटेन की बत्ती में तेल का चढ़ना, पौधों की जड़ों से जल एवं खनिजों का ऊपर टहनियों तक पहुँचना आदि।

श्यानता—श्यानता द्रव का वह गुण है, जिसके कारण वह अपनी विभिन्न पर्तों में होने वाली आपेक्षित गति का विरोध करता है।

द्रव की विभिन्न पर्तों के बीच आन्तरिक स्पर्श रेखीय बल कार्य करते है जो पर्तों के बीच होने वाली आपेक्षिक गति को नष्ट करने का प्रयास करते है। इन्हीं बलों को श्यान बल (Viscos Force) कहते हैं। श्यानता के कारण ही व्यक्ति जितनी तेजी के साथ वायु में दौड़ सकता है उतनी तेजी के साथ जल में नहीं दौड़ सकता है। इसी कारण बर्तन में द्रव को हिलाकर छोड़ देने पर घूमता द्रव थोड़ी में स्थिर हो जाता है।

क्रांतिक वेग—यदि द्रव के बहने का वेग एक निश्चित वेग से कम होता है तो द्रव का प्रवाह धारा रेखीय होता है अर्थात् द्रव के प्रत्येक कण पूर्व में गुजर चुके कण का अनुसरण करते हैं। द्रव के इसी निश्चित वेग को क्रांतिक वेग कहते हैं। यदि द्रव का वेग इससे अधिक है। तो उनमें विक्षोभ पैदा होता है और जल में भँवर उत्पन्न होती है।

सीमान्त वेग—यदि कोई गोली किसी द्रव में गिराई जाती है तो द्रव में गोली के वेग के कारण आपेक्षिक गति उत्पन्न हो जाती है। आपेक्षिक गति के कारण द्रव में श्यान बल गोली के गिरने का विरोध करता है। ज्यों त्यों गोली का वेग बढ़ता है श्यानबल भी बढ़ता जाता है एक स्थिति में गोली को वेग व श्यानबल का मान बराबर हो जाता है ऐसी स्थिति में गोली नियत वेग से नीचे गिरने लगती है इसी को सीमान्त वेग कहते हैं। वर्षा की बूंदे तथा पैराशूट से उतरते व्यक्ति सीमान्त वेग से ही पृथ्वी पर आते है।

बरनौली का प्रमेय (Bernoulli's Theorem)

जब कोई द्रव या गैस एक स्थान से दूसरे स्थान तक धारा रेखीय प्रवाह में बहता है तो उसके मार्ग में प्रत्येक बिन्दु पर उसके एकांक आयतन की कुल ऊर्जा अर्थात् दाब, गतिज एवं स्थितिज ऊर्जा का योग नियत रहता है।

जिस स्थान पर द्रव का वेग कम होता है वहां दाब अधिक होता है तथा जहां वेग अधिक होता है वहां दाब कम होता है। दैनिक जीवन में कई उदाहरण देखने को मिलते हैं जैसे आंधी आने पर घरों के छप्पर व टीन का उड़ना, फुहारे पर गेंद का नाचना, प्लेटफार्म पर खड़े व्यक्ति का चलती ट्रेन की तरफ गिर जाना, दो जलयानों का पास में आने पर टकरा जाना आदि।

उत्क्षेप—कोई वस्तु किसी द्रव में डुबाई जाती है तो उस पर ऊपर की ओर एक बल कार्य करता हैं जिसके कारण वस्तु अपने वास्तविक भार से कुछ हल्की लगती है। द्रव का यह गुण जिससे वह वस्तुओं पर ऊपर की ओर बल लगता है उत्क्षेप बल कहलाता है।

जब वस्तु किसी द्रव में डुबोई जाती है तो उसका गुरुत्वीय बल (भार) नीचे की ओर कार्य करता है और उत्प्लावन बल ऊपर की ओर कार्य करता है। इन दोनों का परिणामी बल जिस दिशा में कार्य करेगा वस्तु उसी दिशा में गतिमान होगी। लकड़ी के टुकड़े पर यह ऊपर की ओर तथा लोहे की कील पर नीचे की ओर कार्य करता है।

आर्किमिडीज का सिद्धान्त—यदि कोई वस्तु किसी द्रव में अंशतः या पूर्णतः डुबाई जाती है, तो डुबोने पर वस्तु के भार में कमी प्रतीत होती है, वस्तु के भार में यह आभासी कमी उसके द्वारा हटायें गये द्रव के भार के बराबर होती है। इसमें तीन स्थिति बनती है:

- यदि वस्तु का भार, उत्प्लावन बल से अधिक है तो वस्तु डूब जायेगी,
- यदि वस्तु का भार, उत्प्लावन बल के बराबर है तो वस्तु द्रव के अन्दर डूबी हुई स्थिति में तैरती रहेगी।
- यदि वस्तु का भार उत्प्लावन बल से कम है तो कुछ हिस्सा डूबा रहते वस्तु तैरती रहेगी।

प्लवन का नियम—सन्तुलित अवस्था में तैरने पर वस्तु अपने भार के बराबर द्रव विस्थापित करती है। यही प्लवन (तैरने) का नियम है।

वस्तु द्वारा हटायें गये द्रव का भार = उत्प्लावन बल अर्थात् वस्तु का भार अधिक घनत्व वाले द्रव में तैरने पर वस्तु का कम हिस्सा द्रव के अन्दर डूबेगा तथा कम घनत्व वाले द्रव में वस्तु का अधिक भाग डूबेगा इसी कारण नदी से जहाज समुद्र में पहुँचनें पर थोड़ा ऊपर उठ जाता है क्योंकि समुद्री जल का घनत्व नदी के जल के घनत्व से अधिक होता है।

लोहे की कील की अपेक्षा अपनी विशेष बनावट के कारण लोहे की जहाज पानी पर तैरती है जब की कील डूब जाती है। विशेष आकार व खोखला होने के कारण जहाज द्वारा हटाये गये पानी का भार, जहाज के भार से अधिक होता है जिससे इस पर अधिक उत्प्लावन बल लगता है और जहाज तैरता रहता है।

आर्किमिडीज का सिद्धान्त गैसों पर भी लागू होता है हवा से भरे गुब्बारे द्वारा विस्थापित हवा का भार उसके अन्दर की हवा के भार से अधिक होने पर हवा उस पर ऊपर की ओर उत्प्लावन बल लगाती है और गुब्बारे द्वारा हटाई गई हवा का भार उसके अन्दर की हवा के भार के बराबर हो जाता है गुब्बारा स्थिर हो जाता है।

मशीन—वह यंत्र जिसकी सहायता से थोड़ा बल लगाकर, अधिक बल का काम या तेजी के साथ काम किया जा सके मशीन कहलाता है।

मशीन द्वारा जो बल लगाया जाता है उसे उसकी शक्ति कहते हैं।

मशीन पर बल लगाने पर जो बल मशीन द्वारा कार्य करने में रुकावट पैदा करते हैं उसे प्रतिरोध या भार कहते हैं।

प्रतिरोधा तथा मशीन द्वारा लगाई गई शक्ति के अनुपात को यांत्रिक लाभ कहते हैं।

यांत्रिक लाभ = किया गया कार्य/लगाई गई शक्ति

मशीन द्वारा किये जाने वाले कार्य तथा उसके संचालन में दिये गये बल के अनुपात को मशीन की दक्षता कहते हैं।

$$\text{दक्षता} = \frac{\text{मशीन द्वारा किये जाने वाले कार्य}}{\text{मशीन द्वारा संचालन में लगाबल}} \times 100$$

जिस मशीन की दक्षता 100 प्रतिशत होगी वह आदर्श मशीन होगी अभी तक ऐसी मशीन बनानी संभव नहीं हो सकी क्योंकि कुछ घर्षण विद्यमान रहेगा।

लीवर—लीवर एक छड़ होती है जो एक बिन्दु के चारों ओर घूम सकती है जिस बिन्दु के चारों ओर घूमती है उसे आलम्ब कहते हैं। आलम्ब से दूर जहाँ दबाव डालते हैं उसे शक्ति भुजा कहते हैं। यह तीन प्रकार के होते हैं।

प्रथम श्रेणी—इसमें आलम्ब भार व शक्ति के बीच में होता है। जैसे—प्लास, कैची, तुला की डंडी, संड़सी, साइकिल का ब्रेक आदि।

द्वितीय श्रेणी—इसमें भार आलम्ब और शक्ति के बीच में होता है। जैसे—सरौता, पहिया, कब्जे पर घूमता दरवाजा आदि।

तृतीय श्रेणी—इनमें शक्ति भार व आलम्ब के बीच लगता है। जैसे—चिमटा।

जिस लीवर में कम से कम बल देकर अधिक तथा सक्षम तरीके से कार्य सम्पन्न किया जा सके वह सबसे अच्छा लीवर का उदाहरण होगा ऐसे प्रथम श्रेणी का लीवर ही सबसे उत्तम लीवर होगा।

आनत तल—किसी तल का क्षैतिज से किसी कोण पर झुका होना आनत तल कहलाता है। किसी भार को उर्ध्वाधार उठाने की अपेक्षा आनत तल पर खीचना ज्यादा आसान होता है। इसका उपयोग ट्रकों आदि पर समान लादने में किया जाता है।

घिरनी—घिरनी, स्टील या लकड़ी की बनी गोल डिस्क होती है जो एक अक्ष के तरफ घूमती है बीच में बने खाँचे पर डोरी डाल कर कोई वस्तु आसानी से उठायी जाती है।

तरंग गति तथा ध्वनि (Wave Speed and Sound)

तरंग गति—ऊर्जा का एक स्थान से दूसरे स्थान तक स्थानान्तरण तरंगों के द्वारा होता है। जल में उठने वाली तरंगों, ध्वनि तरंगों के संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता पड़ती है जबकि प्रकाश एवं रेडियों तरंगों के संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता नहीं पड़ती ये निर्वात में भी संचरित हो सकती हैं। तरंग को मुख्यतः दो भागों में बाँटा जा सकता है। यांत्रिक, अयांत्रिक।

यांत्रिक तरंग—किसी माध्यम में उठे विक्षोभ को यांत्रिक तरंग कहते हैं माध्यम में यांत्रिक तरंगों के उत्पन्न तरंगे तथा बंधी रस्सी को झटकने पर उत्पन्न तरंगे। ये दो प्रकार की होती है।

अनुप्रस्थ तरंग—जब संचरण शील कण, माध्यम में तरंग के चलने की दिशा के लम्बवत् कम्पन करते हैं तो तरंग अनुप्रस्थ होती है। ये तरंगे ठोस में एवं जल के ऊपरी सतह पर उत्पन्न होती है। जल के भीतर एवं गैसों में नहीं उत्पन्न होती है।

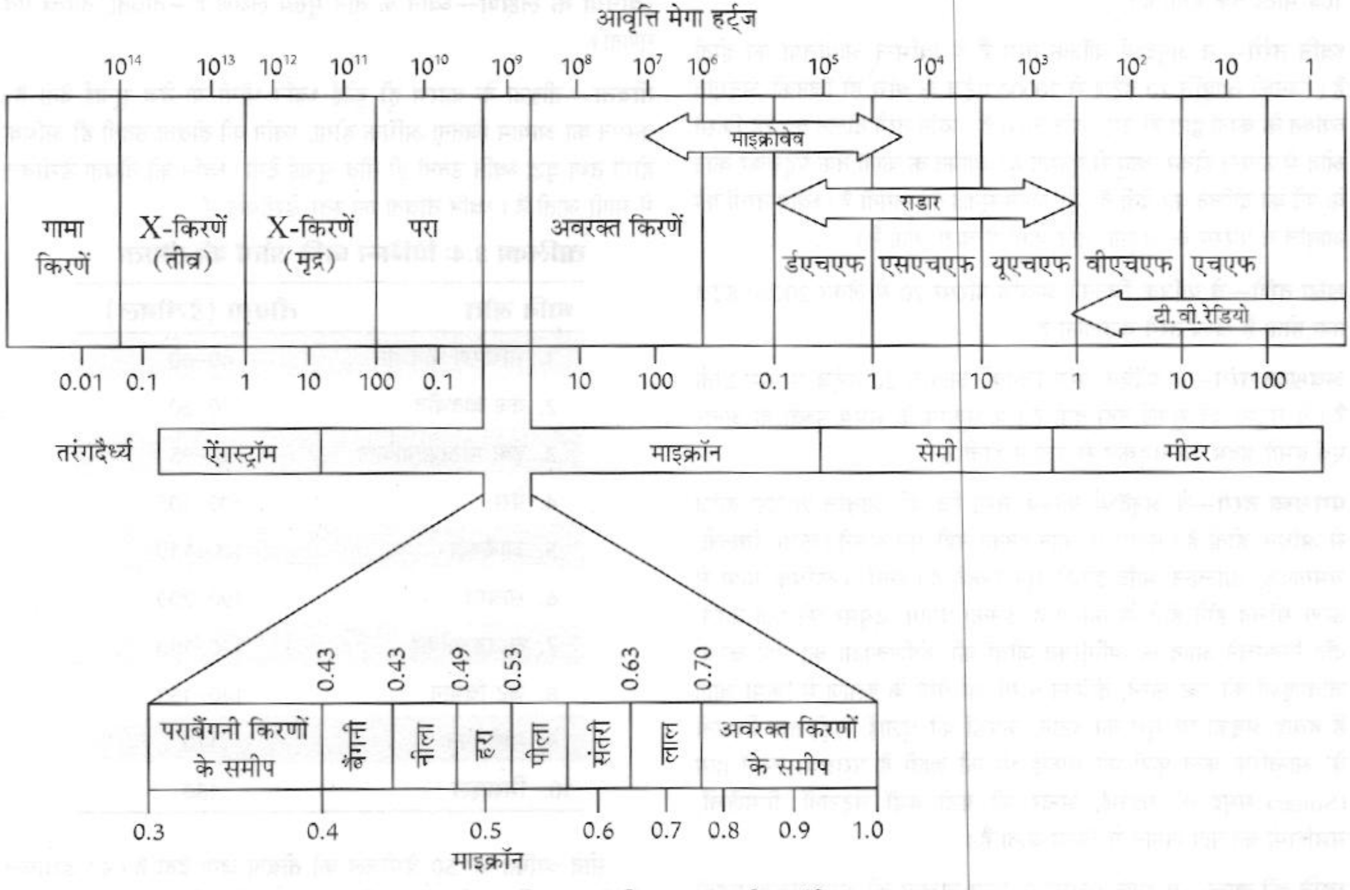
अनुदैर्ध्य तरंग—जब माध्यम में संचरणशील कण, तरंग के संचरण की दिशा के समानान्तर कम्पन करते हैं तो तरंग अनुदैर्ध्य होती है। ये तरंगे सभी माध्यमों (ठोस, द्रव, गैस) में उत्पन्न की जा सकती है। ये तरंगे संपीड़न (Compression) व विरलन (Rarefaction) के रूप में संचरित होती है। भूकम्प तरंगे, स्प्रिंग में उत्पन्न तरंगे आदि अनुदैर्ध्य तरंगे हैं। एक संपीड़न के बीच की दूरी अथवा एक विरलन से दूसरे विरलन के बीच की दूरी अनुदैर्ध्य तरंग की तरंगदैर्ध्य कहलाती है।

आयाम—माध्यम का कोई कण अपनी सामयावस्था के दोनों ओर जितना अधिक विस्थापित होता हे उस दूरी को आयाम कहते हैं।

आवर्तकाल—माध्यम का कम्पन्न शील कण एक कम्पन्न पूरा करने में जितना समय होता है उसे आवर्तकाल कहते हैं।

तरंग दैर्ध—माध्यम का कण एक कम्पन्न पूरा करते समय जितनी दूरी तय करता है उसे तरंगदैर्ध्य कहते हैं।

तरंग चाल—तरंग द्वारा दूरी तय करने की दर को तरंग चाल कहते हैं।



चित्र 3.1: विद्युत चुम्बकीय तरंगे

विद्युत चुम्बकीय तरंगे—ये चुम्बकीय एवं विद्युत क्षेत्रों के दोलन से उत्पन्न होने वाली अनुप्रस्थ तरंगे हैं। समप्रकाश, ऊष्मीय विकिरण, एक्स किरणे, रेडियो तरंग आदि इसके उदाहरण हैं। सभी विद्युत चुम्बकीय तरंगे एक ही चाल से चलती हैं तथा इनकी चाल प्रकाश की चाल के बराबर तीन लाख किमी प्रति सेकेंड होता है। इनका तरंगदैर्ध्य परिसर भी बहुत विस्तृत होता है।

गामा किरणें—ये परमाणु के नाभिक से निकलती हैं। इनकी तरंगदैर्ध्य 10^{-10} से 10^{-14} मीटर के बीच होता है। इनमें ऊर्जा की अत्यधिक मात्रा संचित होने के कारण लोहे की मोटी चादरों को भेद देती है।

एक्स किरणें—इनकी खोज सन्तजन ने की थी इनका तरंगदैर्ध्य 10^{-8} से 10^{-10} तक होता है इनका उपयोग शल्य चिकित्सा में किया, व्यवसाय, जासूसी, इन्जीनियरिंग आदि में होता है।

पराबैगनी तरंगे—खोज रिटर ने की थी। इनका तरंगदैर्ध्य 10^{-7} से 10^{-8} तक होता है। ये सूर्य के प्रकाश, वैद्युत विसर्जन, निर्वात स्पार्क आदि से उत्पन्न होती है।

दृश्य विकिरण—खोज न्यूटन ने की थी। इनका तरंगदैर्ध्य परिसर 4×10^{-7} से 7.8×10^{-7} मीटर तक होता है इनमें परावर्तन, अपरावर्तन, व्यतिकरण, विवर्तन, ध्रुवण, दृष्टि संवेदन आदि गुण पाये जाते है। दृश्य विकिरण के स्रोत सूर्य, तारे, ज्वाला, विद्युत बल्ब, आर्क लैम्प आदि है।

अवरक्त किरणें—खोज विलियन हरशैल ने की थी। इनका तरंगदैर्ध्य परिसर 78 10^{-7} से 10^{-3} मी. तक होता है। ये पदार्थो को उच्च ताप पर गर्म करने पर निकलती है। वेधन शक्ति अधिक होने के कारण ये घने कोहरे व धुंध के पार चली जाती है। इनका उपयोग सिग्नल भेजने, कोहरे में फोटो ग्राफी करने, रोगियों की सेकाई करने आदि में किया जाता है।

लघुरेडियों तरंगे—इनकी खोज विलियम हट्ज ने की थी इनका तरंगदैर्ध्य परिसर 10^{-3} से 1 मीटर तक होता है। इनमें 10^{-3}– 10^{-2} मी. तरंगदैर्ध्य की तरंगें सूक्ष्म कहलाती है। इनका उपयोग टेलीफोन व टेलीविजन प्रसारणों में होता है।

दीर्घ रेडियों तरंगे—खोज मार्कोनी ने की थी इनका परिसर एक मीटर से 104 मीटर तक होता है।

ध्वनि तरंगे—ये अनुदैर्ध्य यांत्रिक तरंगे हैं ये विभिन्न आवृत्तियों की होती है। जिनकी आवृत्ति 20 हर्ट्ज से 20000 हर्ट्ज के बीच हो जिनकी अनुभूति व्यक्ति के कानों द्वारा हो उसे ध्वनि कहते हैं। ध्वनि तरंगे दोलन कर रहे किसी स्रोत से उत्पन्न होकर, वायु से गुतरती हुई व्यक्ति के कानों तक पहुचकर कान के पर्दे को दोलित कर देती हैं और ध्वनि सुनाई देने लगती है। ध्वनि तरंगों को आवृत्ति व परिसर के अनुसार तीन भागों में बांटा जाता है।

श्रव्य तरंगे—वे यांत्रिक जिनकी आवृत्ति परिसर 20 से लेकर 20000 हर्ट्ज तक होता है श्रव्य तरंगे कहलाती है।

अवश्रव्य तरंगे—वे यांत्रिक तरंगे जिनकी आवृत्ति 20 हर्ट्ज से कम होती है। ये मनुष्य को सुनाई नहीं देती है। ये भूकम्प के समय पृथ्वी के अन्दर एवं हमारे हृदय की धड़कन से उत्पन्न होती है।

पराश्रव्य तरंगे—वे अनुदैर्ध्य यांत्रिक तरंगे जिनकी आवृत्ति 20000 हर्ट्ज से अधिक होती है। मनुष्य के कान इनको नहीं सुन सकते। कुत्ता, बिल्ली, चमगादड़, डाल्फिन आदि इनको सुन सकते है। इनमें अत्यधिक मात्रा में ऊर्जा संचित होने होने के कारण ही इनका प्रयोग, ट्यूमर को पता करने, दाँत निकालने आदि के अतिरिक्त जीवों की कोशिकाओं को नष्ट करने, जीवाणुओं को नष्ट करने, तंत्रिका व गठिया रोगों के इलाज में किया जाता हैं हवाई अड्डों पर धुंध को हटाने, कपडों की धुलाई, घड़ी तथा विमानों के आन्तरिक कल पुर्जो की सफाई भी की जाती है पराश्रव्य तरंगों द्वारा (Sonar) समुद्र की गहराई, अन्दर की बड़ी-बड़ी चट्टानों, हिमशैलों, मछलियों का पता लगाने में किया जाता है।

ध्वनि की चाल—ये इनके संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता पड़ती है। निर्वात में संचरण नहीं करती। ध्वनि की चाल माध्यम पर निर्भर करती है भिन्न-भिन्न माध्यमों में चाल भिन्न-भिन्न होती है। माध्यम में ध्वनि की चाल माध्यम की प्रत्यास्थता तथा घनत्व पर निर्भर करती है। माध्यम जितनी प्रत्यास्थ होगा ध्वनि की चाल उतनी ही अधिक होगी। इसके विपरीत अधिक घनत्व वाले माध्यमों में ध्वनि की चाल कम होगी। ठोस व द्रव गैसों की अपेक्षा अधिक प्रत्यास्थ होते हैं अत: इनमें गैसों की अपेक्ष ध्वनि की चाल अधिक होती है। जल में ध्वनि की चाल- 1450 मी./से., लोहे में 5100 मी./से. (0°C) तथा एल्युमिनियम में 6400 मी./से. होती है गैस का ताप दाब बढ़ाने पर ध्वनि की चाल पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

शुष्क वायु की अपेक्षा आद्र वायु का घनत्व अधिक होने के कारण ध्वनि की चाल बढ़ जाती है इसी कारण वर्षा ऋतु में रेल इंजन का या अन्य सायरन दूर तक सुनाई देता है।

ध्वनि पर ताप का प्रभाव—माध्यम का ताप बढ़ने पर ध्वनि की चाल बढ़ जाती है। 0°C ताप पर वायु में ध्वनि की चाल 332मी./से. होती है। 1°C ताप बढ़ानें पर ध्वनि की चाल .61 मी./से. बढ़ जाती है। छाब परिवर्तन का ध्वनि की चाल पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। आद्र वायु का घनत्व शुष्क वायु से अधिक होने के कारण ध्वनि की चाल आद्र वायु में बढ़ जायेगी। भिन्न-भिन्न गैसों में ध्वनि की चाल भिन्न-भिन्न होगी। हल्की गैसों में ध्वनि की चाल अधिक व भारी गैंसों में कम होगी।

ध्वनियों के लक्षण—ध्वनि के तीन मुख्य लक्षण है—तीव्रता, तारत्व एवं गुणता।

तीव्रता—तीव्रता के कारण ही कोई ध्वनि धीमी या तेज सुनाई देती है। कम्पन का आयाम जितना अधिक होगा, ध्वनि की तीव्रता उतनी ही अधिक होगी तथा वृद्ध ध्वनि उतनी ही तीव्र सुनाई देगी। ध्वनि की तीव्रता डेसीबल में मापी जाती है। ध्वनि तीव्रता का स्तर डेसीबल में:

तालिका 3.4: विभिन्न ध्वनि स्रोतों की तीव्रता

ध्वनि स्रोत	तीव्रता (डेसीबल)
1. साधारण बातचीत	40–60
2. तेज बातचीत	70–60
3. ट्रक मोटरसायकिल	90–95
4. प्रेस	100–105
5. आर्केस्ट्रा	100–110
6. सायरन	190–200
7. लाउडस्पीकर	170–180
8. जेट विमान	140–150
9. मशीनगन	170
10. मिसाइल	180

सोते व्यक्ति को 50 डेसीबल की तीव्रता जगा देती है। 90 डेसीबल की तीव्रता बर्दाश्त की अंतिम सीमा है। 10 घंटे प्रतिदिन इतनी तीव्रता में रहने पर व्यक्ति बहरा हो जाता है। कम्पनशील वस्तु का आकार जितना बड़ा उत्पन्न ध्वनि की तीव्रता उतनी ही अधिक होगी।

तारत्व—तारत्व के कारण ही कोई ध्वनि मोटी या पतली सुनाई देती है। तारत्व अधिक होने पर ध्वनि पतली व कम होने पर मोटी कही जाती है। पुरुषों की अपेक्षा स्त्रियों का तारत्व अधिक तथा पुरुषों के ध्वनि की आवृत्ति स्त्रियों की अपेक्षा कम होता है। मच्छर की भिनभिनाहट तथा शेर की दहाड़ में मच्छर का तारत्व व आवृत्ति दोनों शेर से अधिक है।

गुणता—गुणता, ध्वनि का वह लक्षण है जो समान तीव्रता व समान आवृत्तियों की ध्वनियों में अन्तर करता है। इसी के कारण व्यक्ति अपने परिचितों को बिना देखे उनकी आवाज से ही पहचान जाता है।

ध्वनि का परावर्तन—ध्वनि भी प्रकाश की तरह परावर्तित होती है ध्वनि की तरंगदैर्ध्य अधिक होने के कारण इसका परावर्तन बड़े पृष्ठों से ही होता है। कुआँ, पहाड़, नदी, घाटी, दीवार आदि से परावर्तित हो जाती है।

प्रतिध्वनि—किसी परावर्तक तल से वापस लौटकर सुनाई देने वाली ध्वनि को प्रतिध्वनि कहते हैं। यदि स्रोत परावर्तक तल के समीप स्थित होगा तो प्रति ध्वनि नहीं सुनाई देगी प्रति ध्वनि सुनने के लिए न्यूनतम 16.6 मी. (लगभग 17 मी.) की दूरी ध्वनि स्रोत व परावर्तक तल के बीच होना चाहिए। कोई ध्वनि हमारे कानों में .1 सेकेण्ड तक रहती है। अत: प्रति ध्वनि सुनने के लिए आवश्यक है कि ध्वनि .1 सेकेण्ड बाद हमारे कानों तक पहुँचें। चन्द्रमा पर प्रतिध्वनि नहीं सुनाई देगी।

अनुरणन—किसी हाल में ध्वनि स्रोत के बन्द करने के बाद भी ध्वनि का कुछ देर तक सुनाई देना 'अनुरणन' या अनुगूज कहलाता है। जितने समय तक यह ध्वनि सुनाई देती है उसे अनुरणन काल कहते हैं। किसी हाल का अनुरणन काल यदि .8 सेकेण्ड से अधिक है तो वक्ता द्वारा दिया गया भाषण सुनाई नहीं देगा। अनुरणन काल शून्य वाले हाल को गूँजहन हाल (Dead Hall) कहते हैं। अनुरणन रोकने हेतु हाल ही दीवारें खुरदरी एवं मोटे पर्दों से ढ़क दी जाती है। अनुरणन शून्य होने पर आवाज बहुत धीमी सुनाई देगी।

ध्वनि का अपवर्तन—प्रकाश की भाँति ध्वनि तरंगे भी माध्यम के परिवर्तन से अपवर्तित हो जाती है। ध्वनि तरंगों का अपवर्तन वायु की भिन्न भिन्न पर्तों का ताप भिन्न होने के कारण होता है। गर्म वायु में ध्वनि की चाल ठण्डी वायु की अपेक्षा अधिक होती है अत: ध्वनि तरंगे तब गर्म वायु से ठण्डी वायु में या ठण्डी वायु से गर्म वायु में प्रवेश करती हैं तो अपने मार्ग से विचलित हो जाती है। दिन के समय गर्मी के कारण पृथ्वी के समीप की वायु ऊपर की अपेक्षा अधिक गर्म होती है। जिससे किसी स्रोत से उत्पन्न ध्वनि दूर तक नहीं सुनाई देती इसके विपरीत रात्रि के समय ध्वनि दूर तक सुनाई देती है क्योंकि पृथ्वी के आस पास के बजाय ऊपरी परत का ताप अधिक होता है।

मुक्त दोलन—वस्तु के दोलन जिन पर कोई बाह्य बल अपना प्रभाव नहीं डालता है मुक्त दोलन कहलाता है। दोलनकारी वस्तुओं पर कोई बाह्य बल कार्य करता है जो इनके दोलनों को नष्ट करता है इस बल को अवमन्दक बल कहते हैं।

अनुनाद—किसी मुक्त दोलन करने वाली वस्तु पर कोई बाह्य आवर्त बल लगाने पर वस्तु प्रणेदित दोलनों के अन्तर्गत दोलन करती है लेकिन यदि बाहय आवर्त बल की आवृत्ति वस्तु की अपनी स्वाभाविक आवृत्ति के बराबर हो तो दशा में दोलनों का आयाम बहुत अधिक बढ़ जाता है इसी अवस्था को अनुनाद कहते हैं। इसका उदाहरण सेना का पुल पार करते समय मार्च पास्ट न करने की सलाह, गायक के स्वर से खिड़की का टूटना, बस की खड़खड़ाहट आदि।

ध्वनि का व्यतिकरण—दो समान आवृत्ति व आयाम की दो ध्वनि तरंगे एक साथ किसी बिन्दु पर पहुँचती हैं तो उस बिन्दु पर ध्वनि ऊर्जा का पुनर्वितरण हो जाता है। इसे ही ध्वनि का व्यतिकरण कहते हैं। यदि दोनों तरंगे एक ही कला (Phase) में पहुँचती है तो परिणामी आयाम दोनों तरंगो के योग के बराबर होने से ध्वनि तीव्र होगी इसे संपाती व्यतिकरण कहते हैं। यदि दोनों तरंगे विपरीत कला में मिलती हैं तो व्यतिकरण विनाशी होगा व ध्वनि की तीव्रता न्यूनतम होगी।

ध्वनि का विवर्तन—ध्वनि तरंगे के मार्ग में आये अवरोध के कारण उनका मुड़कर स्रोत से स्रोत तक पहुँचना ध्वनि का विवर्तन कहलाता है।

पराध्वनिक व प्रघाती तरंगे—यदि किसी गतिशील पिण्ड की चाल किसी गैस में, उसी गैस मे ध्वनि की चाल से अधिक हो जाती है तो पिण्ड की चाल को पराध्वनिक चाल कहते हैं। पिण्ड की चाल ध्वनि की चाल से अधिक होने पर, पिण्ड अपने पीछे अपने वायु की एक शंक्वाकार हलचल छोड़ता जाता है। जैसे—पिण्ड दूर जाता है, इसका आकार बढ़ता जाता है। इस प्रकार की हलचल को प्रघाती तरंग कहते हैं। अत्याधिक ऊर्जा संचित होने के कारण ये तरंगे किसी भवन आदि से टकराने पर उसे नष्ट कर सकती है।

ऊष्मा (Heat)

ऊष्मा—ताप वस्तु का वह गुण है जो वस्तु के ठण्डेपन या गर्मपन की भाप को प्रकट करती है। ऊष्मा उसे कहेंगे जो भिन्न-भिन्न तापों पर रखी दो वस्तुओं के बीच स्थानान्तरित होती है तथा इनको समान ताप पर लाती है। ऊष्मा एक प्रकार की ऊर्जा है जो दो वस्तुओं के बीच तापान्तर के कारण एक वस्तु से दूसरी वस्तु में बहती है। ऊष्मा ऊर्जा का एक रूप है जिसे कार्य में बदला जा सकता हे इसे रमुइर्ड ने दो बई के टुकडों को आपस में रगड़ कर सिद्ध कर दिया।

जब कार्य को ऊष्मा में या ऊष्मा को कार्य में बदला जाता है तो किये गये कार्य व उत्पन्न ऊष्मा का अनुपात एक स्थिरांक होता है।

ऊष्मा के मात्रक:

1. एक ग्राम जल का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को कैलोरी कहते हैं।
2. एक ग्राम जल के ताप को 14.5 से 15.53°C तक बढ़ाने में प्रयुक्त ऊष्मा की मात्रा को अन्तर्राष्ट्रीय कैलोरी कहते हैं। एक किग्रा जल के ताप को 14.5 से 15.5°C तक बढ़ाने के लिए प्रयुक्त आवश्यक ताप की मात्रा को किलो कैलोरी कहते हैं।
3. 1 पौंड पानी का ताप 1 डिग्री फारेनहाइट बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को ब्रिटिश थर्मल यूनिट कहते हैं।

ताप मापन—तापमापन हेतु प्रयुक्त उपकरण को तापमापी कहते हैं। तापमापी में पारे का उपयोग उसके प्रसार के गुण के कारण किया जाता है। ताप मापन में पदार्थ के दो अवस्थाओं को लेते है। पहला प्रामाणिक वायु मण्डलीय दाब पर गलते हुए बर्फ की अवस्था तथा दूसरा उबलते हुए जल की अवस्था इसमें गलते बर्फ के ताप को हिमांक तथा उबलते हुए जल को भाप बिन्दु या क्वथनांक कहते हैं।

ताप के पैमाने:

1. **सेल्सियस पैमाना**—आविष्कार स्वीडिश वैज्ञानिक सेल्सियस द्वारा। इसमें हिमांक 0°C तथा 100°C होता है बीच के भाग को 100 बराबर भागों में बांट दिया गया है।

2. **फॉरेनहाइट पैमाना**—आविष्कार जर्मन वैज्ञानिक फॉरेनहाइट ने किया था। इसमें हिमांक 32°F तथा क्वथनांक 212°F होता है बीच के भाग को 180 बराबर भागों में बांट दिया गया है।
3. **रयूमर पैमाना**—इसमें हिमांक 0°R तथा क्वथनांक 800R होता है बीच के भाग को 80 बराबर भागों में बांट दिया गया है।
4. **केल्विन पैमाना**—इसमें हिमांक 2730 K तथा क्वथनांक 3730 K होता है। बीच के भाग को 100 भागों में बांटा गया है। केल्विन पैमाने पर हिमांक से नीचे 2730 K ताप को (00 K) परम शून्य ताप कहते हैं। इसके नीचे कोई ताप संभव नहीं है।

तापमापी—तापमापन हेतु प्रयुक्त यंत्र को तापमापी कहते हैं। यह ताप बढ़ने पर द्रवों में होने वाले प्रसार के सिद्धान्त पर कार्य करता है। अल्कोहल एवं पारा का प्रयोग मुख्य रूप से ऐसे द्रव के रूप में किया जाता है। अल्कोहल का प्रयोग ऐसे तापमापियों में किया जाता है जो—40°C नीचे ताप के मापन हेतु प्रयुक्त होते हैं। ताप मापन हेतु कई प्रकार के तापमापी प्रयुक्त होते हैं:

1. **द्रव तापमापी**—इसमें पारे का उपयोग होता है और 357°C तक के ताप का मापन होता है क्योंकि पारे का क्वथनांक 357°C होता है।
2. **गैस तापमापी**—500°C तक ताप मापने हेतु हाइड्रोजन तथा 1500°C तक के ताप मापन हेतु नाइट्रोजन का प्रयोग होता है।
3. **प्लेटिनम प्रतिरोधा तापमापी**—गैस मापमापी की तुलना में इसका प्रयोग सरल है इसके द्वारा 200 से 1200°C तक के ताप को माप सकते है। यह ताप के बढ़ने पर धातु के तार के विद्युत प्रतिरोध में होने वाले परिवर्तन के सिद्धान्त पर कार्य करता है।
4. **उत्तापमापी**—इसमें तापमापी को वस्तु के सम्पर्क में नहीं रखना पड़ता अपितु दूर से ही वस्तु से उत्सर्जित विकिरण ऊर्जा के माप कर वस्तु का ताप लेते है। उसके द्वारा 800°C से नीचे का ताप नहीं मापते क्योंकि इससे नीचे ताप पर वस्तु से ऊष्मीय विकिरण का उत्सर्जन नहीं होता है।

ऊष्मीय प्रसार—सामान्यत: ताप बढ़ाने पर पदार्थ के अणुओं के बीच की दूरी बढ़ने से उसके आयतन में वृद्धि हो जाती है परन्तु पानी 0°C से 4°C के बीच, सिल्वर आयोडाइड 80°C से 140°C के बीच सिलिका 80°C के नीचे का ताप बढ़ानें पर संकुचित होते हैं। इस प्रकार ऊष्मा प्रदान करने से पदार्थ के आयतन में होने वाले प्रसार को ऊष्मीय प्रसार कहते हैं।

ठोसों का प्रसार—किसी ठोस को गर्म करते हैं तो इसका सभी दिशाओं में प्रसार होता है। किसी लम्बी छड़ को गर्म करने पर होने वाले प्रसार को रेखीय प्रसार कहते हैं। आयताकार वस्तु में होने वाले प्रसार को क्षेत्रीय प्रसार कहते हैं। घनाकार वस्तु में होने वाले प्रसार को आयतन प्रसार कहते हैं। ऊष्मीय प्रसार के उदाहरण रेल की पटरियों के बीच जगह का छोड़ा जाना, बैलगाड़ी के पहियें पर हाल चढ़ाते समय गर्म करना, गर्मी में लोलक घड़ी का सुक्त होना, काँच के गिलास में गर्म चाय या पानी डालनें पर टूटना आदि इसके उदाहरण है।

पायरेक्स काँच में ऊंष्मीय प्रसार कम होने के कारण इनसे बने बर्तन व गिलास नहीं टूटते हैं।

द्रवों का प्रसार—ठोसों की भाँति द्रवों को भी गर्म करने पर इनमें प्रसार होता है परन्तु आकार अनिश्चित होने के कारण इनमें मात्रा आयतन प्रसार होता है। द्रव को जिस बर्तन में गर्म करते हैं उसके (बर्तन) प्रसार होने के कारण प्रारम्भ में द्रव का तल कुछ गिर जाता है।

- किसी पदार्थ के द्रव्यमान व आयतन के अनुपात को घनत्व कहते हैं। द्रवों को गर्म करने पर ठोसों की अपेक्षा इसके आयतन में अधिक प्रसार होता है।

पानी का असामान्य प्रसार—अधिकांश द्रवों को गर्म करने पर आयतन बढ़ता हैं, व घनत्व घटता है परन्तु पानी को 0°C से 4°C के बीच गर्म करने पर आयतन घटता है व घनत्व बढ़ता है। 4°C से आगे गर्म करने पर पानी का भी आयतन बढ़ने व घनत्व घटने लगता है। पानी के इसी असामान्य प्रसार के कारण ठण्डें प्रदेशों में तालाबों का पानी जम जाने के बावजूद जलीय जीव जीवित रहते है। बर्फ जमने पर पानी के आयतन में प्रसार होने के कारण नल के पाइप फट जाते है चट्टानें टूट जाती हैं तथा पेड़ भी फट जाते हैं।

ऊष्मा का संरचण—अधिक ताप से निम्न ताप की ओर ऊष्मा के स्थानान्तरण को ऊष्मा का संचरण कहते हैं। ऊष्मा का संचरण तीन विधियों-चालन, संवहन एवं विकिरण विधियों से होता है।

चलन—पदार्थ के कणों का अपना स्थान परिवर्तन किए बिना ऊष्मा का स्थानान्तरण एक स्थान से दूसरे स्थान को होना चालन विधि से संचरण है। ठोसों में ऊष्मा का संचरण इसी प्रकार होता है। छड़ के एक सिरे को गर्म करने पर कम्पन शील कण ऊष्मीय ऊर्जा को टकरा कर आगे बढ़ाते रहते हैं। ऊष्मा चालकता के आधार पर पदार्थ तीन प्रकार के होते हैं:

चालक—जिनसे ऊष्मा सरलता से गमन करती हैं-सभी धातु, अम्लीय जल, मानव शरीर ऊष्मा के चालक है।

कुचालक—जिनसे होकर ऊष्मा सरलता से न गमन करे या बहुत कम करे कुचालक कहलाते हैं। जैसे-लकड़ी, काँच, सिलिका, गैसें, रबर आदि।

ऊष्मावरोधी—जिनसे होकर ऊष्मा का चालन बिल्कुल न हो ऊष्मावरोधी कहलाते हैं जैसे—ऐस्वेस्ट्स, एबोनाइट आदि।

संवहन—जिस प्रक्रिया में ऊष्मा का चालन पदार्थों के कणों के स्थानान्तरण के द्वारा होता है संवहन कहलाती है। पदार्थ के कणों के स्थानान्तरण से धाराएं उत्पन्न होती हैं जिन्हें संवहन धाराएं कहते हैं। इस विधि से ऊष्मा का स्थानान्तरण गैसों एवं द्रवों में होता है। ऊष्मा संवहन के कारण ही दिन के समय समुद्रतटीय क्षेत्रों में 'समुद्री समीर' तथा रात्रि के समय 'स्थलीय समीर' चलते हैं। घरों में ऊंचाई पर रोशनदान का लगाया जाना एवं कारखानों की चिमनियों का ऊंचा होना भी संवहन विधि से ऊष्मा स्थानान्तरण का उदाहरण है।

विकिरण—चालन, संवहन के विपरीत विकिरण द्वारा ऊष्मा संचरण हेतु किसी माध्यम की आवश्यकता नहीं पड़ती। इस विधि द्वारा निर्वात में भी ऊष्मा का संचरण होता है। सूर्य से ऊष्मा इसी विधि से पहुँचती है।

उत्सर्जन—प्रत्येक वस्तु सभी ताप पर विकिरण द्वारा ऊर्जा का उत्सर्जन करते हैं इस ऊर्जा को विकिरण ऊर्जा या ऊष्मीय विकिरण कहते हैं। यह विद्युत चुम्बकीय तरंगों के रूप में प्रकाश की चाल से चलती है। वस्तुओं का ताप बढ़ानें से निकलने वाली विकिरण की मात्रा बढ़ती जाती है। उत्सर्जन वस्तु के तल की प्रकृति, क्षेत्रफल, ताप आदि पर निर्भर करती है। चमकदार व श्वेत तल से ऊष्मीय विकिरण का उत्सर्जन बहुत कम तथा काले व खुरदरें तलों से ऊष्मीय विकिरण का उत्सर्जन अधिक होता है। जो पिण्ड अपने सतह से सभी प्रकार के ऊष्मीय विकिरण का पूर्णतया उत्सर्जन करता है, उसे कृष्णिका (Black Body) कहते हैं।

अवशोषण—पिण्ड द्वारा ऊष्मीय विकिरण के अवशोषित होने की क्रिया को अवशोषण तथा इस प्रकार के पिण्ड को अवशोषक कहते हैं। पिण्ड पृष्ठ पर गिरने वाले सम्पूर्ण विकिरण को अवशोषित नही करता है अत: विकिरण अवशोषित करने की क्षमता के आधार पर पिण्डों को दो वर्गों में बांटा गया है।

वे पिण्ड जो अधिकतर ऊष्मीय विकिरण को परावर्तित कर देते हैं अच्छे परावर्तक तथा बुरे अवशोषक होते हैं सफेद व चिकनी सतह के पिण्ड।

वे पिण्ड जो अपने ऊपर आपतित विकिरण का अधिकतर भाग अवशोषित कर लेते हैं अच्छे अवशोषक तथा बुरे परावर्तक कहलाते हैं। जैसे काली व खुरदरी सतह के पिण्ड।

दैनिक जीवन में बहुत से उदाहरण है—जैसे—गर्मी में सफेद व ठण्डी में रंगीन कपड़ें पहनना (धूप से बचने हेतु सफेद छातों का प्रयोग, खाना पकाने वाले बर्तनों की निचली सतह काली व खुरदरी बनाना, पालिश किये जूतों से कम गर्मी लगना, पहाड़ों पर गर्मी का मौसम सुहावना होना।

किरचॉफ का नियम—जो पिण्ड किसी ताप पर अधिक ऊष्मा का उत्सर्जन करते हैं वहीं कम ताप पर ऊष्मा का अच्छा शोषण भी करते हैं तथा अच्छे अवशोषक अच्छे उत्सर्जक भी होते हैं इसके विपरीत बुरे अवशोषक, बुरे उत्सर्जक होते हैं।

न्यूटन का शीतलन का नियम—किसी वस्तु के ठण्डे होने की दर वस्तु तथा उसके चारों ओर के माध्यम के तापान्तर के अनुक्रमानुपाती होती है। वस्तु जैसे ठण्डी होती जाती है उसके ठण्डें होने की दर कम होती जाती है।

थर्मस फ्लास्क—वस्तुओं को देर तक ठंड़ा या गर्म रखने के लिए एक विशेष प्रकार की बोतल का प्रयोग किया जाता है जिसे थर्मस फ्लास्क कहते हैं। इसका आविष्कार डिवार (Dewar) ने किया था। थर्मस में चालन, संवहन, विकिरण वाष्पन आदि सभी प्रकार से ऊष्मा का आना जाना बन्द हो जाता है।

ग्रीन हाउस प्रभाव—काँच या पारदर्शी प्लास्टिक ही चादरों से निर्मित प्रकोष्ठ, जिसमें प्रकाश एवं ऊष्मा प्रवेश तो कर जाती है परन्तु ऊष्मा बाहर नहीं निकल पाती और प्रकोष्ठ का तापमान बाहर के तापमान से अधिक बना रहता है। ऐसे प्रकोष्ठ को ग्रीन हाउस कहते हैं। प्रकोष्ठ के अन्दर ऊष्मा के संकेद्रण के प्रभाव से तापवृद्धि की घटना को ग्रीन हाउस प्रभाव कहते हैं।

कार्बन डाई ऑक्साइड, मिथने, क्लोरो फ्लोरो कार्बन, जलवाष्प, नाइट्रस ऑक्साइड आदि ऊष्मारोधी गैसें पृथ्वी के चारों ओर आच्छादित होकर ऊष्मारोधी घेरा बनाती हैं इन गैसों से होकर सौर विकिरण पृथ्वी पर आ तो जाते हैं लेकिन ये गैंसे विकिरण से उत्पन्न ऊष्मा को वापस अंतरिक्ष में जाने से रोक देती हैं जिससे वायुमण्डल में निरन्तर वृद्धि होती जा रही है। इसे ही वैंश्विक ग्रीन हाउस प्रभाव कहा जाता है। इसमें वर्तमान में विभिन्न गैसों का योगदान क्रमश—CO_2-55%, CFC-24%, CH_4-15%, N_2O 6% तथा शेष अन्य का प्रभाव है। ऐसा अनुमान है कि यदि पृथ्वी के तापमान में 3.5°C की वृद्धि हो जाए तो ध्रुवीय बर्फ पिघलनें से बहुत से तटीय नगर डूब जायेगें और कुछ द्वीपीय राष्ट्रों का अस्तित्व ही समाप्त हो जायेगा।

विशिष्ट ऊष्मा—कसी पदार्थ के एक ग्राम संहति का द्रव्यमान लेकर इसका ताप एक डिग्री सेंण्टीग्रेड बढ़ानें के लिए पदार्थ को दी गई ऊष्मा को पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं। यदि समान संहति के विभिन्न पदार्थों को लिया जाए, जिनका प्रारम्भिक ताप समान है तो एक निश्चित ताप तक गर्म करने के लिए विभिन्न मात्राओं में ऊष्मा की आवश्यकता होती है। विभिन्न पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा भिन्न भिन्न होती है:

तालिका 3.5: विभिन्न पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा

पदार्थ	विशिष्ट ऊष्मा	पदार्थ	विशिष्ट ऊष्मा
पानी	1.0	बालू	0.20
एल्कोहल	0.60	कार्बन	0.17
बर्फ	0.50	लोहा	0.11
तारपीन	0.42	जिंक	0.093
मैग्नीशियम	0.25	पीतल	0.090
एल्युमिनियम	0.21	सीसा	0.030
संगमरमर	0.21		

सभी द्रवों एवं ठोसों की अपेक्षा पानी की विशिष्ट ऊष्मा अधिक होती हैं अर्थात् विभिन्न पदार्थों की समान संहति के ताप में समान वृद्धि की जाये तो पानी को सबसे अधिक ऊष्मा की आवश्यकता होगी और यदि समान ताप तक ठण्डा किया जाए तो सबसे अधिक ऊष्मा की प्राप्ति होगी। इसी लिए ठण्डी में कमरे को गर्म करने हेतु पाइपों में गर्म पानी की आपूर्ति की जाती है और सिकाई की बोतल में भी पानी भरी जाती है। यदि पानी की विशिष्ट ऊष्मा कम होती तो समुद्र का जल शीध्र ही वाष्प बन कर उड़ जाता। समुद्र तटीय क्षेत्रों के मौसम का सुहावना होना भी पानी की विशिष्ट ऊष्मा के कारण ही होता हैं

गुप्त ऊष्मा—जब पदार्थ की अवस्था मे परिवर्तन होता है तो उसका ताप स्थिर रहता है। अवस्था परिवर्तन के समय स्थिर ताप पर पदार्थ के निश्चित द्रव्यमान को दी गई आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को गुप्त ऊष्मा कहते हैं।

1 किग्रा बर्फ को 0°C से पिघलकर 0°C के जल में परिवर्तित होने के लिए 80 किलोकैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है इसे ही बर्फ की

गुप्त ऊष्मा कहते हैं। इसी प्रकार 1 किग्रा जल को 100°C से 100°C की भाप मे परिवर्तित होने के लिए 540 किलोकैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। इन्हीं कारणों से ठण्डे पेय को 0°C के पानी में रखकर बई से ढ़क देने से वे अधिक ठण्डे होते क्योंकि एक ग्राम बर्फ पानी में परिवर्तित होते समय 336 जूल ऊष्मा अवशोषित करता है। इसी प्रकार 100°C के जल की अपेक्षा 100°C के भाप से जलने पर अधिक जलन होती है क्योंकि भाप में जल की अपेक्षा अधिक गुप्त ऊष्मा होती है

गलन तथा गलनाँक—ठोस अवस्था से पदार्थ के द्रव अवस्था में परिवर्तन को गलन कहते हैं। वह ताप जिस पर पदार्थ ठोस अवस्था से द्रव अवस्था में परिवर्तित होता है ठोस का गलनाँक कहलाता है। साधारणत: पिघलने पर पदार्थ का प्रसार होता है। व जमने पर संकुचित होता है परन्तु, बर्फ, ढलवाँ, लोहा, विस्मार्थ इसके अपवाद हैं। वे पदार्थ जो पिघलनें पर संकुचित होते हैं उन पर दाब बढ़ानें से उनका गलनाँक कम हो जाता है जैसे—बर्फ, मोम, घी आदि वे पदार्थ जो पिघलनें पर प्रसारित होते हैं उन पर दाब बढ़ानें से उनका गलनाँक बढ़ जाता है। अपद्रव्यों को मिलाने से गलनाँक कम हो जाता है 0°C पर पिघलती बर्फ में नमक या शोर मिलाने से बर्फ का गलनाँक 0°C से—22°C तक गिर जाता है। ऐसे मिश्रण को हिम मिश्रण कहते हैं। इनका उपयोग कुल्फी एवं आइसक्रीम जमाने मे किया जाता हैं बर्फ के दो टुकडों को आपस में दबाकर दबाव हटानें पर गलनाँक कम होने के कारण दोनों आपस में चिपक जाते हैं।

वाष्पीकरण—द्रव अवस्था से वाष्प्य में परिवर्तन की प्रक्रिया को 'वाष्पीकरण' कहते हैं। यह प्रक्रिया द्रव की सतह से होता है। वाष्पीकरण में द्रव के अणु जिनकी ऊर्जा सामान्य से अधिक होती है द्रव की सतह छोड़कर चले जाते हैं जिससे द्रव का ताप गिर जाता है। वाष्पीकरण वायुमण्डल में उपस्थित वाष्प की मात्रा, द्रव सतह के क्षेत्रफल तथा द्रव के ताप पर निर्भर करता है। वायुमण्डल में जलवाष्प की मात्रा के कारण ही गीले कपड़े गर्मियों में जल्दी तथा बरसात में देर से सूखते है। सुराही के पानी का ठण्डा होना, पसीना सूखने से शरीर को ठण्डक महसूस होना, ईथर या पेट्रोल का हथेली पर रखने पर ठण्डा लगना, आदि वाष्पन के कारण ही है जो वाष्पित होने के लिए आवश्यक ऊष्मा सुराही के जल से या शरीर से प्राप्त करते हैं।

क्वथन तथा क्वथनाँक—सामान्य रूप में वाष्पन द्रव की सतह से एवं धीमी होती है परन्तु ताप बढ़ानें पर द्रव तेजी से वाष्प में परिवर्तित होने लगता है। ऐसी स्थिति जब द्रव का ताप स्थिर होकर सम्पूर्ण पृष्ठ से वाष्पीकरण की प्रक्रिया प्रारम्भ हो जाए 'क्वथन' कहलाता है और वह स्थिर ताप जिस पर क्वथन होता है क्वथनाँक कहलाता है। दाब बढ़ाने पर सामान्यतया सभी पदार्थों का क्वथनाँक बढ़ जाता है।

आपेक्षिक आर्द्रता—वायु मंडल में वायु के साथ घुली हुई जलवाष्प को आर्द्रता कहते हैं। किसी निश्चित ताप पर वायु जलवाष्प की एक निश्चित मात्रा ही ग्रहण कर सकती है वायु की इस अवस्था को संतृप्त (Saturated) अवस्था कहते हैं। यदि वायु के ताप को बढ़ा दिया जाए तो वायु को संतृप्त करने के लिए और जलवाष्प की आवश्यकता होगी। अत: किसी दिये हुए ताप पर वायु के किसी आयतन में उपस्थित जलवाष्प की मात्रा तथा उसी ताप पर, उसी आयतन की वायु को संतृप्त करने के लिए आवश्यक जलवाष्प की मात्रा के अनुपात को आपेक्षिक आद्रर्ता कहते हैं। आपेक्षिक आद्रर्ता को हाइग्रोमीटर नामक यंत्र से मापते हैं। समुद्रतटीय क्षेत्रों के वायु में वाष्प की मात्रा अधिक होने के कारण सूती कपड़ा उद्योग अधिक विकसित है क्योंकि जलवाष्प के कारण प्राप्त नमी से धागे मजबूत तथा आसानी न टूटने वाले बनते हैं। आपेक्षिक आद्रर्ता के कारण गर्मी के दिनों में वायुमण्डल में उपस्थित जलवाष्प गर्मी पाकर गर्म होती है और जलवाष्प का घनत्व घटता है। घनत्व घटने के कारण जल वाष्प हल्की होकर ऊपर उठती है। वायुमण्डल के ऊपरी भाग में दाब व तापकम होने के कारण जलवाष्प फैलती है व पानी के बूदों के रूप में तैरती है जिसे बादल कहते हैं। जब वायुमण्डलीय ताप और गिर गिर जाता है तो ये छोटी–छोटी बूँदें बड़ी बूंदों में परिवर्तित होकर पृथ्वी पर गिरने लगती हैं जिसे वर्षा कहा जाता हैं यदि वायुमण्डलीय ताप गिरकर 0°C तक पहुँच जाता है तो ये बूंदें बर्फ में परिवर्तित होकर गिरने लगती हैं जिसे हिमपात (ओलावृष्टि) कहते हैं। ठण्डक के दिनो में वायुमण्डल का ताप गिर जाने से पृथ्वी की सतह पर वायु में घुली जल वाष्प छोटी–छोटी बूँदों के रूप में धूल आदि कणों के साथ हवा में तैरती रहती है जिससे पृथ्वी के निकट का वायुमण्डल धुंधला दिखाई देता है इसे कोहरा कहते हैं। दृश्यता के आधार पर यह कई प्रकार का होता है:

हल्का कोहरा:	1100 मी. तक दृश्यता
मध्यम कोहरा:	1100 से 550 मी. तक
घना कोहरा:	550 से 330 मी. तक
अति सघन कोहरा:	330 मी. से कम दृश्यता

वातानुकूलन—सामान्यता मनुष्य के स्वास्थ्य व अनुकूल जलवायु के लिए—23°C से 25°C ताप, 60 प्रतिशत आपेक्षिक आद्रर्ता तथा .75 मी./मिनट से 2.5मी./ मिनट के बीच वायु की गति होनी चाहिए। यदि किसी स्थान की जलवायु इन परिस्थियों के अनुरूप नहीं है तो वह मनुष्य के लिए आरामदेह एवं स्वास्थ्यकर नहीं होगी। अत: जलवायु को अनुकूल बनाने के लिए बाह्य परिस्थितियों को कृत्रिम रूप से निर्धारित एवं नियंत्रित करने की प्रक्रिया को ही वातानुकूलन कहते हैं।

प्रकाश (Light)

प्रकाश—प्रकाश एक प्रकार की ऊर्जा है, जो हमारी आँखों को संवेदित करता है। प्रकाश स्रोत से निकलकर पहले वस्तु पर पड़ता है तथा इन वस्तुओं से लौटकर हमारी आँखों को संवेदित करके वस्तु की स्थिति का ज्ञान कराता है।

तारा, सूर्य एवं अन्तरिक्ष के अन्य ग्रह प्रकाश के प्राकृतिक स्रोत है। तारों में हाइड्रोजन के संलयन से उत्पन्न ऊर्जा से वे प्रकाश एवं ऊष्मा का उत्सर्जन करते है। सूर्य 4×10^{26} जूल/सेकेण्ड की दर से ऊर्जा दे रहा है और 4×10^{9} किग्रा/सेकेण्ड की दर से अपना द्रव्यमान कम कर रहा है। कुछ प्राणी (जुगनू आदि) भी प्रकाश का उत्सर्जन करते हैं ऐसे प्रकाश को जैन प्रकाश कहते हैं। माचिस, मोमबत्ती, विद्युत बल्ब आदि कृत्रिम प्रकाश के स्रोत है। प्रकाश के आधार पर वस्तुओं के निम्न प्रकार है:

1. **प्रदीप्त वस्तुएं**—वे जो स्वयं के प्रकाश से प्रकाशित हों जैसे—सूर्य, विद्युत, बल्ब आदि।
2. **अप्रदीप्त वस्तुएं**—वे वस्तुएं जिनमें स्वयं का प्रकाश नहीं होता परन्तु प्रकाश पड़ने पर दिखाई देने लगती हैं जैसे—कुर्सी, मेज, किताब आदि।
3. **पारदर्शक वस्तुएं**—जिनसे होकर प्रकाश किरणें पार निकल जाती हैं। जैसे—शीशा।
4. **अर्धपारदर्शक वस्तुएं**—ऐसी वस्तुएं जिन पर प्रकाश की किरणें पड़ने पर उनका कुछ भाग अवशोषित हो जाता है तथा कुछ भाग बाहर निकल जाता है जैसे—तेल लगा हुआ कागज।
5. **अपारदर्शक वस्तुएं**—ऐसी वस्तुएं जिनसे प्रकाश की किरणें बाहर नहीं जा पाती है जैसे धातुएं, लकड़ी आदि।

छाया—प्रकाश स्रोत के सामने किसी अपारदर्शक वस्तु को रखने से वस्तु के पीछे बनने वाली काली आकृति को छाया कहते हैं। यह प्रकाश स्रोत की आकृति पर निर्भर करता है। यदि स्रोत कोई बिन्दु स्रोत है तो बनने वाली छाया को प्रच्छाया (Umbra) और यदि वृहत् स्रोत है तो बनने वाली छाया को उपछाया (Penumbra) कहते हैं।

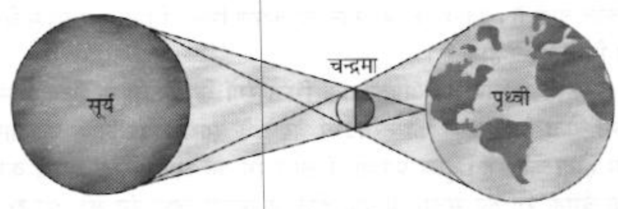
प्रकाश का संचरण—प्रकाश किरणें यद्यपि सीधी रेखा में गमन करती है फिर भी अवरोधों के किनारे पर कुछ मुड़ती अवष्य है तरंगदैर्ध्य अत्यंत छोटी होने के कारण महसूस बहुत कम होती है। प्रकाश का अवरोधों के किनारे मुड़ने की घटना को प्रकाश का विवर्तन (Diffraction) कहते हैं।

प्रकाश की चाल—भिन्न-भिन्न माध्यमों में प्रकाश की चाल भिन्न-भिन्न होती है। वायु तथा निर्वात में प्रकाश की चाल सर्वाधिक होती है। चाल माध्यम के अपवर्तनाँक (Refractive Indexes) पर निर्भर करती है। जिस माध्यम का अपवर्तनाँक जितना अधिक होता है उसमें प्रकाश की चाल उतनी ही कम होती हैं किसी माध्यम में प्रकाश की चाल ज्ञात करने हेतु सूत्र-$u=kc/\mu$ का प्रयोग करते हैं जहाँ न प्रकाश की चाल, c प्रकाश की निर्वात में चाल तथा μ माध्यम का अपवर्तनाँक है। पृथ्वी तक आने में सूर्य के प्रकाश को लगभग 8 मिनट 16 सेकेंड या मिनट लगते हैं।

तालिका 3.6: विभिन्न माध्यमों में प्रकाश की चाल

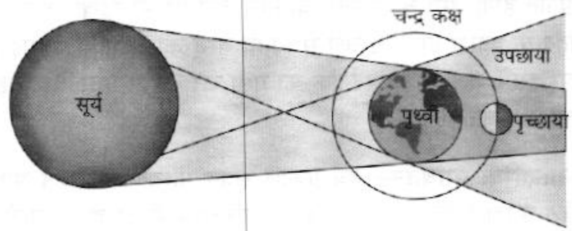
माध्यम	प्रकाश की चाल (मी./सेकेण्ड)
निर्वात	3.00×10^8
पानी	2.25×10^8
काँच	2.00×10^8
तारपीन तेल में	2.04×10^8
नाइलोन	1.96×10^8

सूर्यग्रहण—जब चन्द्रमा, सूर्य तथा पृथ्वी के बीच आ जाती है तो सूर्य का प्रकाश पृथ्वी तक नहीं पहुँच पाता हैं इस स्थिति को सूर्य ग्रहण कहते हैं। यह अमावस्या तिथि को ही हो सकता है।



चित्र 3.2: सूर्य ग्रहण

चन्द्र ग्रहण—जब पृथ्वी, सूर्य तथा चन्द्रमा के बीच आ जाती है तब सूर्य से निकलने वाला प्रकाश चन्द्रमा पर नहीं पड़ता है ऐसी स्थिति चन्द्रग्रहण कहलाती है। यह पूर्णिमा को ही हो सकता है।



चित्र 3.3: चन्द्र ग्रहण

प्रकाश का परावर्तन—जब प्रकाश किसी चिकने या चमकदार पृष्ठ पर पड़ता है तो इसक अधिकांश भाग विभिन्न दिशाओं में वापस लौट जाता है इस प्रकाश किसी पृष्ठ से टकराकर प्रकाश के वापस लौटने की घटना को प्रकाश का परावर्तन कहते हैं यदि पृष्ठ अपारदर्शक है तो इसका कुछ भाग अवशोषित हो जाता है यदि पारदर्शक है तो कुछ भाग पृष्ठ के पार निकल जाता है। चिकने व चमकदार पॉलिश किये सतह अधिकांश प्रकाश को परावर्तित कर देते हैं। समतल दर्पण प्रकाश का सबसे अच्छा परावर्तक होता है। परावर्तक पृष्ठ के लम्बवत् सीधी रेखा को अभिलम्ब तथा जो किरण परावर्तक तल पर आकर गिरती है उसे आपाती किरण एवं जो किरण परावर्तन के पश्चात् वापस लौट जाती है उसे परावर्तित किरण कहते हैं। आपाती किरण व अभिलम्ब के बीच के कोण को आपतन कोण एवं अभिलम्ब एवं परावर्तित किरण के बीच के कोण को परावर्तन कोण कहते हैं।

प्रकाश का परावर्तन दो नियमों पर आधारित होता है:

1. आपाती किरण, परावर्तित किरण व अभिलम्ब एक ही तल में होते हैं।
2. आपतन कोण, परावर्तन कोण के बराबर होता है।

प्रकाश का अपवर्तन—प्रकाश का एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करते समय, दूसरे माध्यम की सीमा पर अपने रेखीय पथ से विचलित होने की घटना का प्रकाश का अपवर्तन कहते हैं।

जब प्रकाश की किरण विरल माध्यम से सधान माध्यम में प्रवेश करती है तो किरण साधन माध्यम के पृष्ठ से अभिलम्ब की ओर मुड़ जाती है। जब किरण साधन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करती है तो विरल माध्यम के पृष्ठ से ही अभिलम्ब से दूर हट जाती है। लेकिन जो किरण लम्बवत् किसी भी माध्यम में प्रवेश करती है वह किसी भी तरफ न झुककर सीधे

निकल जाती है। प्रकाश के अपवर्तन का कारण भिन्न-भिन्न माध्यमों में वेग का भिन्न भिन्न होना है।

किसी माध्यम का अपवर्तनांक भिन्न रंगों के प्रकाश के लिए भिन्न भिन्न होता है। प्रकाश की तरंगदैर्ध्य बढ़ने के साथ अपवर्तनांक का मान कम होता जाता है। दृश्य प्रकाश में लाल रंग का अपवर्तनांक सबसे कम तथा बैगनी रंग का सबसे अधिक होता है कारण लाल रंग की तरंगदैर्ध्य सबसे अधिक व बैंगनी रंग की सबसे कम होती है। ताप बढ़ने के साथ अपवर्तनांक का मान कम होता जाता हैं अपवर्तन की क्रिया में प्रकाश की चाल, तरंगदैर्ध्य तथा तीव्रता बदल जाती है परन्तु आवृत्ति नहीं बदलती है। अपवर्तन के कारण ही पानी में डूबी हुई कोई लकड़ी या चम्मच बाहर से देखने पर टेढ़ी दिखती है। रात्रि में तारों का टिमटिमाना, तालाब की गहराई कम प्रतीत होना, सूर्य का क्षितिज के नीचे होने पर भी दिखाई देना आदि अपवर्तन के कारण होते हैं। जल में किसी वस्तु की आभासी गहराई ज्ञात होने पर इसमें जल के अपवर्तनांक का गुणा कर देने से वास्तविक गहराई का पता चल जाता है।

पूर्ण आन्तरिक परावर्तन—जब प्रकाश सघन माध्यम से विरल माध्यम से प्रवेश करता है तो अपवर्तित किरण अभिलम्ब से दूर हटती जाती है। जैसे आपतन कोण का मान बढ़ाने जाते हैं अपवर्तित किरण अभिलम्ब से दूर हटती जाती है एक स्थिति ऐसी आती है जब आपतन कोण के लिए अपवर्तन कोण का मान 90^o हो जाता है। ऐसी स्थिति जिसमें अपवर्तित कोण का मान 90^o हो वह आपतन कोण क्रान्तिक कोण कहलाता है। जब आपतित कोण को क्रान्तिक कोण से और बड़ा कर दिया जाता है तो किरण पुनः उसी माध्यम में लौट जाती है जिस माध्यम से चली थी इसी घटना को प्रकाश का पूर्ण आन्तरिक परावर्तन कहते हैं। इसके बहुत से उदाहरण हैं जैसे—हीरे का चमकना, गर्म व ठण्डे प्रदेशों में मरीचिका (Looming) का दिखायी देना, टूटे कांच का अधिक चमकना, आंशिक जल से भरी परखनली को जल में डुबाने पर चांदी की तरह चमकना आदि है।

मेडिकल, प्रकाशीय सिग्नल के संचरण, विद्युत सिग्नलों को भेजने व प्राप्त करने में ऑप्टिकल फाइबर का उपयोग होता है जो पूर्ण आन्तरिक परावर्तन के सिद्धान्त पर कार्य करता है।

प्रतिबिम्ब—जब कोई वस्तु दर्पण के सामने रखी जाती है तो वस्तु से चलने वाली प्रकाश किरणें दर्पण के तल से परावर्तित होकर दर्शक की आंखों पर पड़ती हैं जिससे दर्शक को वस्तु की आकृति दिखाई देती है इस आकृति को ही वस्तु का प्रतिबिम्ब कहते हैं।

किसी स्रोत से चलने वाली प्रकाश किरणें किसी तल से परावर्तन या अपवर्तन के पश्चात् जिस बिन्दु पर मिलती है वह बिंदु स्रोत का वास्तविक प्रतिबिम्ब कहलाता है तथा प्रकाश किरणें परावर्तन या अपवर्तन के पश्चात् जिस बिंदु से फैलती हुई प्रतीत हो वह बिन्दु स्रोत का आभासी प्रतिबिम्ब कहलाता है। आभासी प्रतिबिम्ब को परदे पर नहीं लिया जा सकता है जब कि वास्तविक प्रतिबिम्ब को पर्दे पर लिया जा सकता है।

समतल दर्पण से बना वस्तु का प्रतिबिम्ब दर्पण के पीछे उतनी ही दूरी पर बनता है जितनी दूरी पर वस्तु दर्पण के सामने रखी होती है। दर्पण में बने प्रतिबिम्ब में पार्श्व उम्क्रमण होता है अर्थात् दर्पण के सामने खड़ा व्यक्ति यदि अपना बायां हाथ उठाता है तो प्रतिबिम्ब में उसका दायां हाथ उठता दिखेगा। दर्पण में वस्तु का सम्पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए कम से कम दर्पण की लम्बाई वस्तु की आधी होनी चाहिए। दर्पण के सामने यदि कोई व्यक्ति किसी चाल से पास या दूर जाता है तो उसे अपना प्रतिबिम्ब दुगुनी चाल से पास या दूर जाता है तो उसे अपना प्रतिबिम्ब दुगुनी चाल से पास या दूर प्रतीत होगा।

यदि किसी कोण पर झुके हुए दो समतल दर्पणों के बीच कोई वस्तु रख दे तो उस वस्तु के कई प्रतिबिम्ब दिखाई पड़ते है। प्रतिबिम्बों की संख्या दोनों दर्पणों के बीच बने कोण पर निर्भर करती है।

$$\text{प्रतिबिम्बों की संख्या} = \frac{360}{\text{दर्पणों के बीच का कोण}} - 1$$

यदि दो समतल दर्पण एक दूसरे के समानान्तर रख दिये जाए तो इनके बीच शून्य अंश का कोण बनेगा ओर दर्पणों के बीच रखी वस्तु के अनन्त प्रतिबिम्ब बनेंगे। बहुमूर्तिदर्शी (Kaleidoscope) के अन्दर दो समतल दर्पण 600 पर झुके होते हैं जिससे वस्तु के कई प्रतिबिम्ब दिखते हैं।

गोलीय दर्पण—गोलीय दर्पण किसी खोखले गोल के गोलीय पृष्ठ होते हैं। यह दो प्रकार के होते हैं—उत्तल एवं अवतल दर्पण। उभरे हुए तल वाले जिसमें पॉलिश अन्दर की ओर की जाती है उत्तल दर्पण, तथा दूसरा जिसका तल दबा होता है पॉलिश बाहरी सतह पर होती है अवतल दर्पण कहते हैं। उत्तर दर्पण में प्रकाश का परावर्तन उभरें हुए बाहरी सतह से एवं अवतल दर्पण में परावर्तन दबे हुए आरतरिक सतह से होता हैं।

गोलीय दर्पण (उत्तल या अवतल) के परावर्तक तल के मध्य बिंदु को दर्पण का ध्रुव कहते हैं।

दर्पण जिस गोले का भाग होता है उसके केन्द्र को दर्पण का वक्रता केन्द्र कहते हैं।

दर्पण के ध्रुव की वक्रता केन्द्र को मिलाने वाली रेखा को दर्पण का मुख्य अक्ष कहते हैं।

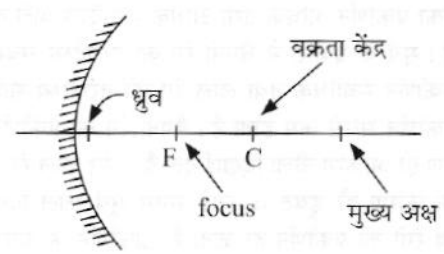
दर्पण के मुख्य अक्ष के समानान्तर आने वाली किरणें दर्पण से परावर्तन के पश्चात् जिस बिंदु पर मिलती हैं या मिलती प्रतीत होती है उस बिंदु को मुख्य फोकस (Principal Focus) कहते हैं। मुख्य फोकस तथा ध्रुव के बीच की दूरी को फोकस दूरी कहते हैं, फोकस दूरी ध्रुव व मुख्य फोकस के ठीक बीच में पड़ती है।

दर्पणों की पहचान—दर्पणों को दो विधियों से पहचानते है:

1. **स्पर्श करके**—यदि परावर्तक तल एकदम समतल है तो दर्पण समतल, यदि परावर्तक तल बीच में उभरा तो उत्तल और यदि परावर्तक जल बीच में दबा हुआ है तो दर्पण अवतल दर्पण होगा।
2. **प्रतिबिम्ब को देख करके**—यदि दर्पण में बना प्रतिबिम्ब वस्तु को दर्पण से दूर ले जाने पर छोटा होता जाता है। तो दर्पण उत्तल होगा, यदि वस्तु का प्रतिबिम्ब सीधा है व वस्तु दूर ले जाने पर बढ़ता जाता है तो दर्पण अवतल होगा और यदि प्रतिबिम्ब का आकार स्थिर रहता है तो दर्पण समतल दर्पण होगा।

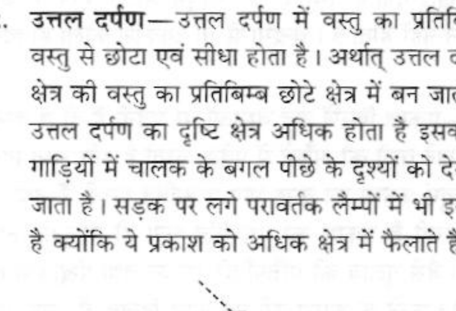
गोलीय दर्पणों के उपयोग

1. **अवतल दर्पण**—सूर्य से आती हुई किरणें दर्पण से परावर्तित होकर फोकस दूरी पर मिलती हैं इसका उपयोग कर सूर्य से प्राप्त ऊष्मा को एकत्रित करने में सोलर कुकर में किया जाता है क्योंकि इससे काफी मात्रा में ऊष्मा को एकत्रित किया जा सकता है। आकाशीय पिण्डों, तारों आदि की फोटोग्राफी करने के लिए परावर्तक दूरदर्शी में बड़े बड़े अवतल दर्पणों का उपयोग होता है। कान, नाक व गले के आंतरिक भागों की जाँच के लिए भी इसका उपयोग होता है क्योंकि यदि कोई वस्तु अवतल दर्पण के समीप उसकी फोकस दूरी से कम दूरी पर स्थिर की जाती है तो वस्तु का सीधा, आभासी व वस्तु के आकार से बड़ा प्रतिबिम्ब बनता है। सर्चलाइट तथा मोटरगाड़ियों के हेडलाइट में परवलयाकार अवतल दर्पण प्रयुक्त होता है क्योंकि इसके समीप लगे बल्ब से निकलने वाली प्रकाश किरणें दर्पण से परावर्तित होकर तीव्रता की किरणों में परिवर्तित हो जाती है।



चित्र 3.4: अभिसारी दर्पण अवतल दर्पण (Converging Mirror)

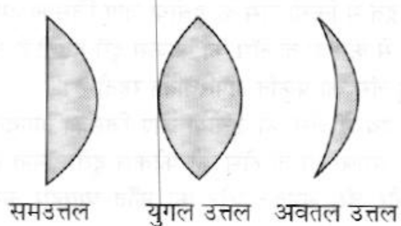
2. **उत्तल दर्पण**—उत्तल दर्पण में वस्तु का प्रतिबिम्ब आभासी एवं वस्तु से छोटा एवं सीधा होता है। अर्थात् उत्तल दर्पण में काफी बड़े क्षेत्र की वस्तु का प्रतिबिम्ब छोटे क्षेत्र में बन जाता है। स्पष्ट है कि उत्तल दर्पण का दृष्टि क्षेत्र अधिक होता है इसका उपयोग—मोटर गाड़ियों में चालक के बगल पीछे के दृश्यों को देखने के लिए किया जाता है। सड़क पर लगे परावर्तक लैम्पों में भी इसका उपयोग होता है क्योंकि ये प्रकाश को अधिक क्षेत्र में फैलाते हैं।



चित्र 3.5: अपसारी दर्पण उत्तल दर्पण (Diverging Mirror)

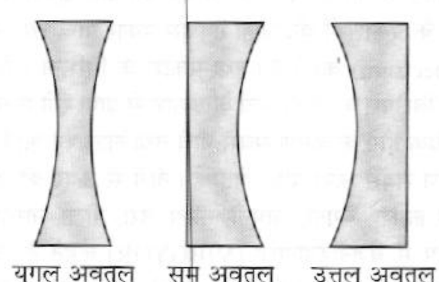
लेन्स—दो तलों से घिरा जिसके दोनों तल दो गोलों के पारदर्शक खण्ड होते हैं लेंस कहलाता है। इनका उपयोग सभी प्रकाशीय यन्त्रों जैस—कैमरा, प्रोजेक्टर्स, टेलिस्कोप एवं सूक्ष्मदर्शी आदि में किया जाता है। ये काँच (मुख्यत:) या प्लास्टिक के बने होते हैं। ये दो प्रकार के होते हैं—उत्तल लेंस एवं अवतल लेंस।

a. **उत्तल लेंस**—उत्तल लेंस बीच में मोटा तथा किनारों पर पतला होता है। उत्तल लेंस अनन्त से आने वाली किरणों को सिकोड़ता है इसीलिए इसे अभिसारी (Converging Lens) भी कहते हैं। उत्तल लेंस तीन प्रकार के होते हैं—उभयोत्तल, समतल उत्तल, अवतलोत्तल लेंस।



चित्र 3.6: उत्तल लेंस

b. **अवतल लेंस**—यह बीच में पतला एवं किनारों पर मोटा होता है। अवतल लेंस अनन्त से आने वाली किरणों को फैलाता है इसे अपसारी लेंस (Diverging Lens) भी कहते हैं। यह भी तीन प्रकार के होते हैं—उभयावत्तत, समतल अवतलत तथा उत्तलावतल लेंस।



चित्र 3.7: अवतल लेन्स

लेंस के दोनों तलों के वक्रता केंद्रों को जोड़ने वाली रेखा लेंस का मुख्य अक्ष कहलाती है। लेंसों में दो फोकस तथा दो वक्रता केन्द्र होते हैं। लेंस के द्वितीय फोकस को मुख्य फोकस भी कहते हैं। उत्तल लेंस में फोकस वास्तविक तथा अवतल लेंस में आभासी होता है। उत्तल लेंस की फोकस दूरी को धनात्मक तथा अवतल लेंस की ऋणात्मक होती है।

लेंस के मध्य में स्थित बिन्दु को लेंस का प्राकाशिक केंद्र कहते हैं। यदि लेंस के दोनें ओर का माध्यम एक समान हो तो लेंस की दोनों फोकस दूरियाँ बराबर होती है।

लेंस की क्षमता—उत्तल लेंस में जब प्रकाश किरणें मुख्य के समानान्तर चलती हुई लेंस पर आपतित होती हैं तो यह लेंस अपवर्तन के पश्चात् उन किरणों को मुख्य अक्ष की ओर मोड़ देता है तथा अवतल लेंस इन किरणों को मुख्य अक्ष से दूर हटा देता है इस प्रकार लेंस का कार्य उस पर आपतित होने वाली किरणों को मोड़ना है, इसी को लेंस की क्षमता कहते हैं। जो लेंस किरणों को जितना अधिक मोड़ता है उसकी क्षमता उतनी ही अधिक होती है। कम फोकस दूरी के लेंसो की क्षमता अधिक तथा फोकस दूरी के लेंसो की क्षमता कम होती है। लेंस की क्षमता का मात्रक डायोप्टर (Dioptre) है। उत्तल लेंस की क्षमता धनात्मक एवं अवतल लेंस की ऋणात्मक होती

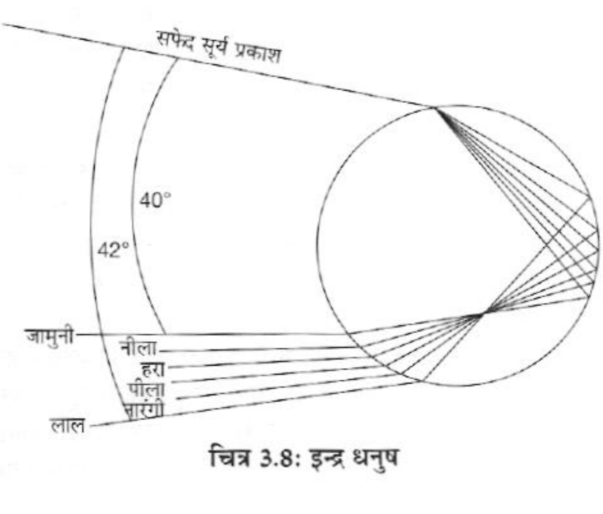
है। दो लेंसों को सटाकर रखने पर उनकी क्षमताएं जुड़ जाती है। जब समान फोकस दूरी के उत्तल व अवतल लेंसों को परस्पर मिलाया जाता है तो ये समतल काँच की भाँति व्यवहार करते हैं इनकी क्षमता शून्य एवं फोकस दूरी अनन्त होती है। लेंस को किसी द्रव में डुबोने पर लेंस की फोकस दूरी व क्षमता दोनों परिवर्तित हो जाती है।

यदि ऐसे द्रव मे किसी लेंस के डुबोया जाए जिसका अपवर्तनाँक लेंस के अपवर्तनाँक से कम हो तो लेंस की फोकस दूरी बढ़ती है और क्षमता घट जाती है। परन्तु लेंस की प्रकृति अपरिवर्तित रहती है।

यदि ऐसे द्रव में लेंस को डुबोया जाए जिसका अपवर्तनाँक लेंस के अपवर्तनाँक के बराबर हो तो लेंस की फोकस दूरी अनन्त व क्षमता शून्य हो जाती है और लेंस समतल प्लेट की भाँति व्यवहार करेगा व दिखाई नहीं देगा।

यदि ऐसे द्रव में किसी लेंस को डुबोया जाए कि जिसका अपवर्तनाँक लेंस के अपवर्तनाँक से अधिक हो तो लेंस की प्रकृति बदल जायेगी। इसी कारण पानी में डूबा हवा का बुलबुला (उत्तल प्रकृति है) अवतल लेंस की भाँति व्यवहार करता हैं क्योंकि जल का अपवर्तनाँक हवा से अधिक होता है।

प्रकाश का वर्ण विक्षेपण—सूर्य का प्रकाश जब किसी प्रिज्म से गुजरता है तब अपवर्तन के कारण प्रिज्म के आधार की आरे झुकने के साथ साथ विभिन्न रंगों के प्रकाश में बँट जाता है। इस प्रकार प्राप्त रंगों के समूह को वर्णक्रम (Spectrum) कहते हैं। तथा प्रकाश के विभिन्न रंगों में विभक्त होने की वर्ण विक्षेपण कहते हैं। सूर्य के प्रकाश से प्राप्त रंगों में बैगनी रंग का विक्षेपण अधिक होने के कारण सबसे नीचे तथा लाल रंग का विक्षेपण कम होने के कारण सबसे ऊपर प्राप्त होता है। नीचे से ऊपर की ओर विभिन्न रंगों का क्रम क्रमशः बैगनी, जामुनी, नीला, हरा, पीला, नारंगी तथा लाल है। इसे संक्षेप में बैजनीहपीनाला (VIBGYOR) कहते हैं। लालरंग की तरंगदैर्ध्य सबसे अधिक व अपवर्तनांक सबसे कम तथा वेग भी सर्वाधिक होता है। बैंगनी रंग के प्रकाश की तरंगदैर्ध्य सबसे कम व वेग भी सर्वाधिक होता है। बैगनी रंग के प्रकाश की तरंगदैर्ध्य सबसे कम व वेग भी कम होता है क्योंकि इसका अपवर्तनांक अधिक होता है। प्रकाश की तरंगदैर्ध्य को 'एंग्स्ट्राम' में मापते है। किसी पदार्थ में जैसे-जैसे प्रकाश के रंगों का अपवर्तनांक बढ़ता जाता है वैसे माध्यम में उसकी चाल कम होती जाती हैं।



चित्र 3.8: इन्द्र धनुष

इन्द्र धनुष—इन्द्र धनुष बनने का कारण परावर्तन, पूर्ण आंतरिक परावर्तन तथा अपवर्तन है। इन्द्रधनुष हमेशा सूर्य के विपरीत दिशा में दिखायी देती हैं और यह प्रातः पश्चिम में एवं सायंकाल पूर्व दिशा में ही दिखायी देती है। इन्द्र धनुष दो प्रकार की होती है—प्राथमिक एवं द्वितीयक।

जब बूदों पर आपतित सूर्य किरणों को दो बार अपर्वन तथा एक बार परावर्तन होता है तो प्राथमिक इन्द्रधनुष बनता है। इसमें लालरंग बाहर और बैगनी रंग अन्दर की ओर होता है।

जब बूदों पर आपतित सूर्य किरणों का दो बार अपवर्तन तथा दो बार परावर्तन हो तो द्वितीयक इन्द्रधनुष बनता है इसमें लालरंग अन्दर की ओर कुछ धुँधला दिखायी देता है।

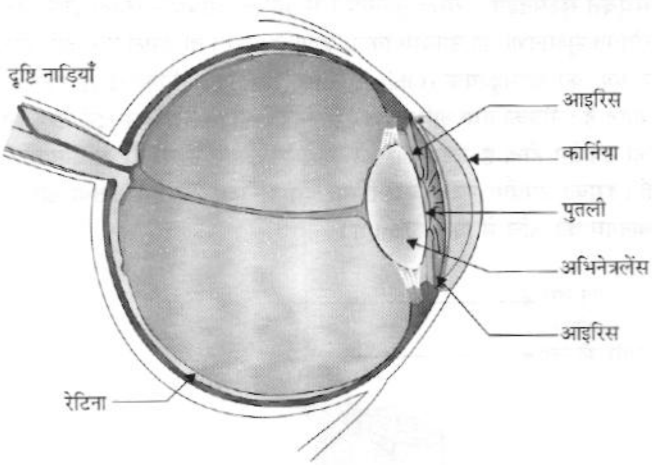
प्रकाश का प्रकीर्णन—जब सूर्य का प्रकाश वायुमण्डल से गुजरता है तो प्रकाश वायुमण्डल में उपस्थित कणों द्वारा विभिन्न दिशाओं में फैल जाता है, इसी प्रक्रिया को प्रकाश का प्रकीर्णन कहते हैं। किसी रंग का प्रकीर्णन उसकी तरंगदैर्ध्य पर निर्भर करता हैं। जिस रंग के प्रकाश की तरंगदैर्ध्य कम होती है उसका प्रकीर्णन अधिक तथा अधिक तरंगदैर्ध्य वाले का प्रकीर्णन कम होता है। सूर्य के प्रकाश में बैगनी रंग का तरंगदैर्ध्य सबसे कम होने के कारण प्रकीर्णन सर्वाधिक तथा लाल रंग की तरंगदैर्ध्य सर्वाधिक होने के कारण प्रकीर्णन सबसे कम होता है। बैगनी रंग का प्रकीर्णन सर्वाधिक होने के कारण ही आकाश नीला दिखाई देता है। ओर लाल रंग के प्रकीर्णन कम होने के कारण ही डूबते व उगते समय सूर्य लाल दिखाई देता है क्योंकि अन्य रंगों का प्रकीर्णन हो जाता है। प्रकीर्णन के कारण ही समुद्र का पानी भी नीला दिखाई देता है। अन्तरिक्ष से अन्तरिक्ष यात्रियों को आकाश काला दिखाई देता है क्योंकि वहां वायुमण्डल न होने के कारण प्रकाश का प्रकीर्णन नहीं होता है। चन्द्रमा से भी आकाश काला ही दिखाई देता हैं।

वस्तुओं का रंग—प्रकाश किरणें जब वस्तुओं पर पड़ती हैं तो वे वस्तु से परावर्तित होकर देखने वाले की आँखों में प्रवेश करती है और वस्तु दिखाई देने लगती है। वस्तुएं प्रकाश का कुछ भाग परावर्तित करती हैं तथा कुछ भाग अवशोषित करती है प्रकाश का परावर्तित भाग ही वस्तुओं का रंग निर्धारित करता हैं। जैसे गुलाब की पत्तियाँ हरे रंग को तथा पंखुड़ियाँ लाल प्रकाश को परावर्तित करने के कारण हरी एवं लाल दिखती हैं। शेष प्रकाश को अवशोषित कर लेती हैं। यदि गुलाब को हरे प्रकाश में देखा जाए तो पत्तियां हरी एवं पंखुड़ियां काली दिखाई देती है वह उस रंग के प्रकाश को परावर्तित तथा शेष रंगों के प्रकाश को अवशोषित कर लेती है।

रंगों का मिश्रण—नीले लाल एवं हरे रंगों को उपयुक्त मात्रा में मिलाकर अन्य रंगों को प्राप्त किया जा सकता है। इन्हें प्राथमिक रंग कहते हैं रंगीन टेलीविजन में इन्हीं का प्रयोग किया जाता है। पीला, मैजेंटा, पीकॉक—ब्लू को द्वितीयक रंग कहते हैं। जिन दो रंगों को परस्पर मिलाने से सफेद प्रकाश उत्पन्न होता है उन्हें पूरक रंग (Complementary Colour) कहते हैं।

आँख—शरीर का महत्वपूर्ण अंग एक कैमरे की तरह कार्य करता है। बाहरी भाग दृढ़पटल नामक कठोर अपारदर्शी झिल्ली से ढ़की रहती है। दृढ़पटल के पीछे उभरा हुआ भाग कार्निया कहलाता है। (नेत्रदान में कार्निया ही निकाली जाती है।) कार्निया के पीछे नेत्रोद (Aqueous Humour) नामक

पारदर्शी द्रव भरा होता है। कार्निया के पीछे स्थित पर्दा आइरिस आँख में प्रवेश करने वाले प्रकाश को नियंत्रित करता है जो कम प्रकाश में फैल एवं अधिक प्रकाश में सिकुड़ जाता है। इसी लिए बाहर से कम प्रकाश वाले कमरे में प्रवेश करने पर कुछ देर तक हमें कम दिखाई देता है। पुतली के पीछे स्थित लेंस द्वारा वस्तु का उल्टा, छोटा तथा वास्तविक प्रतिबिम्ब रेटिना पर बनता है। आँख में स्थित पेशियाँ लेंस पर दबाव डाल कर पृष्ठ की वक्रता को घटाती बढ़ाती रहती हैं जिससे फोकस दूरी भी कम ज़्यादा होती रहती है। रंजितपटल (Choroid) प्रकाश का अवशोषण कर लेता है और प्रकाश का परावर्तन नहीं हो पाता है। किसी वस्तु से चलने वाली प्रकाश किरणें कार्निया तथा नेत्रोद से गुजरने के पश्चात् लेंस पर पड़ती हैं लेंस से अपवर्तित होकर काँचाभ द्रव से होती हुई रेटिना पर पड़ती हैं रेटिना पर वस्तु का उल्टा एवं वास्तविक प्रतिबिम्ब बनता है। प्रतिबिम्ब बनने का संदेश दृश्य तंलिकाओं द्वारा मस्तिष्क तक पहुँचता है और वस्तु दर्शक को दिखायी देने लगती है।

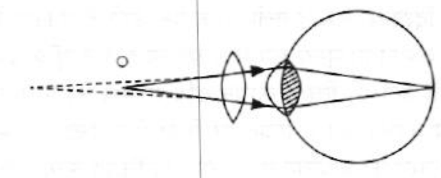


चित्र 3.9: आँख की संरचना

आँख की समंजन क्षमता—स्पष्ट देखने के लिए आवश्यक है कि वस्तु से चलने वाली किरणें रेटिना पर ही केन्द्रित हो, किरणों के आगे पीछे केन्द्रित होने पर वस्तु दिखायी नहीं देगी। वस्तु को धीरे-धीरे आँख के समीप लायें व फोकस दूरी को उतनी ही रखें तो वस्तु से चलने वाली किरणें रेटिना के पीछे फोकस होने लगेगी और वस्तु दिखायी नहीं देगी। वस्तु को ज्यों ज्यों आँख के पाए लाते है पक्षाभिकीय पेशियाँ, लेंस की फोकस दूरी को कम करके, ऐसे समायोजित कर देती हैं कि वस्तु का प्रतिबिम्ब रेटिना पर ही बनता रहे। इस प्रकार आँख की पेशियों द्वारा नेत्र की फोकस दूरी के समायोजन के गुण को 'नेत्र की समंजन क्षमता' कहते हैं।

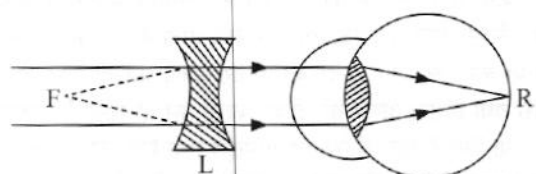
नेत्र के सामने की वह निकटतम दूरी जहाँ पर रखी वस्तु नेत्र को स्पष्ट दिखायी देती है नेत्र की स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी कहलाती है सामान्य आँख के लिए यह 25 सेमी होती है। इसे आँख का निकट बिन्दु कहते हैं। निकट बिन्दु की तरह दूर बिन्दु भी होता है सामान्य आँख के लिए यह अनन्त होती है। मनुष्य की आँख का विस्तार 25 सेमी से लेकर अनन्त तक होता है।

निकट दृष्टि दोष—इसमें व्यक्ति को दूर की वस्तुएं तो स्पष्ट दिखाई देती है किंतु एक निश्चित दूरी से अधिक दूरी की वस्तुए स्पष्ट नहीं दिखती इसमें वस्तु का प्रतिबिम्ब आँख के रेटिना पर कुछ आगे बन जाता है। इसके निवारण हेतु अवतल लेंस का प्रयोग किया जाता है क्योंकि अवतल लेंस किरणों को फैलाकर रेटिना पर केन्द्रित कर देता है।



चित्र 3.10: निकट दृष्टि दोष

दूर दृष्टि दोष—इसमें व्यक्ति को दूर की वस्तुएं तो स्पष्ट दिखायी देती हैं परन्तु पास की वस्तुएं नहीं दिखायी देती हैं इसमें प्रतिबिम्ब रेटिना पर न बनकर कुछ पीछे बनने लगता है। इसके निवारणार्थ उत्तल लेंस का प्रयोग किया जाता है क्योंकि उत्तल लेंस किरणों को सिकोड़ कर रेटिना पर केन्द्रित कर देता है।



चित्र 3.11: दूर दृष्टि दोष

प्रकाश का विवर्तन—प्रकाश के अवरोधों के किनारों पर मुड़नें की घटना को प्रकाश का विवर्तन कहते हैं। विवर्तन के कारण अवरोध की छाया के किनारे तीक्ष्ण नहीं होते। इसी कारण दूरदर्शी में तारो की प्रतिबिम्ब तीक्ष्ण बिन्दुओं के रूप में न दिखायी देकर अस्पष्ट धब्बों के रूप में दिखायी देते हैं। प्रकाश का विवर्तन अवरोध के आकार पर निर्भर करता हैं यदि अवरोध का आकार प्रकाश की तरंगदैर्ध्य की कोटि का है तो विवर्तन स्पष्ट होता है यदि अवरोध का आकार प्रकाश की तरंगदैर्ध्य की तुलना में बहुत बड़ा है तो विवर्तन उपेक्षणीय होगा। विवर्तन प्रकाश के तरंग प्रकृति की पुष्टि करता है। ध्वनि तरंगें अवरोधों से आसानी से मुड़ जाती हैं और श्रोता तक पहुँच जाती है।

प्रकाश तरंगों का व्यतिकरण—जब समान आवृत्ति व समान आयाम की दो प्रकाश तरंगे तो मूलत: एक ही प्रकाश स्रोत से एक ही दिशा में संचरित होती हैं तो माध्यम के कुछ बिन्दुओं पर प्रकाश की तीव्रता अधिकतम व कुछ बिन्दुओं पर तीव्रता न्यूनतम पायी जाती है। इस घटना को ही प्रकाश तरंगों का व्यतिकरण कहते हैं। जिन बिन्दुओं पर प्रकाश की तीव्रता अधिकतम होती है वहाँ हुए व्यतिकरण को संयोजी व्यतिकरण (Constructive Interference) तथा जिन बिन्दुओं पर तीव्रता न्यूनतम होती है वहाँ हुए व्यतिकरण को विनाशी व्यतिकरण (Destructive Interference) कहते हैं। दो स्वतंत्र स्रोतों से निकले प्रकाश तरंगों में व्यतिकरण की घटना नहीं होती है। जल की सतह पर फैले मिट्टी के तेल तथा साबुन के बुलबुलों का रंगीन दिखाई देना व्यतिकरण का उदाहरण है।

व्यतिकरण में शून्य तीव्रता वाले स्थानों की ऊर्जा नष्ट नहीं होती बल्कि जितनी ऊर्जा नष्ट होती है उतनी ही ऊर्जा अधिकतम तीव्रता वाले स्थानों पर प्रकट हो जाती है।

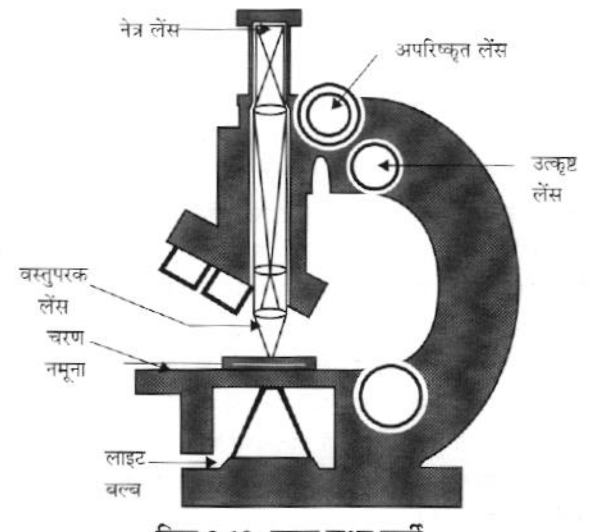
प्रकाश तरंगों का ध्रुवण—प्रकाश तरंगें एक प्रकार की विद्युत चुम्बकीय तरंगे हैं जिनमें विद्युत व चुम्बकीय क्षेत्र एक दूसरे के लम्वत् होते हैं व तरंगें के सचरण की दिशा के लम्वत् तलों में कम्पन करते हैं प्रकाश के संचरण के लिए विद्युत कम्पन ही मुख्य रूप में उत्तरदायी होते हैं चूँकि प्रकाश तरंगें अनुप्रस्थ तरंगें हैं अत: ये विद्युत कम्पन तरंग संचरण की दिशा के लम्वत् होते हैं। जब ये कम्पन तल में स्थित हर दिशा में यादृच्छ रूप से वितरित होते हैं तो ऐसी तरंग को अध्रुवित तरंग और यदि विद्युत कम्पन तल में सभी दिशाओं में समान रूप से वितरित न होकर एक ही दिशा में ही तो प्रकाश तरंगों को ध्रुवित तरंगे कहते हैं।

नाइट्रो सेलुलोज तथा हरपेथाइट के मिश्रण से बने फिल्म को काँच की दो प्लेटों के बीच रखकर पोलराइड का निर्माण कर ध्रुवित उत्पन्न किया जाता है। इसका उपयोग परावर्तित प्रकाश की चकाचौंध से बचने तथा लिविमीप सिनेमा को देखने के लिए भी इनका उपयोग होता है।

कैमरा—कैमरे में उत्तल लेंस की सहायता से वास्तविक प्रतिबिम्ब प्राप्त किया जाता है। कैमरा धातु का प्रकाशरोधी बक्सा होता है। आपतित किरण को अवशोषित करने के लिए अन्दर की दीवार काली कर दी जाती हे। अगले भाग लेंस तथा पिछले अन्दर की दीवार काली कर दी जाती है। अगले भाग में लेंस तथा पिछलें भाग में सिल्वर ब्रोमाइड तथा टिन की पतली पर्त चढ़ी सेलूलाइड लगी होती है। लेंस के ठीक जिलेटिन लगे पर्दे को डायफ्राम कहते हैं डायफ्राम के छेद को आवश्यकतानुसार छोटा या बड़ा कर सकते है। लेंस के पीछे लगा कपाट खुलने से प्रकाश (1/10 से 1/50 सेंकेण्ड तक) फिल्म पर डाला जाता है। फिल्म पर प्रकाश पड़ता है उसे उद्भासन काल (Exposure Time) कहते हैं यह प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर करता है। फिल्म को जल में धोकर, धुली फिल्म को सोडियम थायोसल्फेट (हाइपो) के जलीय घोल में डाल दिया जाता है। इसे पुन: धो व सुखाकर निगेटिव प्राप्त कर कर लेते है। जिससे वास्तविक प्रतिबिम्ब कागज पर प्राप्त कर लेते हैं। निगेटिव में सफेद भाग काले व काले भाग सफेद दिखाई देते हैं।

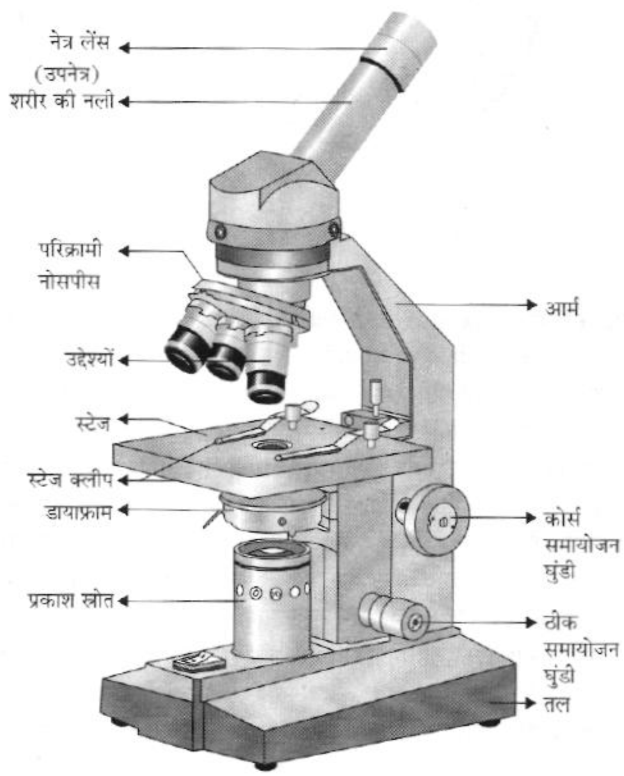
दर्शन कोण—वस्तु ऑख पर जितना कोण बनाती है, उसे दर्शन कोण कहते हैं वस्तु का आकार इसी पर निर्भर करता है। दर्शन कोण बड़ा होने पर वस्तु बड़ी तथा छोटा होने पर छोटी दिखाई देगी। दूरदर्शी व सूक्ष्म दर्शी द्वारा दर्शन कोण बढ़ाकर वस्तु का आभासी आकार बढ़या जा सकता है।

सरल सूक्ष्मदर्शी—यह ऐसा यंत्र है जिसकी सहायता से सूक्ष्म वस्तुओं को देख सकते हैं। इसमें छोटी फोकस दूरी का उत्तल लेंस लगा होता है। जब कोई वस्तु इसमें लगे लेंस के सामने इसकी फोकस दूरी से कम दूरी पर रखते है तब वस्तु का आभासी, सीधा व बड़ा प्रतिबिम्ब दिखाई देता है। इसका उपयोग जीवाणुओं को देखने, फिंगरप्रिंट की जाँच व छोटे पैमाने को पढने में किया जाता है। अति सूक्ष्म कणों को देखने के लिए एलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी का उ़पयोग होता है। जिसमें प्रकाश किरणें के स्थान पर एलेक्ट्रॉन पुंजों का प्रयोग होता है। यह साधारण सूक्ष्मर्शी की अपेक्षा वस्तुओं का आकार 5000 गुना बड़ा दिखाती है।



चित्र 3.12: सरल सूक्ष्म दर्शी

संयुक्त सूक्ष्मदर्शी—सरल सूक्ष्मदर्शी से अधिक आवर्धक क्षमता प्राप्ति हेतु संयुक्त सूक्ष्मदर्शी का उपयोग किया जाता है। इसमें दो उत्तल लेंस लगे होते हैं एक को अभिदृश्यक (Objective) व दूसरे को नेत्रिका (Eye Piece) कहते हैं। नेत्रिका तथा अभिदृश्यक में जितनी ही कम फोकस दूरी के लेंसों का उपयोग होता है सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता उतनी ही अधिक होती है। इसका उपयोग सूक्ष्म वनस्पतियों एवं जन्तुओं को देखने तथा खून व बलगम की जाँच में किया जाता है।



चित्र 3.13: सयुक्त सूक्ष्यदर्शी

दूरदर्शी—इसका उपयोग आकाशीय पिण्डों चन्द्रमा, तारों एवं अन्य ग्रहों आदि को देखने में किया जाता है। इसमें दो उत्तल लेंस एक अभिदृश्यक पर एवं दूसरा नेत्रिका पर लगे होते हैं। अभिदृश्यक लेंस एक बेलनाकार नली के एक किनारे पर तथा नेत्रिका लेंस नली के दूसरे किनारे पर लगा होता है। बड़े लेंसों के निर्माण में कठिनाई को दृष्टिगम करके परावर्तक दूरदर्शी बनाया जा रहा है जिसमें अवतल दर्पण का प्रयोग परावर्तक तल के रूप में होता है। कुछ दूरदृश्यों में परवलयाकार दर्पण का भी प्रयोग हो रहा है।

विद्युत (Electricity)

कॉच की छड़ को रेशम से या एबोनाइट की छड़ को बिल्ली की खाल से रगड़ने पर इनमें कागज के छोटे टुकड़ों को आकर्षित करने का गुण आ जाता है। पदार्थों में यह गुण विद्युतमयता (Electric Field) के कारण आता है। वह कारण जिससे कोई पदार्थ विद्युतमय हो जाता विद्युत कहलाता है। पदार्थों में घर्षण से जो आवेश की मात्रा संचित होती है उसे स्थिर विद्युत कहते हैं। वह आवेश जो किसी चालक पदार्थ में प्रवाहित होता है उसे विद्युत धारा कहते हैं।

आवेश—सर्वप्रथम बेंजामिन फ्रेंकलिन ने धनात्मक व ऋणात्मक आवेश नाम दिया। वह आवेश जो कॉच को रेशम से रगड़ने पर छड़ पर संचित होता है धानावेश तथा जो आवेश एबोनाइट पर बिल्ली की खाल से रगड़ने पर संचित होता है ऋणावेश कहा गया। वस्तुओं में आवेश एलेक्ट्रॉनों के स्थानान्तरण से आता है इसमें प्रोटान आग नहीं लेते है। जब किसी वस्तु पर एलेक्ट्रॉनों की कमी होती है तो उस धनावेश और जब एलेक्ट्रॉनों की अधिकता होती है जो उस पर ऋण आवेश आता है।

चालक, अचालक व अर्द्ध चालक—ऐसे पदार्थ जिनसे विद्युत आवेश प्रवाहित होते हैं चालक कहलाते है जैस—अधिकांश धातुएं, अम्ल, क्षार व लवणों का जलीय विलयन, मानव शरीर आदि। ऐसे पदार्थ जिनसे आवेश प्रवाहित नहीं होता है अचालक कहलाते है जैसे—रबर, लकड़ी, अभ्रक शुद्ध आसुत जल आदि। कुछ पदार्थ सामान्य अवस्था में आवेशों के अचालक होते हैं इनका ताप बढ़ाने या कुछ अशुद्धियां मिलाने पर इनसे आवेश प्रवाहित होने लगता है अर्द्धचालक कहलाते हैं जैसे कार्बन, जर्मेनियत, सिलिकॉन आदि। चालक पदार्थों में मुक्त एलेक्ट्रॉन होते हैं जबकि आचालकों में इनकी अनुपस्थिति होती है और अर्द्धचालकों में ताप बढ़ा कर या अशुद्धियां मिलाकर मुक्त एलेक्ट्रॉनों को प्राप्त किया जा सकता है। पदार्थ की चालकता या अचालकता इन्हीं मुक्त एलेक्ट्रॉनों पर निर्भर करती है।

किसी खोखले गोल चालक पर सम्पूर्ण आवेश उसके बाहरी पृष्ठ पर ही होता है कि बन्द कार पर बिजली गिरने पर अन्दर बैठे यात्री सुरक्षित रहतें हैं। इसी प्रकार चालक के नुकीले भाग पर भी आवेश का धनत्व सर्वाधिक होता है।

तड़ित चालक—इसका प्रयोग भवनों की सुरक्षा हेतु किया जाता है। इसका ऊपरी नुकीला सीरा बादलों से प्राप्त आवेश को ग्रहण कर पृथ्वी में भेजकर भवनों को सुरक्षित कर देता है।

विद्युत धारा—आवेश के प्रवाह को विद्युत धारा कहते हैं। ठोस चालकों में विद्युत धारा का प्रवाह एलेक्ट्रॉनों के स्थानान्तरण के कारण, जबकि द्रवों में व गैसों में आयनों की गति के कारण होता है। विद्युत धारा की दिशा धनावेश के गति की ओर तथा ऋणावेश के गति की विपरीत दिशा में मानी जाती है। विद्युतधारा का मात्रक एम्पियर है। जब किसी परिपथ में धारा एक ही दिशा में बहती तो उसे दिष्ट धारा (Direct Current) और यदि धारा की दिशा लगातार बदलती है तो उसे प्रत्यावर्ती धारा (Alternative Current) कहते हैं।

विभवान्तर—किसी तार में धारा प्रवाहित करने पर मुक्त एलेक्ट्रॉन गति करते हुए चालक के परमाणुओं से टकराते रहते हैं। इससे इनकी गति में अवरोध उत्पन्न होता है और इलेक्ट्रॉन इस अवरोध के विरुद्ध अपनी गति को बनाये रखने हेतु जो कार्य करता है उसे विभवान्तर कहते हैं। इसका मात्रक वोल्ट है।

विद्युत सेल—विद्युत सेल में रासायनिक क्रियाओं से रासायनिक ऊजो को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। इनमें धातु की दो छड़े हैं धनावेश को एनोड व ऋणावेश को कैथोड कहते हैं। ये दो प्रकार के होते हैं प्राथमिक एवं द्वितीयक सेल।

प्राथमिक सेल रासायनिक ऊर्जा को सीधे विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है। जैसे—वोल्टीय, लेक्लांशे एवं डेनियल सेल।

द्वितीयक सेल पहले विद्युत ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में फिर रासायनिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है। इस प्रकार प्रयोग—कार, ट्रक, ट्रक्टर आदि में किया जाता है।

प्राथमिक सेल में संचित रासायनिक ऊर्जा का एक बार प्रयोग कर लेने के पश्चात् वे बेकार हो जाते हैं जबकि द्वितीयक सेलों में संचित रासायनिक ऊर्जा समाप्त होने पर इन्हें पुनः आवेशित (Charge) कर लिया जाता है।

बोल्टीय सेल—आविष्कार 1799 में एलिजाण्डों वोल्टा ने किया था कांच के बर्तन में सल्फ्यूरिक अम्ल भरा रहता है जिसमें एक जस्ते की (कैथोड) तथा एक ताँबे (एनोड) की छड़ डूबी रहती है।

लेक्लांशी सेल—कांच के बर्तन में अमोनियम क्लोराइड़ (नौसादर) का संतृप्त विलयन भरा रहता है। इसमें डूबा जस्ता (कैथोड) डूबा रहता है। कार्बन की छड़ (एनोड) मैगनीज डाइआक्साइड व कार्बन के मिश्रण के बीच रखी रहती है। इसका प्रयोग वहाँ किया जाता है जहां रुक-रुक कर विद्युत धारा की आवश्यकता होती है जैसे—विद्युत घंटी, टेलीफोन आदि।

शुष्क सेल—इस सेल में जस्ते के बर्तन में मैगनीज डाइआक्साइड़ नौसादर व कार्बन का मिश्रण भरा होता है। जिसके बीच रखी कार्बन की छड़ एनोड का कार्य करती है और जस्ते का बर्तन कैथोड़ का कार्य करता है। इस सेल का विद्युत वाहक बल 1.5 वोल्ट होता है। प्रयोग टार्च, रेडियो, टेपरिकार्डर आदि में होता है।

विद्युत धारा के प्रभाव—इसके तीन प्रभाव—ऊष्मीय, रासायनिक एवं चुम्बकीय देखने को मिलते हैं।

विद्युत धारा के प्रवाहित करने पर गतिमान एलेक्ट्रॉन चालक के परमाणुओं से टकराते रहते हैं और ऊर्जा का रूपानान्तरण करते हुए चालक के ताप को बढ़ा देते हैं इसे ही विद्युत धारा का ऊष्मीय प्रभाव कहते हैं। इसका प्रयोग विद्युत हीटर, प्रेस, बल्ब, ट्यूबलाइट आदि में देखने को मिलता है।

विद्युत हीटर में प्लास्टर ऑफ पेरिस पर मिश्रधातु नाइक्रोम का तार उच्च प्रतिरोध वाला प्रयुक्त होता है।

विद्युत प्रेस में भी नाइक्रोम का तार अभ्रक की प्लेट पर लिपटा रहता है।

विद्युत बल्ब में टंगस्टन धातु का पतला तन्तुनुमा कुण्डलीय तार लगा होता है क्योंकि टंगस्टन का गलनांक अधिक (3500°C) होता है। बल्ब में ऑक्सीकरण रोकने हेतु निर्वातित कर दिया जाता है। कभी-कभी निर्वातित करने के बजाय अक्रिय गैंसे जैसे-आर्गन भी भर दिया जाता है।

ट्यूबलाइट कांच की नली होती है जिसके भीतरी सतह पर प्लास्टर का लेप चढ़ा होता है और अन्दर अदक्रय गैस (आर्गन पारे के साथ) भरी होती है। दोनों किनारों पर बेरियम आक्साइड़ की परत चढ़ी तन्तु लगी होती है। तन्तुओं में धारा प्रवाहित करने पर एलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं ये ट्यूब में भरी गैस को आयनीकृत देते है। गर्मी पाकर पारा वाष्पीकृत होता है पराबैगनी किरणें उत्सर्जित होती हैं और फासफर पर पड़ कर निम्न आवृत्ति का प्रकाश उत्पन्न करती है। ट्यूब में फासफर के कारण सफेद दूधिया प्रकाश उत्पन्न होता है।

रासायनिक प्रभाव—विद्युत धारा के रासायनिक प्रभाव के कारण किसी लवण के जलीय विलयन में विद्युत धारा प्रवाहित करने पर उसका अपघटन हो जाता है। विलयन के लवणों का दो प्रकार के आयनों में टूट जाना विद्युत अपघटन कहलाता है। अपघटन के पश्चात् धनायन कैथोड की ओर तथा ऋणायन एनोड की ओर प्रवाहित होने लगते है। इसका प्रयोग विद्युत लेपन, धातु शोधन तथा विद्युत मुन्द्रण में होता है।

तांबे पर चांदी की परत सिल्वर नाइट्रेट ($AgNO_3$) का जलीय विलयन लेकर तांबे की प्लेट का कैथोड व चांदी की प्लेट का एनोड बताते है। जलीय विलयन में सिल्वर नाइट्रेड-सिल्वर व नाइट्रेड में टूट जाता है सिल्वर आयन के रूप में तांबे की प्लेट की ओर प्रवाहित होने लगता है और तांबे पर परत जमने लगती है। जिस धातु पर लेपन करना होता है उसे कैथोड बनाते है।

विद्युत धारा के चुम्बकीय प्रभाव पर आधारित उपकरण टेलीफोन, टेलीग्राफ, विद्युत घंटी, पंखा मोटर आदि है।

कूलॉम का नियम—समान प्रकार के आवेश एक दूसरे को प्रतिकर्णित करते हैं तथा विपरीत प्रकार के आवेश एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं। दो आवेशों के मध्य लगने वाले बल को वैद्युत बल कहते हैं।

दो स्थिर आवेशों के बीच लगने वाला बल, उनकी मात्रा के गुणनफल के अनुक्रमानुपाती व उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

प्रतिरोध—किसी चालक में विद्युत धारा प्रवाहित करने पर गतिशील इलेक्ट्रॉन रास्ते में आने वाले परमाणुओं से टकराते रहते हैं जिससे ऊर्जा का ह्रास होता है। धारा प्रवाह में उत्पन्न इस व्यवधान को ही प्रतिरोध कहते हैं। इसका मात्रक ओम है।

प्रतिरोधों का संयोजन दो प्रकार से होता है:

समानान्तर क्रम व श्रेणी क्रम

श्रेणी क्रम में संयोजित प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध समस्त प्रतिरोधों के योग के बराबर होता है।

$R = R_1 + R_2 + R_3 + $ ----------------------

समानान्तर क्रम में संयोजित प्रतिरोधों के समतुल्य प्रतिरोध का व्युत्क्रम उनके प्रतिरोधों के व्युत्क्रमों के योग के बराबर होता है।

$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ ----------------------

विद्युत सामर्थ्य—कार्य करने की दर को सामर्थ्य कहते हैं।

विद्युत सामर्थ = व्यय ऊर्जा/लगा समय 'इसका मात्रक 'वाट' है।

1 किलोवाट = 10^3 वाट

1 मेगावाट = 10^6 वाट

1 हॉर्स पावर = 746 वाट

घरों में प्रयुक्त विद्युत उपकरणों द्वारा खर्च की गई कुल ऊर्जा के मापन हेतु किलोवाट—घंटा मीटर (मी.) नामक यंत्र प्रयोग होता है। व्यय ऊर्जा को वाट—घंटा या किलोवाट घण्टा में मापते है। एक 'वाट घण्टा' ऊर्जा की वह मात्रा है जो 1 वाट की क्षमता का उपकरण एक घंटे में व्यय करता है यह 3600 जूल के बराबर होता है।

अमीटर—विद्युत धारा को एम्पियर में मापने वाला यंत्र है इसे परिपंथ में श्रेणीक्रम में जोड़ते हैं। आदर्श अमीटर का प्रतिरोध शून्य होता है।

वोल्टमीटर—इसका प्रयोग परिपथ में दो बिन्दुओं के बीच विभवान्तर मापने हेतु किया जाता है इसे भी श्रेणीक्रम में ही लगाते हैं आदर्श वोल्टमीटर का प्रतिरोध अनन्त होना चाहिए जिससे परिपथ में प्रवाहित धारा में कोई परिवर्तन न हो।

विद्युत फ्यूज—परिपथ में लगे उपकरणों की सुरक्षा हेतु प्रयुक्त होता हैं यह तांबा, टिन एवं सीसा की मिश्र धातु से बना होता है यह कम गलनांक का एवं निश्चित क्षमता एवं मोटाई का होना चाहिए। तार की मोटाई जितनी अधिक होगी उसमें प्रवाहित धारा का मान उतना ही अधिक होगा। परिपथ में इसे श्रेणी क्रम में लगाया जाता है।

चुम्बकत्व (Magnetism)—सर्वप्रथम 600 ई. पू. एशिया माइनर के मैग्नीशिया नामक स्थान पर चुम्बकीय गुणों से युक्त पत्थरों के पाये जाने के कारण इनका नाम मैगनेट पड़ा।

चुम्बक के गुण—चुम्बक में लोहा, इस्पात आदि कुछ धातुओं को अपनी ओर आकर्षित करने का गुण पाया जाता है।

चुम्बक को स्वतंत्रतापूर्वक लटकाने पर इसका उत्तरी ध्रुव उत्तर की ओर एवं दक्षिणी ध्रुव दक्षिण दिशा की ओर ठहरता है। इसे क्रमशः उत्तरी ध्रुव व दक्षिणी ध्रुव कहते हैं।

चुम्बक के समान ध्रुवों में प्रतिकर्षण एवं विपरीत ध्रुवों में आकर्षण का गुण पाया जाता है। चुम्बक को दो टुकड़ों में बाँट देने पर दोनों टुकड़ें पूर्ण चुम्बक के रूप में कार्य करने लगते हैं।

चुम्बकीय क्षेत्र—किसी चुम्बक के चारों ओर का वह क्षेत्र, जिसमें दूसरा आकर्षण या प्रतिकर्षण बल का अनुभव करता है चुम्बकीय क्षेत्र कहलाता है। इसका मात्रक गौस है।

विद्युत धारा प्रवाहित हो रहे किसी चालक के पास चुम्बकीय सुई ले जाने पर सुई विक्षेपित हो जाती है यदि धारा का प्रवाह बन्द कर दिया जाए तो सुई चालक तार के समानान्तर स्थिर हो जाती है। इससे स्पष्ट है कि किसी चालक में धारा प्रवाहित करने पर उसके ओर एक चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है।

विद्युत चुम्बक—विद्युत धारा के चुम्बकीय प्रभाव का प्रयोग कर विद्युत चुम्बक बनाये जाते हैं। इसे बनाने हेतु घोड़े की नाल के आकार की लोहे की छड़ लेकर उस पर तांबे का तार लपेट दिया जाता है तार के सिरों से धारा प्रवाहित करने पर छड़ विद्युत चुम्बक बन जाता है। इसका उपयोग—आँख, कान, नाक या शरीर के अन्य हिस्सों में धसे लोहे के अवयवों को निकालने तथा विद्युत घंटी, ट्रांसफार्मर आदि में किया जाता है।

चुम्बक के प्रकार

प्रति चुम्बकीय पदार्थ (Dia Magnetic Substances)—चुम्बकीय क्षेत्र के विपरीत दिशा में चुम्बकीय होने वाले पदार्थों को कहते हैं। जस्ता, बिस्मथ, तांबा, चांदी, सोना, हीरा, नमक, जल आदि प्रति चुम्बकीय पदार्थ है।

अनु-चुम्बकीय पदार्थ (Paramagnetic Substances)—चुम्बकीय क्षेत्र में आने पर थोड़ी मात्रा में चुम्बकित होने वाले पदार्थों को कहते हैं। जैसे—सोडियम, एल्युमिनियम, मैगनीज, कॉपर, क्लोराइड आदि।

लौह चुम्बकीय पदार्थ (Ferromagnetic Substances)—चुम्बकीय क्षेत्र में आने पर प्रबल चुम्बकित होने वाले पदार्थों को कहते हैं। जैसे—लोहा, निकिल, कोबाल्ट आदि।

डोमेन—लौह चुम्बकीय पदार्थों के भीतर असंख्य परमाणुओं के, अतिसूक्ष्म संरचना को कहते हैं। एक डोमेन में 1018 से 1021 तक परमाणु होते हैं। लौह चुम्बकीय पदार्थों में चुम्बकीय गुण डोमेनों के परस्पर प्रतिस्थापन व घूर्णन के कारण होता है।

क्यूरी ताप (Curie Temperature)—वह ताप जिसके ऊपर पदार्थ अनुचुम्कीय व जिसके नीचे लौह चुम्बकीय हो जाता है। लोहे का क्यूरी ताप 7800 होता है।

नर्म लोहे (Cast Iron) का चुम्बकन व विचुम्बकन दोनों आसानी से हो जाता है जबकि इस्पात का चुम्बकन व विचुम्बकन कठिन होता है। इसीलिए अस्थाई चुम्बक गर्म लोहे से एवं स्थाई चुम्बक इस्पात से बनाये जाते हैं। विद्युत घंटी, ट्रांसफार्मर आदि नर्म लोहे के तथा लाउड-स्पीकर विद्युत मापक यन्त्रों के चुम्बक इस्पात के बनाये जाते है।

भू-चुम्बकत्व—पृथ्वी एक चुम्बक की भाँति व्यवहार करती है। भू-चुम्बक का दक्षिणी ध्रुव-उत्तरी ध्रुव पर तथा उत्तरी ध्रुव-दक्षिणी ध्रुव पर स्थित है। पृथ्वी के चुम्बकीय गुण के कारणों का अभी स्पष्ट कारण ज्ञात नहीं हैं। यदि किसी लोहे की छड़ को पृथ्वी में गाड़ दिया जाए तो उसमें चुम्बकीय गुण आ जाता है।

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण (Electro Magnetic Induction)—विद्युत चुम्बकीय प्रभाव से फैराडे ने प्रभावित हो प्रयोग किया कि किसी चुम्बक को, धारामापी से जुड़ी कुण्डली के पास लाने या दूर ले जाने पर उसमें विक्षेप होता है जो कुण्डली में उत्पन्न विद्युत वाहक बल के कारण होता है। धारामापी में विक्षेप मान चुम्बक की गति के कारण नहीं होता अपितु चुम्बक को स्थिर करके कुण्डली को चुम्बक से दूर ले जाने या पास लाने पर भी विक्षेप होता है। इससे स्पष्ट हुआ कि धारामापी में हुआ विक्षेप चुम्बकत्व कुण्डली के बीच आपेक्षिक गति पर निर्भर करता है। इससे फैराडे ने निष्कर्ष निकाला कि जब किसी कुण्डली व चुम्बक के बीच आपेक्षिक गति होती है तो कुण्डली में एक विद्युत वाहक बल उत्पन्न हो जाता है जिसे प्रेरित विद्युत वाहक बल कहते हैं। इस विद्युत वाहक बल के कारण कुण्डली में धारा बहती है जिसे प्रेरित धारा कहते हैं इस घटना को ही विद्युत चुम्बकीय प्रेरण कहते हैं।

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण सिद्धान्त पर डायनमों, विद्युत मोटर, ट्रांसफार्मर, माइक्रोफोन, लाउड-स्पीकर आदि कार्य करते हैं।

ट्रांसफार्मर की सहायता से प्रत्यावर्ती वोल्टता को कम या अधिक किया जाता है यह अपचायी (Step Down) तथा उच्चायी (Step-Up) दो प्रकार का होता है। ट्रांसफार्मर का प्रयोग केवल प्रत्यावर्ती धारा में किया जाता है दिष्ट धारा में नहीं।

आधुनिक एवं परमाणु भौतिकी (Modern and Nuclear Physics)

मूलकण—भौतिकी में वे मूल कण हैं जिनकी संरचना किन्ही और कणों से नहीं होती तथा जिनको विभाजित नहीं किया जा सकता।

तालिका 3.6: मूल कण एवं उनके खोजकर्ता

मूलकण	खोजकर्ता
एलेक्ट्रॉन (ऋणात्मक)	जे.जे. थॉमसन
प्रोटॉन (धनात्मक)	रदरफोर्ड
न्यूट्रॉन (उदासीन)	चैडविक
पॉजिट्रॉन (धनात्मक)	एण्डरसन
न्यूट्रिनों (उदासीन)	पउली
पाई मैसोन (दो धनात्मक व ऋणात्मक)	युकावा
फोटॉन (ये ऊर्जा मण्डल हैं)	एल्बर्ट आइंस्टाइन

नाभिक—परमाणु का समस्त द्रव्यमान इसके नाभिक में केन्द्रित रहता हैं इसका संघटन प्रोटान एवं न्यूट्रान से होता है। नाभिक सघन एवं दृढ़ होता है।

नाभिक के बीच प्रोटानों एवं न्यूट्रानों के बीच एक आकर्षण बल कार्य करता है जो इन कणों को आपस में बांधे रहता है। इन्हीं बलों का नाभिकीय बल कहते हैं। नाभिकीय बल का कारण नये प्रकार के कण मैसोन की उत्पत्ति है। जो नाभिक के भीतर प्रोटान—न्यूट्रान के बीच परस्पर विनिमय से उत्पन्न होते हैं।

समस्थानिक (Isotopes)—एक ही तत्त्व के परमाणु जिनके द्रव्यमान भिन्न-भिन्न तथा परमाणु क्रमांक समान हों समस्थानिक कहलाते है। इनमें एलेक्ट्रॉन व प्रोट्रान की संख्या समान परन्तु न्यूट्रान की संख्या भिन्न-भिन्न होती है। समस्थानिक के रासायनिक गुण एक समान होते हैं।

समभारी (Isobars)—वे तत्त्व जिनके परमाणु भार समान हो परन्तु परमाणु क्रमांक अर्थात् एलेक्ट्रॉन व प्रोटान की संख्या भिन्न-भिन्न हो समभरी कहलाते हैं। इनके रासायनिक गुण भिन्न-भिन्न होते हैं।

रेडियो एक्टिवता—कुछ तत्वों से अदृश्य विकिरण स्वत: उत्सर्जित होते रहते है। ये विकिरण अपारदर्शी पदार्थों कागज आदि को बेधने तथा फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित करने की क्षमता रखते है। इन अदृश्य विकिरणों को रेडियोएक्टिव किरणें तथा पदार्थ के इस गुण को रेडियोएक्टिवता कहते हैं और ऐसे पदार्थों को रेडियो एक्टिव पदार्थ कहते हैं। इसमें—यूरेनियम, रेडियम, थोरियम, पोलोनियम आदि आते हैं।

रदरफोर्ड ने इन किरणों को विद्युत क्षेत्र से गुजार कर तीन प्रकार की किरणों अल (α धनात्मक), बीटा (β ऋणात्मक) तथा गामा (γ उदासीन) के रूप में पहचान की।

अर्द्ध आयु—जितने समयान्तराल में किसी रेडियोएक्टिव पदार्थ की मात्रा विघटित होकर अपने प्रारम्भिक मात्रा की आधी रह जाती है उस समयान्तराल को अर्द्ध आयु कहते हैं।

रेडियो समस्थानिक—कुछ तत्वों पर न्यूट्रानों या उच्च ऊर्जा वाले कणों की बमवारी करके इनको बनाया जाता है। इस प्रकार निर्मित रेडियो एक्टिव समस्थानिक प्राकृतिक रेडियो एक्टिव पदार्थों की भाँति कार्य करते हैं। इनका उपयोग औषधियों में, रोगोंपचार में एवं कृषि में होता है।

रेडियों एक्टिव क्षय (Radioactive Decay)—रेडियो एक्टिव पदार्थ से रेडियो एक्टिव कण के उत्सर्जन से उनके परमाणु भार व क्रमांक बदलते जाते हैं। व नये तत्वों का जन्म होता है इस घटना को रेडियो ऐक्टिव क्षय कहते हैं। समस्त रेडियो एक्टिव पदार्थ क्षय होकर सीसे में परिवर्तित होते हैं। रेडियो एक्टिव किरणें परमाणु के नाभिक से उत्सर्जित होती हैं अत: इन पर ताप, दाब आदि बाह्य कारक का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। क्षय प्रारम्भ में तेजी से होता है फिर इसकी दर लगातार घटती जाती है।

रेडियो एक्टिवता के उपयोग

रेडियो समस्थानिकों का उपयोग नाभिकीय विघटन, प्रकाश संश्लेषण आदि के अध्ययन में किया जाता है।

रेडियो एक्टिव समस्थानिक (सोडियम) का परिसंचरण तंत्र, पाचन तंत्र के अध्ययन शरीर में खून की मात्रा ज्ञात करने के लिए किया जाता है।

रेडियो समस्थानिकों को अनुरेखकों की तरह करके पौधों द्वारा विभिन्न उर्वरकों के ग्रहण करने की क्षमता का अध्ययन करने में किया जाता है। गइगेर मुलर गणक (Geiger Muller Counter) के द्वारा पौधों द्वारा ली गई उर्वरक की मात्रा ज्ञात की जाती है। गामा किरणों का उपयोग कृषि में हानिकारक जीवों एवं जीवाणुओं के मारने में भी किया जाता है।

रेडियो एक्टिव कोबाल्ट का उपयोग कैंसर रोग में, आयोडीन का थायराइड ग्रंथि के उपचार तथा असैनिक का उपयोग रक्त सम्बंधी रोगों के उपचार में किया जाता है।

रेडियोएक्टिव समस्थानिकों का उपयोग जमीनी पाइपों द्वारा तेल भेजने, टंगस्टन व कोबाल्ट का समस्थानिकों का प्रयोग मशीनों की खराबी ज्ञात करने में किया जाता है।

रेडियों एक्टिव तत्व कार्बन (C_{12} व C_{14}) का प्रयोग जीवाश्मों, मृत जीवों व पेड़ पौधों की आयु ज्ञात करने तथा यूरेनियम का प्रयोग चट्टानों एवं पृथ्वी की आयु ज्ञात करने में किया जाता है।

नाभिकीय विखडन (Nuclear Fission)—वह प्रक्रिया जिसमें कोई भारी नाभिक दो लगभग समान आकार के नाभिकों में विखण्डित हो जाता है नाभिकीय विखण्डन कहलाता है। यह कार्य सर्वप्रथम दो जर्मन वैज्ञानिकों हॉन तथा स्ट्रासमैन ने यूरेनियम पर न्यूट्रानों की बमबारी करके किया था।

नाभिकीय संलयन (Nuclear Fusion)—दो हल्के नाभिक आपस में मिलकर एक भारी नाभिक का निर्माण करते है और अपार ऊर्जा मुक्त होती है।

नाभिकीय संलयन धानावेशित नाभिकों के बीच होता है जब ऐसे दो नाभिक समीप आते हैं तो उनमें तीव्र प्रतिकर्षण बल लगता है इन नाभिकों के संलयन के लिए अत्यंत उच्च दाब एवं उच्च ताप (108 डिग्री केल्बिन) की आवश्यकता होती है जो परमाणु बम के विस्फोट से ही सम्भव हो पाता है।

परमाणु बम—यह नाभिकीय विखण्डन के सिद्धान्त पर आधारित है जिसमें अनियन्त्रित श्रृंखला अभिक्रिया होती है और अपार ऊर्जा मुक्त होती है। बम में प्रयुक्त होने वाले पदार्थ में यह आवश्यक है कि उसका द्रव्यमान एक निश्चित मात्रा से अधिक हो, इस मात्रा को क्रान्तिक द्रव्यमान कहते हैं। परमाणु बम के विस्फोट से लगभग 107°C ताप व अत्याधिक उच्च दाब एवं आंखों को अंधा कर देने वाली चमक व बहुत से रेडियोधर्मी प्रदूषण उत्पन्न होते हैं।

हाइड्रोजन बम—यह नाभिकीय संलयन प्रक्रिया पर आधारित है। परमाणु बम की अपेक्षा 1000 गुना अधिक शक्तिशाली होता है। हाइड्रोजन बम के विस्फोट से पहले परमाणु बम विस्फोट कराना आवश्यक होता है। अत: हाइड्रोजन बम को बनाने के लिए परमाणु बम बनाना आवश्यक है। अभी तक नाभिकीय संलयन ऊर्जा को नियन्त्रित करके रचनात्मक कार्य नहीं हो पा रहा है। क्योंकि जिस ताप पर यह प्रक्रिया सम्पन्न होती है उस पर परमाणुओं से सभी मिश्रण को प्लाज्मा कहते हैं। वर्तमान में वैज्ञानिकों के सामने प्लाज्मा संरक्षण एक कठिन समस्या है।

नाभिकीय ऊर्जा—नाभिकीय विखण्डन से प्राप्त ऊर्जा को नाभिकीय ऊर्जा कहते हैं। यूरेनियम के एक नाभिक के विखण्डन से लगभग 200 MeV (मिलियन एलेक्ट्रॉन वोल्ट) ऊर्जा प्राप्त होती है। एक ग्राम यूरेनियम के विखण्डन से इतनी ऊर्जा प्राप्त होती है जितनी 20 टन टी.एन.टी. (Trinitrotoluene) के विस्फोट से प्राप्त की जा सकती है। नाभिकीय ऊर्जा का उपयोग नाभिकीय रिएक्टरों में करके विद्युत ऊर्जा का उत्पादन किया जा रहा है।

परमाणु भट्टी—परमाणु भट्टी में नियंत्रित श्रृंखला अभिक्रिया द्वारा ऊर्जा उत्पन्न किया जाता है। पहली परमाणु भट्टी शिकागों विश्वविद्यालय (U.S.A) में प्रो. फर्मी के निर्देशन में बनाया गया था। भट्टी में न्यूट्रानों की गति को धीमी करने के लिए भारी जल व ग्रेफाइट का प्रयोग किया जाता है। विस्फोट से प्राप्त ऊष्मा से जल को भाप में परिवर्तित करके टर्बाइन मशीन की सहायता से विद्युत उत्पन्न की जाती है। हानिकारक विकिरण के उत्सर्जन को रोकने के लिए रिएक्टर के चारों ओर कंक्रीट की मोटी दीवार बनाई जाती है। अभिक्रिया को नियंत्रित करने के लिए कैडमियम की छड़ों का उपयोग 'नियंत्रक छड़' के रूप में किया जाता है।

सूर्य तथा ब्रह्माण्ड के अन्य तारों की ऊर्जा का स्रोत नाभिकीय संलयन है। सूर्य के भीतरी भाग का तापमान 1070 कैल्विन है जो हाइड्रोजन नाभिक के संलयन से उत्पन्न होता है।

प्रकाश विद्युत प्रभाव (Photo Electric Effect)—कुछ धातुओं पर उच्च आवृत्ति का प्रकाश डालने पर इनकी सतह से एलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं। एलेक्ट्रॉनों के इस प्रकार उत्सर्जन की घटना को प्रकाश विद्युत प्रभाव कहते हैं। इसका प्रयोग कर प्रकाश विद्युत सेल का निर्माण किया जाता है। ये कई प्रकार के होते हैं जैसे—प्रकाश उत्सर्जक सेल (Photo Emissive Cell) प्रकाश वोल्टीय सेल (Photo Voltaic Cell) प्रकाश चालकीय सेल (Photo Conductive Cell) आदि। इन सेलों का प्रयोग सिनेमाघरों में ध्वनि पुनरुत्पादन में, टेलीविजन में, सड़कों पर चालित लाइटों, स्वचालित दरवाजों, तथा बैंको के तिजोरियों में चोरी रोकने, अंतरिक्षयानों की बैटरियों की चार्जिंग में किया जाता है। इनका सौर बैटरी (Solar Battery) भी कहते हैं।

रमन प्रभाव (Raman Effect)—प्रकाश जब किसी ठोस, द्रव या गैस के पारदर्शी माध्यम से गुजरता है तो इसका कुछ भाग प्रकीर्णित हो जाता है इस प्रकीर्णित प्रकाश को स्पेक्ट्रम द्वारा देखने पर कई लाइनें प्राप्त होती हैं जिनमें कुछ का तरंगदैर्ध्य प्रारम्भिक प्रकाश के बराबर तथा कुछ का कम व कुछ का अधिक होता है। इस प्रकार प्रकाश के प्रकीर्णित होकर विभिन्न तरंगदैर्ध्य वाली लाइनों में विभक्त होने की घटना को ईमन प्रभाव कहते हैं। इसकी खोज भारतीय वैज्ञानिक सर सी. वी. रमन ने 1928 ई. में किया था।

प्रतिदीप्ति (Fluorescence)—बहुत से ऐसे पदार्थ हैं जिन पर ऊँची आवृत्ति या निम्न तरंगदैर्ध्य का प्रकाश डालने पर वे अवशोषित कर निम्न आवृत्ति व उच्च तरंगदैर्ध्य का प्रकाश उत्सर्जित करते हैं। उनसें यह उत्सर्जन तभी तक होता है जब तक उन पर प्रकाश पड़ता रहता है। यह घटना प्रतिदीप्ति और ऐसे पदार्थ प्रतिदीप्ति कहलाते है। इसके उदाहरण—'लोर, स्पार, पेट्रोल, कुनीन सल्फेट, यूरेनियम आक्साइड, बेरियम सायनाइड आदि है।

इसका उपयोग पराबैंगनी किरणों व एक्स किरणों का पता लगाने में किया जाता है। इसके द्वारा ट्यूब लाइट से विभिन्न रंगों का प्रकाश प्राप्त किया जा सकता है।

तालिका 3.7: ट्यूब लाइट के पदार्थों से प्राप्त होने वाले प्रकाश

ट्यूब लाइट में लेपित पदार्थ	प्राप्त रंगीन प्रकाश
कैडमियम बोरेट	गुलाबी प्रकाश
जिंक सिलिकेट	हरें रंग का प्रकाश
मैग्नीशियम टंगस्टेट	हल्के नीले रंग का प्रकाश
जिंक बेरीलियम सिलिकेट	पीले रंग का प्रकाश

स्फुरदीप्ति (Phosphorescence)— ऐसे पदार्थ जिन पर कुछ समय तक प्रकाश डाल कर बन्द कर देने पर भी उनसे उनकी अवशोषण क्षमता के अनुसार कुछ देर तक प्रकाश का उत्सर्जन होता रहता है ऐसी घटना 'स्फुरदीप्ति' तथा पदार्थों को 'स्फुरदीप्ति पदार्थ' कहते हैं। इसके उदाहरण—जिंक सल्फाइड, कैल्शियम सल्फाइड, बेरियम सल्फाइड आदि है। प्रकाश डालना बन्द कर देने पर जितने समय तक प्रकाश का उत्सर्जन यह गुण नष्ट हो जाता है। घड़ी की सूइयों, साइन बोर्डो, बिजली बोर्डों पर इन पदार्थों का लेप चढ़ाया जा रहा है।

अतिचालकता (Superconductivity)—इसकी खोज 'केमरलिंघ ओन्स' ने की थी। सामान्यत: चालक धातुओं का प्रतिरोध ताप कम करने पर घटता जाता है ताप को और निम्न किया जाए तो प्रतिरोध तेजी से घटता हुआ शून्य हो जाता है। इस अवस्था में धातुएं अतिचालक कहलाती है। इस अवस्था में धातुओं का ताप शून्य डिग्री केल्विन के समीप या कुछ ऊपर रहता है। अतिचालकता की दशा में धातुओं में विद्युत धारा बगैर किसी वाह्य स्रोत के बहती रहती है। धातुओं की चालकता चुम्बकीय क्षेत्र के प्रभाव द्वारा नष्ट हो जाती है।

रेडार (RADAR)—Radio Detection and Ranging—यह प्रतिधर्वन के सिद्धान्त से मिलता जुलता है। इसमें एरियल से जुड़े दो यन्त्र रेडियों प्रेणी (Trasmitter) व अभिग्राही (Receiver) होते हैं। ट्रांसमीटर से विद्युत चुम्बकीय तरंगे अंतरिक्ष में भेजी जाती और वायुयान आदि से टकराकर आने पर रिसीवर द्वारा ग्रहण कर ली जाती है। इसका विश्लेषण करके वायुयान की स्थिति एवं दिशा का ज्ञान प्राप्त कर लिया जाता है। इसके द्वारा वायुयान के रास्ते में आने वाले बादल, पहाड़ तथा जलयान के समुद्रीमार्ग में हिमखण्ड, चट्टानों, पृथ्वी के गर्भ में छिपे खनिजों का पता लगाने के साथ-साथ मौसम की भविष्यवाणी भी की जाती है।

लेसर (Laser)–Light Amplification By Stimulated Emission of Radiation— इसका अर्थ है 'विकिरण के उद्दीपन उत्सर्जन द्वारा प्रकाश का प्रवर्धन'। इन किरणों में एकवर्णता दिशात्मकता, सम्बद्धता, उच्च तीव्रता के गुण होते हैं। लेसर किरणें—निऑन, ऑर्गन, कार्बन डाइआक्साइड, गैलियम फास्फाइड, नियोडिमियम याग, आदि से उत्पन्न की जा सकती है। उत्तेजित करने हेतु जीवन 'लैश लैंप क्रिप्टान लैंप का प्रयोग किया जाता है। चिकित्सा विज्ञान में इसका उपयोग—आँखों के ऑपरेशन, कॉर्निया के घाव, दाँतों के रोगों, कैंसर, ट्यूमर, पेट के रोगों, त्वचा आदि की चिकित्सा में किया जाता है। रेटिना के उपचार हेतु रेटीनल फोटोकोगूलेटर यंत्र से किया जाता है।

उद्योगों में धातुओं को काटने, उनमें छेद करने जोड़ने, मुद्रण स्याही को सुखाने, चट्टानों को तोड़ने व सुरंगें बनाने में भी किया जाता है।

युद्ध क्षेत्र में मिसाइलों का पता लगाने, लेसर राइफल, पिस्टल, बम बनाने, नाभिकिस विस्फोटों हेतु आवश्यक ऊर्जा प्रदान करने में किया जाता है। अमेरिका नेवादा में एक्सरे लेसरों का विकास कर रहा है।

मेसर (Maser) Microwave Amplification By Stimulated Emission of Radiation—अर्थ है—विकिरण के उद्दीपन उत्सर्जन द्वारा माइक्रों तरंगों का प्रवर्द्धन'। सर्वप्रथम मेसर का आविष्कार टाउन्स ने किया था लेसर में प्रकाश किरणें उत्पन्न होती है। जबकि मेसर में सूक्ष्म तरंगें उत्पन्न होती है। इसके आविष्कार ने अन्तरिक्ष में नये युग का पदार्पण हुआ है। रेडार में उपयोग कर कृत्रिम उपग्रहों की सटीक जानकारी प्राप्त की जा सकती है।