

भौतिक विज्ञान

- विज्ञान की वह शाखा जिसमें द्रव्य तथा ऊर्जा के मध्य पारस्परिक सम्बन्धों का अध्ययन किया जाता है। उसे भौतिक विज्ञान कहते हैं।

द्रव्य -

- वह पदार्थ जो स्थान घेरता है जिसमें भार होता है एवं जिसे हम अपनी ज्ञानेन्द्रियों द्वारा अनुभव करते हैं उसे द्रव्य कहते हैं।

द्रव्यमान -

- किसी भी वस्तु में पदार्थ की मात्रा द्रव्यमान कहलाती है।

भार:-

- भार वह बल है जिससे किसी भी वस्तु को पृथ्वी अपनी ओर आकर्षित करती है।
- भार का मात्रक न्यूटन होता है।

$$W = mg$$

- अतः भार का मान गुरुत्वीय त्वरण पर निर्भर करता है।
- किसी भी वस्तु का द्रव्यमान सदैव नियत रहता है लेकिन भार परिवर्तित होता है।
- भूमध्य रेखा से ध्रुवीय क्षेत्रों की ओर जाने पर भार बढ़ता है।

बल:-

- बल वह कारक है जो किसी भी वस्तु की स्थिति में परिवर्तन लाता है या परिवर्तन लाने का प्रयास करता है।
- बल वह धक्का या खिंचाव है जिससे वस्तु की स्थिति परिवर्तित होती है।

➤ $F = ma$

➤ यह एक सदिश राशि है।

➤ बल का मात्रक SI पद्धति में न्यूटन (Kg.m/sec^2) हैं व CGS में डाइन हैं।

➤ $1 \text{ N} = 10^5 \text{ Dyne}$

प्रकृति में चार मूल बल हैं।

1. गुरुत्वाकर्षण बल
2. दुर्बल बल -
3. विद्युत चुम्बकीय बल
4. नाभिकीय प्रबल बल / प्रबल बल

1 गुरुत्वाकर्षण बल -

➤ किन्हीं भी दो वस्तुओं के मध्य द्रव्यमान के कारण आकर्षण बल लगता है जिसे गुरुत्वाकर्षण बल कहते हैं।

➤ कम द्रव्यमान की वस्तुओं में यह बल नगण्य होता है।

➤ इसकी परास अनन्त होती है।

➤ गुरुत्वाकर्षण बल : ब्रह्माण्ड में प्रत्येक पिण्ड किसी दूसरे पिण्ड को एक बल से आकर्षित करता है जिसका परिमाण उन पिण्डों के द्रव्यमानों के गुणनफल के अनुक्रमानुपाती और उन पिण्डों के बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। इस आकर्षण बल को गुरुत्वाकर्षण बल कहते हैं।

$$\vec{F} \propto \frac{M_1 M_2}{R^2}$$

$$\vec{F} = \frac{GM_1 M_2}{R^2}$$

जहाँ :-

M_1 और M_2 दोनों पिण्डों के द्रव्यमान हैं।

R = दोनों पिण्डों के बीच की दूरी

G = गुरुत्वाकर्षण नियतांक, जिसका मान $6.673 \times 10^{-11} \text{ NM}^2\text{Kg}^{-2}$

इसे ही सार्वत्रिक गुरुत्वीय स्थिरांक कहते हैं।

गुरुत्वाकर्षण क सार्वत्रिक नियम का महत्व :-

- हमें पृथ्वी से बांधे रखने वाला बल
- पृथ्वी के चारों ओर चन्द्रमा की गति
- सूर्य के चारों ओर ग्रहों की गति
- चन्द्रमा तथा सूर्य के कारण ज्वार-भाटा

गुरुत्वाकर्षण बल की विशेषताएं :-

- गुरुत्वाकर्षण बल की प्रकृति आकर्षक होती है।
- गुरुत्वाकर्षण बल माध्यम की प्रकृति पर निर्भर नहीं करता है।
- गुरुत्वाकर्षण बल प्रकृति में संरक्षी बल होता है।
- यह एक केन्द्रीय बल है जो दो निकाय / पिण्डों के द्रव्यमान केन्द्रों को मिलाने वाली रेखा के अनुदिश कार्य करता है और यह व्युत्क्रम वर्ग के नियम का पालन करता है।

पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल और इसमें परिवर्तन :-

- पृथ्वी द्वारा लगाए गए गुरुत्वाकर्षण / खिंचाव बल को गुरुत्व बल कहते हैं।
- अतः जब वस्तुएँ पृथ्वी की ओर केवल इसी बल के कारण गिरती हैं, हम कहते हैं कि वस्तुएँ मुक्त पतन में हैं।
- मुक्त पतन में, वस्तु के वेग की दिशा में कोई परिवर्तन नहीं होता क्योंकि वह हमेशा पृथ्वी की तरफ गिरती है। लेकिन वस्तु के वेग के परिमाण में परिवर्तन होता है।

- पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण वस्तु के वेग में परिवर्तन या त्वरण, गुरुत्वीय त्वरण कहलाता है। इसे 'g' से प्रदर्शित किया जाता है। इसका मात्रक M/S^2 है।

गुरुत्वीय त्वरण g के मान का परिकलन :-

- पृथ्वी द्वारा किसी पिण्ड पर लगने वाला बल-

$$F = \frac{GM_e.M}{R^2} \dots \dots \dots [1]$$

जहां-

M_e = पृथ्वी का द्रव्यमान

M = पिण्ड का द्रव्यमान

R = पृथ्वी की त्रिज्या

- F बल लगने के कारण उत्पन्न त्वरण गुरुत्वीय त्वरण होगा तब,

$$F = m \times g \dots \dots \dots [2]$$

F का मान समीकरण (1) में रखने पर

$$\text{➤ } m \times g = \frac{Gm_e.m}{R^2}$$

$$\text{➤ } g = \frac{Gm_e.m}{R^2 m} = \frac{Gm_e}{R^2}$$

$$\text{➤ } \therefore G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ NM}^2/\text{kg}^{-2}$$

$$\text{➤ } M_e = 6 \times 10^{24} \text{ kg (पृथ्वी का द्रव्यमान)}$$

$$\text{➤ } R = 6.4 \times 10^6 \text{ m (पृथ्वी की त्रिज्या)}$$

$$\text{➤ } \therefore g = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{[6.4 \times 10^6]^2}$$

$$\text{➤ } g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

- अतः पृथ्वी के गुरुत्वीय त्वरण का मान 9.8 ms^{-2}

➤ गुरुत्वीय त्वरण तथा गुरुत्वीय स्थिरांक में अन्तर

गुरुत्वीय त्वरण	गुरुत्वीय स्थिरांक
इसका मान होता 9.8 m/s^2 है।	इसका मान 6.673×10^{-11}
इसका मान भिन्न-भिन्न स्थानों पर भिन्न होता है।	NM^2/kg^2 होता है।
इसका मात्रक m/s^2 है।	इसका मान सदैव स्थिर होता है।
यह एक सदिश राशि है।	इसका मात्रक NM^2/kg^2 है।
	यह एक अदिश राशि है।

गुरुत्वीय त्वरण में परिवर्तन :-

ऊँचाई के कारण

➤ ऊँचाई h बढ़ने के साथ गुरुत्वीय त्वरण के मान में कमी आती है।

गहराई के कारण-

➤ गहराई बढ़ने के साथ गुरुत्वीय त्वरण का मान घटना है और पृथ्वी के केन्द्र पर शून्य हो जाता है।

पृथ्वी की घूर्णन गति के कारण

➤ पृथ्वी की घूर्णन गति के कारण विषुवत रेखा से ध्रुवों की ओर जाने पर गुरुत्वीय त्वरण का मान बढ़ता है।

➤ यदि पृथ्वी अपने अक्ष के परितः घूमना बंद कर दे तो g का मान ध्रुवों को छोड़कर सभी जगह बढ़ेगा लेकिन यदि पृथ्वी की घूर्णन गति में वृद्धि कर दी जाए तो ध्रुवों के अतिरिक्त सभी जगहों पर गुरुत्वाकर्षण का मान कम हो जाएगा।

Q. एक व्यक्ति जिसका भार पृथ्वी पर 1200N है, उसका भार चांद पर 200N हो जाता है। उस व्यक्ति का पृथ्वी पर और चांद पर द्रव्यमान ज्ञात कीजिए। उसका गुरुत्वीय त्वरण चांद पर कितना होगा। ($g = 10\text{m/s}^2$)

दिया हुआ है

➤ व्यक्ति का पृथ्वी पर भार - 1200N (w_1)

➤ व्यक्ति का चांद पर भार - 200 N (w_2)

➤ पृथ्वी का गुरुत्वीय त्वरण - 10 m/s^2

चूंकि

$$w = m \times g$$

$$1200 = m \times 10$$

$$m = 120\text{ kg}$$

➤ अतः द्रव्यमान चांद पर वही रहेगा जो पृथ्वी पर है। क्योंकि द्रव्यमान हर जगह समान रहता है।

➤ चांद पर भी द्रव्यमान 120 kg

$$w_2 = m \times g$$

$$200 = 120 \times g$$

$$g = \frac{200}{120} = \frac{10}{6} = \frac{5}{3} = 1.66\text{ m/s}^2$$

Q. किसी वस्तु का द्रव्यमान ज्ञात कीजिए जिसका भार 49 N है।

$$w = 49\text{N}$$

$$g = 9.8\text{ m/s}^2$$

$$w = mg$$

$$m = w/g = 49/9.8$$

$$m = 5kg$$

गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र (E) :-

- यह किसी पिण्ड के आसपास का वह क्षेत्र है जिसमें वह पिण्ड अन्य पिण्डों के गुरुत्वाकर्षण / खिंचाव का अनुभव करता है।
- M द्रव्यमान के पिण्ड द्वारा पिण्ड के केन्द्र से r दूरी पर स्थित किसी बिंदु पर गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता-

$$E = \frac{GM}{R^2}$$

पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के प्रभाव में वस्तुओं की गति-

- क्योंकि पृथ्वी के निकट g का मान स्थिर है अतः एकसमान त्वरित गति के सभी समीकरण, त्वरण a के स्थान पर g रखने पर भी मान्य रहेंगे। ये समीकरण हैं-

$$v = u + at \dots \dots (1)$$

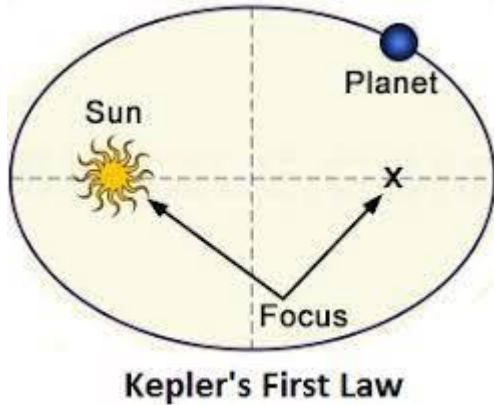
$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \dots \dots (2)$$

$$v^2 = u^2 + 2as \dots \dots (3)$$

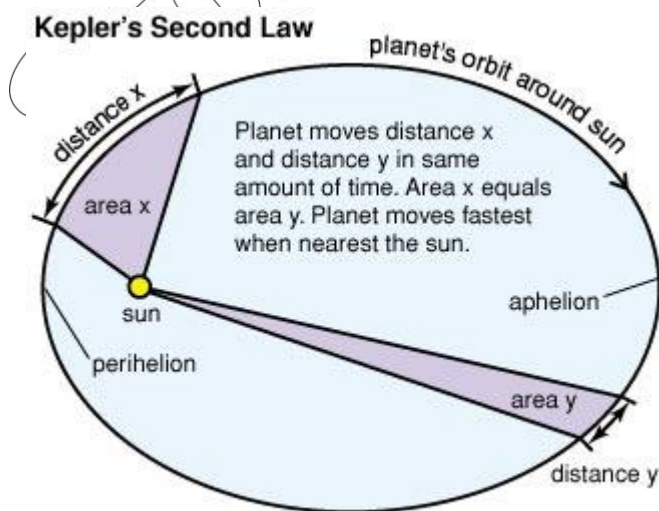
- यहां- u= आरंभिक वेग, v= अंतिम वेग, s = वस्तु द्वारा t समय में तय दूरी है।
- इन समीकरणों का उपयोग करते समय यदि त्वरण (a), वेग की दिशा में अर्थात् गति की दिशा में लग रहा हो तो हम इसको +Ve लेंगे, यदि गति की दिशा के विपरीत हो तब -Ve लेंगे।

ग्रहों की गति से संबंधित केप्लर के नियम

- केप्लर ने ग्रहों की गति से संबंधित तीन नियम प्रतिपादित किये-
- प्रथम नियम- कक्षाओं का नियम (Law of orbits) :- इस नियम के अनुसार प्रत्येक ग्रह सूर्य के चारों ओर दीर्घवृत्ताकार (elliptical) कक्षा में परिक्रमा करता है तथा सूर्य ग्रह की कक्षा के एक फोकस बिन्दु पर स्थित होता है।



- दूसरा नियम- क्षेत्रीय वेग का नियम (Law of Areal velocity) :- प्रत्येक ग्रह का क्षेत्रीय वेग नियत रहता है। इसका प्रभाव यह होता है कि जब ग्रह सूर्य के निकट होता है तो उसका वेग बढ़ जाता है और जब वह दूर होता है तब उसका वेग कम हो जाता है।
- दूसरे शब्दों में कहें तो सूर्य से ग्रह को मिलाने वाली रेखा बराबर समय में बराबर क्षेत्रफल तय करती है।



- तीसरा नियम- परिक्रमण काल का नियम (Law of periods) :- किसी ग्रह के परिक्रमण काल (T) का वर्ग उस ग्रह की सूर्य से औसत दूरी (r) के घन (cube) के अनुक्रमानुपाती होता है। अर्थात्
- $T^2 \propto r^3$
- इसका प्रभाव यह होता है कि सूर्य से अधिक दूर के ग्रहों का परिक्रमण काल भी अधिक होता है। जैसे- बुध ग्रह का परिक्रमण काल 88 दिन जबकि वरुण का परिक्रमण काल 165 वर्ष है।

उपग्रह का कक्षीय वेग (Orbital velocity of satellite) :-

- किसी उपग्रह को अपनी कक्षा में घूमने के लिए आवश्यक न्यूनतम वेग उसका कक्षीय वेग कहलाता है।
- माना m द्रव्यमान का एक उपग्रह V_1 वेग से r त्रिज्या के वृत्तीय मार्ग पर पृथ्वी की परिक्रमा कर रहा है तब
- $V_0 = \sqrt{\frac{gR_e}{R_e+h}} [\because R_e + h = r]$
- जहाँ, R_e = पृथ्वी की त्रिज्या
- h = पृथ्वी की सतह से उपग्रह की ऊँचाई
- नोट :- कक्षीय वेग का मान उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

दाब:-

- किसी भी सतह के इकाई क्षेत्रफल पर लगाने वाले बल को दाब कहते हैं।
- दाब का मात्रक पास्कल हैं या न्यूटन प्रति मीटर ²

$$P = F/A$$

वायुमण्डलीय दाब

- वायु में उपस्थित गैस, धूल के कण - जलवाष्प आदि के कारण हमारे शरीर पर लगने वाले बल को वायुमण्डलीय दाब कहते हैं।
- वायुमण्डलीय दाब का मापन बैरोमीटर द्वारा किया जाता है।
- वायुमण्डल के कारण हमारे ऊपर 760 एमएम एचजी दाब लगता है।
- समुद्र तल से ऊँचाई ज्ञात करने वाला यन्त्र एल्टीमीटर वायुमण्डलीय दाब के आधार पर ऊँचाई का मापन करता है।

दाब का गलनांक एवं क्वथनांक पर प्रभाव:-

- सामान्यतः दाब बढ़ाने पर गलनांक कम होता है। (बर्फ - जल)
- दाब बढ़ाने पर पदार्थ का क्वथनांक सदैव बढ़ता है (जल - वाष्प)।
- प्रेशर कूकर में खाना क्वथनांक बढ़ने के कारण जल्दी पकता है।
- ऊँचाई पर वायुमण्डलीय दाब कम होने के कारण खाना देर से पकता है।

पलायन वेग -

- वह न्यूनतम वेग जिससे यदि किसी वस्तु को पृथ्वी से फेंका जाए और वह पुनः पृथ्वी पर लौटकर नहीं आए तो उसे पलायन वेग कहते हैं।
- पृथ्वी का पलायन वेग 11.2 किमी. / सैकण्ड है।
- पलायन वेग का मान खगोलीय पिण्ड के द्रव्यमान और त्रिज्या पर निर्भर है।
- किसी भी ग्रह या उपग्रह पर वायुमण्डल का होने या न होने में पलायन वेग की महत्वपूर्ण भूमिका होती है।
- चन्द्रमा पर पलायन वेग 2.4 किमी/सैकण्ड से कम होने के कारण वायुमण्डल नहीं है।

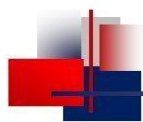
- चन्द्रमा का पलायन वेग 2.4 किमी / सैकण्ड हैं जबकि 500 कैल्विन पर हाइड्रोजन अणु का सामान्य वेग 2.6 किमी/सैकण्ड हैं।

उत्क्षेप:

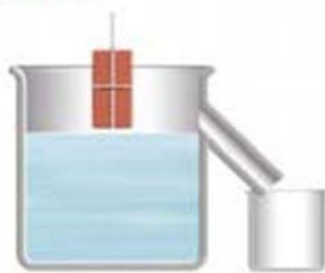
- जब भी किसी वस्तु को द्रव में डुबोया जाता हैं तो उस पर दो बल कार्य करते हैं।
- एक भार के कारण उसे नीचे खींचता हैं जबकि दूसरा बल उसे ऊपर की ओर धक्का लगाता हैं।
- ऊपर की ओर लगने वाले इस बल को उत्क्षेप बल कहते हैं।

आर्किमिडीज का सिद्धान्त:-

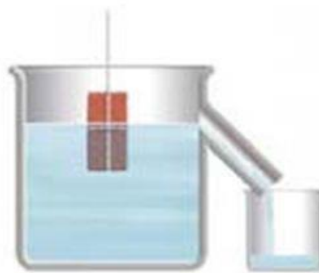
- जब किसी वस्तु को पूर्णतः या आंशिक रूप से द्रव में डुबोया जाता हैं तो उसके भार में कमी महसूस होती हैं।
- यह कमी उस वस्तु द्वारा हटाये गए जल के भार के बराबर होती हैं।



Archimedes' Principle



A An object is lowered into a container of water.



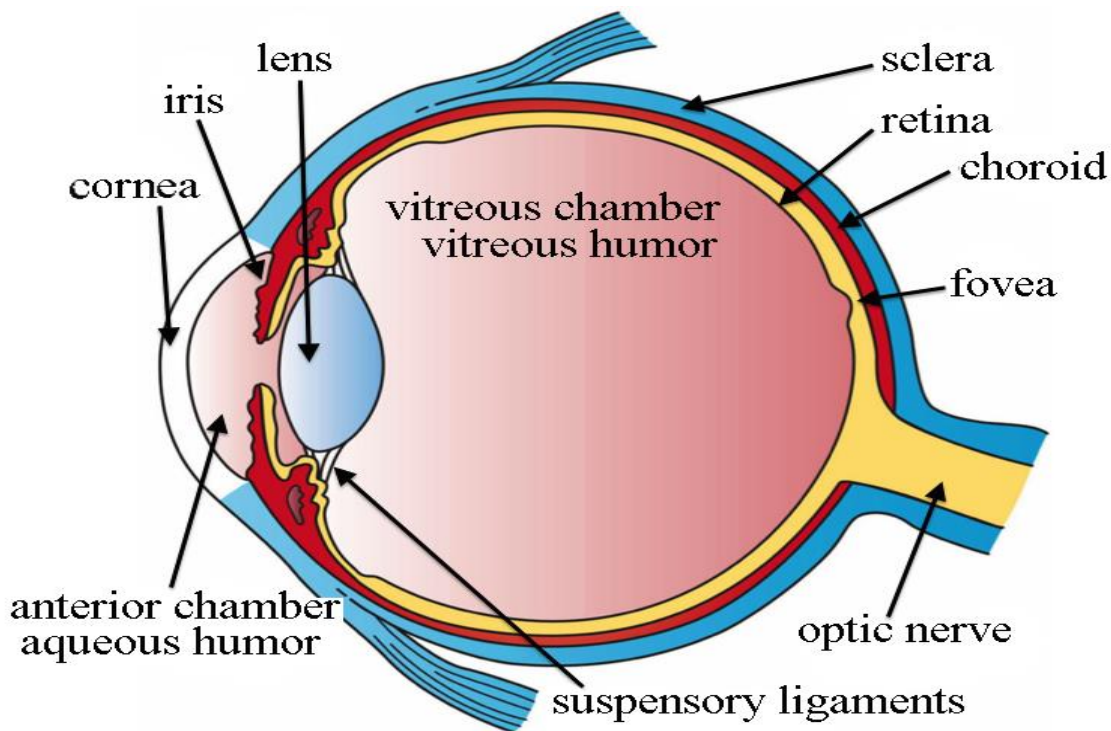
B The object displaces water, which flows into a smaller container.



C When the object is completely submerged, the volume of the displaced water equals the volume of the object.

आँख-प्रकाश संवेदी अंग

➤ ये “प्रकाशग्राही” संवेदी अंग होते हैं।



कॉर्निया-

- यह बाहर से दिखने वाला पारदर्शी भाग है।
- कॉर्निया ट्रांसप्लान्टेशन की सफलता का कारण इसमें रूधिर वाहिनियों का अभाव है।

स्कलेरा -

- मानव में यह सफेद, दृढ़, मोटे तन्तुमय योजी उत्तक का बना होता है।
- इसे व्हाइट ऑफ आई कहते हैं।

आइरिस या उपतारा

- आइरिस के मध्य में एक छिद्र पाया जाता है जिसे प्यूपिल या तारा या पुतली कहते हैं।
- प्यूपिल से होकर प्रकाश आंख के अन्दर प्रवेश करता है।
- तेज प्रकाश में पुतली का आकार घट जाता है जबकि कम प्रकाश में आकार बढ़ जाता है।

रेटिना -

- यह स्तर विशेष संवेदी कोशिकाओं का बना होता है।
- इस स्तर में शलाकाएँ तथा शंकु पाये जाते हैं।
- शलाकाएँ प्रकाश व अन्धकार में विभेद कराती हैं। ये शंकुओं से ज्यादा संवेदी होती हैं।
- शंकु मोटी व छोटी कोशिकाएँ हैं जो तीव्र प्रकाश में विभिन्न रंगों में विभेद की क्षमता रखती हैं।

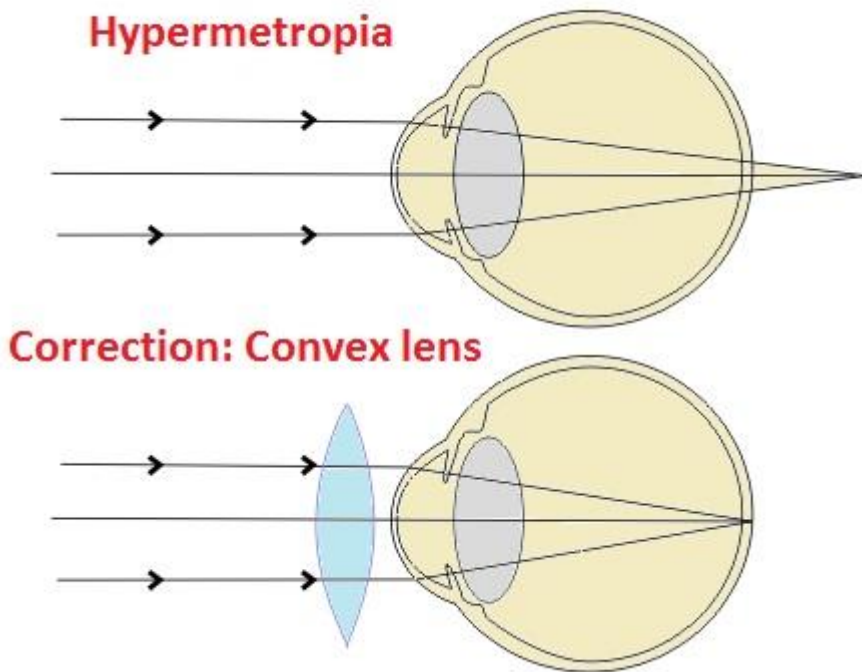
लैन्स:-

- आइरिस के ठीक पीछे एक पारदर्शी तथा उभयोत्तल लैन्स पाया जाता है।
- लैन्स में समायोजन की क्षमता होती है जिससे किसी भी दूरी पर रखी वस्तु का प्रतिबिम्ब रेटिना पर ही बनता है।
- लैन्स नेत्र गोलक की गुहा को दो कक्षों में बांटता है।
- (अ) जलीय कक्ष या “एक्वस चेम्बर”
- (ब) “काचाभ द्रव्य कक्ष” या “विट्रीयस चेम्बर”
- इन द्रव्यों की मात्रा बढ़ने से नेत्र गोलक में दबाव बढ़ जाता है। इसमें रेटिना क्षतिग्रस्त होती जाती है। इस रोग को ग्लाकोमा या सबलबाय कहते हैं।

नेत्र दोष:-

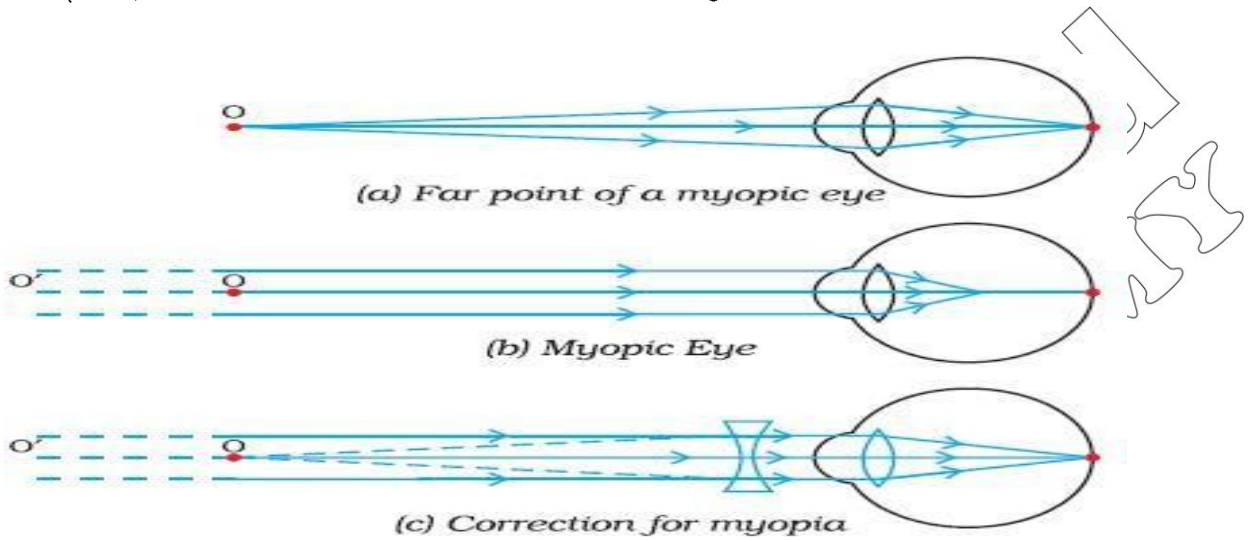
हाइपर मेट्रोपिया या दूरदृष्टि दोष -

- इस नेत्र दोष में मनुष्य को दूर की वस्तुएं साफ दिखाई देती हैं लेकिन निकट की वस्तुएं धुंधली दिखाई देती हैं।
- इसमें प्रतिबिम्ब रेटिना के पीछे बनता है।
- इस नेत्र दोष के निवारण हेतु उत्तल लैन्स का चश्मा लगाना पड़ता है।
- कभी कभी वृद्धावस्था में यह दोष सिलीयरी पेशियों या लैन्स की लचक कम हो जाने के कारण हो जाता है तब इसे “प्रेस बायोपिया” कहते हैं।



2. मायोपिया या निकट दृष्टि दोष:-

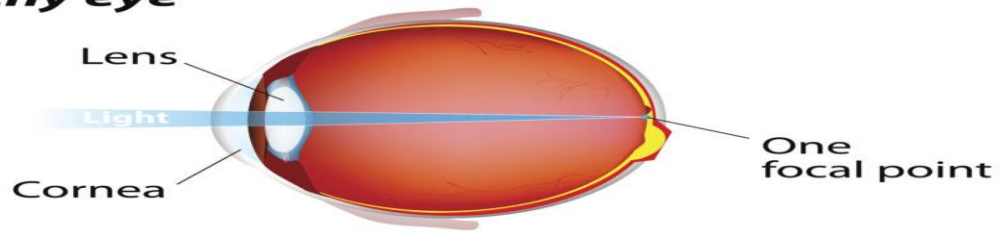
- यह ऐसा नेत्र दोष है जिसमें मनुष्य को निकट की वस्तुएं साफ दिखाई देती हैं लेकिन दूर स्थित वस्तुएं साफ नहीं दिखाई देती हैं।
- प्रतिबिम्ब रेटिना के आगे ही बन जाता है।
- इस दोष का निवारण अवतल लैन्स के चश्में द्वारा किया जाता है।



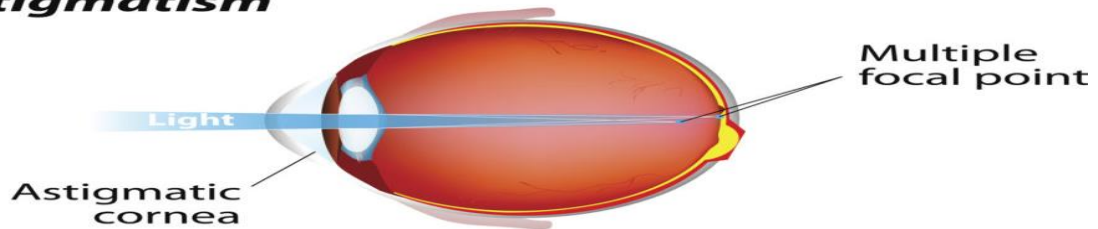
3. ऐस्टीगमेटिज्म / “दृष्टि वैषम्य”-

- इस नेत्र दोष में कॉर्निया का वक्रण बदल जाता है।
- इसमें प्रकाश किरणें मेकुला लुटिया में फोकस न होकर कहीं और जगह फोकस हो जाती हैं। जिससे मनुष्य को धुंधला व अधूरा दिखाई देता है।
- इस दोष का निवारण सिलिन्ड्रिकल लैन्स के चश्मे द्वारा किया जाता है।

Healthy eye



Astigmatism



3. ट्रेकोमा:-

- यह दोष एक जीवाणु “क्लेमाइडिया ट्रेकामेस्टीस” के संक्रमण से होता है।

4. “भेंगापन” या “स्ट्रेबिस्मस”

- इस नेत्र दोष में नेत्र गोलक को साधे रखने वाली 6 कंकाल पेशियों में से किसी भी पेशी के सिकुड़ने या फैल जाने से नेत्र गोलक एक ओर झुक जाता है। इसे भेंगापन कहते हैं।
- शल्यक्रिया द्वारा सम्बन्धित पेशी को ठीक कर देने से इस रोग का निवारण हो जाता है।

5. “मोतिया बिन्दु” या “केटेरेक्ट”

- इस नेत्र दोष में लैन्स अधिक घना, भूरा या अधिक चपटा हो जाता है।
- यह नेत्र दोष वृद्धावस्था में अधिक होता है। इसमें लैन्स अपारदर्शी हो जाता है तथा लैन्स में समायोजन की क्षमता घट जाती है।
- इस स्थिति में मनुष्य को दिखाई देना बन्द हो जाता है।
- इसका निवारण नेत्र के लैन्स को निकालकर उसके स्थान पर नया लैन्स लगाकर किया जाता है।

ताप एवं ऊष्मा:-

ऊष्मा:-

- ऊष्मा, ऊर्जा का एक रूप है जो दो असमान तापमान की वस्तु को पास में लाने पर अधिक तापमान से कम तापमान की ओर स्थानान्तरित होती है।
- ऊष्मा को कार्य में परिवर्तित किया जा सकता है।
- ऊष्मा का मात्रक कैलोरी है
- 1 कैलोरी से 4.2 जूल कार्य किया जा सकता है।

कैलोरी -

- एक ग्राम जल के तापमान का 1°C बढ़ाने के लिए जितनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है उसे एक कैलोरी ऊष्मा कहते हैं।

अन्तर्राष्ट्रीय कैलोरी:-

- 1 ग्राम जल के तापमान को 14.5°C से 15.5°C तक बढ़ाने हेतु जितनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है उसे एक अन्तर्राष्ट्रीय कैलोरी कहते हैं।

ब्रिटिश थर्मल यूनिट:-

- 1 पौण्ड जल के तापमान को 1°F बढ़ाने हेतु जितनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है उसे एक ब्रिटिश थर्मल यूनिट कहते हैं।

ताप -

- ताप वह मान है जिससे किसी भी वस्तु के गर्म या ठण्डे होने का मापन किया जाता है।
- ताप के मापन हेतु थर्मामीटर का प्रयोग किया जाता है।

- सामान्य: थर्मामीटर में पारे का प्रयोग किया जाता है
- पारा ऊष्मा पाकर प्रसारित होता है तथा दिखने में चमकिला होने के कारण इसका प्रयोग किया जाता है।
- पारे का हिमांक बिन्दु -39°C है और क्वथनांक 357°C है अतः इस परास हेतु पारे की तापमापी का प्रयोग किया जाता है
- कम तापमान के मापन हेतु एल्कोहॉल तापमापी का प्रयोग किया जाता है।

गैस तापमापी

- अधिक तापमान के मापन हेतु गैस तापमापी का प्रयोग किया जाता है।
- इसमें H_2 गैस (500°C) तथा N_2 गैस (1500°C) का प्रयोग किया जाता है।

प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी:-

- ताप बढ़ने के साथ साथ चालक का प्रतिरोध बढ़ता जाता है।
- इसी सिद्धान्त के आधार पर प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी का निर्माण किया जाता है
- वह तापमापी 200°C से 1200°C तक का तापमान कर सकती है।
- वर्तमान में काम में लिए जाने वाले डिजीटल थर्मामीटर, प्रतिरोध तापमापी पर आधारित होते हैं।

पूर्ण विकिरण उतापमापी:-

- अत्यधिक तापमान के मापन हेतु पायरोमीटर का प्रयोग किया जाता है।
- कोई भी पिण्ड गर्म होने पर विकिरणों का उत्सर्जन करता है अतः यह विकिरणों उसके ताप के चतुर्थ घात के समानुपाती होती है।

$$R \propto T^4$$

- यह पायरोमीटर इसी सिद्धान्त पर कार्य करता है।

- सूर्य सहित सभी तारों का तापमान पायरोमीटर की सहायता से ज्ञात किया जाता है।
- इसके लिए न्यूनतम तापमान 800°C तक होना चाहिए।

तापमान के पैमाने:-

1. सैल्सियस -

- यदि जल के हिमांक बिन्दु को 0 तथा जल के भाप बिन्दु को 100 अंकित किया जाए तथा इसके मध्य भाग को 100 बराबर भागों में विभाजित कर दिया जाए तो प्रत्येक भाग 1°C कहलाएगा।

2. फारेन्हाइट:-

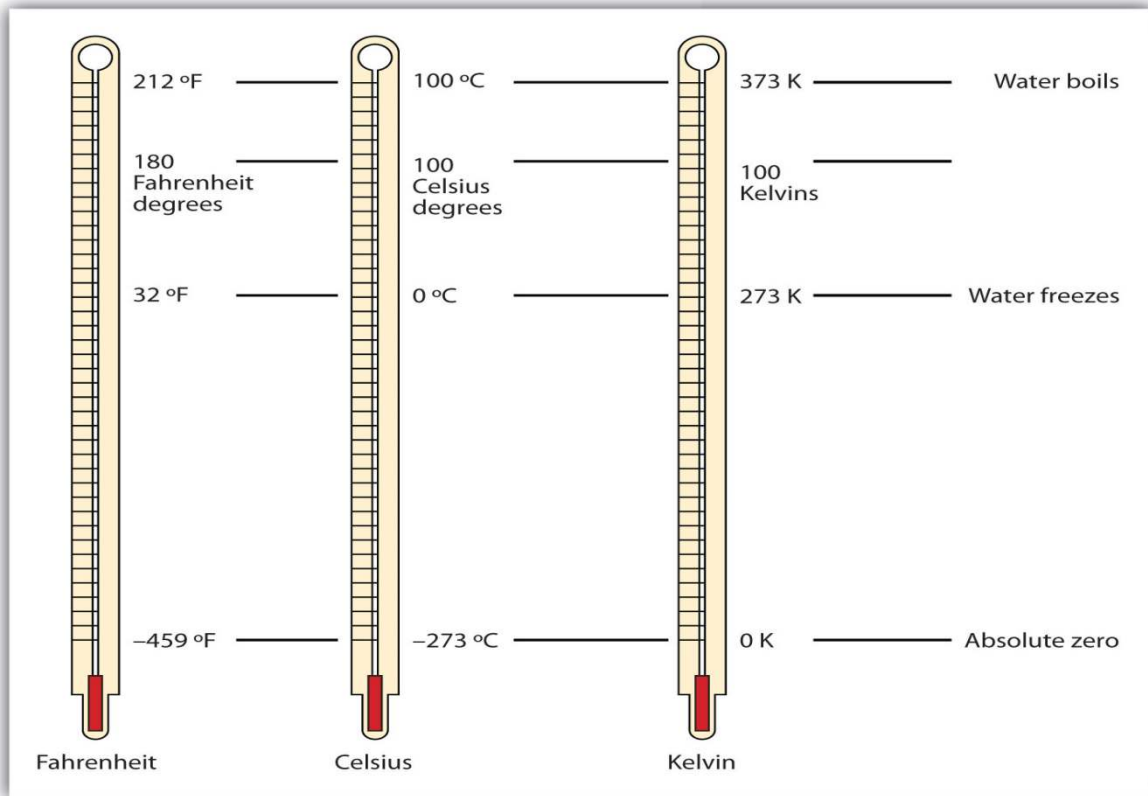
- यदि जल के हिमांक बिन्दु को 32°F तथा भाप बिन्दु को 212°F अंकित किया जाए तथा इसके मध्य भाग को 180 बराबर भागों में विभाजित कर दिया जाए तो प्रत्येक भाग 1°F कहलाएगा।

3. कैल्विन -

- यदि जल के हिमांक बिन्दु 273 तथा भाप बिन्दु को 373 अंकित किया जाए तथा इसके मध्य भाग को 100 बराबर भागों में विभाजित कर दिया जाए तो प्रत्येक भाग 1 कैल्विन कहलाएगा। कैल्विन तापमान में ऋणात्मक मान नहीं होता है।

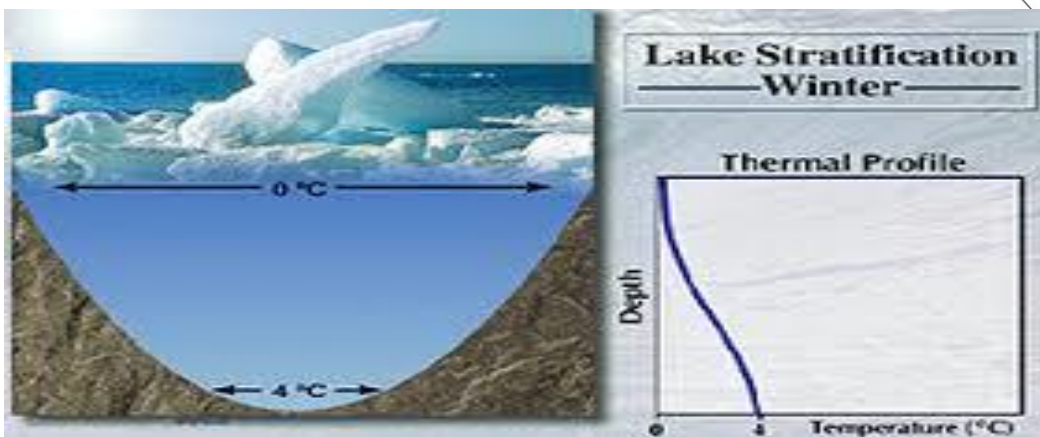
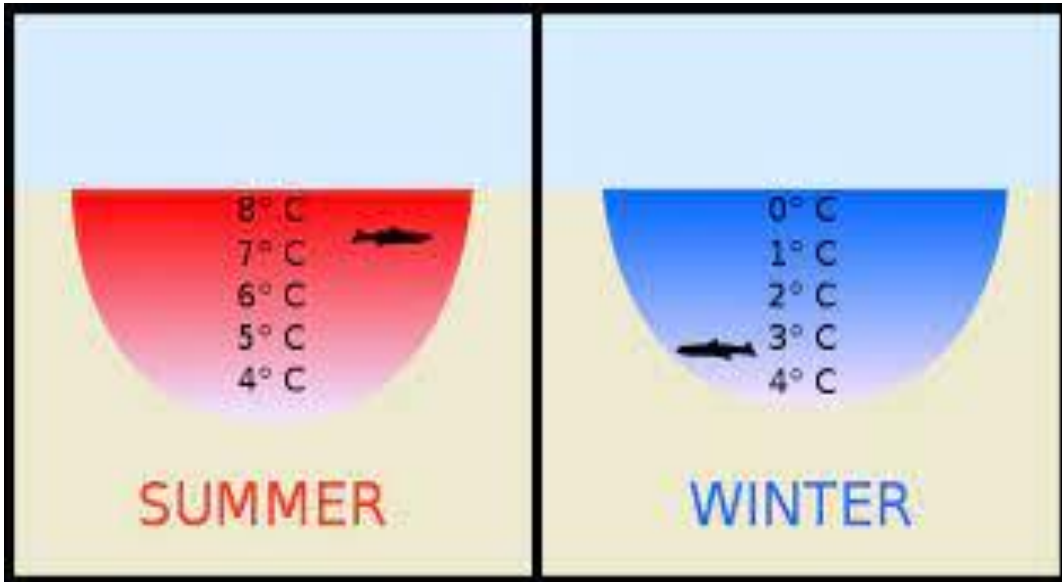
ताप के विभिन्न पैमानों में सम्बन्ध:-

$$\text{➤ } \frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{K-273}{100}$$



ऊष्मीय प्रसार:-

- सामान्यतः सभी पदार्थ ऊष्मा प्राप्त करके प्रसारित होते हैं अर्थात् उनका आयतन बढ़ता है।
- ठोस ऊष्मा प्राप्त करके प्रसारित होते हैं इसी कारण रेल की पटरियों के मध्य जगह छोड़ी जाती हैं, खम्बे पर लगे तारों को ढीला बांधा जाता है।
- द्रव ऊष्मा पाकर प्रसारित होते हैं लेकिन जल का व्यवहार 0 से 4°C तक विपरीत होता है अर्थात् 4°C पर जल का घनत्व सर्वाधिक होता है तथा आयतन न्यूनतम होता है।
- जल के इस व्यवहार का दैनिक जीवन में महत्वपूर्ण भूमिका है इसी कारण झील, तालाब आदि पर सतह पर बर्फ जम जाती है लेकिन गहराई में बर्फ नहीं जमती है जिससे जलीय जीव सुरक्षित रहते



ऊष्मा का संचरण :-

ऊष्मा का संचरण 3 विधियों द्वारा होता है।

1. चालन:-

- ऊष्मा संचरण की वह विधि जिसमें माध्यम के अणु अपने स्थान का परित्याग किए बिना ऊष्मा का संचरण करता हैं।
- ठोसों में ऊष्मा का संचालन इस विधि द्वारा होता है।



चालन के आधार पर पदार्थों को तीन वर्गों में विभाजित किया गया है।

1) चालक -

- वे पदार्थ जिनमें ऊष्मा का स्थानान्तरण आसानी से होता है।
- उदाहरण:- सभी धातु, अम्लीय जल, मानव शरीर आदि।

2) कुचालक -

- वे पदार्थ जिनमें ऊष्मा का स्थानान्तरण कम होता है।
- उदाहरण:- वायु, लकड़ी, प्लास्टिक, रबर आदि।

3) ऊष्मारोधी -

- वे पदार्थ जिनमें ऊष्मा का स्थानान्तरण नहीं होता है।
- उदाहरण:- Asbestos, Ebonite etc.

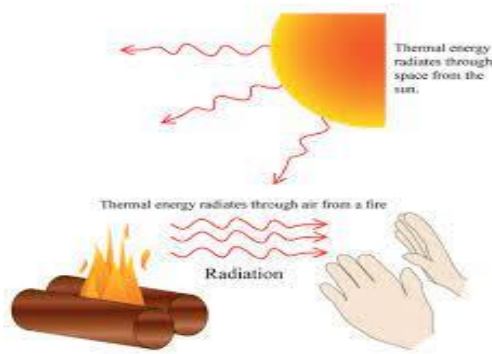
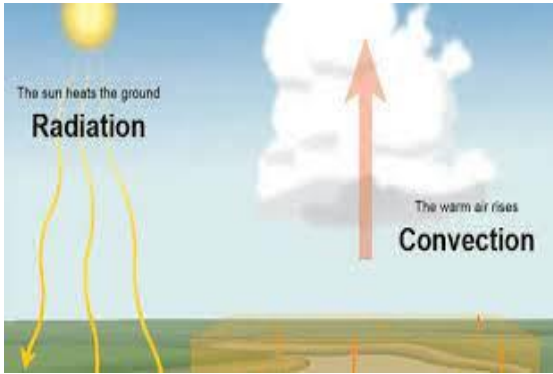
2. संवहन:-

- ऊष्मा संचरण की वह विधि जिसमें माध्यम के अणु अपने स्थान का परित्याग करके ऊष्मा को स्थानान्तरित करते हैं।
- द्रव एवं गैसों में ऊष्मा का संचरण इसी विधि द्वारा होता है।
- द्रव व गैस में ऊष्मा का संचरण संवहनीय धाराओं द्वारा होता है।

3. विकिरण:-

- ऊष्मीय संचरण की वह विधि जिसमें माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है।

➤ प्रकाश ऊर्जा का स्थानान्तरण विकिरण विधि द्वारा होता है।



ऊष्मा का उत्सर्जन:-

- सभी पदार्थ विभिन्न तापमान पर ऊष्मा का उत्सर्जन विकिरण के रूप में करते हैं।
- यह उत्सर्जन पदार्थ के तापमान, उसके क्षेत्रफल तथा पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है।
- श्वेत एवं चिकनी वस्तुएँ ऊष्मा का उत्सर्जन कम करती हैं इसलिए चाय के कप हल्के रंग व चिकने होते हैं।
- काली एवं खुरदरी वस्तुएँ ऊष्मा का उत्सर्जन अधिक करती हैं।

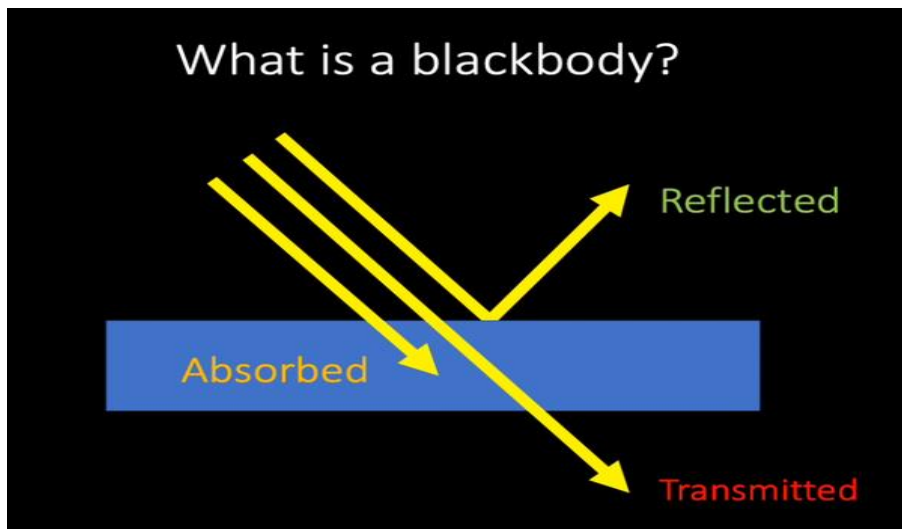
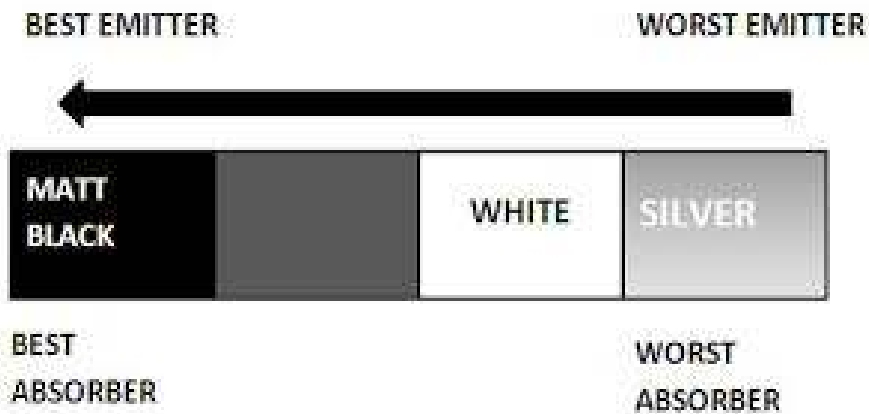
ऊष्मा का अवशोषण:-

- जब किसी वस्तु पर ऊष्मा की विकिरण गिरती है तो उसका कुछ भाग परावर्तित होता है, कुछ भाग अवशोषित होता है एवं कुछ भाग बाहर निकल जाता है।
- ऊष्मा का अवशोषण पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है।
- काली एवं खुरदरी वस्तुएँ ऊष्मा का अधिक अवशोषण करती हैं।

कृष्ण पिण्ड -

- वह वस्तु जो अपने ऊपर गिरने वाली समस्त विकिरणों का अवशोषण कर लेती है।

उदाहरण:- काजल



किरचॉफ का नियम:-

- किरचॉफ के अनुसार जो अच्छे उत्सर्जक होते हैं वे अच्छे अवशोषक भी होते हैं।
- काली एवं खुरदरी वस्तुएँ अच्छी उत्सर्जक के साथ अच्छी अवशोषक भी होते हैं।

न्यूटन का शीतलन का नियम:-

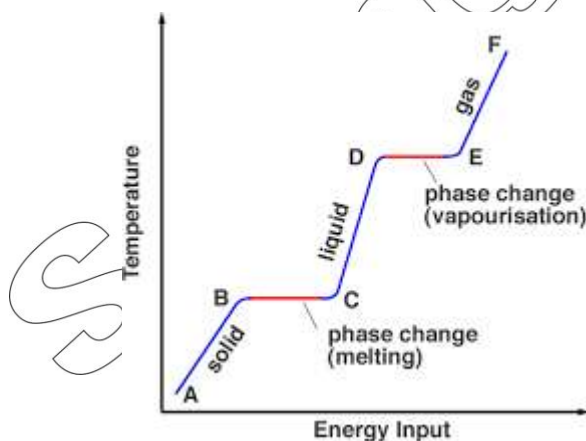
- किसी भी वस्तु के विकिरण द्वारा ऊष्मा के क्षय की दर उस वस्तु के तापमान तथा माध्यम के तापमान के अन्तर के समानुपाती होता है।
- किसी भी वस्तु के 80°C से 70°C तापमान होने में समय 60°C से 50°C तापमान होने में लगे समय से कम होता है।

विशिष्ट ऊष्मा:-

- किसी भी वस्तु के 1 ग्राम द्रव्यमान के तापमान को 1°C बढ़ाने हेतु जितनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है उसे उस वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं।
- जल की विशिष्ट ऊष्मा 1 कैलोरी प्रति ग्राम है।
- पारे की विशिष्ट ऊष्मा सबसे कम होती है।
- मिट्टी की विशिष्ट ऊष्मा जल से कम होती है इसी कारण मिट्टी जल्दी गर्म व जल्दी ठण्डी होती है।

गुप्त ऊष्मा:-

- ऊष्मा की वह मात्रा है जो इसके इकाई मात्रा द्वारा अवस्था परिवर्तन के दौरान अवशोषित की जाती है।
- गुप्त ऊष्मा के कारण वाष्प अधिक गर्म लगती है।



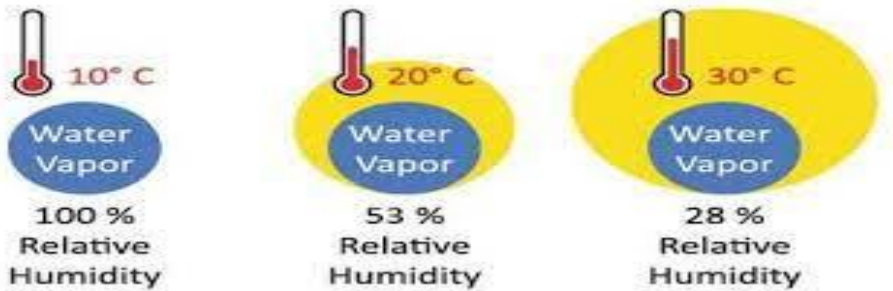
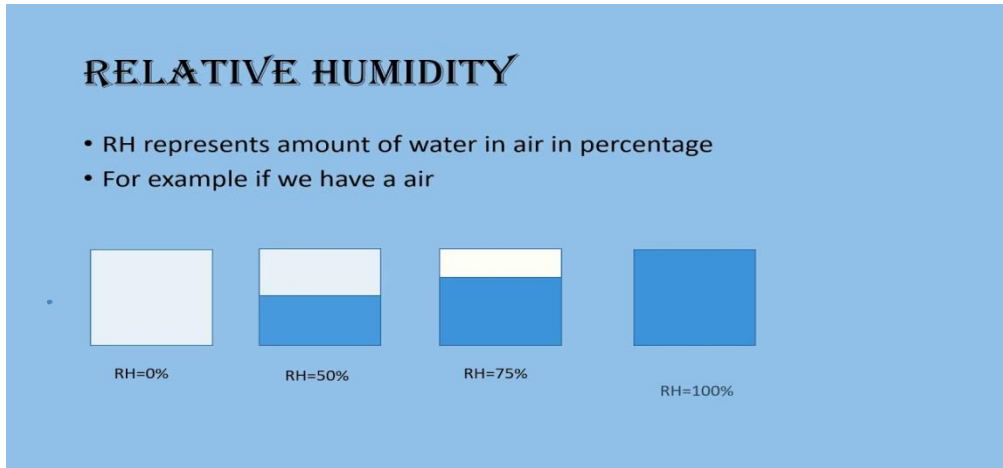
आपेक्षित आर्द्रता:-

- किसी तापमान पर दिये गए आयतन में उपस्थित जलवाष्प की मात्रा तथा उसी तापमान पर उसी आयतन की वायु को संतृप्त करने हेतु आवश्यकता जल वाष्प की मात्रा के अनुपात को आपेक्षित आर्द्रता कहते हैं।

➤ आपेक्षिक आद्रता = जलवाष्प की मात्रा दिये हुए तापमान तथा आयतन में

जलवाष्प की अधिकतम मात्रा समान तापमान तथा समान आयतन में

➤ इसे % में व्यक्त किया जाता है। तथा इसका मापन हाइग्रोमीटर द्वारा किया जाता है।



स्थिर एवं धारा विद्युतिकी:-

- विद्युतिकी जिसमें आवेश पदार्थ की सतह पर स्थिर रहता है उसे स्थिर विद्युतिकी कहते हैं।
- दो स्थिर वस्तुओं को परस्पर रगड़ने पर स्थिर विद्युतिकी उत्पन्न होती है।
- प्रत्येक पदार्थ छोटे छोटे कणों से मिलकर बना होता है जिन्हें परमाणु कहते हैं। परमाणु में नाभिक व मुक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं।
- सामान्यतः नाभिक में प्रोटोन तथा न्यूट्रॉन की संख्या समान होती है इलेक्ट्रॉन अपनी कक्षा में चक्कर लगाते हैं
- कुछ पदार्थों के मुक्त इलेक्ट्रॉन दुर्बलता पूर्वक जुड़े होते हैं
- जब दो पदार्थों को रगड़ा जाता है जिसमें इलेक्ट्रॉन का बंध कमजोर होता एक पदार्थ से दूसरे पदार्थों पर चला जाता है
- पदार्थ जो इलेक्ट्रॉन का त्याग करता है धनावेश बन जाता है तथा पदार्थ जो इलेक्ट्रॉन को ग्रहण करता है ऋणावेश बन जाता है
- स्थिर वस्तुओं के मध्य के इस विभव के कारण स्थिर विद्युतिकी उत्पन्न होती है
- जब हम गुब्बारे को बालों पर रगड़ते हैं ऋणावेश का स्थानान्तरण उनके मध्य होता है
- ऋणावेश बालों के परमाणु से गुब्बारे के परमाणु की तरफ स्थानान्तरित हो जाता है जिससे बालों के परमाणु धनावेश बन जाते हैं तथा गुब्बारे के परमाणु ऋणावेश बन जाते हैं।
- गुब्बारे तथा बालों के मध्य आकर्षण बल प्रेरित होता है
- धनावेश तथा ऋणावेश बालों व गुब्बारे के मध्य विभवान्तर उत्पन्न करता है जिससे उनके मध्य स्थिर विद्युतिकी उत्पन्न होती है

स्थिर एवं धारा विद्युतिकी में अन्तर:-

तुलना का आधार	स्थिर विद्युतिकी	धारा विद्युतिकी
परिभाषा	वह विद्युतिकी जो पदार्थ की सतह पर आवेश के कारण उत्पन्न होती है उसे स्थिर विद्युतिकी कहते हैं।	धारा विद्युतिकी इलेक्ट्रॉन के प्रवाह के कारण उत्पन्न होती है
कारण	यह ऋणावेश के एक पदार्थ से दूसरे पदार्थ की तरफ स्थानान्तरित होने से उत्पन्न होती है	धारा विद्युतिकी इलेक्ट्रॉन के प्रवाह के कारण उत्पन्न होती है
पदार्थ	स्थिर विद्युतिकी चालक एवं अचालक दोनों में उत्पन्न होती है	धारा विद्युतिकी केवल चालक में उत्पन्न होती है
चुम्बकीय प्रभाव	इसमें चुम्बकीय क्षेत्र प्रेरित नहीं होता है	इसमें चुम्बकीय क्षेत्र प्रेरित होता है
समया अवधि	इसका अस्तित्व कम समय तक होता है	इसका अस्तित्व लम्बे समय तक होता है
मापन का उपकरण	इसका मापन गोल्ड लीफ इलेक्ट्रोस्कोप द्वारा होता है	इसका मापन एनालोग एवं डीजिटल मीटर द्वारा होता है
उदाहरण	आकाश में बिजली चमकना, गुब्बारे को बालों से रगड़ने के दौरान उत्पन्न	घरों में विद्युत उपकरण जैसे पंखे, टीवी आदि चलाने में प्रयोग।

आवेशो के प्रवाह के आधार पर पदार्थों को 3 वर्गों में विभाजित किया गया है।

(1) चालक -

- वे पदार्थ जिनमें आवेशो का प्रवाह सरलता पूर्वक होता है उन्हें चालक कहते हैं।
- जैसे:- धातु, मानव शरीर, अम्लीय जल आदि।
- धातुओं में चालकता क्रम- चांदी, तांबा, सोना, एल्युमीनियम, जिंक, निकल, पीतल, कांसा, लौहा, प्लेटिनम।

(2) अचालक -

- वे पदार्थ जिनमें आवेशों का प्रवाह नहीं होता है उन्हें अचालक कहते हैं।
- जैसे - लकड़ी, प्लास्टिक, रबर, आसुत जल आदि।

(3) अर्द्धचालक -

- वे पदार्थ जिनमें चालक व अचालक दोनों के गुण होते हैं उन्हें अर्द्धचालक कहते हैं।
- जैसे - सिलीकन, जर्मेनियम ।
- अर्द्धचालकों में ताप बढ़ने पर चालकता बढ़ती है तथा घटने पर चालकता घटती है।
- परम शून्य ताप (0 K) पर अर्द्धचालक पूर्ण रूप से अचालक बन जाता है।
- अर्द्धचालकों में अशुद्धियां मिलाने पर चालकता बढ़ती है।
- चालकों में मुक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं जिससे उसमें विद्युत धारा का प्रवाह होता है जबकि अर्द्धचालकों में सामान्य ताप पर मुक्त इलेक्ट्रॉन नहीं होते हैं।

विद्युत धारा:-

- आवेशों या इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह विद्युत धारा कहलाता है।

➤ मात्रक - एम्पीयर

➤ जिसका मापन अमीटर द्वारा किया जाता है।

विद्युत धारा दो प्रकार की होती है :-

1. दिष्ट धारा:-

➤ यदि किसी परिपथ में विद्युत धारा की दिशा समान बनी रहे तो उसे दिष्ट धारा कहते हैं।

➤ उदाहरण:- विद्युत बैटरी

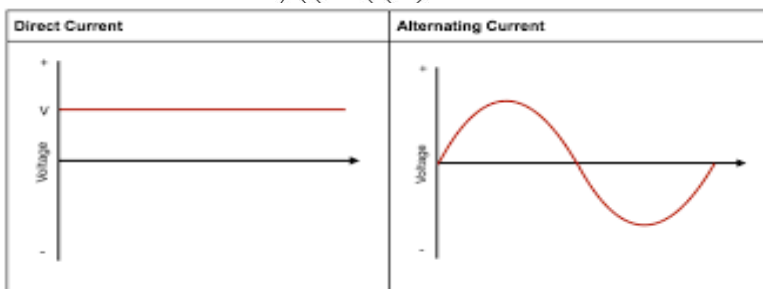
(लेक्लांश सेल, शुष्क सेल, डेनियल सेल)

2. प्रत्यावर्ती धारा -

➤ यदि किसी विद्युत परिपथ में विद्युत धारा की दिशा लगातार एकान्तर रूप में बदलती हो तो उसे प्रत्यावर्ती धारा कहते हैं।

➤ उदाहरण:- घरेलू विद्युत आपूर्ति।

➤ हमारे घर में प्रवाहित होने वाली प्रत्यावर्ती धारा 5 एम्पीयर व 15 एम्पीयर, 220 वोल्ट, 50 हर्ट्ज आवृत्ति व 100 बार ध्रुवता बदलती है।



विद्युत विभव-

- एकांक धनावेश को अनन्त से विद्युत परिपथ के किसी बिन्दु तक लाने में किया गया कार्य विद्युत विभव कहलाता है।
- इसका मात्रक वोल्ट है तथा इसका मापन वोल्टमीटर द्वारा किया जाता है।

प्रतिरोध:-

- किसी परिपथ में विद्युत धारा के प्रवाह में उत्पन्न होने वाले विरोध को प्रतिरोध कहते हैं।
- प्रतिरोध का मात्रक ओम है।

ओम का नियम:-

- नियत ताप पर किसी परिपथ के सिरों पर लगाया गया विभवान्तर उसमें प्रवाहित धारा के समानुपाती होता है।

$$V = IR$$

- प्रतिरोध (R) का मान पदार्थ की प्रकृति, तापमान, लम्बाई तथा अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर निर्भर करता है।
- चांदी का विशिष्ट प्रतिरोध कम होने के कारण इसे सर्वोत्तम चालक माना जाता है।

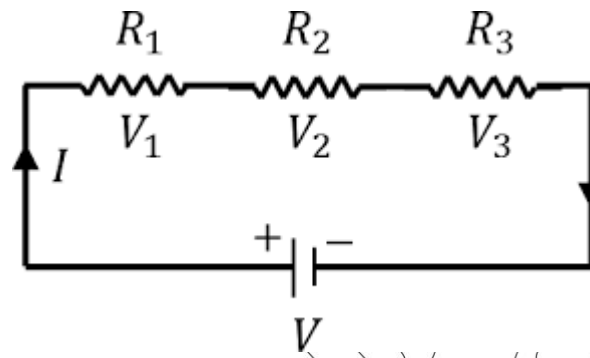
प्रतिरोधो का संयोजन:-

प्रतिरोधो का संयोजन दो प्रकार से किया जाता है।

(1) श्रेणीक्रम -

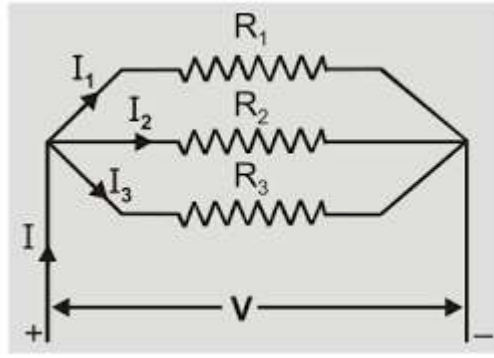
- किसी विद्युत परिपथ में प्रतिरोधों का ऐसा संयोजन जिसमें सभी प्रतिरोध एक के बाद एक व्यवस्थित क्रम में जुड़े हुए होते हैं
- इस संयोजन में सभी प्रतिरोधों में समान विद्युत धारा प्रवाहित होती है।
- हमारे घरों में अमीटर तथा फ्यूज तार श्रेणीक्रम में व्यवस्थित होते हैं।
- इस संयोजन में परिणामी प्रतिरोध सभी प्रतिरोधों के योग के बराबर होता है।

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$



(2) समान्तर क्रम -

- किसी विद्युत परिपथ में प्रतिरोधों का ऐसा संयोजन जिसमें सभी प्रतिरोध एक बिन्दु से जुड़े हुए होते हैं।
- इस संयोजन में सभी सिरों पर समान विभवान्तर उत्पन्न होता है।
- हमारे घरों में सभी उपकरण समान्तर क्रम में व्यवस्थित होते हैं।
- इस संयोजन में परिणामी प्रतिरोध का मान सबसे छोटे प्रतिरोध से भी कम होता है।



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

विद्युत शक्ति:-

- कार्य करने की दर शक्ति कहलाती है या ऊर्जा व्यय की दर विद्युत शक्ति कहलाती है।
- शक्ति = वोल्ट × विद्युत धारा
- विद्युत शक्ति का मात्रक वाट होता है।
- हमारे घरों में ऊर्जा व्यय का मापन यूनिट के रूप में किया जाता है।
- यूनिट = किलो वाट × घण्टा

उदाहरण:- 40 वाट की 10 ट्यूबलाइट प्रतिदिन 5 घण्टे चलती हैं तो एक माह का ऊर्जा व्यय ज्ञात कीजिए।

विद्युत फ्यूज:-

- सार्ट सर्किट के कारण विद्युत परिपथ में होने वाले नुकसान को रोकने के लिए विद्युत फ्यूज का प्रयोग किया जाता है।
- इलेक्ट्रिक फ्यूज को श्रेणीक्रम में लगाया जाता है।
- एक आदर्श विद्युत फ्यूज तार का गलनांक कम एवं विशिष्ट प्रतिरोध अधिकतम होता है।
- विद्युत फ्यूज तार सीसा + टिन मिश्रधातु का बना होता है।



विद्युत बल्ब:-

- इसकी खोज थॉमस आल्वा एडिसन ने की थी।
- इसमें टंगस्टन तन्तु का प्रयोग किया जाता है जिसका गलनांक 3500°C तक होता है।
- बल्ब के अन्दर का तापमान 1500°C - 2500°C तक होता है।
- बल्ब में आर्गन गैस भरी होती है
- इसमें केवल 10% विद्युत ऊर्जा प्रकाश ऊर्जा में परिवर्तित होती है शेष ऊर्जा ऊष्मा के रूप में खर्च होती है।

प्रतिदीप्ति पदार्थ:-

- वे पदार्थ जो अधिक आवृत्ति की पराबैंगनी विकिरणों को अवशोषित करके कम आवृत्ति की प्रकाश विकिरणों का उत्सर्जन करते हैं उन्हें प्रतिदीप्ति पदार्थ कहते हैं।

ट्यूबलाईट:-

- काँच की ट्यूब के भीतरी भाग में प्रतिदीप्ति पदार्थ का लेप किया हुआ होता है।
- इस ट्यूब के दोनों सिरों पर टंगस्टन के तन्तु उपस्थित होते हैं जिस पर बेरियम ऑक्साइड का लेप किया हुआ होता है।
- जब इन टंगस्टन के तन्तुओं में विद्युत धारा प्रवाहित होती है तो इनसे इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं जिनके कारण इस ट्यूब में विद्युत धारा प्रवाहित होती है।
- जिससे इस ट्यूब में भरी हुई पारे की वाष्प पराबैंगनी किरणों का उत्सर्जन करती है।
- यह पराबैंगनी किरणें प्रतिदीप्ति पदार्थ द्वारा अवशोषित की जाती हैं तथा प्रकाश ऊर्जा का उत्सर्जन किया जाता है।
- ट्यूबलाईट में स्टार्टर का प्रयोग विद्युत धारा को बढ़ाने के लिए तथा चोक का प्रयोग वोल्टता को बढ़ाने के लिए किया जाता है।

CFL (Compact Fluorescent Lamp):-

- यह एक प्रकार की ट्यूबलाईट है जिसे बल्ब का आकार दिया गया है।
- इसमें भी प्रतिदीप्ति पदार्थ तथा पारे की वाष्प का प्रयोग किया जाता है।
- इनकी सघनता ट्यूबलाईट की तुलना में अधिक होती है।

LED (Light Emitting Diode):-

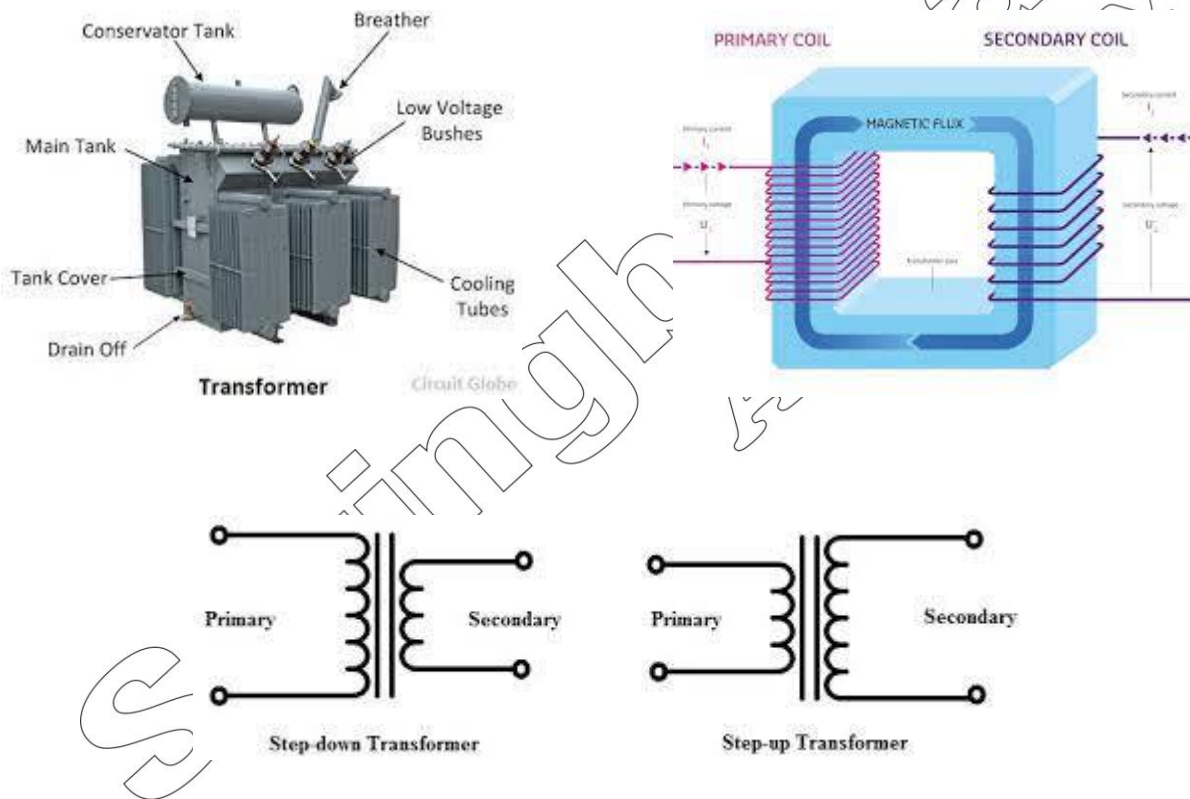
- यह सेमी कंडक्टर आधारित प्रकाश स्रोत है।
- इसमें P-n junction diode का प्रयोग किया जाता है।
- इनमें ऊर्जा दक्षता CFL की तुलना में अधिक होती है।

ट्रांसफार्मर :

- ट्रांसफार्मर का प्रयोग वोल्टता को घटाने या बढ़ाने हेतु किया जाता है।
- ट्रांसफार्मर विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करते हैं।
- ये दो प्रकार के होते हैं।

1. उच्चायी ट्रांसफार्मर -

- ये ट्रांसफार्मर विद्युत की वोल्टता को बढ़ाते हैं।



2. अपचायी ट्रांसफार्मर -

- ये ट्रांसफार्मर विद्युत की वोल्टता को कम करते हैं।
- विद्युत ऊर्जा संयंत्रों में कम वोल्टता की विद्युत उत्पन्न होती है जिसे उच्चायी ट्रांसफार्मर की सहायता से वोल्टता बढ़ाकर प्रसारण किया जाता है।

- उच्च वोल्टता के कारण विद्युत ऊर्जा का क्षय कम होता है।
- घरों में आपूर्ति से पहले इसे निम्न वोल्टता में परिवर्तित किया जाता है।

जनित्र:-

- वह उपकरण जो यान्त्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करता है।
- यह विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करता है।
- यह दो प्रकार का होता है।

1. एसी जनरेटर
2. डीसी जनरेटर

चुम्बक और चुम्बकत्व :-

- ईसा से 600 वर्ष पूर्व एशिया माइनर (वर्तमान तुर्की) के मैग्नीशिया नामक स्थान पर ऐसे पत्थर पाये गये जो लोहे के छोटे-छोटे टुकड़ों को अपनी ओर आकर्षित करते थे, जिसे चुम्बक कहा गया।
- ये पत्थर वास्तव में लोहे के मैग्नेटाइट नाम के ऑक्साइड (Fe_3O_4) हैं, जो पृथ्वी के सभी क्षेत्रों में पाये जाते हैं।
- कालान्तर में यह देखा गया कि इन्हें स्वतंत्रतापूर्वक लटकाने पर ये सदैव उत्तर-दक्षिण दिशा के अनुदिश ठहरते हैं और अपने समान अन्य चुम्बकों को आकर्षित या प्रतिकर्षित करते हैं। चुम्बक के इन्हीं गुणों को चुम्बकत्व कहते हैं।

चुम्बक के प्रकार :-

- प्राकृतिक चुम्बक - प्रकृति में स्वतंत्र रूप से प्राप्त चुम्बकों को प्राकृतिक चुम्बक कहते हैं। जैसे- मैग्नेटाइट।
- कृत्रिम चुम्बक - कुछ वस्तुओं को कृत्रिम विधियों से चुम्बक बनाया जाता है ऐसे चुम्बकों को कृत्रिम चुम्बक कहते हैं।
- ये अलग-अलग आकृतियों के होते हैं। जैसे- छड़ चुम्बक (Bar magnet)] नाल चुम्बक (Horse shoe magnet), चुम्बकीय सुई चुंबक (magnetic compass) आदि।

चुम्बक के गुण :-

- चुम्बक लोहे, निकिल, कोबाल्ट आदि धातुओं को अपनी ओर आकर्षित करने का गुण रखता है।
- चुंबक के दो ध्रुव होते हैं। (उत्तरी ध्रुव व दक्षिणी ध्रुव)
- ध्रुवों के पास चुंबकत्व सर्वाधिक व मध्य भाग में कम होता है। चुम्बक के ठीक मध्य में चुम्बकत्व नहीं होता इसे उदासीन बिंदु (Neutral point) कहते हैं।
- चुम्बक को तोड़ने पर उसका प्रत्येक टुकड़ा पुनः एक नया चुम्बक बन जाता है, जिसमें पुनः दो ध्रुव होते हैं। अर्थात् ध्रुवों को चुम्बक से अलग नहीं किया जा सकता।
- चुम्बकों के समान ध्रुवों के बीच विकर्षण जबकि दो विपरीत ध्रुवों के बीच आकर्षण होता है।
- शक्तिशाली चुम्बक के समीप लोहे के टुकड़े को लाने पर लोहा भी एक चुम्बक की तरह व्यवहार करने लगता है।

➤ चुम्बकीय पदार्थों के प्रकार (Types of magnetic substances) :-

➤ चुम्बकीय पदार्थों को चुम्बकीय प्रवृत्ति के आधार पर तीन भागों में बांटा जा सकता है-

➤ 1. अनुचुम्बकीय पदार्थ (Para-magnetic substance)

➤ 2. प्रतिचुम्बकीय पदार्थ (Dia-magnetic substance)

➤ 3. लौह चुम्बकीय पदार्थ (Fero magnetic substance)

अनुचुम्बकीय पदार्थ-

➤ वे पदार्थ जो बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की दिशा में क्षीण (Weak) चुम्बकत्व प्राप्त कर लेते हैं, अनुचुम्बकीय पदार्थ कहलाते हैं। जैसे- प्लैटिनियम, ऐल्यूमिनियम, सोडियम, ऑक्सीजन, मैग्नीज आदि।

➤ नोट :- अनुचुम्बकत्व का गुण प्रायः उन पदार्थों में पाया जाता है, जिनके परमाणुओं में इलेक्ट्रॉनों की संख्या विषम होती है।

प्रतिचुम्बकीय पदार्थ-

➤ वे पदार्थ जो बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की विपरीत दिशा में क्षीण (Weak) चुम्बकत्व प्राप्त कर लेते हैं, प्रति चुम्बकीय पदार्थ कहलाते हैं।

➤ जैसे- बिस्मथ, लेड, जल, सोना, चांदी, नाइट्रोजन, हीरा, हाइड्रोजन आदि।

लौह चुम्बकीय पदार्थ-

➤ वे पदार्थ जो बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की दिशा में प्रबल रूप से चुम्बकित हो जाते हैं तथा किसी चुम्बक के सिरे के समीप लाए जाने पर सिरे की ओर तेजी से आकर्षित होते हैं, लौह चुम्बकीय पदार्थ कहलाते हैं।

➤ जैसे- लोहा, कोबाल्ट, मैग्नेटाइट, फेरिक क्लोराइड का जलीय विलयन आदि।

किसी भी पदार्थ में चुम्बकत्व का गुण क्यों होता है, इसके लिए डोमेन सिद्धांत दिया गया है-

डोमेन सिद्धांत (Domains Theory) :-

- लौह चुम्बकीय पदार्थ में प्रत्येक परमाणु एक लघु चुम्बक की भांति व्यवहार करता है, जिसमें कुछ स्थायी चुम्बकीय आघूर्ण होता है। इनमें परमाणुओं में कुछ ऐसी जटिल अन्योन्य क्रियाएं होती हैं जिनके कारण पदार्थ के भीतर परमाणुओं के असंख्य, अतिसूक्ष्म आकार के प्रभावी क्षेत्र बन जाते हैं, जिनकी चुम्बकीय अक्षें (axis) एक ही दिशा में रेखित होती हैं, इन्हें डोमेन कहते हैं।
- प्रत्येक डोमेन भी एक तीव्र चुम्बक की भांति व्यवहार करता है।
- एक डोमेन में 10^{18} से 10^{21} तक परमाणु होते हैं।
- लौह चुम्बकीय पदार्थों का चुम्बकीय गुण इन्हीं डोमेनों के परस्पर प्रतिस्थापन व घूर्णन के फलस्वरूप होता है।
- चूंकि ये सभी डोमेन पदार्थ में इस प्रकार बिखरे होते हैं कि उनका किसी भी दिशा में परिणामी चुम्बकीय आघूर्ण शून्य होता है।
- जब लौह चुम्बकीय पदार्थ को बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखते हैं तब बाह्य चुम्बकीय प्रभाव डोमेन को बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में व्यवस्थित करने की कोशिश करता है जिससे डोमेनों में गति होती है और डोमेन बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में व्यवस्थित हो जाते हैं, जिससे पदार्थ के अंदर एक अकेला बड़ा डोमेन बन जाता है जिसका चुम्बकत्व, बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में होता है और इस तरह लौह चुम्बकीय पदार्थ में स्थायी चुम्बकत्व का गुण आ जाता है।
- नोट :- जब हम लौह चुम्बकीय गुण वाले चुम्बक को / पदार्थों को गर्म करते हैं तो डोमेन संरचना बिगड़ जाती है जिससे चुम्बकीय गुण नष्ट होता है।

क्यूरी ताप (Curie Temperature) :-

- किसी लौह चुम्बकीय पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृत्ति उसके परम ताप के व्युत्क्रमानुपाती होती है, इसे क्यूरी का नियम कहते हैं।
- ताप बढ़ाये जाने पर एक ऐसा बिंदु आता है जिस पर उष्मीय विक्षोभ के कारण उसका लौह चुम्बकत्व का गुण समाप्त हो जाता है और पदार्थ अनुचुम्बकीय पदार्थ में बदल जाता है, इसी निश्चित ताप को क्यूरी ताप कहते हैं।
- लोहे के लिए क्यूरी ताप का मान 770°C और निकिल के लिए 358°C होता है।

चुम्बक के उपयोग :-

- लौह पदार्थों की पहचान करने में।
- कम्प्यूटर मेमारी के निर्माण में।
- ATM कार्ड, क्रेडिट कार्ड व डेबिट कार्ड के पीछे चुम्बकीय पदार्थ के लेप की एक पट्टी में भी।
- साउण्ड रिकॉर्डिंग व पहले से रिकॉर्डेड साउण्ड को चलाने में प्रयुक्त टेप पर चुम्बकीय पदार्थों का लेप किया जाता है।
- फिल्म की रिकॉर्डिंग जिस वीडियोटेप पर हाती है, उसमें चुम्बकीय पदार्थों का ही प्रयोग होता है।
- आवेशित कणों को त्वरित करने में भी चुम्बकीय क्षेत्र का प्रयोग होता है।
- MRI में
- NMR में

चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic field) :-

- चुम्बक के चारों ओर का वह क्षेत्र जिसमें चुम्बक के प्रभाव का अनुभव किया जा सकता है, चुम्बकीय क्षेत्र कहलाता है।

- चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा चुम्बकीय सुई से निर्धारित की जाती है।
- चुम्बकीय क्षेत्र का मात्रक- गौस (in CGS), टेसला (in SI)
- नोट :- $1 \text{ गौस} = 10^{-4} \text{ टेसला}$

चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता (चुम्बकीय तीव्रता) (Intensity of a magnetic field OR Magnetic Intensity) :-

- चुम्बकीय क्षेत्र में क्षेत्र के लम्बवत एकांक लम्बाई का ऐसा चालक तार रखा जाए जिसमें एकांक प्रबलता की धारा प्रवाहित हो रही हो, तो चालक पर लगने वाला बल ही चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता का माप होगा।
- चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता एक सदिश राशि है।
- मात्रक- न्यूटन/ऐम्पियर-मीटर या वेबर/मी² या टेसला (T)

चुम्बकीय बल रेखाएं (Magnetic Lines of force) :-

- चुम्बकीय बल रेखाएं किसी चुम्बकीय क्षेत्र में वे काल्पनिक वक्र हैं, जिनके किसी बिंदु पर खींची गई स्पर्श रेखा उस बिंदु पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता की दिशा को निरूपित करती है।

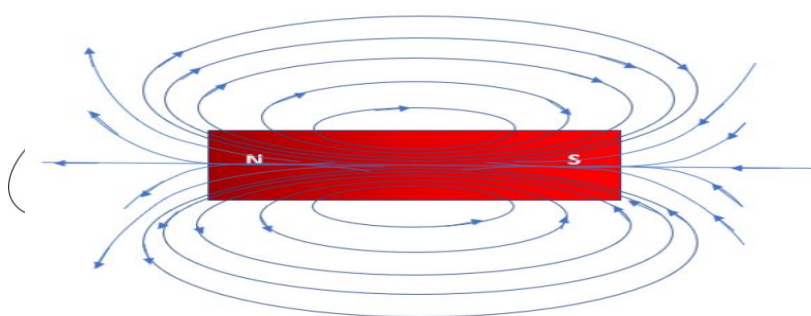


Figure: Magnetic lines of forces

चुम्बकीय बल रेखाओं के गुण :-

- चुम्बकीय बल रेखा सदैव उत्तरी ध्रुव से होकर दक्षिण ध्रुव पर समाप्त होती है।
- चुम्बकीय बल रेखाएं एक दूसरे को कभी नहीं काटती हैं।

- ध्रुवों पर चुम्बकीय बल रेखाएं बहुत पास-पास होती हैं जिससे यह पता लगता है कि ध्रुवों पर चुम्बकीय क्षेत्र शक्तिशाली होता है।
- यदि चुम्बकीय क्षेत्र एक समान है तो बल रेखाएं एक-दूसरे के समान्तर व बराबर दूरियों पर होती हैं।

चुम्बकशीलता (Permeability) :-

- जब किसी चुम्बकीय क्षेत्र में कोई चुम्बकीय पदार्थ (जैसे नर्म लोहे की छड़) रख दी जाती है तो छड़ के अंदर चुम्बकीय बल रेखाओं की सघनता (Density) बाहर की अपेक्षा बढ़ जाती है। इसी प्रकार जब किसी चुम्बकीय क्षेत्र में गैर चुम्बकीय पदार्थ (जैसे ऐल्यूमिनियम) को रख देते हैं तो उसके अंदर बल रेखाओं की सघनता बाहर की अपेक्षा कम हो जाती है।
- अतः पदार्थ के उस चालक गुण या शक्ति, जिसके कारण उसके अंदर चुम्बकीय बल रेखाओं की सघनता बढ़ या घट जाती है, चुम्बकशीलता कहते हैं।
- इसे μ (म्यू) से प्रदर्शित करते हैं।
- निर्वात में भी चुम्बकशीलता का गुण होता है।
- $\mu = \frac{B}{H}$ = चुम्बकीय पदार्थ में प्रति वर्ग मी. में गुजरने वाली बल रेखाएं/हवा में प्रति वर्ग मी. बल रेखाओं की संख्या
- चुम्बकशीलता का मात्रक- हेनरी/मीटर

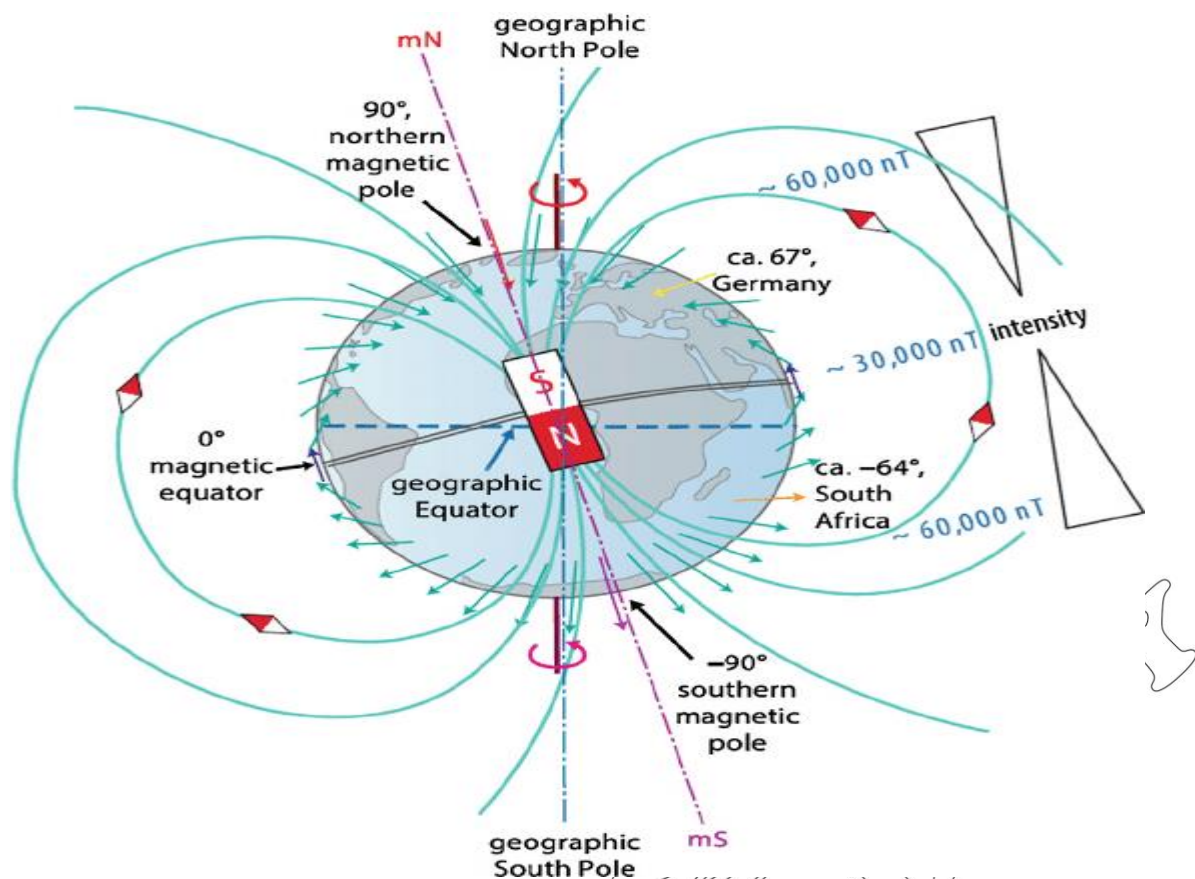
चुम्बकीय प्रवृत्ति (Magnetic Susceptibility) :-

- किसी पदार्थ का वह गुण जो बताता है कि पदार्थ कितनी सुगमता से कितना अधिक चुम्बकीय गुण ग्रहण करता है।
- यदि पदार्थ को चुम्बकित करने वाला बल का मान H हो और वह पदार्थ में चुम्बकन तीव्रता I उत्पन्न कर सके तो चुम्बकीय प्रवृत्ति-

- $X = \frac{I}{H} = K$ (नियतांक), $X =$ काई
- K को पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृत्ति कहते हैं।

भू-चुम्बकत्व (Earth's Magnetism):-

- जब किसी चुम्बक को स्वतंत्रतापूर्वक उसके गुरुत्व केन्द्र से लटकाया जाता है तो वह हमेशा उत्तर-दक्षिण दिशा में स्थिर होता है।
- जिससे यह सिद्ध होता है कि उस पर कोई अन्य चुम्बकीय बल अवश्य लग रहा है।
- यह चुम्बकीय बल किसी अन्य चुम्बक का नहीं बल्कि स्वयं पृथ्वी का होता है।
- यह स्थिति स्पष्ट करती है कि पृथ्वी भी एक विशाल चुम्बक की भाँति कार्य करती है। अर्थात् इसमें भी चुम्बकत्व का गुण है, जिसे भू-चुम्बकत्व कहते हैं।
- हम पृथ्वी के भीतर एक विशाल चुम्बक की परिकल्पना कर सकते हैं जिसका दक्षिणी ध्रुव, पृथ्वी के भौगोलिक उत्तरी ध्रुव की ओर व उत्तरी ध्रुव, पृथ्वी के भौगोलिक दक्षिणी ध्रुव की ओर है।
- पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र की बल रेखाएँ एक समान दूरी पर तथा एक-दूसरे के समान्तर होती हैं और उत्तर की ओर दिष्ट होती हैं।



- पृथ्वी के भीतर कल्पित चुंबक उत्तरी व दक्षिणी ध्रुवों की मिलाने पर पृथ्वी का चुम्बकीय अक्ष (Magnetic axis) प्राप्त होता है।
- जो कि भौगोलिक अक्ष में लगभग 15° का कोण बनाता है।
- अतः पृथ्वी के भौगोलिक तथा चुम्बकीय ध्रुव एक-दूसरे से अलग होते हैं।
- किसी स्थान पर पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र को तीन घटकों द्वारा व्यक्त किया जाता है-
- 1. Angle of Declination (दिक्पात कोण) - किसी स्थान पर चुम्बकीय याम्योत्तर (Magnetic Meridian) व भौगोलिक याम्योत्तर (Geographical Meridian) के बीच के कोण को दिक्पात कोण कहते हैं।
- 2. Angle of Dip (नमनकोण) - किसी स्थान पर पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र क्षैतिज तल के साथ जितना कोण बनाता है उसे उस स्थान का नमन कोण कहते हैं।
- पृथ्वी के भौगोलिक ध्रुवों पर नमन कोण का मान 90° व विषुवत रेखा पर 0° होता है।

- Horizontal component of Earth's magnetic field (पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक) - पृथ्वी के सम्पूर्ण चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक (H), अलग-अलग स्थानों पर अलग-अलग होता है। लेकिन इसका औसत मान 0.4 गौस या 0.4×10^{-4} टेस्ला माना जाता है।
- Law of force between poles of magnets (चुम्बकीय ध्रुवों के बीच पारस्परिक बल के नियम) :-
- चुम्बक के दो ध्रुवों के बीच आरोपित बल (F), दोनों ध्रुवों की प्रबलता के गुणनफल के अनुक्रमानुपाती व दोनों ध्रुवों के बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।
- $F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$
- जहां m_1, m_2 दोनों ध्रुवों की प्रबलता व r उनके बीच की दूरी है।

वैद्युत चुम्बकत्व

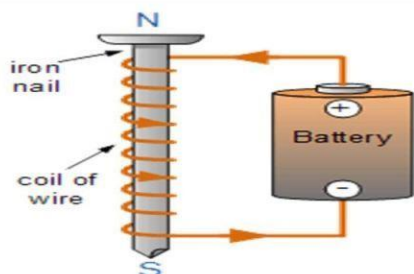
- वह प्रक्रिया जिसके द्वारा किसी चालक में विद्युत धारा प्रवाहित कर चुम्बकीय क्षेत्र सृजित किया जाता है।
- जब कोई चालक आवेशित होता है तो वह चुम्बकीय बल रेखाएं उत्पन्न करता है।

वैद्युत चुम्बक (Electro magnet) :-

- वैद्युत चुम्बक एक परिनालिका कुण्डली होती है, जिसमें धारा के कारण चुम्बकत्व उत्पन्न होता है।
- यह चुम्बकीय धारा के प्रभाव के नियम पर कार्य करता है।

- परिनालिका (Solenoid) :- यदि किसी बेलनाकार खोखली नलिका पर Insulated wire को लपेट दिया जाए तो इसे परिनालिका कहते हैं। बेलनाकार नलिका को उसका क्रोड (Core) कहते हैं।
- इसका उपयोग डायनमो, ट्रांसफॉर्मर, विद्युत घंटी, टेलीफोन आदि में होता है।
- विद्युत चुम्बक द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता निम्न बातों पर निर्भर करती है-
- परिनालिका के फेरों की संख्या- यदि फेरों की संख्या अधिक है तो चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता भी अधिक होगी।
- क्रोड (Core) पदार्थ की प्रकृति- यदि क्रोड नर्म लोहे का है तो चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता अधिक होती है।
- धारा का परिमाण- धारा का परिमाण जितना अधिक होगा क्षेत्र उतना ही तीव्र होगा।

Electromagnetism

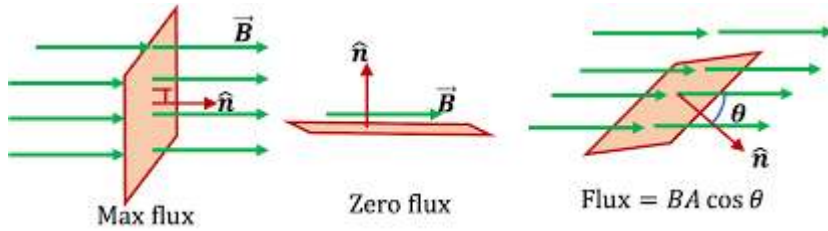


चुम्बकीय फ्लक्स (Magnetic Flux) :-

- चुम्बकीय क्षेत्र में रखी हुई किसी सतह के लम्बवत गुजरने वाली कुल चुम्बकीय रेखाओं की संख्या को उस सतह का चुम्बकीय फ्लक्स कहते हैं।
- चुम्बकीय फ्लक्स का मात्रक SI पद्धति में- वेबर (Wb) है।

$$\phi = B.A$$

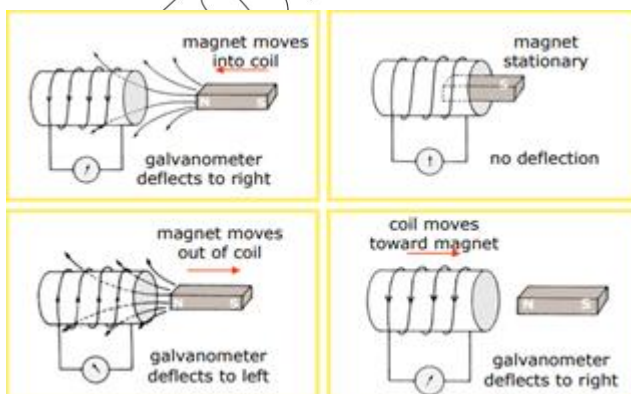
- चुम्बकीय क्षेत्र (B) को चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व (Magnetic flux density) भी कहते हैं।
- यदि कोई तल चुम्बकीय क्षेत्र के समान्तर है तो उसमें से कोई फ्लक्स रेखा नहीं गुजरेगी तथा उस तल से गुजरने वाला चुम्बकीय फ्लक्स शून्य होगा।



विद्युत चुम्बकीय प्रेरण (Electromagnetic Induction) :-

- फैराडे ने 1831 में यह ज्ञात किया कि जब किसी परिपथ या बंद कुंडली में से होकर गुजरने वाली चुम्बकीय बल रेखाओं की संख्या या चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है तो कुंडली में एक विद्युत वाहक बल (Electro-motive force) उत्पन्न हो जाता है।
- जिसके कारण कुंडली में विद्युत धारा प्रवाहित होती है।
- यह धारा केवल उतने ही समय तक बहती है जितने समय तक चुम्बकीय बल रेखाओं की संख्या में परिवर्तन होता रहता है।
- कुंडली में उत्पन्न विद्युत वाहक बल को प्रेरित विद्युत वाहक बल (Induced e.m.f) तथा बहने वाली धारा को प्रेरित धारा (Induced current) कहते हैं।
- इसी घटना को “विद्युत चुम्बकीय प्रेरण” (Electro-magnetic induction) कहते हैं।

- किसी कुण्डली में से गुजरने वाले चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन कई प्रकार से किया जा सकता है। जैसे-
- किसी चुम्बक को कुण्डली के सापेक्ष गति करा के
- कुण्डली को किसी चुम्बकीय क्षेत्र में घुमाकर
- कुण्डली में धारा के मान को परिवर्तित करके
- जब चुम्बक को कुण्डली (coil) के समीप स्थिर रखा जाता है तब गैल्वेनोमीटर में कोई विक्षेप नहीं दिखता।
- जब चुम्बक के उत्तरी ध्रुव (N) को कुण्डली के समीप लाते हैं तो गैल्वेनोमीटर में विक्षेप होता है।
- यह विक्षेप तब तक रहता है जब तक चुम्बक, कुण्डली के सापेक्ष गति में रहता है। इससे पता चलता है कि कुण्डली में धारा प्रवाहित होती है।
- अब यदि चुम्बक के उत्तरी ध्रुव (N) को कुण्डली से दूर ले जाए तो गैल्वेनोमीटर में विक्षेप विपरीत दिशा में होता है।
- इससे स्पष्ट होता है कि कुण्डली में धारा की दिशा पहले से विपरीत है।
- इसी प्रकार यदि चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव (S) को कुण्डली के पास ले जाएं अथवा दूर ले जाएं तो गैल्वेनोमीटर में विक्षेप पहले से विपरीत दिशाओं में होता है।



Result :

- कुण्डली में प्रेरित धारा केवल तब तक ही बढ़ती है जब तक चुम्बक की गति कुण्डली के सापेक्ष है।
- चुम्बक को रोकते ही धारा का बहना बंद हो जाता है।
- चुम्बक को जितनी तेजी से चलाया जाता है, प्रेरित धारा उतनी ही अधिक होती है।
- यदि चुम्बक को स्थिर रखकर कुण्डली को चुम्बक के सापेक्ष चलाये तब भी गैल्वेनोमीटर में विक्षेप प्राप्त होता है।
- कुण्डली में No. of turns बढ़ा देने पर प्रेरित विद्युत वाहक बल की प्रबलता बढ़ जाती है।

फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम :- दो नियम हैं-

- प्रथम नियम :- जब किसी बंद कुण्डली में से होकर जाने वाली चुम्बकीय बल रेखाओं की संख्या या चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है तो उस कुण्डली में प्रेरित विद्युत वाहक बल पैदा हो जाता है। जिसके कारण प्रेरित धारा बहने लगती है। यह धारा उतने ही समय तक बहती है जब तक कि बल रेखाओं की संख्या में परिवर्तन होता रहता है।
- दूसरा नियम :- किसी बंद कुण्डली में उत्पन्न प्रेरित विद्युत वाहक बल का परिमाण चुम्बकीय फ्लक्स के परिवर्तन की दर के अनुक्रमानुपाती होता है।

$$E \propto \frac{d\phi}{dt}$$

लेन्ज का नियम (Lenz's Law) :-

- इस नियम के अनुसार किसी कुण्डली में प्रेरित धारा या विद्युत वाहक बल ऐसी दिशा में उत्पन्न होते हैं जिससे वे स्वयं को उत्पन्न करने वाले कारण का विरोध कर सकें। यानि

$$E = \frac{-d\phi}{dt}$$

- जब हम चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को कुण्डली के पास ले जाते हैं तो कुण्डली में प्रेरित धारा ऐसी दिशा में प्रवाहित होती है कि कुण्डली का चुम्बक के सामने वाला तल उत्तरी ध्रुव की तरह कार्य करता है।
- अतः यह पास आते हुए चुम्बक को दूर हटाने का प्रयत्न करता है अर्थात् उसकी गति का विरोध करता है।
- लैंग के नियम से $E = \frac{-d\phi}{dt}$ -ve sign का मतलब उत्पन्न करने वाले कारणों का विरोध करना।

LENZ'S LAW

An induced Current always flows in a direction such that it opposes the change which produced it.

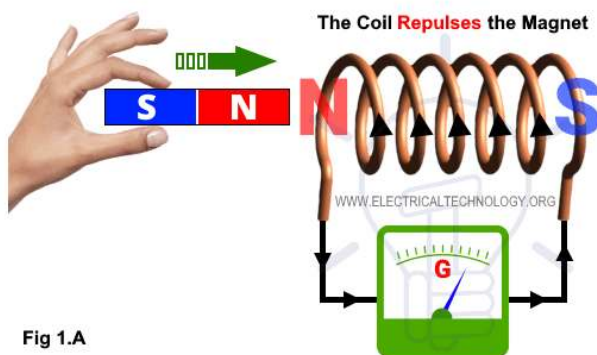


Fig 1.A

When the "N" Pole of the magnet is moved towards the coil, end of the coil becomes "N" Pole.

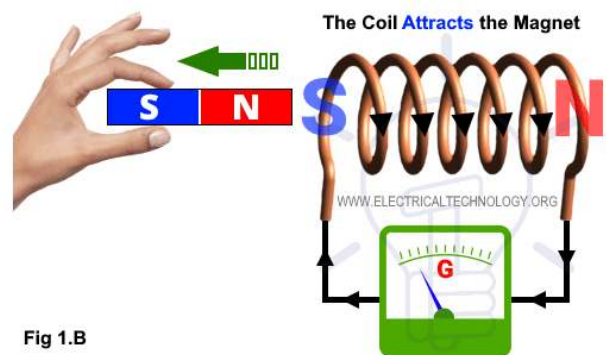


Fig 1.B

When the "N" Poles of the magnet is moved away from the coil, end of the coil becomes "S" Pole.

स्वप्रेरण (Self-Induction) :-

- विद्युत चुम्बकीय प्रेरण की घटना जिसमें किसी कुण्डली में प्रवाहित धारा को परिवर्तित करने से स्वयं उसी कुण्डली में प्रेरित धारा उत्पन्न होती है, स्वप्रेरण कहते हैं।

- N फेरों वाली कुण्डली में धारा I प्रवाहित हो रही है, इस धारा के कारण कुण्डली में से लम्बवत् गुजरने वाली बल रेखाओं की संख्या या चुम्बकीय फ्लक्स (ϕ), धारा के अनुक्रमानुपाती होता है। अर्थात्

$$N\phi \propto I$$

$$N\phi = LI$$

- जहां L एक नियतांक है। जिसे कुण्डली का स्वप्रेरण गुणांक (Coefficient of Self-Induction / self inductance) कहते हैं।
- स्व-प्रेरकत्व का मात्रक : हेनरी (H)

अन्योन्य प्रेरण (Mutual Induction) :-

- यदि हम दो कुण्डलियों को पास-पास रखकर उनमें से एक में बैटरी के द्वारा विद्युत धारा प्रवाहित करें अथवा उसमें प्रवाहित होतो हुई विद्युत धारा के मान में परिवर्तन करें अथवा धारा को बंद करें, तो दूसरी कुण्डली में विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के कारण एक प्रेरित विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है। इस प्रभाव को अन्योन्य प्रेरण कहते हैं।

अन्योन्य प्रेरण गुणांक (Coefficient of Mutual induction / Mutual Inductance) :-

- माना पहली कुण्डली में I धारा प्रवाहित हो रही है। इस धारा के कारण द्वितीयक कुण्डली में से लम्बवत् गुजरने वाली बल रेखाओं की संख्या (चुम्बकीय फ्लक्स) धारा के अनुक्रमानुपाती होगी। अर्थात्

$$\phi \propto I$$

$$\phi = MI$$

- यहां M एक नियतांक है जिसे दोनों कुण्डलियों के बीच का “अन्योन्य प्रेरण गुणांक” कहते हैं।
- इसका मात्रक भी हेनरी (H) होता है।

भंवर धारायें (Eddy Current) :-

- जब किसी कुण्डली से संबद्ध चुम्बकीय फ्लक्स के मान में परिवर्तन होता है तो कुण्डली में प्रेरित विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है एवं इससे कुण्डली में प्रेरित विद्युत धारा (Induced current) उत्पन्न होती है।
- वैज्ञानिक Faraday's ने बताया है कि जब किसी धात्विक चालक से संबद्ध चुम्बकीय फ्लक्स के मान में परिवर्तन होता है तो चालक में बन्द पाश (Closed Loop) के रूप में प्रेरित धारा उत्पन्न होने लगती है। ये Closed loop Induced current “भंवर” (eddies OR whirl pods) के रूप में दिखाई देती है। इन धाराओं को भंवर धारायें या फोको धारा कहते हैं।
- भंवर धाराओं का मान चालक के प्रतिरोध पर निर्भर करता है।
- यदि चालक का प्रतिरोध अधिक होता है तो भंवर धाराएं क्षीण हो जाती हैं और यदि चालक का प्रतिरोध कम होता है तो भंवर धाराएं प्रबल हो जाती हैं।

भंवर धारा से हानियां :-

- डायनेमो (DC Generator) तथा विद्युत मोटर की Core (क्रोड) को नर्म लोहे की बनाने से उनमें Eddy current उत्पन्न हो जाती है और विद्युत ऊर्जा का उष्मीय ऊर्जा में नुकसान हो जाता है।
- इस समस्या को सुलझाने के लिए इन यंत्रों की क्रोड को एक अकेले नर्म लोहे के रूप में न लेकर बल्कि नर्म लोहे की पतली-पतली पत्तियों को जोड़कर बनाते हैं।
- ऐसा करने से क्रोड का प्रतिरोध बढ़ जाता है, प्रतिरोध बढ़ने के साथ ही भंवर धाराएं क्षीण हो जाती हैं।

भंवर धाराओं आधारित अनुप्रयोग Application of Eddy current :-

- विद्युत चुम्बकीय अवमन्दन (Electro magnetic damping)
- प्रेरण मोटर (Induction motor)

- गति मापक (Speedometer)
- ऊर्जा मापी (Energy meter)
- विद्युत ब्रेक (Electric break)- जब ट्रेन को रोकना होता है तो पहियों के साथ लगे ड्रम में एक प्रबल चुम्बकीय क्षेत्र लगाया जाता है। जिससे ड्रम में Eddy Current उत्पन्न हो जाती है जो ड्रम की गति का विरोध करती है इस प्रकार ड्रम के साथ-साथ पहिये भी रुक जाते हैं।

चुम्बकीय परिपथ से संबंधित परिभाषायें :-

चुम्बकत्व वाहक बल (Magneto motive force) :-

- जिस प्रकार विद्युतिकी में इकाई आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में किया गया कार्य दो बिन्दुओं के मध्य विभवान्तर के बराबर होता है, ठीक उसी प्रकार किसी एकांक चुम्बकीय ध्रुव को चुम्बकीय परिपथ में एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक लाने के लिए किया गया कार्य दो बिन्दुओं के मध्य चुम्बकत्व वाहक बल के बराबर होता है।
- चुम्बकत्व वाहक बल, चुम्बकीय परिपथ में चुम्बकीय फ्लक्स स्थापित करने का स्रोत होता है।
- चुम्बकत्व वाहक बल चुम्बकीय परिपथ में फेरों की संख्या N व उसमें प्रवाहित धारा I के गुणनफल के बराबर होता है।
- इसका मात्रक ऐम्पियर-टर्न (AT) होता है।
- चुम्बकत्व वाहक बल $= NI$

Reluctance (प्रतिष्टम्भ) :-

- Reluctance चुम्बकीय माध्यम का वह गुण है जो चुम्बकीय माध्यम में चुम्बकीय फ्लक्स स्थापित करने का विरोध करता है। अर्थात् Reluctance माध्यम में चुम्बकीय फ्लक्स स्थापित करने हेतु चुम्बकीय बल प्राप्त करने का गुण है।
- यह विद्युत परिपथों में प्रतिरोध के समरूप होता है।

- इसे S से निरूपित करते हैं।
- $S = \text{चुम्बकत्व वाहक बल/चुम्बकीय फ्लक्स}$

चुम्बकीय व्याप्यता (Permeance) :-

- चुम्बकीय परिपथ में Reluctance के व्युत्क्रम को चुम्बकीय व्याप्यता कहते हैं।
- यह विद्युत परिपथ में चालकता (Conductivity) के समरूप होता है।
- इसे P से प्रदर्शित करते हैं।
- चुम्बकीय व्याप्यता = $1/\text{Reluctance}$
- इसका मात्रक - हेनरी या वेबर/ऐम्पीयर टर्न होता है।

चुम्बकीय परिपथ व विद्युतीय परिपथ में तुलना :-

चुम्बकीय परिपथ	विद्युतीय परिपथ
1. फ्लक्स के प्रवाहित होने का कारण चुम्बकीय वाहक बल (MMF)	1. धारा के प्रवाह होने का कारण विद्युत वाहक बल (EMF)
2. फ्लक्स = चु.वा.बल / Reluctance	2. धारा = वि.वा.बल / प्रतिरोध
3. M.M.F मात्रक ऐम्पियर-टर्न (AT)	3. EMF मात्रक वोल्ट (V)
4. Permeance $[P] = 1/S$	4. Conductance $= G = 1/R$
5. Reluctance $[S]$	5. Resistance $[R]$
6. किसी निश्चित तापमान पर चुम्बकशीलता कुल फ्लक्स पर निर्भर करती है।	6. चालकता धारा की प्रबलता पर निर्भर नहीं करती है।
7. चुम्बकीय वाहक बल को हटाने से भी कुछ चुम्बकीय पदार्थों में कुछ न कुछ चुम्बकीय क्षेत्र विद्यमान रहता है।	7. विद्युत वाहक बल को हटाने से विद्युत परिपथ में धारा का मान शून्य हो जाता है।

ध्वनि तरंगे:-

- ये एक प्रकार की यान्त्रिक तरंगें हैं जिन्हें संचरण हेतु माध्यम की आवश्यकता होती है।
- यह अनुदैर्घ्य यान्त्रिक तरंगें हैं अतः इनका संचरण ठोस, द्रव, गैस तीनों में हो सकता है।
- ये तरंगें किसी भी वस्तु में कंपन के कारण उत्पन्न होती हैं।

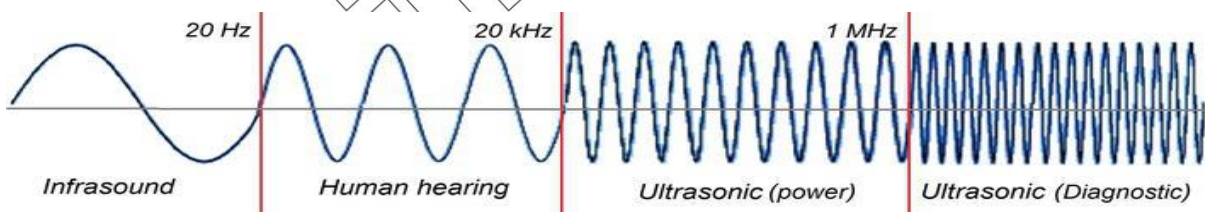
आवृत्ति के आधार पर ध्वनि तरंगों को तीन वर्गों में विभाजित किया गया है।

1. अवश्रव्य तरंगे:-

- आवृत्ति- 20 हर्ट्ज से कम
- हमारे कान इन तरंगों को नहीं सुन सकते हैं।
- भूकम्प के दौरान उत्पन्न होती हैं।

2. श्रव्य तरंगे:-

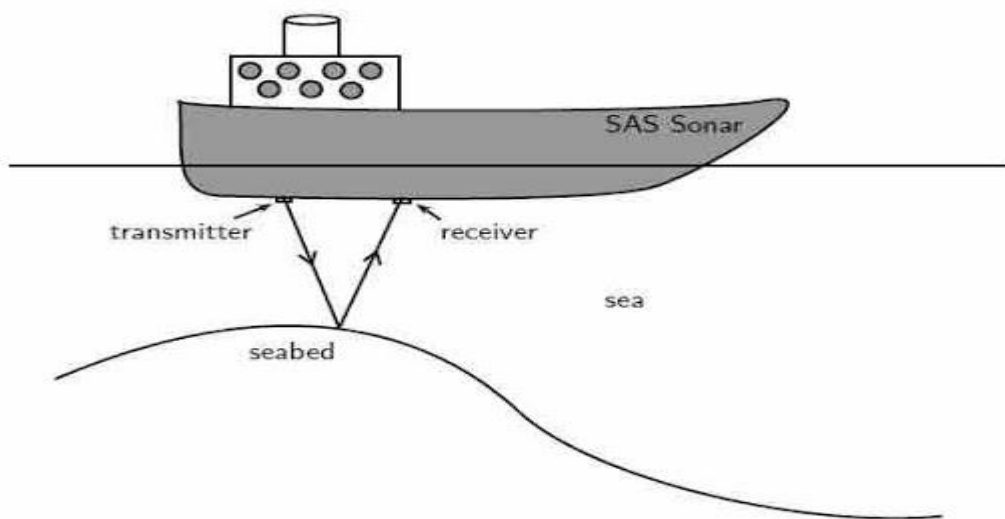
- वे ध्वनि तरंगें जिनकी आवृत्ति 20 हर्ट्ज से 20,000 हर्ट्ज तक होती है उन्हें श्रव्य तरंगें कहते हैं।

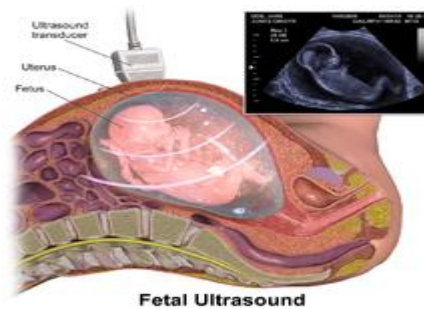
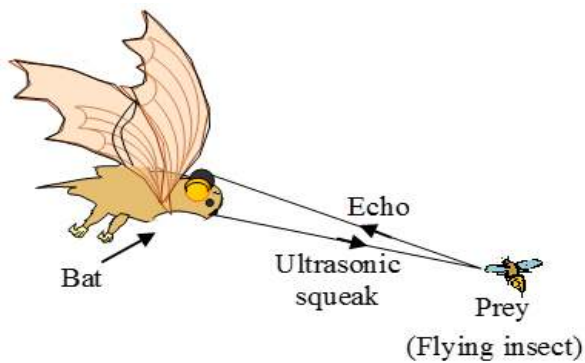


3. पराश्रव्य तरंगे:-

- आवृत्ति 20,000 हर्ट्ज से अधिक।
- हमारे कान नहीं सुन सकते हैं।
- कुत्ता, कीट, चमगादड़, डालफिन इनको सुन सकते हैं।
- सर्वप्रथम गाल्टन ने पराश्रव्य ध्वनि तरंगों को उत्पन्न किया था।

- विभिन्न प्रकार के क्रिस्टल क्वार्ट्ज, लेडजिरकोनेट में विद्युत धारा प्रवाहित करके उन्हें उत्पन्न किया जा सकता है।
- इस घटना को Piezoelectricity कहते हैं।
- इन ध्वनि तरंगों का प्रयोग विभिन्न क्षेत्रों में किया जाता है।
- (1) चिकित्सा के क्षेत्र में - सोनोग्राफी
- (2) जहाजों में सोनार तंत्र समुद्र की गहराई व हिम शैलों का पता लगाया जाता है।
- (3) वायुमण्डल में स्थित कोहरे की मात्रा को कम करके विमानों को सुरक्षित उतारा जा सकता है।
- (4) इनका प्रयोग जीवाणुओं को नष्ट करने हेतु भी किया जा सकता है।





ध्वनि की चाल

- ठोस में ध्वनि की चाल अधिक जबकि गैस में कम होती हैं।
- ध्वनि की चाल प्रत्यास्थता एवं घनत्व पर निर्भर करती हैं।
- प्रत्यास्थता बढ़ने के साथ ध्वनि की चाल बढ़ती हैं तथा घनत्व बढ़ने के साथ ध्वनि की चाल घटती हैं।

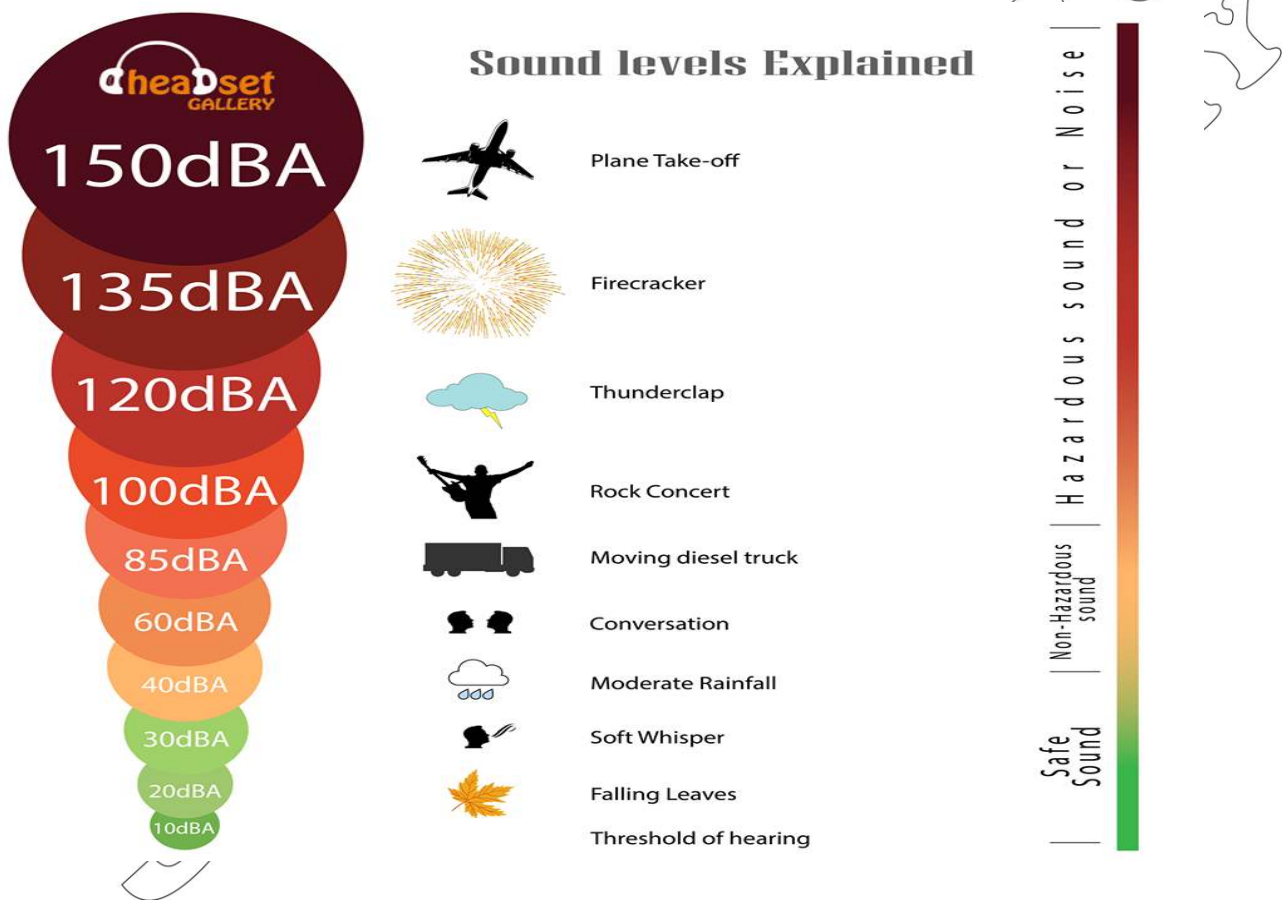
$$V = \sqrt{\frac{E}{d}}$$

Material	Speed of Sound (m/s)
Air	343
Wood	3960
Water	1493

1. ध्वनि की तीव्रता:-

- ध्वनि का वह लक्षण जिससे ध्वनि के तेज या धीमी होने की पहचान की जाती हैं।
- आयाम बढ़ने के साथ ध्वनि की तीव्रता बढ़ती हैं।

- ध्वनि की तीव्रता को डेसीबल में मापा जाता है।
- सामान्य फुसफुसाहट - 15 - 20 डेसीबल
- सामान्य वार्तालाप - 50-60 डेसीबल
- प्रदूषण की श्रेणी - 80 डेसीबल से अधिक
- सर्वाधिक ध्वनि की तीव्रता समुन्द्रों में जहाजों को रास्ता बताने वाले सायरन की होती है।



2. ध्वनि का तारत्व -

- ध्वनि का वह लक्षण जिससे उसके मोटे व भारी होने का पता लगाया जाता है।
- ध्वनि का तारत्व आवृत्ति पर निर्भर करता है।
- आवृत्ति बढ़ने के साथ ही आवाज पतली होती जाती है।

➤ महिलाओं में ध्वनि का तारत्व अधिक होने के कारण आवाज पतली होती है।

3. ध्वनि की गुणवत्ता:-

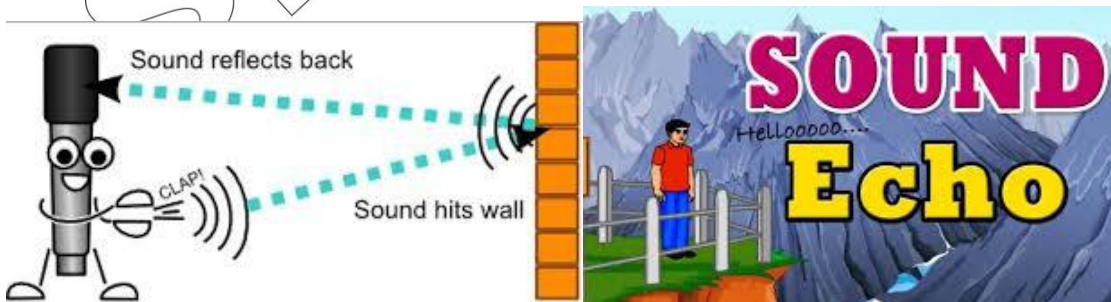
➤ समान आयाम एवं आवृत्ति की ध्वनि तरंगों में विभेद उसकी गुणवत्ता के आधार पर किया जाता है।

ध्वनि तरंगों का परावर्तन:-

- जब ध्वनि तरंग किसी माध्यम की सतह से टकराकर पुनः उसी माध्यम में लौट आती है तो उसे ध्वनि का परावर्तन कहते हैं।
- ध्वनि के परावर्तन हेतु बड़ी परावर्तक सतह की आवश्यकता होती है क्योंकि ध्वनि का तरंगदैर्घ्य अधिक होता है।

प्रतिध्वनि:-

- ध्वनि के परावर्तन के कारण प्रतिध्वनि सुनाई देती है।
- वायु में ध्वनि की चाल 332 मीटर / सैकण्ड है तथा हमारे कान 0.1 सैकण्ड में आने वाली ध्वनि तरंगों में विभेद नहीं कर सकते अतः प्रतिध्वनि हेतु स्रोत / स्रोता तथा परावर्तक सतह के मध्य कम से कम 17 मीटर की दूरी होना आवश्यक है।



ध्वनि तरंगों का अपवर्तन:-

- जब ध्वनि की तरंग एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करती हैं तो अपने मार्ग से विचलित हो जाती हैं।
- जब सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाती हैं तो अभिलम्ब से दूर हट जाती हैं और जब विरल माध्यम से सघन माध्यम में जाती हैं तो अभिलम्ब की ओर झुक जाती हैं।
- अपवर्तन के कारण ही ध्वनि दिन के बजाय रात को दूर तक सुनाई देती हैं।

ध्वनि का व्यक्तिकरण:-

- जब समान आयाम एवं आवृत्ति की दो ध्वनि तरंगें किसी बिन्दु पर मिलती हैं तो उस बिन्दु पर ध्वनि ऊर्जा का पुनर्वितरण होता है इसे ध्वनि का व्यक्तिकरण कहते हैं।
- ध्वनि के व्यक्तिकरण में दो स्थितियाँ होती हैं।

1. संपोषी व्यक्तिकरण:-

- जब समान आयाम एवं आवृत्ति की दो तरंगें एक ही कला में किसी बिन्दु पर मिलती हैं तो उसका आयाम बढ़ जाता है तो उसकी तीव्रता अधिकतम होती है।

2. विनाशी व्यक्तिकरण:-

- जब समान आयाम एवं आवृत्ति की दो तरंगें विपरीत कला में एक ही बिन्दु पर मिलती हैं तो उसका आयाम घट जाता है तो उसकी तीव्रता न्यूनतम होती है।

उदाहरण:-

- पाण्डाल में किसी स्थान पर ध्वनि की तीव्रता अधिकतम होती है और किसी स्थान पर न्यूनतम होती है।
- समुन्द्रों में अनेक स्थानों पर ध्वनि की तीव्रता न्यूनतम होती है इसलिए Silence Zone बनते हैं।
- रेडियो में ध्वनि की तीव्रता किसी स्थान पर कम तो किसी स्थान पर अधिक होती है।

अनुनाद :-

- जब कोई पिण्ड मुक्त रूप से दोलन कर रहा हो तथा उस पर समान आवृत्ति से बाह्य बल ओरोपित किया जाए तो उस पिण्ड का आयाम बढ़ जाता है इसे अनुनाद कहते हैं।
- ध्वनि की तरंगें मुक्त रूप से दोलन करने वाले पिण्ड में अनुनाद उत्पन्न करती हैं।

उदाहरण:-

- रेडियो अनुनाद के सिद्धान्त पर कार्य करता है।
- सैनिकों को पुल पर कदम से कदम न मिलाकर चलने की सलाह दी जाती है।
- इतिहास में लिखा है कि तानसेन जब गीत गाता था तब शीशे चटक जाते थे इसकी भी व्याख्या अनुनाद से की जा सकती है।

ध्वनि का विवर्तन:-

- ध्वनि का वह गुण जिसके कारण वह अवरोधक सतह के किनारे से मुड़कर विभिन्न दिशाओं में गमन करती है इसे ध्वनि का विवर्तन कहते हैं।
- उदाहरण:-
- सड़क पर चलती हुई गाड़ी की आवाज कमरे में बैठे व्यक्ति को सुनाई देना।

डाप्लर प्रभाव:-

- जब ध्वनि के स्रोत एवं श्रोता के मध्य आपेक्षिक गति हो तो श्रोता को ध्वनि की आवृत्ति बदली हुई प्रतीत होती है इसे डॉप्लर प्रभाव कहते हैं।
- यदि दोनों के बीच दूरी कम हो रही है तो आवृत्ति बढ़ती हुई प्रतीत होती है जबकि दूरी बढ़ने पर आवृत्ति घटती हुई प्रतीत होती है।

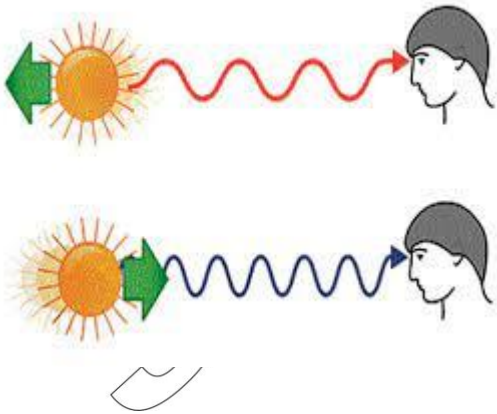
उदाहरण:-

- ट्रेन, प्लेटफॉर्म की ओर आने पर उसकी आवृत्ति प्लेटफॉर्म पर खड़े श्रोता को बढ़ती हुई प्रतीत होती है जबकि प्लेटफॉर्म से दूर जाने पर आवृत्ति घटती हुई प्रतीत होती है।

➤ रडार डॉप्लर प्रभाव के आधार पर ही विमान की गति का निर्धारित करता हैं।



- प्रकाश तरंगों में भी डॉप्लर प्रभाव देखा जाता हैं।
- प्रयोगशाला में तारे से प्राप्त प्रकाश का विस्थान यदि बैंगनी रंग की ओर हो रहा हैं तो वह तारा पृथ्वी की ओर गति कर रहा हैं लेकिन यदि लाल रंग की ओर विस्थापित होता हैं तो वह तारा पृथ्वी से दूर गति कर रहा हैं।



तरंग:-

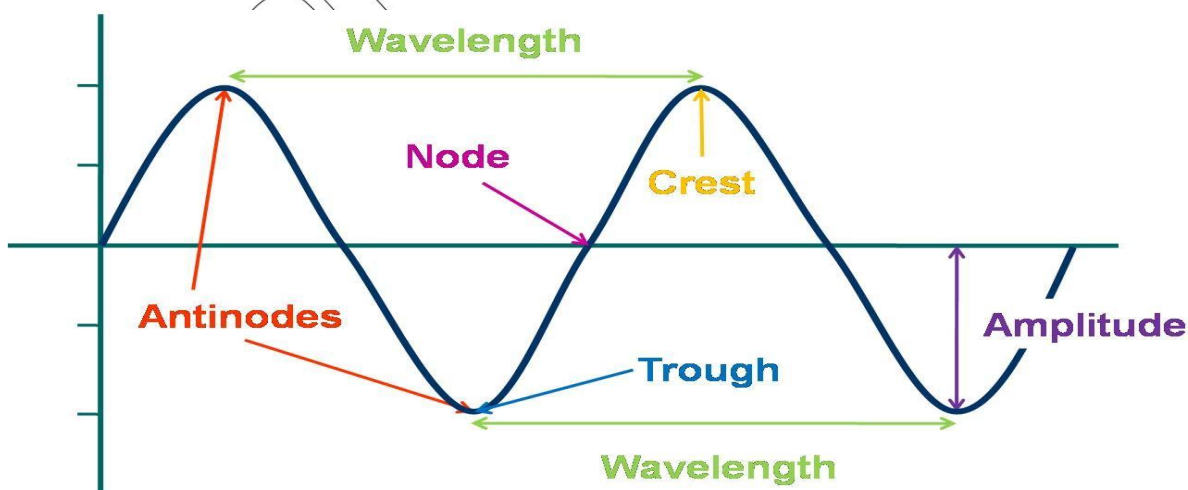
- तरंग एक प्रकार का विक्षोभ हैं जो माध्यम के वास्तविक परिवर्तन के बिना गति करता हैं।
- तरंग के द्वारा ऊर्जा का स्थानान्तरण एक स्थान से दूसरे स्थान पर होता हैं।
- तरंगों को सामान्यतः दो वर्गों में विभाजित किया जाता हैं।

1. यांत्रिक तरंगे:-

- वे तरंगे जिनके संचरण हेतु माध्यम की आवश्यकता होती हैं।
- यान्त्रिक तरंगे दो प्रकार की होती हैं।

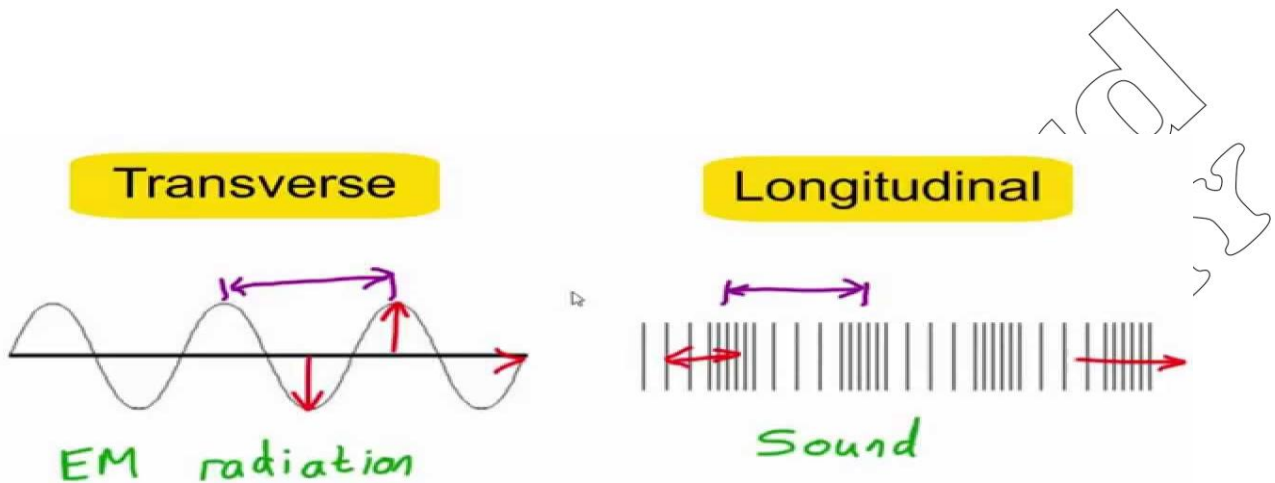
(i) अनुप्रस्थ तरंगे -

- वे तरंगे जिनके तरंग संचरण की दिशा माध्यम के कणों के कम्पन की दिशा के लम्बवत होती हैं।
- ये तरंगे ठोस तथा जल की सतह पर उत्पन्न की जा सकती हैं।
- इन तरंगों का संचरण श्रृंग एवं गर्त के रूप में होता हैं।
- उदाहरण:- जल की सतह पर उत्पन्न तरंगे



(ii) अनुदैर्घ्य तरंगे -

- वे तरंगे जिनमें तरंग संचरण की दिशा माध्यम के कणों के कम्पन्न की दिशा के समानान्तर होती हैं।
- ये तरंगे ठोस, द्रव व गैस तीनों में उत्पन्न की जा सकती हैं।
- इन तरंगों का संचरण सपीडन एवं विरलन के रूप में होता है।



कुछ शब्दावली:-

1. आयाम:-

- तरंग संचरण के दौरान माध्यम के कणों का साम्यवस्था से विस्थापन की अधिकतम दूरी आयाम कहलाती है।
- इसे A द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

2. आवृत्ति :-

- तरंग संचरण के दौरान प्रति सैकण्ड कम्पन्न की संख्या उसकी आवृत्ति कहलाती है।
- इसे N द्वारा प्रदर्शित किया जाता है, इसका मात्रक Hz है।

3. आवर्तकाल:-

- तरंगे संचरण के दौरान एक कम्पन्न में लगे समय को उसका आवर्तकाल कहते हैं।
- इसे T द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

4. तरंग दैर्घ्य -

- तरंग संचरण के दौरान एक कंपन की लम्बाई या दो पास-पास स्थित श्रंग / गर्त के बीच की दूरी को तरंग दैर्घ्य कहते हैं।
- इसे λ द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

5. तरंग वेग:-

- तरंग संचरण के दौरान प्रति सैकण्ड तरंग द्वारा तय की गई दूरी तरंग वेग कहलाती है।
- इसे V या C से प्रदर्शित किया जाता है।

$$\text{wave speed} = \text{frequency} \times \text{wavelength.}$$

$$V = n \times \lambda$$

$$n = v / \lambda$$

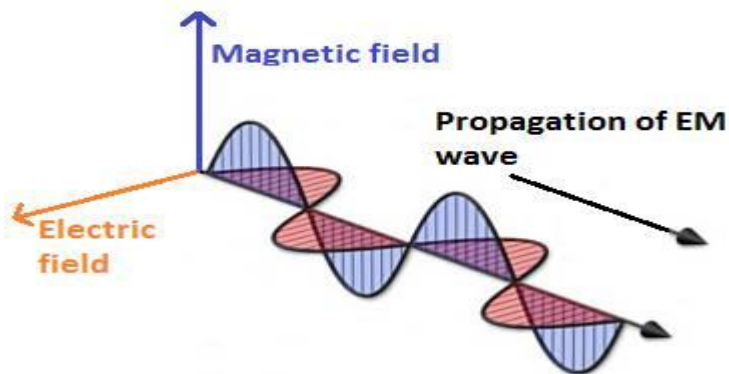
$$\text{frequency} = 1 / \text{Time period}$$

$$n = 1 / T$$

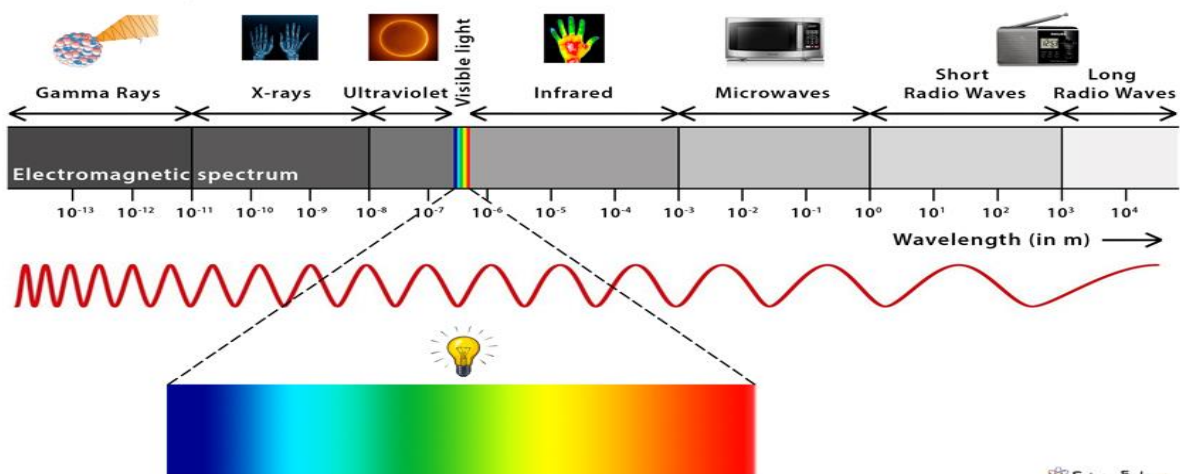
2. अयात्रिक तरंगे / विद्युत चुम्बकीय तरंगे :-

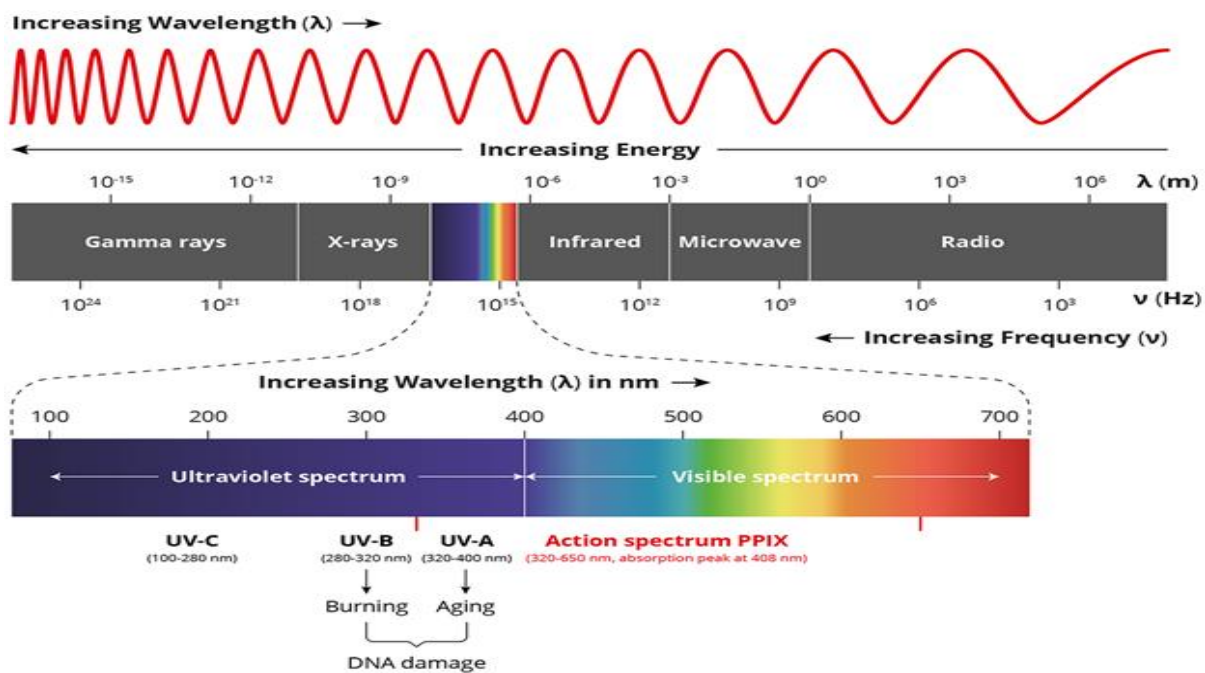
- वे तरंगे जिनको संचरण हेतु माध्यम की आवश्यकता नहीं होती हैं उन्हें अयात्रिक तरंग या विद्युत चुम्बकीय तरंगे कहते हैं अर्थात् ये निर्वात में भी संचरित हो सकती हैं ।

- ये तरंगें अनुप्रस्थ तरंगें होती हैं।
- इनमें विद्युत क्षेत्र, चुम्बकीय क्षेत्र तथा तरंग संचरण की दिशा लम्बवत् होती हैं।
- इनका वेग लगभग प्रकाश के वेग के बराबर होता है।



Types of Electromagnetic Waves

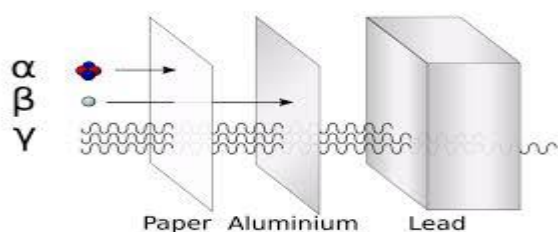




विद्युत चुम्बकीय तरंगें निम्न हैं।

1. गामा किरणें:-

- इन तरंगों की खोज पॉल विलार्ड ने की थी।
- ये तरंगें रेडियो समस्थानिकों से उत्पन्न होती हैं और इनका उपयोग कैंसर के उपचार हेतु तथा विशेष तत्वों की पहचान हेतु किया जाता है।
- इनका तरंग दैर्घ्य कम होने के कारण इनकी भेदन क्षमता, ऊर्जा व आवृत्ति सर्वाधिक होती है।



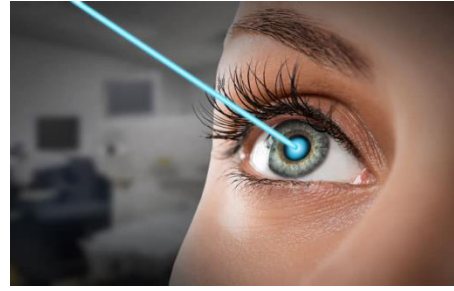
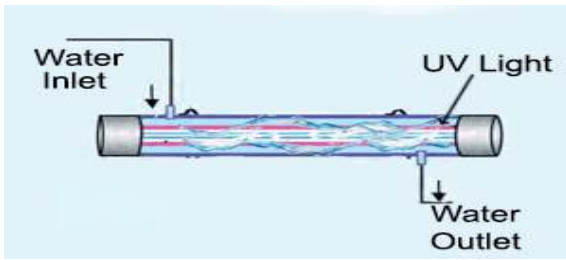
2. एक्स-रे:-

- खोज - रोन्जन
- स्रोत- धातुओं पर उच्च ऊर्जा युक्त इलेक्ट्रॉनों के टक्कराने से।
- उपयोग- चिकित्सा के क्षेत्र में जाँच हेतु
- कैंसर के उपचार हेतु।

3. यू. वी. तरंगे:-

- खोज - जॉन रीटर
- स्रोत - सूर्य के समान उच्च तप्त निकायो से।
- उपयोग -
 - (i) जीवाणुओं को नष्ट करने में किया जाता है अतः
 - (ii) जल का शुद्धिकरण, मशीनों की सफाई, शल्य उपकरणों को विसंक्रमित करना आदि।
 - (iii) फोटो इलेक्ट्रिक प्रभाव,
 - (iv) बर्गीतर अलार्म में,
 - (v) फ्लोरोसेंट ट्यूब में,
 - (vi) आंखों की लेसिक सर्जरी में,





4. द्रश्य तरंगे:-

➤ खोज - न्यूटन

➤ तरंगदैर्घ्य (λ) = 3.9×10^{-7} मी. से 7.8×10^{-7} मीटर या 400 नैनोमीटर से 700 नैनोमीटर।

➤ स्रोत - दृश्य विकिरणों का उत्सर्जन तथा परावर्तन करने वाली वस्तुओं से जैसे बल्ब, दीपक आदि।

➤ उपयोग -

(i) वस्तुओं को देखने में,

(ii) लेजर निर्माण में।

5. अवरक्त तरंगे:-

➤ खोज - हरशेल

➤ उपयोग -

(i) फोटोग्राफी में,

(ii) डाटा हस्तान्तरण,

(iii) सुदूर संवेदन,

(iv) मांसपेशियों में खींचाव होने पर फिजियोथैरेपी के दौरान,

- (v) सोलर वॉटर हिटर
- (vi) सोलर कुकर में,
- (vii) मौसम का पूर्वानुमान,
- (viii) पृथ्वी को गर्म रखने में
- (ix) इन्फ्रारेड डिटेक्टर में।

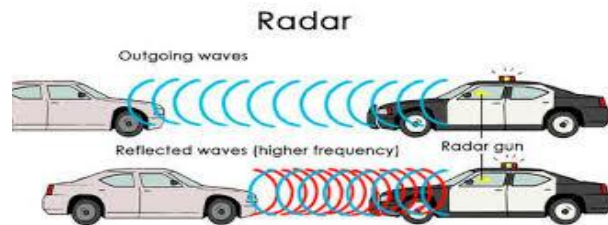
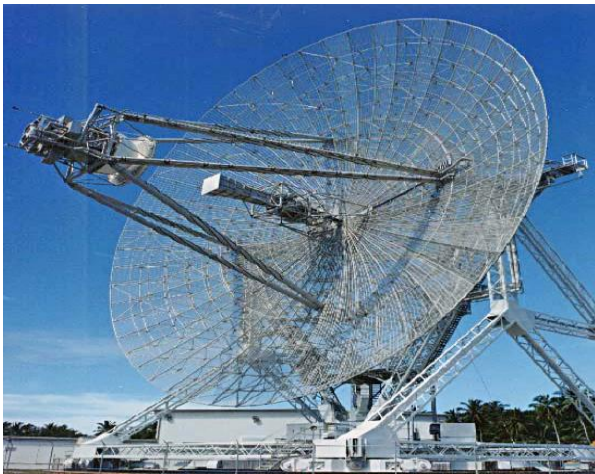


6. सूक्ष्म तरंगें:-

- खोज - हर्ट्ज
- तरंगदैर्घ्य (λ) = 10^{-3} मी - 1 मीटर
- आवृत्ति - 10^{11} हर्टज से 10^8 हर्टज
- स्रोत - विशेष निर्वात ट्यूब (ऑसिलेटिंग परिपथ) द्वारा।

➤ उपयोग -

- (i) टी.वी,
- (ii) मोबाइल,
- (iii) वाइमेक्स,
- (iv) माइक्रोवेव में भोजन पकाने हेतु (पानी के अणुको को गर्म करके),
- (v) रडार में वायुयानों के नेवीगेशन हेतु,
- (vi) वाहनों तथा क्रिकेट की बॉल की गति मापने हेतु ब्रह्माण्ड में तापमान के अन्तर का मापन करने हेतु।



Band	Frequency range	Wavelength range
Extremely low frequency (ELF)	< 3 kHz	>100 km
Very low frequency (VLF)	3 - 30 Hz	10 - 100 km
Low frequency (LF)	30 - 300 kHz	1 - 10 km
Medium frequency (MF)	300 kHz - 3 MHz	100m - 1km
High frequency (HF)	3 - 30 MHz	10 - 100m
Very high frequency (VHF)	30 - 300 MHz	1 - 10m
Ultra high frequency (UHF)	300 MHz - 3 GHz	10cm - 1m
Super high frequency (SHF)	3 - 30 GHz	1 - 10cm
Extremely high frequency (EHF)	30 - 300 GHz	1mm - 1cm

7. रेडियो तरंग:-

➤ खोज - मारकोनी

➤ तरंगदैर्घ्य (λ) = 1 मी - 10^4 मीटर

➤ आवृत्ति - 10^9 हर्ट्ज से कम

➤ स्रोत - चालक तार में त्वरित गति से चलने वाले आवेश द्वारा।

➤ उपयोग -

(i) मोबाइल,

(ii) रेडियो और

(iii) टी.टी.

नाभिकीय चुम्बकीय अनुनाद (NMR)

- NMR वह तकनीक है जिसमें किसी परमाणु का नाभिक बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र के प्रभाव में उस पर आरोपित रेडियो आवृत्ति से उत्तेजित होकर विद्युत चुम्बकीय प्रभाव उत्पन्न करता है।
- नाभिक उस पर आरोपित रेडियो आवृत्ति फोटोन को एक निश्चित आवृत्ति में पुनः उत्सर्जित करता है जिससे उसकी संरचना के संबंध में जानकारी मिलती है।
- इस तकनीक के अंतर्गत किसी अज्ञात कार्बनिक मिश्रण में उपस्थित H एवं proton के आधार पर उसकी संरचना ज्ञात की जाती है।
- NMR तकनीक से विभिन्न प्रकार के NMR सक्रिय नाभिकों का अध्ययन किया जाता है, जैसे ^1H , ^{13}C , ^{15}N , ^{19}F , ^{31}P आदि।
- NMR सक्रिय तत्व - इन तत्वों का परमाणु क्रमांक या परमाणु द्रव्यमान या दोनों विषम संख्या होते हैं जिससे इनका Nuclear Spin Quantum No. $\neq 0$ (शून्य नहीं होता) एवं इनमें नाभिकीय प्रचक्रण का गुण पाया जाता है। उदा. ^1_1H , $^{14}_7\text{N}$, $^{13}_6\text{C}$ इत्यादि।
- NMR असक्रिय तत्व - इनमें परमाणु क्रमांक एवं द्रव्यमान दोनों ही सम संख्या होते हैं। इनका Nuclear Spin Quantum No. $= 0$ होता है एवं इनमें नाभिकीय प्रचक्रण का गुण नहीं पाया जाता। उदा. $^{16}_8\text{O}$, $^{12}_6\text{C}$ इत्यादि।
- केवल NMR सक्रिय तत्वों में ही नाभिकीय चुम्बकीय अनुनाद उत्पन्न हो सकता है।
- NMR तकनीक की खोज 1946 में फेलिव ब्लोच व एडवर्ड परसेल ने की थी।
- इस तकनीक के चिकित्सकीय उपयोग (MRI) की शुरुआत रेमण्ड डेमेडियन द्वारा की गयी थी।

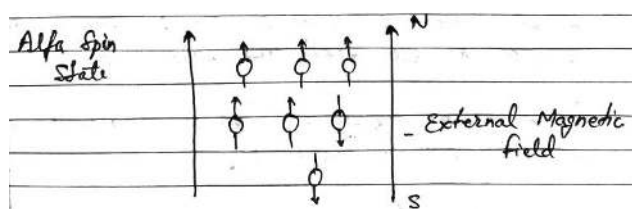
नाभिकीय प्रचक्रण (Nuclear Spin)

- परमाणु में ऋणावेशित e^- नाभिक की परिक्रमा करने के साथ-साथ अपने अक्ष पर भी घूर्णन करता है। इसी प्रकार परमाणु का नाभिक जो कि उसमें उपस्थित प्रोटॉन के कारण धनावेशित होता है, वह भी अपने अक्ष पर यादृच्छिक रूप से घूर्णन करता है, इसे

Nuclear Spin कहते हैं एवं इसी कारण नाभिक एक चुम्बकीय प्रभाव उत्पन्न करता है।
चूँकि सभी प्रोटोन यादृच्छिक घूर्णन करते हैं अतः उनमें एकरूपता का अभाव होता है।

alpha स्पिन अवस्था : नाभिक पर बाह्य चुम्बकीय प्रभाव आरोपित करने पर अधिकांश प्रोटोन आरोपित चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में स्वयं को व्यवस्थित कर लते हैं एवं एक ही दिशा में घूर्णन करते हैं। इसलिए यह अवस्था अत्यधिक स्थायी होती है।

हालांकि इस स्थिति में भी कुछ प्रोटोन स्वयं को विपरीत दिशा में व्यवस्थित करते हैं परंतु उन्हें इस विपरीत दिशा में बने रहने के लिए अत्यधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है।



Beta स्पिन अवस्था : α स्पिन अवस्था में नाभिक पर रेडियो आवृत्ति की ऊर्जा आरोपित करने से प्रोटोन अपने अक्ष पर 180° घूम कर उत्तेजित अवस्था में आ जाते हैं एवं प्रयुक्त बाह्य चुम्बकीय प्रभाव के विपरीत दिशा में व्यवस्थित हो जाते हैं। इसे बीटा स्पिन अवस्था कहते हैं।

इसमें अधिक ऊर्जा चाहिए एवं यह अस्थायी अवस्था होती है। प्रोटोन को विपरीत अवस्था में (β अवस्था) आने के लिए अतिरिक्त ऊर्जा (ΔE) की आवश्यकता होती है। जब प्रयुक्त रेडियो आवृत्ति की ऊर्जा उस स्तर पर पहुँच जाती है तो वह प्रोटोनों द्वारा अवशोषित कर ली जाती है एवं प्रोटोन β अवस्था में आ जाते हैं। यही NMR की अवस्था होती है।

चूँकि बीटा स्पिन अवस्था अस्थायी होती है अतः प्रोटोन पुनः अल्फा अवस्था में लौटने की कोशिश करेगा एवं अवशोषित रेडियो आवृत्ति की ऊर्जा (ΔE) को निश्चित आवृत्तियों में पुनः उत्सर्जित करेगा। ये उत्सर्जित रेडियो तरंगें हमें उस परमाणु का NMR स्पेक्ट्रम प्रदान करती हैं जिसका अध्ययन कर उसकी संरचना का पता लगाया जाता है।

अनुप्रयोग :

- NMR तकनीक का चिकित्सा क्षेत्र में व्यापक उपयोग MRI के रूप में किया जाता है।
- औद्योगिक क्षेत्र में रसायनों के विश्लेषण के लिए उपयोगी।
- यह तरल एवं ठोस पदार्थों में अणुओं के संरचनात्मक स्वरूप के विश्लेषण में सहायक है।
- खाद्य/औषधीय सामग्री में पानी-वसा अनुपात ज्ञात करने में
- पाइपों में संक्षारक तरल पदार्थों के प्रवाह की निगरानी करने में उपयोगी है।

NMR & MRI

- ये दोनों ही तकनीक प्रोटॉनों द्वारा उत्सर्जित रेडियो आवृत्ति की तरंगों के अध्ययन पर आधारित है।
- NMR इन तरंगों की आवृत्ति का उपयोग सूचना एकत्रित करने में करती है जबकि MRI इन तरंगों की तीव्रता का उपयोग कर सूचना एकत्रित करने में करती है।
- NMR स्पेक्ट्रोस्कोपी का उद्देश्य किसी पदार्थ की रासायनिक संरचना का पता लगाना है जबकि MRI का उद्देश्य शरीर अथवा अंगों/ऊतकों का विस्तृत प्रतिबिंब बनाना है।

चुम्बकीय अनुनाद प्रतिबिम्बन:-

- यह चिकित्सा क्षेत्र में रेडियोलोजी की एक आधुनिक तकनीक है जिसके द्वारा शरीर की आंतरिक संरचना एवं शारीरिक क्रियाओं के चित्र प्राप्त किए जाते हैं।
- यह पद्धति एनएमआर तकनीक का चिकित्सकीय अनुप्रयोग है अतः इसमें चुम्बकीय क्षेत्र एवं रेडियो तरंगों का उपयोग किया जाता है। इसमें परंपरागत स्कैनिंग पद्धतियों की भांति एक्स विकिरणों अथवा आयनीकृत विकिरणों का प्रयोग नहीं होता जिससे एमआरआई पद्धति अपेक्षाकृत सुरक्षित मानी जाती है। शरीर के कोमल ऊतकों / अंगों का चित्र यह अन्य स्कैनो से अधिक अच्छा बनाता है।
- यह तकनीक एनएमआर के सिद्धान्त पर कार्य करती है जिसके लिए एक एनएमआर सक्रिय तत्व की आवश्यकता होती है। हाइड्रोजन सबसे अच्छा एनएमआर सक्रिय तत्व है जो हमारे शरीर में भी प्राकृतिक रूप से बहुतायत में पाया जाता है। पानी (शरीर का 70%), वसा आदि के रूप में। एमआरआई स्कैन में इन्हीं हाइड्रोजन परमाणुओं को एनएमआर प्रभाव उत्पन्न करने के लिए उपयोग में लिया जाता है इसलिए एमआरआई द्वारा शरीर के कोमल अंगों के अच्छे चित्र प्राप्त किए जाते हैं एवं दांत, हड्डियां जैसे अंग जिनमें पानी / वसा आदि न होने से हाइड्रोजन परमाणुओं की कमी होती है, के लिए एमआरआई स्कैन उपयोगी नहीं हैं।
- आंतरिक अंगों की जांच के अतिरिक्त एमआरआई शरीर में रक्त प्रवाह की जांच, चिकित्सकीय रिसर्च में भी उपयोगी है।
- एमआरआई तकनीक अजैव वस्तुओं के प्रतिबिम्ब प्राप्त करने, उद्योगों में रासायनिक विश्लेषण आदि में भी उपयोगी है।

क्रियाविधि:-

- मशीन के मध्य की खाली जगह में मरीज को लिटाया जाता है।
- इसमें बाह्य चुम्बकीय प्रभाव उत्पन्न करने के लिए अतिचालक चुम्बक का उपयोग किया जाता है जो कि मशीन में एक कुण्डलित ट्यूब के रूप में व्यवस्थित होता है।

- चिकित्सकीय उपयोग की एमआरआइ मशीनों में यह सुपरकंडक्टर चुम्बक 1.5 टेस्ला का चुम्बकीय प्रभाव उत्पन्न करता है।
- इस चुम्बक की अतिचालकता बनाए रखने के लिए इसे अत्यधिक ठण्डा रखना पड़ता है अतः इसके दोनों ओर तरल हीलियम भरकर इसे ठण्डा रखा जाता है तरल हीलियम की दोनों परतों के एक ओर चुम्बक होता है एवं दूसरी ओर उन्हें तापरोधी परतों से ढक दिया जाता है।
- चुम्बक एवं हीलियम की परतों के अंदर की तरफ एक चुम्बकीय ग्रेडिएंट की परत होती है जो आरोपित चुम्बकीय क्षेत्र को स्कैन की जाने वाली जगह विशेष पर केंद्रित करने का कार्य करती है।
- ग्रेडिएंट के अंदर रेडियों आवृत्ति की तरंगें ट्रांसमीट करने वाली परत होती हैं जो एनएमआर सक्रिय तत्वों के परमाणुओं के प्रोटॉन को उत्तेजित कर उन्हें ए स्पिन अवस्था से बी स्पिन अवस्था में ले जाती हैं।
- प्रोटॉन अपनी अस्थायी बी स्पिन अवस्था से पुनः ए स्पिन अवस्था में लौटने के क्रम में रेडियों तरंगों को उत्सर्जित करता है। ये उत्सर्जित रेडियों तरंगें शरीर के संबंधित ऊतक / अंग की संरचना के अनुसार अपनी ऊर्जा, तीव्रता, तरंगदैर्घ्य आदि में भिन्न - भिन्न होती हैं जिसकी सहायता से शरीर के उस अंग की आंतरिक संरचना का प्रतिबिम्ब बनाया जाता है। चूंकि भिन्न - भिन्न ऊतकों में उपस्थित पानी / वसा की मात्रा भी भिन्न-भिन्न होती है इसलिए एमआरआइ द्वारा उनके स्पष्ट चित्र प्राप्त किए जाते हैं।
- जब भी किसी ऊतक की संरचना में कोई परिवर्तन आता है जैसे- गांठ बनना, कैंसर कोशिकाओं की उपस्थिति आदि, तो ऊतक के उस प्रभावित भाग द्वारा उत्सर्जित तरंगें उसके स्वस्थ भाग द्वारा उत्सर्जित तरंगों से भिन्न हो जाती हैं। परिणामस्वरूप ऊतक में आयी यह विकृति एमआरआइ द्वारा प्राप्त प्रतिबिम्ब में स्पष्ट दिखाई देती है।
- एमआरआइ में चित्रों को अधिक स्पष्ट एवं उच्च गुणवत्ता का प्राप्त करने के लिए एक विभेदी कारक (Contrast agent) गैडोलीनियम (Gadolinium) का प्रयोग किया जाता है।

- उतकों में उपस्थित द्रव की मात्रा के आधार पर एमआरआइ स्कैन द्वारा सफेद से काले रंग के बीच में प्रतिबिम्ब बनाए जाते हैं। प्रचुर मात्रा में पानी / वसा की उपस्थिति वाले उतक अच्छे संकेत देते हैं। (रेडियो तरंग उत्सर्जन) एवं उनका चित्र अपेक्षाकृत हल्के रंग का बनता है। सूजन / गांठ आदि वाले भागों का चित्र गहरे रंग का बनता है। दांत, हड्डी आदि का चित्र लगभग काले रंग का बनता है।

लाभ-

- इससे आंतरिक अंगों के परत दर परत चित्र प्राप्त किए जा सकते हैं।
- शारीरिक क्रिया-कलापों / रक्त प्रवाह आदि की जांच की जा सकती है।
- किसी भी प्रकार की गांठ का आंशभावस्था में पता लगाया जा सकता है।
- शरीर में ग्रे एवं व्हाइट मैटर की जाँच।
- हानिकारक विकिरणों का प्रयोग न होने के कारण यह तकनीक अधिक सुरक्षित है।
- पादपों की आंतरिक संरचना का अध्ययन कर उनके विकास का अध्ययन किया जा सकता है।

कमियां:-

- यह तकनीक अधिक महंगी है।
- दांत / हड्डी जैसे अंग जिनमें पानी नहीं होता उनकी जांच एमआरआइ से नहीं की जा सकती।
- तीव्र चुम्बकीय बल प्रयुक्त होने के कारण ऐसे व्यक्तियों का स्कैन नहीं किया जा सकता जिनके शरीर में धातु का बना कोई उपकरण प्रत्यारोपित किया गया हो - पेसमेकर, हड्डी जोड़ने हेतु धातु की छड़ / बोल्ट आदि।
- कभी - कभी गैडोलीनियम के शरीर पर नकारात्मक प्रभाव भी देख जाते हैं।