

## **सामान्य अध्ययन**

**प्रश्न पत्र - ३**

**टॉपिक - 1.3**

**सामान्य विज्ञान**

**भौतिक विज्ञान**

**पाठ्यक्रम**

|| गुरुत्वाकर्षण, गति, बल, गति के नियम,  
|| कार्य और ऊर्जा, प्रकाश, ध्वनि,  
|| विद्युत एवं चुम्बकत्व।

## गति

**विराम और गति (Rest and Motion)**— यदि किसी वस्तु की स्थिति किसी स्थिर वस्तु के सापेक्ष समय के साथ बदलती रहती है, तो उसे गति अवस्था में कही जाती है, जैसे— चलती ट्रेन जो बिजली पोल या पटरी के किनारे स्थित पेड़-पौधे के सापेक्ष अपनी स्थिति बदलती रहती है। समय के साथ स्थिर वस्तु के सापेक्ष स्थिति नहीं बदलने पर उसे विराम अवस्था कही जाती है।

**दूरी (Distance)**— वस्तु द्वारा किसी समय-अन्तराल में तय किए गए मार्ग की सम्पूर्ण लम्बाई को दूरी कहते हैं। यह एक अदिश राशि है। यह सदैव धनात्मक होती है।

**विस्थापन (Displacement)**— वस्तु की अंतिम स्थिति तथा प्रारंभिक स्थिति के बीच की न्यूनतम दूरी को विस्थापन कहते हैं। विस्थापन एक सदिश राशि है, इसमें परिमाण एवं दिशा दोनों होते हैं। विस्थापन का मान धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य कुछ भी हो सकता है।

**चाल (Speed)**— कोई वस्तु इकाई समय में जितनी दूरी तय करती है, उसे उसकी चाल कहते हैं। चाल एक अदिश राशि है। इसका SI मात्रक मीटर प्रति सेकण्ड (m/s) होता है।

**वेग (Velocity)**— कोई वस्तु इकाई समय में किसी निश्चित दिशा में जितनी दूरी तय करती है, यानी जितनी विस्थापित होती है, उसे उस वस्तु का वेग कहते हैं। यह एक सदिश राशि है। इसका SI मात्रक मीटर प्रति सेकण्ड (m/s) होता है। वेग धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य हो सकता है।

### औसत चाल (Average Speed)

(i) जब वस्तु भिन्न-भिन्न चालों से समान दूरी तय करती है— यदि कोई वस्तु किसी दूरी को  $v_1$  चाल से तय करती है, और उसके बाद उतनी ही दूरी  $v_2$  चाल से तय करती है, तो सम्पूर्ण यात्रा में उसकी औसत चाल =  $\frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}$

(ii) जब वस्तु भिन्न-भिन्न चालों से समान समय तक चलती है— यदि यात्रा के पहले आधे समय में कार की चाल  $v_1$  तथा यात्रा के दूसरे आधे समय में कार की चाल  $v_2$  हो, तो सम्पूर्ण यात्रा में औसत चाल =  $\frac{v_1 + v_2}{2}$

**त्वरण (Acceleration)**— किसी वस्तु के वेग परिवर्तन की दर को उस वस्तु का त्वरण कहते हैं। त्वरण को प्रायः  $\alpha$  से सूचित करते हैं। इसका SI मात्रक मीटर प्रति वर्ग सेकण्ड ( $m/s^2$ ) होता है। यदि वस्तु के वेग में बराबर समयान्तरालों में बराबर परिवर्तन हो रहा है, तो उसका त्वरण ‘एकसमान’ कहलाता है। यदि वस्तु के वेग का परिमाण समय के साथ-साथ बढ़ रहा है, तो वस्तु का त्वरण धनात्मक होता है। यदि वेग का परिमाण घट रहा है, तो त्वरण ऋणात्मक होता है, तब इसे मंदन (Retardation/Deceleration) कहते हैं।

### न्यूटन के गति के नियम (Newton's Laws of Motion)

गति के नियमों को सबसे पहले सर आइजक न्यूटन ने सन् 1687 ई. में अपनी पुस्तक प्रिंसीपिया (Principia) में प्रतिपादित किया। इसीलिए इस वैज्ञानिक क सम्मान में इन नियमों को न्यूटन के गति नियम कहते हैं। न्यूटन के गति विषयक नियम निम्न हैं—

**प्रथम नियम (First Law)**— कोई वस्तु विराम की अवस्था में है, तो वह विराम की अवस्था में ही रहेगी और यदि वह एकसमान गति से किसी सीधी रेखा में चल रही हो, तो वैसे ही चलती रहेगी, जब तक कि उस पर कोई बाहरी बल लगाकर उसकी अवस्था में परिवर्तन न किया जाय। अर्थात् सभी वस्तुएँ अपनी प्रारंभिक अवस्था को बनाये रखना चाहती हैं।

वस्तुओं की प्रारंभिक अवस्था (विराम या गति की अवस्था) में स्वतः परिवर्तन नहीं होने की प्रवृत्ति को जड़त्व (Inertia) कहते हैं। इसीलिए न्यूटन के प्रथम नियम को ‘जड़त्व का नियम’ भी कहा जाता है।

बल वह बाह्य कारक है, जिसके द्वारा किसी वस्तु की विराम अथवा गति अवस्था में परिवर्तन किया जाता है। अतः प्रथम नियम हमें बल की परिभाषा (Definition of Force) देता है।

### जड़त्व के कुछ

- रुकी हुई गाड़ी के अचानक चल पड़ने पर उसमें बैठे यात्री पीछे की ओर झुक जाते हैं।
- चलती हुई गाड़ी के अचानक रुकने पर उसमें बैठे यात्री आगे की ओर झुक जाते हैं।
- गोली मारने से काँच में गोल छेद हो जाता है, परन्तु पथर मारने पर वह काँच टुकड़े-टुकड़े हो जाता है।
- हथौड़े को हथेरे में कसने के लिए हथेरे को जमीन पर मारते हैं।
- कम्बल को हाथ से पकड़कर ढण्डे से पीटने पर धूल के कण झङ्कर गिर पड़ते हैं।
- यदि पानी से भरे गिलास के ऊपर एक पोस्टकार्ड और उस पर एक सिक्का रखें तथा पोस्टकार्ड को आगे की ओर झटका दे तो पोस्टकार्ड आगे की ओर गिरता है जबकि सिक्का गिलास में रखे पानी में।
- पेड़ की टहनियों को हिलाने से उससे फल टूटकर नीचे गिर पड़ते हैं।
- एक लॉन रोलर (Lawn Roller) को गति में लाने में या एक गतिशील लॉन रोलर को विराम में लाने में अधिक बल की जरूरत पड़ती है जबकि एक गतिशील लॉन रोलर को गति में बनाये रखने में अपेक्षाकृत कम बल की जरूरत पड़ती है।

**द्वितीय नियम (Second Law)**— “वस्तु के संवेग (Momentum) में परिवर्तन की दर उस पर आरोपित बल के अनुक्रमानुपाती होती है तथा संवेग परिवर्तन आरोपित बल की दिशा में ही होता है।” इस नियम को एक अन्य रूप में भी व्यक्त किया जा सकता है— “किसी वस्तु पर आरोपित बल, उस वस्तु के द्रव्यमान तथा बल की दिशा में उत्पन्न त्वरण के गुणनफल के बराबर होता है।” यदि

किसी m द्रव्यमान की वस्तु पर F बल आरोपित करने से उसमें बल की दिशा में a त्वरण उत्पन्न होता है, तो द्वितीय नियम के अनुसार,  $F = ma$

यदि  $F = 0$  हो, तो  $a = 0$  (क्योंकि m शून्य नहीं हो सकता है) अर्थात् यदि वस्तु पर बाहरी बल न लगाया जाए, तो वस्तु में त्वरण उत्पन्न नहीं होगा। यदि त्वरण का मान शून्य है, तो इसका अर्थ है कि या तो वस्तु नियत वेग से गतिमान है या विरामावस्था में है। इससे स्पष्ट है कि बल के अभाव में वस्तु अपनी गति अथवा विराम अवस्था को बनाए रखती है। गति के द्वितीय नियम से बल का व्यंजक (Measure of Force) प्राप्त होता है।

**बल के मात्रक (Units of Force)**- SI पद्धति में बल का मात्रक न्यूटन (Newton-N) है।  $F = ma$  से, यदि  $m = 1$  किग्रा. तथा  $a = 1$  मीटर/सेकण्ड का त्वरण उत्पन्न कर दे। बल का एक और मात्रक किग्रा-भार है। इस बल को गुरुत्वीय मात्रक कहते हैं। 1 किग्रा भार उस बल के बराबर है, जो 1 किग्रा की वस्तु पर गुरुत्व के कारण लगता है। न्यूटन के द्वितीय नियम के अनुसार,

$$\text{गुरुत्वीय बल} = \text{द्रव्यमान} \times \text{गुरुत्वीय त्वरण}$$

किसी वस्तु पर लगने वाले गुरुत्वीय बल को वस्तु का भार (Weight) कहते हैं। इसे  $w$  से सूचित करते हैं। इस प्रकार  $w = m \times g$

$$\text{यदि } m = 1 \text{ किग्रा तब } w = 1 \text{ किग्रा भार। } g \text{ का मान } 9.8 \text{ मीटर/सेकण्ड होता है।}$$

$$\begin{aligned} \therefore 1 \text{ किग्रा भार} &= 1 \text{ किग्रा} \times 9.8 \text{ मीटर/सेकण्ड} \\ &= 9.8 \text{ किग्रा मीटर/सेकण्ड} \\ &= 9.8 \text{ न्यूटन} \end{aligned}$$

$$\text{अब } w = mg \text{ or } g = w/m$$

इस समीकरण में भार  $w$  एक बल है, जिसका मात्रक न्यूटन है। द्रव्यमान  $m$  का मात्रक किग्रा है। अतः उपर्युक्त समीकरण के अनुसार गुरुत्वीय त्वरण को न्यूटन/किग्रा मात्रक से भी व्यक्त किया जा सकता है।

**संवेग (Momentum-p)**- किसी गतिमान वस्तु के द्रव्यमान तथा वेग के गुणनफल को उस वस्तु का 'संवेग' कहते हैं।

$$\text{संवेग } (p) = \text{द्रव्यमान } (m) \times \text{वेग } (v)$$

$$\text{i.e., } p = m \times v$$

संवेग एक सदिश राशि है। इसका मात्रक किग्रा. मीटर/सेकण्ड ( $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ) होता है।

**आवेग (Impulse-J)**- यदि कोई बल किसी वस्तु पर कम समय तक कार्यरत रहे तो बल और समय-अन्तराल के गुणनफल को उस वस्तु का 'आवेग' कहते हैं।

$$\text{आवेग } (J) = \text{बल } (F) \times \text{समय-अन्तराल } (t)$$

$$\text{i.e., } J = F \times t$$

द्वितीय नियम, (संवेग, आवेग) के उदाहरण-

- समान वेग से आती हुई क्रिकेट गेंद एवं टेनिस गेंद में से टेनिस गेंद को कैच करना आसान होता है।
- क्रिकेट खिलाड़ी तेजी से आती हुई गेंद जो कैच करते समय अपने हाथों को गेंद के वेग की दिशा में गतिमान कर लेता है ताकि चॉट कम लगे।
- गद्दा या मिट्टी के फर्श पर गिरने पर सीमेण्ट से बने फर्श पर गिरने की तुलना में कम चॉट लगती है।
- गाड़ियों में स्प्रिंग (Spring) और शॉक एब्जार्बर (Shock Absorber) लगाए जाते हैं। ताकि झटका कम लगे।
- कराटे खिलाड़ी द्वारा हाथ के प्रहार से ईंटों की पट्टी (Slab) तोड़ना।
- ऊँची कूद (High Jump) एवं लंबी कूद (Long Jump) के लिए मैदान की मिट्टी खोद कर हल्की कर दी जाती है। ताकि कूदने पर खिलाड़ी को चॉट न लगे।
- अधिक गहराई तक कील को गाढ़ने के लिए भारी हथौड़ों का उपयोग किया जाता है।

**तृतीय नियम (Third Law)**- इस नियम के अनुसार 'प्रत्येक क्रिया के बराबर, परन्तु विपरीत दिशा में प्रतिक्रिया होती है।' अर्थात् दो वस्तुओं की पारस्परिक क्रिया में एक वस्तु जितना बल दूसरी वस्तु पर लगाती है, दूसरी वस्तु भी विपरीत दिशा में उतना ही बल पहली वस्तु पर लगाती है। इसमें से किसी एक बल को क्रिया व दूसरे बल को प्रतिक्रिया कहते हैं। इसीलिए इस नियम को क्रिया-प्रतिक्रिया का नियम (Action-Readction Law) भी कहते हैं।

**तृतीय नियम के उदाहरण**

- बँदूक से गोली छोड़ते समय पीछे की ओर झटका लगना।
- नाव के किनारे पर से जमीन पर कूदने पर नाव का पीछे हटना।
- नाव खेने के लिए बांस से जमीन को दबाना।
- कुआँ से पानी खींचते समय रस्सी टूट जाने पर व्यक्ति का पीछे गिर जाना।
- ऊँचाई से कूदने पर चॉट लगना।
- रॉकेट का आगे बढ़ना।

**संवेग-संरक्षण का नियम (Law of Conservation of Momentum)**- न्यूटन के द्वितीय नियम के साथ न्यूटन के तृतीय नियम के संयोजन का एक बहुत ही महत्वपूर्ण परिणाम है संवेग-संरक्षण का नियम। इस नियम के अनुसार 'एक या एक से अधिक

वस्तुओं के निकाय (System) पर कोई बाहरी बल नहीं लग रहा हो, तो निकाय का कुल संवेग नियम रहता है, अर्थात् संरक्षित रहता है। इस कथन को ही संवेग संरक्षण का नियम कहते हैं। अर्थात् एक वस्तु में जितना संवेग परिवर्तन होता है, दूसरी में उतना ही संवेग परिवर्तन विपरीत दिशा में हो जाता है। अतः जब कोई वस्तु पृथकी की ओर गिरती है, तो उसका वेग बढ़ता जाता है, जिससे उसका संवेग भी बढ़ता जाता है। वस्तु भी पृथकी को ऊपर की ओर खींचती है, जिससे पृथकी का भी ऊपर की ओर संवेग उसी दर से बढ़ता जाता है। इस प्रकार (पृथकी + वस्तु) का संवेग संरक्षित रहता है। चूँकि पृथकी का द्रव्यमान वस्तु की अपेक्षा बहुत अधिक होता है, अतः पृथकी में उत्पन्न वेग उपेक्षणीय होता है। रॉकेट के ऊपर जाने का सिद्धान्त भी संवेग संरक्षण पर आधारित है। रॉकेट से गैसें अत्यधिक वेग से पीछे की ओर निकलती हैं, जो रॉकेट के ऊपर उठने के लिए आवश्यकता संवेग प्रदान करती है।

### संवेग-संरक्षण नियम के उदाहरण

- जब बराबर संवेग वाली दो गेंदें आपस में टक्कर मारती हैं तो गेंदें अचानक रुक जाती हैं। यहाँ निकाय (दोनों गेंदों) का कुल संवेग नियत है या संरक्षित है।
- जब बंदूक से गोली छोड़ी जाती है तो वह अत्यधिक वेग से आगे की ओर बढ़ती है, जिससे गोली में आगे की दिशा में संवेग उत्पन्न हो जाता है। गोली भी बंदूक को प्रतिक्रिया बल के कारण पीछे को ढकेलती है, जिससे उसमें पीछे की ओर संवेग उत्पन्न हो जाता है। चूँकि बंदूक का द्रव्यमान गोली से अधिक होता है, जिससे बंदूक पीछे हटने का वेग गोली के वेग से बहुत कम होता है। बंदूक चलाने वाला बंदूक को कंधे से दबाकर रखता है ताकि बंदूक एवं शरीर एक हो जाएं। इस प्रकार द्रव्यमान बढ़ जाने से शरीर को बहुत अधिक धक्का नहीं लगता है। यदि दो एक समान गोलियाँ भारी तथा हल्की बंदूकों से अलग-अलग दागी जायें तो हल्की बंदूक अधिक वेग से पीछे की ओर हटेगी जिससे चोट लगने की संभावना अधिक होती है।
- **रॉकेट प्रणोदन (Rocket Propulsion)** - किसी रॉकेट की उड़ान उन शानदार उदाहरणों में से एक है जिनमें न्यूटन का तीसरा नियम या संवेग-संरक्षण नियम स्वयं को अभिव्यक्त करता है। इसमें ईंधन की दहन से पैदा हुई गैसें बाहर निकलती हैं और इसकी प्रतिक्रिया रॉकेट को धकेलती है। यह एक ऐसा उदाहरण है जिसमें वस्तु का द्रव्यमान परिवर्तित होता रहता है क्योंकि रॉकेट में से गैस निकलती रहती है।

रॉकेट के लिहाज से रॉकेट से निकलने वाली गैसें लगभग स्थायी वेग से गति करती हैं। यदि दहन के दौरान गैस के निकलने की दर स्थायी हो तो संवेग परिवर्तन की दर भी स्थायी होगी। मगर चूँकि निकलने वाली गैसों के द्रव्यमान के कारण रॉकेट का द्रव्यमान कम होता जाता है इसलिए त्वरण स्थायी नहीं रहता। रॉकेट का वेग तथा त्वरण दोनों में ही वृद्धि होगी।

### बल (Force)

बल वह बाहरी कारक है, जो किसी वस्तु की प्रारंभिक अवस्था यानी विराम की अवस्था या एक सरल रेखा में एक समान गति की अवस्था को परिवर्तित कर सकता है, या परिवर्तित करने का प्रयास करता है। बल का SI मात्रक न्यूटन है। इसका CGS मात्रक डाइन है।  $1N = 10^5 \text{ dyne}$  होता है।

**बलों के प्रकार-** प्रकृति में मूलतः बल चार प्रकार के होते हैं-

1. गुरुत्वाकर्षण बल।

2. विद्युत चुम्बकीय बल।

3. दुर्बल या क्षीण बल।

4. प्रबल बल।

1. **गुरुत्वाकर्षण बल (Gravitational Force)** - ब्रह्माण्ड में प्रत्येक कण दूसरे कण को केवल अपने द्रव्यमान के कारण ही आकर्षित करते हैं तथा किन्हीं भी दो कणों के बीच इस प्रकार के आकर्षण को व्यापक रूप से गुरुत्वाकर्षण (Gravitation) कहते हैं। जैसे- यदि एक-एक किलोग्राम के दो पिण्डों को 1 मीटर की दूरी पर रखा जाय, तो इनके मध्य  $6.67 \times 10^{-11} \text{ N}$  का बल लगेगा। यह बल बहुत ही कम है, इसका कोई भी प्रभाव दिखाई नहीं देगा। परन्तु विशाल खगोलीय पिण्डों के मध्य यह बल इतना अधिक होता है, कि इसी के कारण वे केन्द्र के चारों ओर घूमते रहते हैं और संतुलन में बने रहते हैं। पृथकी सूर्य के चारों ओर और चन्द्रमा पृथकी के चारों ओर गुरुत्वाकर्षण बल के कारण ही घूमते रहते हैं।

2. **विद्युत चुम्बकीय बल (Electromagnetic Force)** - यह बल दो प्रकार का होता है-

a. स्थिर-वैद्युत बल

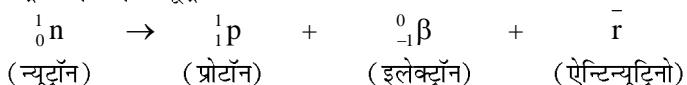
b. चुम्बकीय बल

a. स्थिर-वैद्युत बल (Electrostatic Force) - दो स्थिर बिन्दु आवेशों के बीच लगने वाला बल स्थिर-वैद्युत बल कहतलाता है।

b. चुम्बकीय बल (Magnetic Force) - दो चुम्बकीय ध्रुवों के मध्य लगने वाला बल चुम्बकीय बल कहलाता है।

विद्युत एवं चुम्बकीय बल मिलकर विद्युत-चुम्बकीय बल (Electro-Magnetic Force) की रचना करते हैं। यह 'फोटॉन' (Photon) नामक कण के माध्यम से कार्य करता है। विद्युत चुम्बकीय बल, गुरुत्वाकर्षण बल से  $10^{38}$  गुना अधिक शक्तिशाली होता है। किसी रस्सी में तनाव (Tension), दो गतिमान सतह के मध्य घर्षण (Friction) सम्पर्क में रखी दो वस्तुओं के मध्य सम्पर्क बल (Contact Force) पृष्ठ तनाव (Surface Tension) आदि सभी विद्युत चुम्बकीय बल हैं।

3. दुर्बल बल (Weak Force)- रेडियो सक्रियता के दौरान निकलने वाल  $\beta$ -कण (इलेक्ट्रॉन), नाभिक के अन्दर एक न्यूट्रॉन का प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉन एवं ऐन्टिन्यूट्रिनों के रूप में विश्वास के फस्त्रूप निकलता है-



इलेक्ट्रॉन व ऐन्टिन्यूट्रिनों के बीच पारस्परिक क्रिया (Interaction) क्षीण बलों के माध्यम से ही होता है। ये बल दुर्बल या क्षीण इसीलिए कहलाते हैं कि इनका परिमाण प्रबल बल का लगभग  $10^{-13}$  गुना (अर्थात् बहुत कम) होता है और इनके द्वारा सचालित क्षय प्रक्रियाएँ अपेक्षाकृत बहुत धीमी गति से चलती हैं। ऐसा समझा जाता है कि ये बल, w-बोसॉन (w-Boson) नामक कण के आदान-प्रदान (Exchange) द्वारा अपना प्रभाव दिखलाते हैं। यह अत्यन्त ही लघु परास वाला बल है। इसका परास प्रोटॉन और न्यूट्रॉन के आकार से भी कम होता है, अतः इनका प्रभाव इन कणों के अन्दर तक ही सीमित रहता है।

4. प्रबल बल (Strong Force)- नाभिक के अन्दर दो प्रोटॉन व प्रोटॉन एवं न्यूट्रॉन पास-पास शक्तिशाली आकर्षण बल के कारण होते हैं, इसे ही प्रबल बल कहते हैं। इस बल का आकर्षण प्रभाव, वैद्युत बल के प्रतिकर्षण प्रभाव से बहुत ही अधिक होता है। यह बल कण के आवेश पर निर्भर नहीं करता है। यह बल अति लघु परास बल है, इसका परास  $10^{15}$  मी. की कांडि का होता है, अर्थात् दो प्रोटॉनों के बीच की दूरी इससे अधिक होगी, तो यह बल नगण्य होगा। ऐसा माना जाता है कि प्रबल बल दो क्वार्कों (Quarks) की पारस्परिक-क्रिया से उत्पन्न होते हैं।

**बल का आवेग (Impulse of A Force)**- जब कोई बड़ा बल किसी वस्तु पर थोड़े समय के लिए कार्य करता है, तो बल तथा उसके समय-अन्तराल के गुणनफल को उस बल का आवेग कहते हैं।

$$\text{आवेग} = \text{बल} \times \text{समय अन्तराल} = \text{संवेग में परिवर्तन}$$

आवेग वस्तु के संवेग में परिवर्तन के बराबर होता है। यह एक सदिश राशि है, जिसका मात्रक न्यूटन सेकण्ड (Ns) है, तथा इसकी दिशा वही होती है, जो बल की दिशा होती है जैसे- बल्ले द्वारा क्रिकेट की गेंद पर प्रहार कर गेंद को दूर भेजना, हथौड़े से कील ठोकना, क्रिकेट की गेंद का कैच लेना आदि। एक निश्चित आवेग पर बल को कम करने के लिए समय को बढ़ाया जाता है। जैसे- क्रिकेट की गेंद को कैच करते समय खिलाड़ी अपना हाथ पीछे की ओर खीचते हैं, जिससे कि वह अधिक समय तक बल लगा सके। यदि वह हाथ को पीछे नहीं खीचें तो गेंद हथेली से टकराकर तुरंत ठहर जाएगी उसका संवेग एकाएक शून्य हो जाएगा। अतः खिलाड़ी को बहुत अधिक बल लगाना पड़ेगा, जिससे कैच छूटने तथा हाथ में चोट लगने की संभावना बना रहेगी।

**संतुलित बल (Balanced Force)**- जब किसी पिंड पर एक से अधिक बल कार्य करते हों और उन सभी बलों का परिणामी बल शून्य हो, तो वह पिंड संतुलित अवस्था में होगा। इस दशा में पिंड पर लगने वाले सभी बल संतुलित बल कहलाते हैं।

**असंतुलित बल (Unbalanced Force)**- जब किसी वस्तु पर दो या दो से अधिक बल इस प्रकार लगते हैं कि वस्तु किसी एक बल की दिशा में गति करने लगती है, तो वस्तु पर लगने वाला बल असंतुलित बल कहलाता है।

**घर्षण बल (Frictional Force)**- सम्पर्क में रखी दो वस्तुओं के मध्य एक प्रकार का बल कार्य करता है, जो गति करने में वस्तु का विरोध करता है, यह बल ही घर्षण बल कहलाता है। इसकी दिशा सदैव वस्तु की गति की दिशा के विपरीत होती है।

घर्षण बल तीन प्रकार के होते हैं-

- (i) स्थैतिक घर्षण बल।
- (ii) सर्पी घर्षण बल।
- (iii) लोटनिक घर्षण बल।

i. **स्थैतिक घर्षण बल (Static Force of Friction)**- जब किसी वस्तु को किसी सतह पर खिसकाने के लिए बल लगाया जाए और यदि वस्तु अपने स्थान से नहीं खिसके, तो ऐसे दोनों सतहों के मध्य लगने वाले घर्षण बल को स्थैतिक घर्षण बल कहते हैं। इसका परिमाण लगाए गए बल के बराबर तथा दिशा बल की दिशा के विपरीत होती है।

ii. **सर्पी घर्षण बल (Sliding Force of Friction)**- जब कोई वस्तु किसी सतह पर सरकती है, तो सरकने वाली वस्तु तथा उस सतह के बीच लगने वाला घर्षण बल सर्पी घर्षण बल कहलाता है।

iii. **लोटनिक घर्षण बल (Rolling Force of Friction)**- जब एक वस्तु किसी दूसरी वस्तु के सतह पर लुढ़कती है, तो इन दोनों वस्तुओं के सतहों के बीच लगने वाला बल लोटनिक घर्षण बल कहलाता है।

#### घर्षण बल की विशेषताएँ

- दो सतहों के मध्य लगने वाला घर्षण बल उनके सम्पर्क क्षेत्रफल पर निर्भर नहीं करता है। यह केवल सतहों की प्रकृति पर निर्भर करता है।
- लोटनिक घर्षण बल का मान सबसे कम और स्थैतिक घर्षण बल का मान सबसे अधिक है।
- घर्षण बल या घर्षण को कम करने के लिए मशीनों में स्नेहक (Lubricate) तथा बॉल बियरिंग (Ball Bearings) लगाए जाते हैं, जो सर्पी घर्षण को लोटनिक घर्षण से बदल देते हैं।
- ठोस-ठोस सतहों के मध्य घर्षण अधिक, द्रव-द्रव सतहों के मध्य उससे कम और वायु ठोस सतहों के बीच घर्षण सबसे कम होता है।

#### घर्षण बल से लाभ

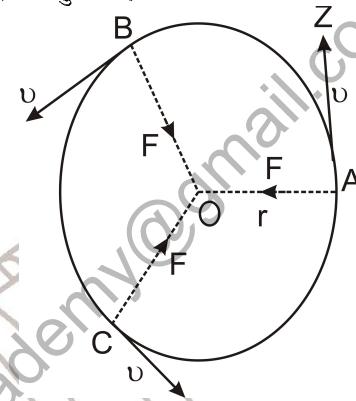
- घर्षण बल के कारण ही मनुष्य सीधा खड़ा रह पाता है तथा चल पाता है।
- घर्षण बल न होने पर हम कले के छिलके तथा बरसात में चिकनी सड़क पर फिसल जाते हैं।

- यदि सड़कों पर घर्षण न हो तो पहिए फिसलने लगते हैं।
- यदि पट्टे तथा पुली के बीच घर्षण न हो तो पट्टा मोटर के पहिए नहीं घुमा सकेगा।

### घर्षण बल से हानि

- मशीनों में घर्षण के कारण ऊर्जा का अपव्यय होता है और टूट-फूट अधिक होती है।
  - मशीनों के पुर्जों के बीच अत्यधिक घर्षण से काफी ऊर्जा पैदा होती है और मशीन को क्षति पहुँचती है।
- अभिकेन्द्री बल (Centripetal Forces)-** जब कोई पिंड एक समान चाल  $v$  से त्रिज्या  $r$  के वृत्तीय मार्ग पर गति करता है, तो उस पर अभिकेन्द्री त्वरण लगता है, जिसका परिमाण  $v^2/r$  होता है, परन्तु त्वरण की दिशा लगातार बदलती रहती है। त्वरण की दिशा सदैव वृत्त के केन्द्र की ओर होती है। न्यूटन के द्वितीय नियम के अनुसार, किसी पिंड में त्वरण उत्पन्न करने के लिए त्वरण की दिशा में ही बल लगाया जाता है। अतः हम कह सकते हैं कि कण की वृत्तीय गति बनाए रखने के लिए वृत्त के केन्द्र की ओर एक बल आवश्यक होता है। इस प्रकार, वृत्ताकार पथ में केन्द्र की ओर लगने वाले बल (Inward Force) को अभिकेन्द्री बल कहते हैं। इस बल के अभाव में वस्तु वृत्ताकार मार्ग पर नहीं चल सकती है। यदि  $m$  द्रव्यमान का पिंड  $v$  चाल से  $r$  त्रिज्या के वृत्तीय मार्ग पर चल रहा है, तो उस पर कार्यकारी वृत्त के केन्द्र की ओर आवश्यक अभिकेन्द्री बल  $F = \frac{mv^2}{r}$  होता है।

यही वह बल है, जो पिंड को वृत्त की परिधि पर बनाए रखने का प्रयास करता है तथा उसे वृत्तीय गति करने के लिए बाध्य करता है।



Tangent line = AZ

$r$  = radius = OA

$v$  = velocity

$a$  = centripetal acceleration =  $v^2/r$

$F$  = centripetal force =  $m \cdot v^2/r$

### उदाहरण

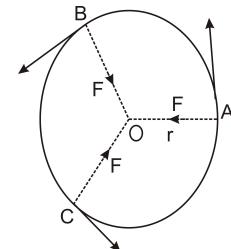
- i. जब एक पत्थर के टुकड़े को किसी डोरी के एक सिरे बाँधकर घुमाते हैं, तो डोरी को अन्दर की ओर खींचे रखना पड़ता है, अर्थात् डोरी पर निरन्तर अन्दर की ओर एक बल  $F$  लगाना पड़ता है। यह बल डोरी में उत्पन्न तनाव है, जो पत्थर के टुकड़े को वृत्ताकार मार्ग में घूमने के लिए आवश्यक अभिकेन्द्री बल प्रदान करता है। डोरी के सिरे को हाथ से छोड़ देने पर डोरी के दूसरे सिरे पर बँधा पत्थर का टुकड़ा वृत्तीय मार्ग को छोड़कर, वृत्त की स्पर्श रेखा (Tangent Line) के अनुदिश भाग जाता है। इसका कारण है कि डोरी के सिरे को हाथ से छोड़ने पर डोरी का तनाव समाप्त हो जाता है, अर्थात् वृत्तीय मार्ग में गति बनाए रखने वाला अभिकेन्द्री बल समाप्त हो जाता है, जिसके कारण पत्थर का टुकड़ा सरल रेखा में गमन करने लगता है।
- ii. सूर्य के चारों ओर ग्रहों की गति तथा ग्रहों के चारों ओर प्राकृतिक और कृत्रिम उपग्रहों की गति के लिए गुरुत्वाकर्षण बल, आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल प्रदान करता है।
- iii. किसी मोड़ पर रेल या कार के मुड़ते पहियों व सड़क के मध्य लगने वाला घर्षण बल, आवश्यक अभिकेन्द्री बल प्रदान करता है।
- iv. कीचड़ पर तेजी से चलती साइकिल, स्कूटर के पहियों द्वारा कीचड़ के कण ऊपर की ओर स्पर्श रेखीय (Tangent) दिशा में फेंक दिये जाते हैं। यही कारण है कि इनके पहियों पर मडगार्ड (Mud Guard) लगाये जाते हैं।
- v. इलेक्ट्रॉन का नाभिक के चारों ओर घूमना।

**अभिकेन्द्रों बल की प्रतिक्रिया (Reaction of Centripetal Force)-** प्रत्येक क्रिया के बराबर एवं विपरीत प्रतिक्रिया होती है, (न्यूटन की गति का तीसरा नियम) यह क्रिया तथा प्रतिक्रिया सदैव अलग-अलग वस्तुओं पर कार्य करती है। अतः वृत्तीय पथ पर गतिमान वस्तु पर कार्य करने वाले अभिकेन्द्रीय बल की भी प्रतिक्रिया होती है।

### उदाहरण

- i. जब हम पत्थर को डोरी से बाँधकर वृत्तीय पथ में घुमाते हैं, तो हमारा हाथ डोरी के तनाव द्वारा वृत्त के केन्द्र की ओर अभिकेन्द्री बल (क्रिया) लगता है, जबकि पत्थर हमारे हाथ पर बाहर की ओर प्रतिक्रिया बल लगता है।
  - ii. “मौत के कुएँ” में कुएँ की दीवार मोटर साइकिल पर अन्दर की ओर क्रिया बल लगता है, जबकि इसकी प्रतिक्रिया बल मोटर साइकिल द्वारा कुएँ की दीवार पर बाहर की ओर कार्य करता है।
- नोट-** कभी-कभी बाहर की ओर कार्य करने वाले इस प्रतिक्रिया बल को भ्रमवश अपकेन्द्री बल (Centrifugal Force) भी कह दिया जाता है, जो गलत है।

**अपकेन्द्री बल (Centrifugal Force)-** अजड़त्वीय फ्रेम (Non-inertial Frame) में न्यूटन के नियमों को लागू करने के लिए कुछ ऐसे बलों की कल्पना करनी होती है, जिन्हें परिवेश में किसी पिंड से संबंधित नहीं किया जा सकता। जिन्हें परिवेश में किसी पिंड से संबंधित नहीं किया जा सकता। ये बल छद्म बल या जड़त्वीय बल कहलाते हैं। अपकेन्द्रीय बल एक ऐसा ही जड़त्वीय बल या छद्म बल है। चौंक घूमते निकाय में त्वरण होता है, इसीलिए इस प्रकार के बल का अनुभव होता है। इस बल की दिशा अभिकेन्द्री बल के विपरीत होती है। इस प्रकार वृत्ताकार पथ में केन्द्र से बाहर की ओर लगनेवाले बल (Outward Force) को अपकेन्द्री बल कहते हैं।



## उदाहरण

**मोड पर कार (Car at Turning)** - यदि कोई व्यक्ति कार में बैठा है और कार अचानक दायी ओर घूम जाए तो व्यक्ति को बायीं ओर एक झटका लगता है। इससे व्यक्ति अपनी बायीं ओर एक बल लगा अनुभव करता है, जबकि वास्तव में ऐसा नहीं है। बल्कि होता यह है कि कार तथा व्यक्ति को दायी ओर घूमने के लिए आवश्यक अभिकन्द्री बल चाहिए, कार तो यह अभिकन्द्री बल सड़क एवं पथियों के बीच के घर्षण से प्राप्त कर लेता है, जबकि व्यक्ति को यह नहीं प्राप्त होता है। इसीलिए व्यक्ति जड़त्व के कारण अपनी पूर्ववत् सीधी दिशा में गति करने की प्रवृत्ति रखता है और इसीलिए कार के मुड़ते ही वह विपरीत दिशा में झटका खाकर ऐसा अनुभव करता है, जैसे कि उस पर कोई बल कार्य कर रहा हो यही अपकेन्द्री बल है।

**बल-आघूर्ण (Moment of Force of Torque)** - बल द्वारा एक पिण्ड को एक अक्ष के परित: घुमाने की प्रवृत्ति को बल-आघूर्ण कहते हैं। किसी अक्ष के परित: एक बल का बल-आघूर्ण उस बल के परिमाण तथा अक्ष से बल की क्रिया-रेखा के बीच की लम्बवत् दूरी के गुणनफल के बराबर होता है अर्थात् बल-आघूर्ण = बल × बलबाहु (Moment of Force = Force × Force-arm) यानी बल का अक्ष से अधिक दूरी पर लगाया जाए, तो उसका बल-आघूर्ण अधिक होगा। बल-आघूर्ण एक सदिश राशि है, इसका SI मात्रक न्यूटन मीटर होता है। बल-आघूर्ण को एक उदाहरण से समझा जा सकता है। माना कि ABCD एक दरवाजा है जिसके X और Y स्थान पर कब्जा लगाया (Hinged) गया है। दरवाजे पर एक बल P बिन्दु पर लगाते हैं जो XY रेखा (XY line) से d दूरी है पर है इसलिए बल-आघूर्ण = Pd होगा। यदि हम बल को अब P के बदले Q स्थान पर लगाए जो XY रेखा से d'दूरी पर है तो बल-आघूर्ण = Qd' होगा। एक ही बल के लिए लाभिक दूरी बढ़ जाने पर बल-आघूर्ण का मान बढ़ता जाता है अर्थात् घूमने की प्रवृत्ति बढ़ती है। समान बल के लिए कब्जे से जितना अधिक दूरी पर बल लगाएंगे, बल-आघूर्ण उतना ही ज्यादा होगा अर्थात् घूमने की प्रवृत्ति घूमने की प्रवृत्ति उतनी ही अधिक होगी। यही कारण है कि घर के दरवाजे में हत्था (Handle) कब्जा से दूर लगाया जाता है।

## बल-आघूर्ण के अन्य उदाहरण

- बरों में गेहूँ पीसने का जाँता (Quern) का हत्था कील से दूर लगाया जाता है ताकि जाँता को घुमाने के लिए कम जोर लगाना पड़े।
- कुम्हार के चाक में घुमाने के लिए लकड़ी फंसाने का गड्ढा चाक की परिधि के पास बनाया जाता है।
- पानी निकालने वाला हैण्ड पम्प (Hand Pump) का हत्था लम्बा होता है।

## कार्य, शक्ति और ऊर्जा

**कार्य (Work)** - दैनिक जीवन में कार्य का अर्थ 'किसी क्रिया का किया जाना' होता है, जैसे- पढ़ना, लिखना, गाड़ी चलाना आदि। परन्तु भौतिकी में 'कार्य' शब्द का विशेष अर्थ है, अतः भौतिकी में हम कार्य को निम्नलिखित प्रकार से परिभाषित करते हैं- "कार्य की माप लगाए गए बल तथा बल की दिशा में वस्तु के विस्थापन के गुणनफल के बराबर होती है।"

अतः कार्य = बल × बल की दिशा में विस्थापन कार्य दो सदिश राशि का गुणनफल है, परन्तु कार्य एक अदिश राशि है। इसका SI मात्रक न्यूटन मीटर (N.m) होता है, जिसे वैज्ञानिक जेम्स प्रेस्कॉट जूल के सम्मान में जूल (Joule) का जाता है और संकेत J द्वारा व्यक्त किया जाता है।

$$1 \text{ जूल कार्य} = 1 \text{ न्यूटन बल} \times 1 \text{ मीटर} \quad (\text{विस्थापन बल की दिशा में})$$

अब यदि बल  $\vec{F}$  तथा विस्थापन  $\vec{s}$  एक ही दिशा में नहीं है, बल्कि दोनों की दिशाओं के मध्य  $\theta$  कोण बनता है, तो कार्य  $W = F \times s \cos \theta$

इस प्रकार कार्य का मान महत्म तभी होगा जब बल एवं बल की दिशा में विस्थापन के मध्य  $0^\circ$  का कोण हो, क्योंकि  $\cos 0^\circ = 1$  होता है। इसी प्रकार जब बल एवं बल की दिशा में विस्थापन के बीच  $90^\circ$  का कोण हो, तो कार्य का मान शून्य होगा क्योंकि  $\cos 90^\circ = 0$  होता है।

## शक्ति (Power)

कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं। यदि किसी कर्ता द्वारा W कार्य t समय में किया जाता है, तो कर्ता की शक्ति  $W/t$  होगी। शक्ति का SI मात्रक वाट (Watt) है, जिसे वैज्ञानिक जेम्स वाट के सम्मान में रखा गया है और संकेत W द्वारा व्यक्त किया जाता है।

$$1 \text{ वाट} = 1 \text{ जूल/सेकण्ड} = 1 \text{ न्यूटन मीटर/सेकण्ड}$$

मशीनों की शक्ति को अश्व शक्ति (Horse Power - H.P.) में भी व्यक्त किया जाता है।

$$1 \text{ H.P.} = 746 \text{ वाट}$$

**वाट सेकण्ड (Ws)** - यह ऊर्जा या कार्य का मात्रक है।

$$1 \text{ Ws} = 1 \text{ वाट} \times \text{सेकण्ड} = 1 \text{ जूल}$$

**वाट-घंटा (Wh)** - यह भी ऊर्जा या कार्य का मात्रक है। ( $Wh = 3600 \text{ जूल}$ )

**किलोवाट घंटा (kWh)** - यह भी ऊर्जा (कार्य) का मात्रक है।

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ वाट घंटा} = 1000 \text{ वाट} \times 1 \text{ घंटा} = 1000 \times 3600 \text{ सेकण्ड}$$

$$= 3.6 \times 10^6 \text{ वाट सेकण्ड} = 3.6 \times 10^6 \text{ जूल}$$

W, kW, MW तथा H.P. शक्ति के मात्रक हैं।

Ws, Wh, kWh कार्य अथवा ऊर्जा के मात्रक हैं।

## ऊर्जा ( Energy )

किसी वस्तु में कार्य करने की क्षमता को उस वस्तु की ऊर्जा कहते हैं। ऊर्जा एक अदिश राशि है। इसका SI मात्रक जूल (joule) है। वस्तु में जिस कारण से कार्य करने की क्षमता आ जाती है, उसे ऊर्जा कहते हैं। ऊर्जा दो प्रकार की होती है- गतिज ऊर्जा एवं स्थितिज ऊर्जा।

**गतिज ऊर्जा ( Kinetic Energy )-** किसी वस्तु में गति के कारण जो कार्य करने की क्षमता आ जाती है, उसे उस वस्तु की गतिज ऊर्जा कहते हैं। यदि  $m$  द्रव्यमान की वस्तु  $v$  वेग से चल रही हो, तो गतिज ऊर्जा (KE) होगी-  $K.E. = \frac{1}{2}mv^2$

अर्थात् किसी वस्तु का द्रव्यमान दोगुना करने पर उसकी गतिज ऊर्जा दोगुनी हो जाएगी और द्रव्यमान आधी करने पर उसकी गतिज ऊर्जा आधी हो जाती है। इसी प्रकार वस्तु का वेग दोगुना करने पर वस्तु की गतिज ऊर्जा चार गुनी हो जाएगी और वेग आधा करने पर वस्तु की गतिज ऊर्जा  $\frac{1}{4}$  गुनी हो जाएगी।

**गतिज ऊर्जा एवं संवेग में संबंध ( Relation Between Kinetic Energy and Momentum )-**  $K.E. = \frac{p^2}{2m}$  जहाँ  $p =$  संवेग  $= mv$  अर्थात् संवेग दो गुणा करने पर गतिज ऊर्जा चार गुनी हो जाएगी।

**स्थितिज ऊर्जा ( Potential Energy )-** किसी वस्तु में उसकी अवस्था (State) या स्थिति (Position) के कारण कार्य करने की क्षमता को स्थितिज ऊर्जा कहते हैं। जैसे- बाँध बना कर इकट्ठा किए गए पानी की ऊर्जा, घड़ी की चाभी में संचित ऊर्जा, तनी हुई स्प्रिंग या कमानी की ऊर्जा। गुरुत्व बल के विरुद्ध संचित स्थितिज ऊर्जा का व्यंजक है-

$$P.E. = mgh \quad \text{जहाँ } m = \text{द्रव्यमान}, g = \text{गुरुत्वजनित त्वरण}, h = \text{ऊँचाई}$$

**ऊर्जा संरक्षण का नियम ( Law of Conservation of Energy )-** ऊर्जा का न तो निर्माण होता है न विनाश अर्थात् विश्व की कुल ऊर्जा नियत रहती है। ऊर्जा का केवल एक रूप से दूसरे रूप में रूपान्तरण होता है। जब भी ऊर्जा किसी रूप में लुप्त होती है, तीक उतनी ही ऊर्जा अन्य रूपों में प्रकट हो जाती है। यह ऊर्जा संरक्षण का नियम कहलाता है।

**ऊर्जा का रूपान्तरण-** ऊर्जा रूपान्तरण के कुछ उदाहरण नीचे दिये गये हैं-

उपकरण	ऊर्जा का रूपान्तरण
सौर सेल	प्रकाश ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में
डायनमो	यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में
विद्युत मोटर	विद्युत ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में
माइक्रोफोन	ध्वनि ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में
लाउडस्पीकर	विद्युत ऊर्जा को ध्वनि ऊर्जा में
सितार	यांत्रिक ऊर्जा को ध्वनि ऊर्जा में
बल्ब/ट्यूब-लाइट/हीटर का जलना	विद्युत ऊर्जा को प्रकाश एवं ऊष्मा ऊर्जा में
मोमबत्ती का जलना	रासायनिक ऊर्जा को प्रकाश एवं ऊष्मा ऊर्जा में
कोयले का जलना	रासायनिक ऊर्जा को ऊष्मा ऊर्जा में
विद्युत सेल	रासायनिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में
इंजन	ऊष्मा ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में
प्रकाश विद्युत सेल	प्रकाश ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में

**सौर ऊर्जा ( Solar Energy )-** सूर्य, ऊर्जा का विशाल स्रोत है। सूर्य का लगभग 70% द्रव्यमान हाइड्रोजन से, 28% हीलियम से तथा 2% अन्य भारी तत्वों से बना है। सूर्य के केन्द्र (core) का तापमान और दाब क्रमशः  $1.5 \times 10^7 \text{ K}$  तथा  $2 \times 10^{16} \text{ न्यूटन प्रति वर्ग मीटर}$  है। केन्द्र में उच्च ताप एवं दाब होने के कारण वहाँ नाभिकीय संलयन (fusion) की क्रिया होती है। सूर्य के केन्द्र में चार हाइड्रोजन नाभिक संलयन होकर हीलियम नाभिक बनाते हैं, जिससे अत्यधिक मात्रा में ऊर्जा उत्पन्न होती है। सूर्य से प्रति सेकण्ड  $3.86 \times 10^{26}$  जूल ऊर्जा निकलती है। यह ऊर्जा विद्युत-चुम्बकीय तरंगों तथा आवेशित कणों के रूप में निकलती है। पृथ्वी पर सूर्य की ऊर्जा मुख्यतः विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के रूप में पहुँचती है, उसे सौर विकिरण कहते हैं। विकिरण के गुण उसके अन्दर उपस्थित तरंगों के तरंगदैर्घ्य पर निर्भर करते हैं। ऊष्मा का अनुभव कराने वाली विकिरण को अवरक्त विकिरण एवं वस्तुओं का दर्शन कराने वाली विकिरण को दूश्य विकिरण या प्रकाश कहते हैं।

## गुरुत्वाकर्षण

चार मौलिक बलों में गुरुत्वाकर्षण एक कमजोर अथवा क्षीण मौलिक बल है, जो ब्रह्मांड मे प्रत्येक कण या पिण्ड के बीच उनके द्रव्यमान के कारण लगता है। इसे न्यूटन ने अपनी पुस्तक प्रिंसीपिया (Principia) में प्रकाशित किया था।

**न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का नियम (Newton's Law of Gravitation)-** ब्रह्मांड मे किन्हीं दो पिण्डों के मध्य कार्य करने वाला आकर्षण बल उनके द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती (directly proportional) तथा उनके मध्य की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional) होता है।

माना कि  $m_1$  एवं  $m_2$  द्रव्यमान के दो पिण्ड एक-दूसरों से  $r$  दूरी पर स्थित हैं, तो न्यूटन के नियमानुसार उनके साथ बीच लगने वाला आकर्षण बल  $F$  होगा-

$$F \propto m_1 m_2 \text{ और } F \propto \frac{1}{r^2} \quad \text{या, } F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{जहाँ } G \text{ एक नियतांक है।}$$

$G$  को सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक (Universal Gravitational Constant) कहते हैं, जिसका मान  $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$  होता है।

**गुरुत्व (Gravity)-** न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण के नियम मे गुरुत्वाकर्षण वह आकर्षण बल है, जो किन्हीं दो वस्तुओं के बीच कार्य करता है। यदि इन वस्तुओं मे एक पृथ्वी हो, तो गुरुत्वाकर्षण को गुरुत्व कहते हैं। अतः गुरुत्व वह आकर्षण बल है। जिससे पृथ्वी किसी वस्तु को अपने केन्द्र की ओर खींचती है। अतः गुरुत्व गुरुत्वाकर्षण का एक उदाहरण है। गुरुत्व बल के कारण ही पृथ्वी की सतह से मुक्त रूप से फेंकी गयी वस्तु वापस पृथ्वी की सतह पर आकर गिरती है।

**गुरुत्वाय त्वरण (Acceleration Due to Gravity)-** जब कोई वस्तु ऊपर से मुक्त रूप से छोड़ी जाती है, तो वह गुरुत्व बल के कारण पृथ्वी की ओर गिरने लगती है और जैसे-जैसे वस्तु पृथ्वी के सतह के निकट आती जाती है, उसका वेग बढ़ता जाता है। अतः उसके वेग मे त्वरण उत्पन्न हो जाता है। इसी त्वरण को गुरुत्वाय त्वरण कहते हैं। यदि किसी वस्तु का द्रव्यमान  $m$  हो, तो इस पर कार्य करने वाला गुरुत्वाय बल  $mg$  (वस्तु का भार) के बराबर होगा। अतः गुरुत्वाय त्वरण उस बल के बराबर होता है, जिस बल से पृथ्वी एकांक द्रव्यमान वाली वस्तु को अपने केन्द्र की ओर आकर्षित करती है। यह वस्तु के रूप, आकार, द्रव्यमान इत्यादि पर निर्भर नहीं करता। इसे  $g$  से प्रदर्शित करते हैं। इसका मात्रक 'मीटर/सेकण्ड<sup>2</sup>' अथवा 'न्यूटन/किग्रा' है।

गुरुत्वजनित त्वरण  $g$  का मान द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता। अतः भिन्न-भिन्न द्रव्यमानों की दो वस्तुएँ मुक्त रूप से (वायु की अनुपस्थिति में) ऊपर से गिराई जायें, तो उसमें समान त्वरण उत्पन्न होगा। अर्थात् समान ऊँचाई से एक साथ गिरने वाली वस्तु पृथ्वी पर एक ही साथ पहुँचेगी। वायु की उपस्थिति मे वस्तु पर वायु का श्यानकर्षण (Viscous Drag) तथा उत्प्लावन प्रभाव (Buoyancy Effect) का प्रभाव पड़ता है। इस दशा मे भारी वस्तुओं का त्वरण हल्के वस्तुओं की अपेक्षा अधिक होता है। इसी के कारण भारी वस्तु हल्के वस्तु की तुलना में पहले पृथ्वी पर पहुँचेगी।

गुरुत्वजनित त्वरण 'g' के मान मे परिवर्तन (Variation of Acceleration Due to Gravity 'g')  $45^\circ$  अक्षांश तथा समुद्र तल पर  $g$  का प्रामाणिक मान  $9.8 \text{ मीटर सेकण्ड}^2$  होता है, अन्य स्थानों पर  $g$  का मान थोड़ा-सा भिन्न होता है। पृथ्वी-तल पर  $g$  का मान न्यूनतम (Minimum) भूमध्य रेखा (Equation) पर, तथा अधिकतम (Maximum) ध्रुवों (Poles) पर होता है।

- पृथ्वी-तल से ऊपर जाने पर  $g$  का मान घटता है।
- पृथ्वी-तल के नीचे जाने पर भी  $g$  का मान घटता है।

**लिफ्ट मे व्यक्ति का भार (Weight of a Body in a Lift)-** किसी लिफ्ट मे व्यक्ति के भार मे परिवर्तन निम्नलिखित प्रकार से होता है।

- i. जब लिफ्ट त्वरण  $a$  से ऊपर जाती है, तो लिफ्ट मे स्थित व्यक्ति का भार बढ़ा हुआ प्रतीत होता है।
- ii. जब लिफ्ट त्वरण  $a$  से नीचे आती है, तो इस दिशा मे व्यक्ति का आभासी भार घटा हुआ प्रतीत होता है।
- iii. जब लिफ्ट एक समान बंग (त्वरण  $a = 0$ ) से ऊपर या नीचे जाती है, तो इस दिशा मे व्यक्ति को अपने भार मे कोई परिवर्तन नहीं प्रतीत होता है।
- iv. यदि नीचे आते वक्त लिफ्ट की डोरी टूट जाए, तो वह मुक्त वस्तु की भाँति नीचे गिरेगी। अतः  $a = g$  तथा  $w = mg - mg = 0$  अर्थात् व्यक्ति को अपना भार शून्य प्रतीत होगा।
- v. यदि लिफ्ट के नीचे उत्तरे समय लिफ्ट का त्वरण गुरुत्वाय त्वरण से अधिक हो (अर्थात्  $a > g$ ) तो लिफ्ट मे खड़ा व्यक्ति लिफ्ट की फर्श से उठकर उसकी छत पर जा लगेगा।

## प्रकाश

हमारी दृष्टि की अनुभूति जिस बाह्य भौतिक कारण के द्वारा होती है, उसे हम प्रकाश कहते हैं। अतः प्रकाश एक प्रकार का साधन है, जिसके सहरे आँख वाले लोग किसी वस्तु को देखते हैं। जब किसी वस्तु पर प्रकाश पड़ता है। तब उस वस्तु से प्रकाश टकराकर देखने वाले की आँख पर पड़ता है, जिससे व्यक्ति उस वस्तु को देख पाता है। वास्तव मे प्रकाश एक प्रकार की ऊर्जा है, जो विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के रूप मे संचरित होती है।

**प्रकाश की दोहरी प्रकृति-तरंग व कण (Dual nature of light-wave & particle)-** आज प्रकाश को कुछ घटनाओं में तरंग और कुछ मे कण माना जाता है। कुछ घटनाओं मे उसकी तरंग प्रकृति प्रबल होती है (कण प्रकृति दबी रहती है) और कुछ मे

प्रकाश की कण प्रकृति स्पष्ट है: उभरकर जाती है और तरंग प्रकृति दबी रहती है। इसी को प्रकाश की दोहरी प्रकृति कहते हैं। प्रकाश का विद्युत-चुम्बकीय तरंग सिद्धान्त प्रकाश के केवल कुछ प्रमुख गुणों की ही व्याख्या कर पाता है, जैसे- प्रकाश का परावर्तन, अपवर्तन, सीधी रेखा में चलना, विवर्तन, व्यतिकरण व ध्रुवण। प्रकाश के कुछ गुण ऐसे भी हैं। जिनकी व्याख्या तरंग सिद्धान्त नहीं कर पाता है। इनमें प्रमुख हैं- प्रकाश का विद्युत-प्रभाव तथा क्रॉम्पटन प्रभाव। इन प्रभावों की व्याख्या आइन्स्टीन द्वारा प्रतिपादित प्रकाश के फोटॉन सिद्धान्त द्वारा की जाती है। इस सिद्धान्त के अनुसार, प्रकाश ऊर्जा के छोटे-छोटे बण्डलों के रूप में चलता है, जिन्हें फोटॉन (Photon) कहते हैं। वास्तव में ये दोनों प्रभाव प्रकाश की कण-प्रकृति (particle nature) को प्रकट करते हैं।

**प्रकाश की चाल (speed of light)-** सर्वप्रथम रोमर नामक वैज्ञानिक ने बृहस्पति ग्रह के उपग्रहों की गति को देखकर प्रकाश का वेग ज्ञात किया था। उसने बृहस्पति ग्रह के एक उपग्रह में लगने वाले दो ग्रहणों के बीच की अवधि को मापकर प्रकाश की चाल को ज्ञात किया था। प्रकाश का वेग सबसे अधिक निर्वात में होता है। निर्वात में प्रकाश की चाल का सर्वाधिक स्वीकृत मान  $1,86,310$  मील प्रति सेकण्ड या  $2,99,776$  किलोमीटर प्रति सेकण्ड या  $3 \times 10^8$  मीटर प्रति सेकण्ड है। किसी पदार्थ में प्रकाश की चाल निर्वात से कम होती है। निर्वात की तुलना में हवा में प्रकाश की चाल  $0.03$  प्रतिशत कम, पानी में  $25$  नाइलोन प्रतिशत कम तथा कॉच में  $35\%$  कम होती है।

प्रकाश को सूर्य से पृथ्वी तक आने में औसतन  $499$  से. (अर्थात  $8$  मिनट  $19$  से.) का समय लगता है। इसी प्रकार चन्द्रमा से परावर्तित प्रकाश को पृथ्वी तक आने में  $1.28$  से. का समय लगता है।

**प्रकाश का सरल रेखीय गमन (Rectilinear Propagation of Light)-** समांग माध्यमों (घनत्व हर भाग में बराबर) में प्रकाश की किरणें सरल रेखाओं में चलती हैं। इसे प्रकाश का सरल रेखीय गमन कहते हैं। सूची-छिद्र कैमरा में उल्टे चित्र का बनना, विभिन्न प्रकाश की छायाओं का बनना, सूर्य ग्रहण तथा चन्द्र ग्रहण प्रकाश की किरणें के सरल रेखीय गमन के कारण ही संभव होते हैं।

### प्रकाश का परावर्तन

प्रकाश के चिकने पृष्ठ से टकराकर वापस लौटने की घटना को प्रकाश का परावर्तन कहते हैं। परावर्तन के नियम (Laws of Reflection)- परावर्तन के दो नियम हैं-

- आपतन कोण (Angle of Incidence) परावर्तन कोण (Angle of Reflection) बराबर होता है।

$$\text{अर्थात् } \angle AON = \angle NOB$$

$$\angle i = \angle r$$

- आपतित किरण, आपतन बिन्दु पर अभिलम्ब तथा परावर्तित किरण एक ही समतल में होते हैं।

**समतल दर्पण (Plane mirror)-** समतल दर्पण का परावर्तक सतह समतल होता है। इस में शीशे के एक और धातु की पतली परत चढ़ी होती है और किरण क्षय को रोकने के लिए लेप किया जाता है। शीशे के पीछे चाँदी की परत या पारे परावर्तक सतह का कार्य करते हैं।

समतल दर्पण में प्रतिबिम्ब की स्थिति- समतल दर्पण में किसी वस्तु का प्रतिबिम्ब दर्पण के पीछे उतनी ही दूरी पर बनती है, जितनी दूरी पर वस्तु दर्पण के आगे रखी होती है। यह प्रतिबिम्ब काल्पनिक, वस्तु के बराबर एवं पार्श्व उल्टा (Interal inverse) बनता है।

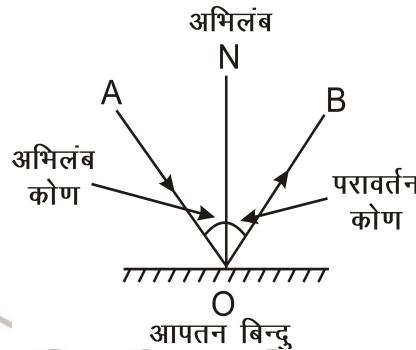
### समतल दर्पण से सर्वाधित कुछ विशेष तथ्य

- यदि कोई व्यक्ति  $\psi$  चाल से दर्पण की ओर चलता है, तो उसे दर्पण में अपना प्रतिबिम्ब  $2\psi$  चाल से अपनी ओर आता प्रतीत होता है।
- किसी वस्तु का समतल दर्पण में पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए दर्पण की लम्बाई वस्तु की लम्बाई की कम से कम आधी होनी चाहिए।
- यदि आपतित किरण को नियम रखते हुए दर्पण को  $0^\circ$  कोण से घुमा दिया जाए, तो परावर्तित किरण  $20^\circ$  कोण से घूम जाती है।
- यदि दो समतल दर्पण  $0^\circ$  कोण पर झुके हों, तो उनके द्वारा उनके द्वारा मध्य में रखी वस्तु के बनाए गए कुल प्रतिबिम्ब की संख्या  $\frac{360^\circ}{0^\circ} - 1$  होती है। यदि पूर्णांक नहीं है, तो उसे अगला पूर्णांक मान लिया जाता है। इस प्रकार समकोण पर झुके दो दर्पणों के बीच रखे वस्तु के तीन प्रतिबिम्ब बनते हैं और दो समानान्तर दर्पणों के बीच रखे वस्तु के अनन्त प्रतिबिम्ब बनते हैं।

**समतल दर्पण के उपयोग-** समतल दर्पण का उपयोग बहुरूपदर्शी (Kaleidoscope), परिदर्शी (Periscope), आईना (Looking glass) आदि में किया जाता है।

**गोलीय दर्पण (Spherical Mirror)-** किसी गोलाकार तल से बनाए गए दर्पण को गोलीय दर्पण कहते हैं। गोलीय खंड के एक तल पर पारे की कलई एवं रेड ऑक्साइड का लेप किया जाता है तथा दूसरा तल परावर्तक की तरह कार्य करता है। गोलीय दर्पण मुख्यतः दो प्रकार के होते हैं-

- उत्तल दर्पण
- अवतल दर्पण।



- (i) **उत्तल दर्पण (convex mirror)** - जिस गोलीय दर्पण का परावर्तक सतह उभरा रहता है, उसे उत्तल दर्पण कहा जाता है। उत्तल दर्पण को अपसारी दर्पण (Diverging Mirror) भी कहा जाता है क्योंकि यह अनन्त से आने वाली किरणों को फैलता है।
- (ii) **अवतल दर्पण (concave mirror)** - जिस गोलीय दर्पण का परावर्तक तल धंसा रहता है, उसे अवतल दर्पण कहते हैं। अवतल दर्पण को अभिसारी दर्पण (Converging Mirror) भी कहा जाता है क्योंकि यह अनन्त से आने वाली किरणों को सिकोड़ता है। उत्तल एवं अवतल दोनों ही दर्पण किसी गोले के कटे भाग होते हैं। अतः उस गोले का केंद्र दर्पण का वक्रता केन्द्र (Centre of curvature) कहलाता है। दर्पण का मध्य बिन्दु ध्रुव (Pole) कहलाता है। दर्पण के वक्रता केन्द्र एवं ध्रुव को मिलाने वाली रेखा दर्पण की प्रधान अक्ष रेखा (principle axis) कहलाती है। वक्रता केन्द्र एवं ध्रुव को मिलाने वाली सरल रेखा के मध्य बिन्दु को दर्पण का फोकस (Focus) कहते हैं। फोकस दूरी

$$= \frac{\text{वक्रता त्रिज्या}}{2}$$



गोलीय दर्पणों की फोकस दूरी का सूत्र - उत्तल एवं अवतल दोनों ही दर्पणों की फोकस दूरी निम्नलिखित सूत्र से ज्ञात की जाती है-

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \quad \text{जहाँ } u = \text{वस्तु की दर्पण की दूरी}$$

$v$  = प्रतिबिम्ब की दर्पण से दूरी

$f$  = दर्पण की फोकस दूरी

**उत्तल दर्पण के उपयोग-** उत्तल दर्पण द्वारा काफी बड़े वस्तुओं का प्रतिबिम्ब एक छोटे से क्षेत्र में बन जाता है। इस प्रकार उत्तल दर्पण का दृष्टि क्षेत्र (field-view) अधिक होता है। इसीलिए इसे ट्रक-चालकों या मोटरकारों में चालक के बगल में पृष्ठ-दृश्य (Rear-view Mirror) लगाया जाता है। सड़क में लगे परावर्तक लैम्पों में उत्तल दर्पण का प्रयोग किया जाता है, विस्तार-क्षेत्र अधिक होने के कारण ये प्रकाश को अधिक क्षेत्र में फैलते हैं।

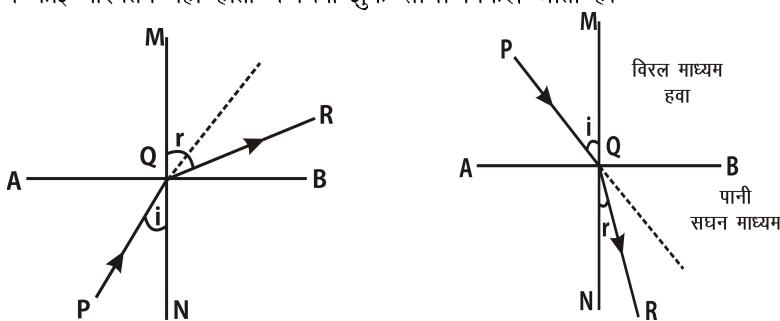
#### अवतल दर्पण के उदयोग

- बड़ी फोकस दूरी वाला अवतल दर्पण द्वाढ़ी बनाने के काम आता है।
- ऑख, कान एवं नाक के डॉक्टर के द्वारा उपयोग में लाया जाने वाला दर्पण।
- गाड़ी के हेडलाइट (Head-light) एवं सर्चलाइट (Search-light) में।
- सौलर कुकर (Solar Cooker) में।

#### प्रकाश का अपवर्तन (Refraction of Light)

जब प्रकाश की किरणें एक पारदर्शी माध्यम से दूसरे पारदर्शी माध्यम में प्रवेश करती हैं, तो दोनों माध्यमों को अलग करने वाले तल पर अभिलम्बवत् आपाती होने पर बिना मुड़े सीधे निकल जाती है, परन्तु तिरछी आपाती होने पर वे अपनी मूल दिशा से विचलित हो जाती हैं। इस घटना को प्रकाश का अपवर्तन कहते हैं।

जब प्रकाश की कोई किरण विरल माध्यम (rarer medium) से सघन माध्यम (denser medium) (जैसे हवा से पानी) में प्रवेश करती है, तो वह दोनों माध्यमों के पृष्ठ पर खींचे गए अभिलंब की ओर झुक जाती है [चित्र (a)] तथा जब किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करती है, तो वह अभिलंब से दूर हट जाती है, [चित्र (b)] लेकिन जो किरण अभिलंब के समान प्रवेश करती है, उनके पथ में कोई परिवर्तन नहीं होता व बिना झुके सीधी निकल जाती है।



- पानी से भरे किसी बर्तन की तली में पड़ा हुआ सिक्का ऊपर उठा हुआ दिखाई पड़ता है- इसका कारण यह है कि जब हम बर्तन में पानी डालते हैं, तो अपवर्तन के कारण सिक्का कुछ ऊपर उठा हुआ प्रतीत होता है तथा हमें दिखाई देने लगता है।
- जल के अन्दर पड़ी हुई मछली वास्तविक गहराई से कुछ ऊपर उठी हुई दिखाई पड़ती है।
- द्रव में अंशतः डुबी हुई सीधी छढ़ टेढ़ी दिखाई पड़ती है।
- सूर्योदय के कुछ समय पहले एवं सूर्यास्त के कुछ समय बाद तक सूर्य क्षितिज के नीचे होने पर भी हमें दिखाई देता है।

### प्रकाश का पूर्ण आन्तरिक परावर्तन (Total Internal Reflection of Light)

जब कोई प्रकाश की किरण किसी सघन माध्यम (Denser Medium) से विरल माध्यम (Rarer Medium) में प्रवेश करती है, तो अपवर्तन के कारण अपवर्तित किरण (Refracted Ray) अभिलंब (Normal) से दूर हटती जाती है। जैसे-जैसे हम आपतन कोण का मान बढ़ाते जाते हैं, विरल माध्यम में अपवर्तित किरण अभिलंब से दूर हटती जाती है, अर्थात् अपवर्तन कोण का मान बढ़ता जाता है। जब एक निश्चित आपतन कोण के लिए अपवर्तन कोण का मान  $90^\circ$  हो जाता है, तो इस आपतन कोण को क्रांतिक कोण कहते हैं।

$$\text{अपवर्तनांक } \mu = \frac{1}{\sin C} \text{ या, } \sin C = \frac{1}{\mu} \text{ जहाँ } C \text{ क्रांतिक कोण है।}$$

अब यदि आपतन कोण को और बढ़ाये, तो किरणों का अपवर्तन नहीं हो सकेगा, क्योंकि अपवर्तन कोण का मान  $90^\circ$  से अधिक नहीं हो सकता। स्थिति में आपतित किरणें परावर्तन के नियमानुसार सघन माध्यम में ही परावर्तित हो जाती हैं। यह घटना पूर्ण आन्तरिक परावर्तन कहलाती है। पूर्ण आन्तरिक परावर्तन में प्रकाश का परावर्तन शत-प्रतिशत होता है। अर्थात् इसमें प्रकाश का अपवर्तन बिल्कुल नहीं होता है। इस कारण पृष्ठ के जिस भाग से पूर्ण आन्तरिक परावर्तन होता है, वह बहुत चमकने लगता है। पूर्ण आन्तरिक परावर्तन के लिए निम्नलिखित दो शर्तों का पूरा होना अनिवार्य है-

- प्रकाश सघन माध्यम (Denser Medium) से विरल माध्यम (Rarer Medium) में जा रहा हो।
- आपतन कोण (Incident Angle) क्रांतिक कोण (Critical Angle) से बड़ा हो।

**पूर्ण आंतरिक परावर्तन के उदाहरण-** पूर्ण आंतरिक परावर्तन के अनेक उदाहरण हमारे दैनिक जीवन में देखने को मिलते हैं। जैसे-

- हीरा अत्यधिक चमकता है।
- रेगिस्ट्रेशन में मरीचिका (Mirage) तथा ठण्डे देशों में मरीचिका (Looming) दिखाई देती है।
- काँच का चट्टा हुआ भाग चमकीला दिखाई देता है।
- पानी में पड़ी हुई परखनली चमकीली दिखाई पड़ती है।
- प्रकाशिक तन्तु (Optical fibres) पूर्ण आंतरिक परावर्तन सिद्धान्त पर काम करता है।
- पानी में हवा-भरे बुलबुलें (Air-fibres) चमकते हैं।
- कालिख से पोता हुआ गोला चमकता है।

**प्रकाशिक तन्तु (Optical Fibres)-** प्रकाश सरल रेखा में गमन करता है, तो किन पूर्ण आन्तरिक परावर्तन के सिद्धान्त का उपयोग कर इसे बढ़ाया जा सकता है। प्रकाशिक तन्तु पूर्ण आन्तरिक परावर्तन के सिद्धान्त पर आधारित एक ऐसी युक्ति है, जिसके द्वारा प्रकाश सिग्नल को, इसकी तीव्रता में बिना क्षय हुए, एक स्थान से दूसरे स्थान तक स्थानान्तरित किया जा सकता है। प्रकाशिक तन्तु क्वार्ट्ज काँच के बहुत लम्बे तथा पतले हजारों रेशों से मिलकर बना होता है। प्रत्येक रेशे की मोटाई लगभग  $10^{-4}$  सेमी. होती है। तन्तु के चारों ओर अपेक्षाकृत कम अपवर्तनांक ( $\mu \approx 1.5$ ) के पदार्थ की पतली तह लगा दी जाती है। जब प्रकाश की किरण इस तन्तु के एक सिरे पर अल्प कोण बनाती हुई आपतित होती है, तो यह इसके अन्दर अपवर्तित हो जाती है। तन्तु के अन्दर यह किरण तन्तु तह के सीमा पृष्ठ पर क्रांतिक कोण से अधिक आपतन कोण पर आपतित होती है और पूर्ण आन्तरिक परावर्तन के बाद इसके विपरीत सीमा पृष्ठ पर टकराती है। इस सीमा पृष्ठ पर किरण का आपतन कोण पुनः क्रांतिक कोण से बड़ा होता है, अतः किरण का पुनः पूर्ण आन्तरिक परावर्तन हो जाता है। इस प्रकार प्रकाश किरण बार-बार पूर्ण आन्तरिक परावर्तित होती हुई तन्तु के दूसरे सिरे पर पहुँच जाती है। तन्तु के दूसरे सिरे पर किरण वायु में अपवर्तित होकर अभिलंब से दूर हटती हुई निर्गत होती है।

### प्रकाशिक तन्तु के उपयोग

- विद्युत संकेत को प्रकाश संकेत में बदलकर प्रेषित करने तथा अभिग्रहण करने में।
- शरीर के अन्दर लेसर किरणों को भेजने में।
- प्रकाश संकेतों के दूर संचार में।
- मनुष्य के शरीर के आन्तरिक भागों के परीक्षण में।

### प्रकाश का वर्ण विक्षेपण

जब सूर्य का प्रकाश प्रिज्म से होकर गुजरता है, तो वह अपवर्तन के पश्चात प्रिज्म के आधार की ओर झुकने के साथ-साथ विभिन्न रंगों के प्रकाश में बँट जाता है। इस प्रकाश से प्राप्त रंगों के समूह को वर्णक्रम (spectrum) कहते हैं तथा श्वेत प्रकाश को अपने अवयवी रंगों में विभक्त होने की क्रिया को वर्ण विक्षेपण कहते हैं। सूर्य के प्रकाश से प्राप्त रंगों में बैंगनी रंग का विक्षेपण सबसे अधिक एवं लाल रंग का विक्षेपण सबसे कम होता है। विभिन्न रंगों का आधार से ऊपर की ओर क्रम इस प्रकार है- बैंगनी (Violet), नील या

जामुनी (indigo), आसमानी या नीला (Blue), हरा (Green), पीला (Yellow), नारंगी (Orange) तथा लाल (Red)। [बैनीआहूपीनाला-VIBGYOR]

न्यूटन ने सन् 1666 ई. में पाया कि भिन्न-भिन्न रंग भिन्न-भिन्न कोणों से विक्षेपित होते हैं। वर्ण विक्षेपण किसी पारदर्शी पदार्थ में भिन्न-भिन्न रंगों के प्रकाश के भिन्न-भिन्न चाल होने के कारण होता है। अतः किसी पदार्थ का अपवर्तनांक भिन्न-भिन्न रंगों के प्रकाश के लिए भिन्न-भिन्न होता हैं पारदर्शी पदार्थ में जैसे-जैसे प्रकाश के रंगों का अपवर्तनांक बढ़ता जाता है, वैसे-वैसे उस पदार्थ में उसकी चाल कम होती जाती है, जैसे-काँच में बैंगनी रंग के प्रकाश की चाल सबसे कम तथा अपवर्तनांक सबसे अधिक होता है तथा लाल रंग की चाल सबसे अधिक एवं अपवर्तनांक सबसे कम होता है। शेष रंगों की चाल इन दोनों रंगों के बीच होता है। बैंगनी रंग के प्रकाश की तरंगदैर्घ्य (Wave Length) सबसे कम व लाल रंग की तरंगदैर्घ्य सबसे अधिक होती है। प्रकाश की तरंगदैर्घ्य को एंगस्ट्रॉम (Angstrom) में मापते हैं तथा इस  $A^0$  से व्यक्त करते हैं। ( $1A^0 = 10^{-10} \text{m}$ )

**इन्द्रधनुष (Rainbow)-** परावर्तन, पूर्ण आन्तरिक परावर्तन तथा अपवर्तन द्वारा वर्ण विक्षेपण का सबसे अच्छा उदाहरण इन्द्रधनुष है। इन्द्रधनुष दो प्रकार के होते हैं-

### 1. प्राथमिक इन्द्रधनुष (Primary Rainbow)

### 2. द्वितीयक इन्द्रधनुष (Secondary Rainbow)

- प्राथमिक इन्द्रधनुष-** जब बूँदों पर आपतित होने वाली सूर्य की किरणों का दो बार अपवर्तन व एक बार परावर्तन होता है, तो प्राथमिक इन्द्रधनुष का निर्माण होता है। प्राथमिक इन्द्रधनुष में लाल रंग बाहर की ओर और बैंगनी रंग अन्दर की ओर होता है। इसमें अन्दर वाली बैंगनी किरण आँख पर  $40^08'$  तथा बाहर वाली लाल किरण आँख पर  $42^08'$  का कोण बनाती है।
- द्वितीयक इन्द्रधनुष-** जब बूँदों पर आपतित होने वाली सूर्य-किरणों का दो बार अपवर्तन व दो बार परावर्तन होता है, तो द्वितीयक इन्द्रधनुष का निर्माण होता है। इसमें बाहर की ओर बैंगनी रंग एवं अन्दर की ओर लाल रंग होता है। बाहर वाली बैंगनी किरण आँख पर  $54^052'$  का कोण तथा अन्दर वाली लाल किरण  $50^08'$  का कोण बनाती है।

### प्रकाश तरंगों का व्यतिकरण (Interference of Light)

जब समान आवृत्ति की दो प्रकाश तरंगे किसी माध्यम में एक ही दिशा में गमन करती हैं, तो उनके अध्यारोपण के फलस्वरूप प्रकाश की तीव्रता में परिवर्तन हो जाता है। इस घटना को प्रकाश का व्यतिकरण कहते हैं। व्यतिकरण दो प्रकार के होते हैं-

- संपोषी व्यतिकरण (Constructive Interference)।
  - विनाशी व्यतिकरण (Destructive Interference)।
- संपोषी व्यतिकरण-** माध्यम के जिस बिन्दु पर दोनों तरंग समान कला (Phase) में मिलती है, वहाँ प्रकाश की परिणामी तीव्रता अधिकतम होती हैं, इसे संपोषी व्यतिकरण कहते हैं।
  - विनाशी व्यतिकरण-** माध्यम के जिस बिन्दु पर दोनों तरंगे विपरीत कला में मिलती है, वहाँ प्रकाश की तीव्रता न्यूनतम या शून्य होती है। इस प्रकार के व्यतिकरण को विनाशी व्यतिकरण कहते हैं।

### प्रकाश के व्यतिकरण के उदाहरण

- जल की सतह पर फैली हुई केरोसीन तेल (Kerosene Oil) की परत का सूर्य के प्रकाश में रंगीन दिखाई देना।
- साबुन के बुलबुलों का रंगीन दिखाई देना, आदि।

### प्रकाश का विवर्तन (Diffraction of Light)

यदि किसी प्रकाश-स्रोत व पर्दे के बीच कोई अपारदर्शी अवरोध (ostacle) रख दिया जाए, तो हमें पर्दे पर अवरोध की स्पष्ट छाया (shadow) दिखलायी पड़ती है। इससे स्पष्ट होता है कि प्रकाश का संचरण सीधी रेखा में होती है। लेकिन यदि अवरोध का आकार बहुत छोटा हो, तो प्रकाश अपने सरल रेखीय संचरण से हट जाता है, वह अवरोध के किनारों पर मुड़कर छाया में प्रवेश कर जाता है। प्रकाश के इस प्रकाश अवरोध के किनारों पर थोड़ा मुड़कर उसकी छाया में प्रवेश करने की घटना को प्रकाश का विवर्तन कहते हैं। विवर्तन के कारण अवरोध की छाया के किनारे तीक्ष्ण (Sharp) नहीं होते हैं। प्रकाश के विवर्तन के कारण ही दूरदर्शी में तारों के प्रतिबिम्ब तीक्ष्ण बिन्दुओं की तरह दिखायी देते हैं। प्रकाश का विवर्तन अवरोध के आकार पर निर्भर करता है। यदि अवरोध का आकार प्रकाश की तरंगदैर्घ्य की कोटि (Order) का है, तो विवर्तन स्पष्ट होता है और यदि अवरोध का आकार प्रकाश की तरंगदैर्घ्य की तुलना में बहुत बड़ा है, तो विवर्तन उपेक्षणीय होता है।

प्रकाश का विवर्तन इसके तरंग प्रकृति की पुष्टि करता है। ध्वनि तरंगों की तरंगदैर्घ्य प्रकाश के तरंगदैर्घ्य की तुलना में बहुत अधिक होती है, इस कारण से ध्वनि तरंगों में विवर्तन की घटना आसानी से देखने को मिलती है। ध्वनि तरंगे अवरोधों पर आसानी से मुड़कर हमें सुनाई देती है, जबकि प्रकाश तरंगों का तरंगदैर्घ्य हमारे जीवनोपयोगी वस्तुओं के आकार की तुलना में बहुत छोटी होती है, जिसके कारण हमें प्रकाश के विवर्तन की घटना साधारणतया देखने को नहीं मिलती है।

### प्रकाश का प्रकीर्णन (Scattering Of Light)

जब प्रकाश किसी ऐसे माध्यम से गुजरता है, जिसमें धूल तथा अन्य पदार्थों के अत्यन्त सूक्ष्म कण होते हैं, तो इनके द्वारा प्रकाश सभी दिशाओं में (कुछ दिशाओं में कम तथा कुछ में अधिक) प्रसारित हो जाता है। इस घटना को प्रकाश का प्रकीर्णन कहते हैं। लॉर्ड रैले (Lord Rayleigh) के अनुसार किसी रंग का प्रकीर्णन उसकी तरंगदैर्घ्य पर निर्भर करता है तथा जिस रंग के प्रकाश की तरंगदैर्घ्य सबसे अधिक होती है, उस रंग का प्रकीर्णन सबसे कम होता है। यही कारण है कि सूर्य के प्रकाश में बैंगनी रंग, जिसकी तरंगदैर्घ्य सबसे कम होती है का प्रकीर्णन सबसे अधिक तथा लाल रंग, जिसकी तरंगदैर्घ्य सबसे अधिक होती है का प्रकीर्णन सबसे कम होता है।

### प्रकाश के प्रकीर्णन के उदाहरण

आकाश का रंग सूर्य के प्रकाश के प्रकीर्णन के कारण नीला दिखायी देता है- जब सूर्य का प्रकाश जो कि विभिन्न रंगों का मिश्रण है, वायुमंडल से होकर गुजरता है, तो वायु में उपस्थित विभिन्न अणुओं, धूल एवं धुएँ के कणों द्वारा उसका प्रकीर्णन हो जाता है। दिन के समय जब सूर्य सीधा आकाश में मनुष्य के सिर के ऊपर होता है, तो मनुष्य के बीच प्रकीर्णित प्रकाश की ही देख पाता है। चूंकि बैंगनी रंग का प्रकीर्णन सबसे अधिक व लाल रंग का सबसे कम होता है, अतः प्रकीर्णन प्रकाश का मिश्रित रंग (Composite Colour) हल्का नीला होता है। इसी कारण आकाश नीला दिखाई देता है।

### चुम्बकत्व

लगभग 600 ईसा पूर्व से ज्ञात है कि मैग्नेटोइट नामक खनिज पदार्थ के टुकड़ों में लोहे के पदार्थों को आकर्षित करने का गुण है। ऐसे पदार्थों को चुम्बक (Magnet) कहा गया एवं लोहे को आकर्षित करने के गुण को चुम्बकत्व (Magnetism) कहा गया। प्रकृति में मिलने के कारण इन्हें प्राकृतिक चुम्बक (Natural Magnet) कहते हैं। रासायनिक रूप से यह लोहे का ऑक्साइड ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) होता है। इसकी कोई निश्चित आकृति नहीं होती है। कुछ पदार्थों को कृत्रिम विधियों द्वारा चुम्बक बनाया जा सकता है, जैसे लोहा, इस्पात, कोबाल्ट आदि। इन्हें कृत्रिम चुम्बक (Artificial Magnet) कहते हैं। ये विभिन्न आकृति की होती हैं, जैसे- छड़ चुम्बक, घोड़ा-नाल चुम्बक, चुम्बकीय सूई आदि।

### चुम्बक के गुण

**आकर्षण (Attraction)**- चुम्बक में लोहे, इस्पात आदि धातुओं को अपनी ओर आकर्षित करने की क्षमता होती है। यदि किसी चुम्बक को लौह बुरादों के पास लाया जाय, तो बुरादा चुम्बक में चिपक जाता है। चिपके हुए बुराद की मात्रा, चुम्बक के दोनों सिरों पर सबसे अधिक एवं मध्य में सबसे कम होती है। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि चुम्बक की आकर्षण शक्ति उसके दोनों किनारों पर सबसे अधिक एवं मध्य में सबसे कम होती है। चुम्बक के किनारे के दोनों सिरों को चुम्बक के ध्रुव (pole) कहलाते हैं।

**दिशात्मक गुण (Directional Property)**- यदि किसी चुम्बक को धारे से बाँधकर मुक्त रूप से लटका दिया जाय, तो स्थिर होने पर उसका एक ध्रुव उत्तर की ओर और दूसरा ध्रुव दक्षिण की ओर हो जाता है। उत्तर दिशा सूचित करने वाले ध्रुव को चुम्बक का उत्तरी ध्रुव या धनात्मक ध्रुव (North Pole or + ve pole) तथा दक्षिण दिशा सूचित करने वाले ध्रुव को चुम्बक का दक्षिणी ध्रुव या ऋणात्मक ध्रुव (South Pole or - ve Pole) कहते हैं। चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को N से एवं दक्षिणी ध्रुव को S से व्यक्त करते हैं। दंड चुम्बक के दोनों ध्रुव से होकर गुजरने वाली काल्पनिक सरल रेखा को उसे चुम्बक का चुम्बकीय अक्ष (Magnetic Axis) कहते हैं। दोनों ध्रुव के बीच की दूरी को चुम्बकीय लम्बाई (Magnetic Length) कहते हैं। मुक्त रूप से लटकता हुआ दंड चुम्बक जब स्थिर होता है तब उसके अक्ष से होकर गुजरने वाली एक ऊर्ध्वाधर समतल को चुम्बकीय याम्पोत्तर (Magnetic Meridian) कहते हैं।

**ध्रुवों का आकर्षण एवं प्रतिकर्षण (Attraction & Repulsion of Poles)**- दो चुम्बकों के असमान (unlike) ध्रुव (अर्थात् उत्तरी दक्षिणी) एक दूसरे को आकर्षित करते हैं तथा दो समान (like) ध्रुव (अर्थात् उत्तरी-उत्तरी या दक्षिणी-दक्षिणी) एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं। एक विलग (isolated) ध्रुव का कोई अस्तित्व नहीं होता है। किसी चुम्बक को बीच से तोड़ देने पर इसके ध्रुव अलग-अलग नहीं होते, बल्कि दूटे हुए भाग पुनः चुम्बक बन जाते हैं तथा प्रत्येक भाग में उत्तरी तथा दक्षिणी ध्रुव उत्पन्न हो जाते हैं। अतः एक अकेले चुम्बकीय ध्रुव का कोई अस्तित्व नहीं होता है।

**चुम्बकीय प्रेरण (Magnetic Induction)**- चुम्बक चुम्बकीय पदार्थों में प्रेरण द्वारा चुम्बकत्व उत्पन्न कर देता है। नर्म लोहे की छड़ को किसी शक्तिशाली चुम्बक के एक ध्रुव के समीप लायें, तो वह छड़ भी एक चुम्बक बन जाती है। छड़ के उस सिरे पर जो चुम्बक के ध्रुव के समीप है, विपरीत ध्रुव बनता है तथा छड़ के दूसरे छोर पर समान ध्रुव बनता है। इस घटना को चुम्बकीय प्रेरण कहते हैं।

**चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic Field)**- चुम्बक के चारों और का वह क्षेत्र, जिसमें चुम्बक के प्रभाव का अनुभव किया जा सकता है, चुम्बकीय क्षेत्र कहलाता है। चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा चुम्बकीय सूई (Magnetic Needle) से निर्धारित की जाती है। चुम्बकीय क्षेत्र का मात्रक C.G.S. पद्धति में गौस (Gauss) तथा S.I. पद्धति में टेसला (Tesla-T) होता है। ( $1 \text{ Gauss} = 10^{-4} \text{ Tesla}$ )

**चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता या, चुम्बकीय तीव्रता (Intensity of a Magnetic Field or, Magnetic Intensity)**- चुम्बकीय क्षेत्र में क्षेत्र के लम्बवत् 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 की माप होगी। चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता एक सदिश राशि है। इसका मात्रक न्यूट्रोएम्पीयर मीटर अथवा वेबर/मी.<sup>2</sup> या टेसला (T) होता है।

**चुम्बकीय बल-रेखाएँ (Magnetic Lines of Force)**- चुम्बकीय क्षेत्र में बल रेखाएँ वे काल्पनिक रेखाएँ हैं, जो उस स्थान में चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा का सतत प्रदर्शन करती हैं। चुम्बकीय बल-रेखा के किसी भी बिन्दु पर खीची गई स्पर्श-रेखा उस बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा को प्रदर्शित करती है।

### चुम्बकीय बल-रेखाओं के गुण

- चुम्बकीय बल-रेखाएँ सदैव चुम्बक के उत्तरी ध्रुव से निकलती हैं तथा वक्र बनाती हुई दक्षिणी ध्रुव में प्रवेश कर पाती है और चुम्बक के अन्दर से होती हुई पुनः उत्तरी ध्रुव पर वापस आती है।
- दो बल-रेखाएँ एक-दूसरे को कभी नहीं काटती हैं।
- चुम्बकीय क्षेत्र जहाँ प्रबल होती है, वहाँ बल-रेखाएँ पास-पास होती हैं।
- एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र की बल-रेखाएँ परस्पर समान्तर एवं बराबर-बराबर दूरियों पर होती हैं।

**चुम्बकशीलता (Permeability)** - जब किसी चुम्बकीय क्षेत्र में कोई चुम्बकीय पदार्थ रखा जाता है, तो उससे होकर अधिक-से-अधिक चुम्बकीय बल रेखाएँ गुजरती हैं। जैसे- यदि एक कच्चे लोहे की छड़ को किसी चुम्बकीय क्षेत्र में रख दिया जाता है, तो क्षेत्र की बल रेखाएँ, जो लोहे के छड़ के अगल-बगल की हवा में रहती है, मुड़कर लोहे के छड़ से होकर जाती है। अर्थात लोहे की छड़ जितना स्थान छोकती है, उस स्थान पर हवा रहने तक जितनी बल रेखाएँ रहती है, उनसे अधिक बल रेखाएँ उस स्थान पर लोहे की छड़ के रहने से रहती हैं। इससे स्पष्ट है कि लोहा बल-रेखाओं का बहुत अच्छा चालक है। पदार्थ की इस चालक-शक्ति को चुम्बकशीलता कहते हैं। अतः किसी पदार्थ की चुम्बकशीलता हवा की तुलना में बल-रेखाओं के चालन की उसकी शक्ति है। अर्थात पदार्थ का वह गुण जिसके कारण उसके भीतर चुम्बकीय बल-रेखाओं की सघनता बढ़ या घटा जाती है चुम्बकशीलता कहलाती है। चुम्बकशीलता को  $\mu$  (म्यू) से निरूपित करते हैं।

$$\mu = \frac{B}{H} \quad \text{जहाँ} \quad H = \text{हवा में प्रति वर्ग मी. बल रेखाओं की संख्या।}$$

$B$  = चुम्बकीय पदार्थ में प्रति वर्ग मी. से गुजरने वाली बल रेखाएँ।

चुम्बकशीलता का मात्रक हेनरी/मी. होता है।

**नोट-** ऐलुमिनियम की चुम्बकशीलता लोहे से कम होती है।

### चुम्बकीय प्रवृत्ति (Magnetic Susceptibility)

किसी पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृत्ति से यह समझा जाता है कि वह पदार्थ कितनी सुगमता से कितना अधिक चुम्बकत्व ग्रहण करता है। यदि चुम्बकन क्षेत्र (Magnetic Field) अर्थात पदार्थ की चुम्बकित करने वाले बल का मान  $H$  हो और वह पदार्थ में चुम्बकन तीव्रता  $I$  उत्पन्न कर सके, तो चुम्बकीय प्रवृत्ति-

$$\chi = \frac{1}{H} = K \quad (\text{नियतांक})$$

यहाँ  $\chi$  को काई पढ़ा जाता है।  $K$  (नियतांक) को पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृत्ति कहते हैं। अतः एकांक चुम्बकन-क्षेत्र के कारण किसी पदार्थ में जो चुम्बकन-तीव्रता उत्पन्न होती है, उसे उस पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृत्ति कहते हैं।

### चुम्बकीय पदार्थ के प्रकार (Types of Magnetic substances)

सभी पदार्थों में थोड़ बहुत चुम्बकीय गुण पाया जाता है, क्योंकि प्रयोग से यह देखा गया है कि जब पदार्थों को शक्तिशाली चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो उन पर कुछ न कुछ अंश तक चुम्बकीय प्रभाव अवश्य ही पड़ता है। इस प्रभाव के आधार पर पदार्थ को तीन श्रेणियों में बाँटा जा सकता है-

- **अनुचुम्बकीय (Paramagnetic)** - कुछ पदार्थ ऐसे हैं, जिन्हें चुम्बकीय क्षेत्र में लटका देने पर विक्षेप की दिशा समानान्तर हो जाती है। इन पदार्थों के अन्दर प्रेरित चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा बाह्य आरोपित चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में ही होती है। इस श्रेणी के पदार्थों की चुम्बकशीलता  $\mu$  और चुम्बकीय प्रवृत्ति  $K$  का मान बहुत कम होता है। ऐसे पदार्थों को जब समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो हवा की अपेक्षा पदार्थ से होकर अधिक बल रेखाएँ गुजरती हैं। इन पदार्थों के उदाहरण हैं- प्लैटिनम, क्रोमियम, सोडियम, पोटाशियम, ऑक्सीजन, ऐल्युमिनियम आदि।
- **लौह-चुम्बकीय (Ferromagnetic)** - उन पदार्थों को लौह-चुम्बकीय कहते हैं, जो चुम्बकों द्वारा आकर्षित होते हैं तथा जिन्हें चुम्बकित भी किया जा सकता है। वास्तव में ये पदार्थ अनुचुम्बकीय ही हैं, लेकिन इनमें अनुचुम्बकीय पदार्थों के गुण इतने अधिक परिमाण में पाए जाते हैं कि इन्हें एक अलग श्रेणी में रखा जाता है। लौह चुम्बकीय पदार्थों के लिए  $\mu$  एवं  $K$  का मान बहुत अधिक होता है। लौह चुम्बकत्व उन्हीं पदार्थों में पाया जाता है, जिनकी बनावट विशेष प्रकार से क्रिस्टलीय (Crystalline) होती है। द्रव और गैस की कोई विशेष बनावट नहीं होती, इसीलिए वे कभी लौह-चुम्बकीय नहीं होते हैं। इस श्रेणी में तीन तत्व लोहा ( $Fe$ ), कोबाल्ट ( $Co$ ) और निकेल ( $Ni$ ) तथा उनके मिश्रधातु आते हैं।
- **प्रतिचुम्बकीय (Diamagnetic)** - कुछ पदार्थ ऐसे भी हैं, जिन्हें चुम्बकीय क्षेत्र में लटका देने पर वे क्षेत्र के समकोणिक दिशा में आ जाते हैं। इस श्रेणी के पदार्थों की चुम्बकशीलता  $\mu$  का मान बहुत कम और चुम्बकीय प्रवृत्ति  $K$  का मान ऋणात्मक होता है, ऐसे पदार्थों को जब समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो हवा की अपेक्षा पदार्थ से होकर कम बल रेखाएँ गुजरती हैं। बिस्मथ, एण्टीमनी, चाँदी, ताँबा, जिंक, सोना, सीसा, जल, अल्कोहल, हवा, हाइड्रोजन आदि इस श्रेणी के पदार्थ हैं।

### चुम्बक के प्रकार

चुम्बक दो प्रकार के होते हैं- अस्थायी तथा स्थायी।

**अस्थायी चुम्बक (Temporary Magnet)** - नर्म लोहा (soft iron) शीघ्र ही चुम्बक बन जाता है और शीघ्र ही इसका चुम्बकत्व समाप्त भी हो जाता है। इसीलिए अस्थायी चुम्बक बनाने के लिए नर्म लोहे का प्रयोग किया जाता है। उदाहरण के लिए विद्युत घण्टी, ट्रांसफॉर्मर क्रोड, डायनेमो आदि के अस्थायी चुम्बक नर्म लोहे के बनाये जाते हैं।

**स्थायी चुम्बक (Permanent Magnet)** - फौलाद या इस्पात (steel) कठिनता से चुम्बक बनता है और कठिनता से ही इसका चुम्बकत्व समाप्त होता है। उदाहरण के लिए लाउडस्पीकर, दिक्सूचक, गैलवेनोमीटर आदि के स्थायी चुम्बक इस्पात के ही बनाये जाते हैं।

**क्यूरी ताप (Curie-Temperature)** - जब किसी लौह-चुम्बकीय पदार्थ को गर्म किया जाता है, तो उसकी चुम्बकीय प्रवृत्ति K परत ताप T के व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional) होती है, अर्थात्  $K \propto \frac{1}{T}$  इसे क्यूरी का नियम (Curies's Law) कहते हैं। ताप बढ़ने से K का मान घटता है। ताप बढ़ते जाने पर एक ऐसा ताप आता है, जिस पर यह लौह चुम्बकीय पदार्थ अनुचुम्बकीय पदार्थ बन जाता है। इस ताप को क्यूरी ताप (Curie Temp) कहते हैं। क्यूरी ताप से ऊपर लौह-चुम्बकीय पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृत्ति उस ताप का व्युत्क्रमाती होता है, जितना ताप क्यूरी बिन्दु से ऊपर रहता है। कोबाल्ट, निकेल और लोहा के क्यूरी बिन्दु क्रमशः लगभग 373K, 673K और 973K हैं।

**पर्थिव चुम्बकत्व या भू-चुम्बकत्व (Terrestrial magnetism or, earth's Magnetism)** - जब किसी चुम्बकीय सूई को स्वतंत्रपूर्वक उसके गुरुत्व केन्द्र से लटकाया जाता है, तो वह हमेशा उत्तर-दक्षिण दिशा में स्थिर होता है। इस तरह से चुम्बकीय सूई को एक निश्चित दिशा में स्थिर होना, पृथ्वी की सतह पर चुम्बकीय क्षेत्र की उपस्थिति को बताता है। पृथ्वी के चुम्बकीय बल क्षेत्र के अध्ययन से पता चलता है कि पृथ्वी का आचरण एक विशाल चुम्बक जैसा है, जिसका चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव भौगोलिक दक्षिण ध्रुव की ओर और चुम्बकीय दक्षिणी ध्रुव भौगोलिक उत्तरी ध्रुव की ओर होता है। मुक्त रूप से निलंबित सूई को यदि पृथ्वी पर उत्तर से दक्षिण की ओर ले जाया जाए तो ऐसे दो स्थान मिलते हैं, जहाँ सूई की दिशा उत्तराधार हो जाता है। इन दो स्थानों में एक स्थान पर उत्तराधार सूई का उत्तरी ध्रुव पृथ्वी की ओर हो जाता है। इस स्थान को पृथ्वी का चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव कहते हैं। दूसरे स्थान पर उत्तराधार सूई का दक्षिणी ध्रुव पृथ्वी की ओर हो जाता है। इस स्थान को पृथ्वी का चुम्बकीय दक्षिणी ध्रुव कहते हैं। पृथ्वी के केन्द्र से होकर एक सरल रेखा की कल्पना करें, तो पृथ्वी के चुम्बकीय उत्तरी तथा दक्षिणी ध्रुवों से गुजरती है। इस सरल रेखा को पृथ्वी का चुम्बकीय अक्ष कहते हैं। पृथ्वी के भौगोलिक अक्ष एवं चुम्बकीय अक्ष के बीच का कोण लगभग  $17^\circ$  होता है। अतः पृथ्वी के भौगोलिक तथा चुम्बकीय ध्रुव एक-दूसरे से अलग होते हैं।

किसी स्थान पर पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र को तीन तर्फों द्वारा व्यक्त किया जाता है- दिक्पात् कोण, नमन कोण तथा चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक।

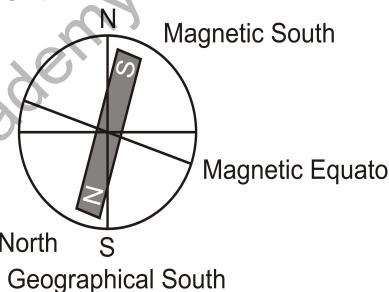
- **दिक्पात् कोण (Angle of Declination)** - किसी स्थान पर भौगोलिक याम्योत्तर तथा चुम्बकीय याम्योत्तर के बीच के कोण को दिक्पात् कोण कहते हैं।

**नोट-** किसी स्थान पर चुम्बकीय याम्योत्तर (Magnetic Meridian) वह ऊर्ध्वाधर समतल है, जो पृथ्वी के चुम्बकीय अक्ष से गुजरता है और भौगोलिक याम्योत्तर (Geographical Meridian) वह ऊर्ध्वाधर समतल है, जो पृथ्वी के भौगोलिक अक्ष से गुजरता है।

- **नमन कोण (Angle of Dip)** - किसी स्थान पर पृथ्वी का सम्पूर्ण चुम्बकीय क्षेत्र क्षैतिज तल के साथ जितना कोण बनाता है, उसे उस स्थान का नमन कोण कहते हैं। पृथ्वी के ध्रुव पर नमन कोण का मान  $90^\circ$  तथा विषुवत रेखा पर  $0^\circ$  होता है।

- **चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक (Horizontal Component of Earth's Magnetic Field)** - पृथ्वी के सम्पूर्ण चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक (H) अलग-अलग स्थानों पर अलग-अलग होता है। परन्तु इसका औसत मान लगभग  $0.4 \times 10^{-4}$  टेसला माना जाता है।

Geographical North



Geographical South

## विद्युत

लगभग 600 ईसा पूर्व (BC) में, यूनान के दार्शनिक थेल्स (Thales) ने देखा कि जब अम्बर (Amber) को बिल्ली की खाल से रगड़ा जाता है, तो उसमें कागज के छोटे-छोटे टुकड़े आदि को आकर्षित करने का गुण आ जाता है। यद्यपि इस छोटे से प्रयोग का स्वयं कोई विशेष महत्व नहीं था, परन्तु वास्तव में यही प्रयोग आधुनिक विद्युत युग का जन्मदाता माना जा सकता है। थेल्स के दो हजार वर्ष बाद तक इस खोज की तरफ किसी का ध्यान आकृष्ट नहीं हुआ। 16वीं शताब्दी में गैलीलियों के समकालीन डॉ. गिलबर्ट ने, जो उन दिनों इंग्लैंड की महारानी एलिजाबेथ के घरेलू चिकित्सक थे, प्रमाणित किया कि अम्बर एवं बिल्ली के खाल की भौति बहुत-सी अन्य वस्तुएँ-उदाहरणार्थ, काँच और रेशम तथा लाख और फलानेल- जब आपस में रगड़े जाते हैं, तो उनमें भी छोटे-छोटे पदार्थों को आकर्षित करने का गुण आ जाता है।

घर्षण से प्राप्त इस प्रकार की विद्युत को घर्षण-विद्युत (Frictional Electricity) कहा जाता है। इसे स्थिर विद्युत (static electricity) भी कहा जाता है, बशर्ते पदार्थों को रगड़ने से उन पर उत्पन्न आवेश वहीं पर स्थिर रहे जहाँ वे रगड़ से उत्पन्न होते हैं। अतः स्थिर-विद्युतिकी भौतिक विज्ञान की वह शाखा है, जिसकी विषय-वस्तु वैसे आवेशित पदार्थों के गुणों का अध्ययन है, जिन पर विद्युत आवेश स्थिर रहते हैं।

**आवेशों के प्रकार (Kinds of Charges)-** जब घर्षण से विद्युत उत्पन्न की जाती है, तो जिसमें वस्तु रगड़ी जाती है और जो वस्तु रगड़ी जाती है दोनों ही में समान परिमाण में विद्युत आवेश (Electric Charge) उत्पन्न होता है, लेकिन दोनों वस्तुओं पर उत्पन्न आवेशों की प्रकृति एक दूसरे के विपरीत होती है। एक वस्तु पर के आवेश को ऋण आवेश (Negative Charge) तथा दूसरी वस्तु पर के आवेश को धन आवेश (Positive Charge) कहते हैं। आवेशों के लिए ऋणात्मक एवं धनात्मक पदों का प्रयोग सर्वप्रथम बेंजामिन फ्रैंकलिन (Benjamin Franklin) ने किया था। बेंजामिन फ्रैंकलिन के अनुसार (i) काँच को रेशम से रगड़ने पर काँच पर उत्पन्न विद्युत को धनात्मक विद्युत कहा गया और (ii) एबोनाइट, या लाख की छड़ को फलानेल या रोएंदार खाल-इन दोनों में से किसी से रगड़ने पर उन पर उत्पन्न विद्युत को ऋणात्मक विद्युत कहा गया। घर्षण के कारण दोनों प्रकार की विद्युत बराबर परिमाण में एक ही साथ उत्पन्न होती है। नीचे के सारणी में कुछ वस्तुएँ इस ढंग से सजायी गयी हैं कि यदि किसी वस्तु को, किसी दूसरी वस्तु से रगड़कर विद्युत उत्पन्न की जाय, तो सारणी में जो पहले (पूर्ववर्ती) है, उसमें धन आवेश तथा जो बाद में (उत्तरवर्ती) है, उसमें ऋण आवेश उत्पन्न होता है-

1. रोआँ	2. फलानेल	3. चूपड़ा	4. मोम	5. काँच
6. कागज	7. रेशम	8. मानव शरीर	9. लकड़ी	10. धातु
11. रबर	12. रेजिन	13. अम्बर	14. गंधक	15. एबोनाइट

**उदाहरण-** यदि काँच (5) को रेशम (7) के साथ रगड़ा जाय तो काँच में धन आवेश उत्पन्न होता है, लेकिन यदि काँच (5) को रोआँ (1) से रगड़ा जाय तो काँच में ऋण आवेश उत्पन्न होगा (उपर्युक्त सारणी के नियमानुसार)

**समानीय आवेशों (like charges)** में प्रतिकर्षण (Repulsion) होता है अर्थात् धन आवेशित वस्तुएँ एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करती है और ऋण आवेशित वस्तुएँ भी एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करती हैं। विजातीय आवेशों (unlike charge) में आकर्षण (Attraction) होता है अर्थात् एक धन आवेशित वस्तु और एक ऋण आवेशित वस्तु में आकर्षण होता है।

**विद्युतीकरण का सिद्धान्त (Principle of Electricity)-** घर्षण के कारण उत्पन्न आवेशों की घटना को समझाने के लिए भिन्न-भिन्न वैज्ञानिकों ने समय-समय पर अनेक सुझाव दिए हैं। वर्तमान में आधुनिक इलेक्ट्रॉन सिद्धान्त (Modern Electron Theory) सर्वमान्य है।

**आधुनिक इलेक्ट्रॉन सिद्धान्त (Modern Electron Theory)-** इस सिद्धान्त का विकास थॉमसन (Thomson), रुदरफोर्ड (Rutherford), नील्स बोर (Niels Bohr) आदि वैज्ञानिकों के कारण हुआ है। इस सिद्धान्त के अनुसार जब दो वस्तुएँ आपस में रगड़ी जाती हैं, तो उनमें से एक वस्तु के परमाणुओं की बाहरी कक्षा से भ्रमणशील इलेक्ट्रॉन निकलकर दूसरी वस्तु के परमाणुओं में चले जाते हैं। इससे पहले वस्तु के परमाणुओं में इलेक्ट्रॉनों की कमी तथा दूसरी वस्तु के परमाणुओं के इनेक्ट्रॉन की वृद्धि हो जाती है। अतः पहली वस्तु धन आवेशिक (Positively charged) एवं दूसरी वस्तु ऋण आवेशित (negatively charged) हो जाती है।

**विद्युत क्षेत्र (Electric Field)-** किसी जगह विद्युत से आविष्ट वस्तु अगर रहती है, तो उसका प्रभाव उसके चारों ओर सीमित क्षेत्र पर पड़ता है। सही क्षेत्र को विद्युत क्षेत्र कहते हैं। सिद्धान्ततः यह क्षेत्र अनन्त दूरी तक फैला हुआ होना चाहिए, परन्तु व्यवहार में ऐसा नहीं पाया जाता है।

**विद्युत बल सेवा (Electric lines of force)-** विद्युत बल रेखा वह पथ है, जिस पर एक स्वतंत्र धन आवेश चलता है या चलने की प्रवृत्ति रखता है। अतः विद्युत बल रेखा वह बक्र है, जिसके किसी भी बिन्दु पर खीचीं गयी स्पर्श रेखा उस बन्दु पर विद्युत क्षेत्र की दिशा बताती है। ये बल रेखाएँ केवल एक समतल में न होकर माध्यम में प्रत्येक दिशा में होती हैं।

**चालक (Conductor)-** जिन पदार्थों से होकर आवेश का प्रवाह सरलता से होता है, उन्हें चालक कहते हैं। लगभग सभी धातुएँ अम्ल, क्षार, लवण के जलीय विलयन, मानव शरीर आदि विद्युत चालक पदार्थ के उदाहरण हैं। चाँदी सबसे अच्छा चालक होता है।

**अचालक (Non-conductor)** - जिन पदार्थों से होकर आवेश का प्रवाह नहीं होता है, उन्हें अचालक कहते हैं। लकड़ी, रबर, कागज, अम्बर, शुद्ध आसुत जल आदि अचालक पदार्थों के उदाहरण हैं।

**अर्द्धचालक (Semi-conductor)** - कुछ पदार्थ ऐसे होते हैं, जिनकी विद्युत चालकता चालक एवं अचालक पदार्थों के बीच होती है, उन्हें अर्द्धचालक कहते हैं। सिलिकन, जर्मेनियम, कार्बन, सेलेनियम आदि अर्द्धचालक के उदाहरण हैं।

ताप बढ़ाने पर चालक पदार्थों का विद्युत प्रतिरोध (Electrical resistance) बढ़ता है तथा उसकी विद्युत चालकता (electrical conductivity) घटती है, जबकि अर्द्धचालक पदार्थों की विद्युत चालकता ताप के बढ़ाने पर बढ़ती है तथा ताप के घटाने पर घटती है। परम शून्य ताप पर अर्द्धचालक पदार्थ अचालक की भाँति व्यवहार करता है। अर्द्धचालक पदार्थों में अशुद्धियाँ मिलाने पर भी उसकी विद्युत चालकता बढ़ जाती है। चालक, अचालक एवं अर्द्धचालक पदार्थों की व्याख्या इलेक्ट्रॉनिक सिद्धान्त के अनुसार की जा सकती है। चालक पदार्थों में कुछ मुक्त इलेक्ट्रॉन (free electrons) होते हैं, जिससे उनमें विद्युत चालन की क्रिया सरलता से होती है। अचालक पदार्थों में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की अनुपस्थिति होने के कारण इनसे होकर विद्युत का चालन नहीं होता है। अर्द्धचालकों में सामान्य अवस्था में मुक्त इलेक्ट्रॉन नहीं होते हैं, लेकिन विशेष परिस्थितियों जैसे उच्च ताप या अशुद्धियाँ मिलाने पर मुक्त इलेक्ट्रॉन प्राप्त किए जा सकते हैं।

**विद्युत बल के नियम या कूलम्ब का नियम (laws of electric force or coulomb's law)** - दो समान आवेशों के बीच प्रतिकर्षण और दो असमान आवेशों के बीच आकर्षण का बल कार्य करता है। यह बल दोनों आवेशों के परिमाण, उनके बीच की दूरी तथा उनके बीच के माध्यम की प्रकृति पर निर्भर करता है। कूलम्ब ने अपने प्रयोगों के आधार पर दो आवेशों के बीच कार्य करने वाले बल के लिए दो नियम प्रतिपादित किए-

- दो आवेशों के बीच आकर्षण अथवा प्रतिकर्षण का बल उनके आवेशों के गुणनफल का अनुक्रमानुपाती (directly proportional) होता है।
- दो आवेशों के बीच आकर्षण या विकर्षण का बल आवेशों के बीच की दूरी के वर्ग का व्युत्क्रमानुपाती (Inversely Proportional) होता है। यह नियम व्युत्क्रम-वर्ग-नियम (Inverse Square Law) कहलाता है।

**विद्युत विभव (Electric Potential)** - एकांक धन आवेश को अनन्त से विद्युत क्षेत्र के किसी बिन्दु तक लाने में जो कार्य करना पड़ता है, उसे विद्युत विभव कहते हैं। अर्थात् विद्युत विभव किसी धनात्मक परीक्षण आवेश को अनन्त से विद्युत क्षेत्र के किसी बिन्दु तक लाने में किए गए कार्य (W) एवं परीक्षण आवेश के मान ( $q_0$ ) की निष्पत्ति है। अतः

$$\text{विद्युत विभव, } V = \frac{W}{q_0}$$

विद्युत विभव का SI मात्रक जूल प्रति कूलम्ब होता है, जिसे वोल्ट भी कहते हैं। विभव का मात्रक वोल्ट इटली के प्रसिद्ध वैज्ञानिक एलसेन्ड्रो वोल्टा (Alessandro Volta) के सम्मान में रखा गया है। विभव एक अदिश राशि है।

**विभवान्तर (Potential Difference)** - एक कूलम्ब धनात्मक आवेश को विद्युत क्षेत्र में एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक ले जाने में किए गए कार्य को उन बिन्दुओं में मध्य विभवान्तर कहते हैं। विभवान्तर का मात्रक भी वोल्ट होता है तथा यह भी एक अदिश राशि है।

### विद्युत-धारा (Current electricity)

दो भिन्न विभव की वस्तुओं को यदि किसी धातु की तार में जोड़ दिया जाए, तो आवेश एक वस्तु से दूसरी वस्तु में प्रवाहित होने लगेगा। किसी चालक में आवेश के इसी प्रवाह को विद्युत धारा कहते हैं। धारा निम्न विभव (Low potential) से उच्च विभव (high potential) की ओर प्रवाहित होती है, किन्तु परम्परा के अनुसार हम यह मानते हैं कि धारा का प्रवाह इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह की विपरीत दिशा में होता है। अर्थात् धनात्मक आवेश के प्रवाह की दिशा ही विद्युत-धारा की दिशा मानी जाती है। परिमाण एवं दिशा दोनों होने के बावजूद विद्युत-धारा एक अदिश राशि है, क्योंकि यह जोड़ के त्रिभुज नियम का पालन नहीं करती है। प्रायः ठोस चालकों में विद्युत प्रवाह इलेक्ट्रॉनों द्वारा और द्रवों में आयन तथा इलेक्ट्रॉन दोनों से ही होता है। अर्द्धचालकों में विद्युत प्रवाह इलेक्ट्रॉन तथा होल (Hole) द्वारा होता है।

यदि किसी परिपथ में धारा का प्रवाह सदैव एक ही दिशा में होता रहता है, तो हम इसे दिष्ट धारा (Direct Current-d.c.) कहते हैं और यदि धारा का प्रवाह एकांतर क्रम में समानान्तर रूप से आगे और पीछे होता हो, तो ऐसी धारा प्रत्यावर्ती धारा (alternating current-a.c.) कहलाती है। दिष्टधारा को सक्षेप में डी.सी. तथा प्रत्यावर्ती धारा को ए.सी. कहते हैं। विद्युत धारा का मात्रक एम्पीयर (Ampere-A) होता है।

यदि किसी चालक तार में 1 एम्पीयर (A) की विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है, तो इसका अर्थ है कि उस तार में प्रति सेकण्ड  $6.25 \times 10^{18}$  इलेक्ट्रॉन एक सिरे से प्रविष्ट होते हैं तथा इतने ही इलेक्ट्रॉन प्रति सेकण्ड दूसरे सिरे से बाहर निकल जाते हैं।

विद्युत परिपथ में धारा का लगातार प्रवाह प्राप्त करने के लिए विद्युत वाहक बल (electromotive force-e.m.f.) की आवश्यकता होती है, इसे विद्युत सेल (Cell) या जनित्र (Generator) द्वारा प्राप्त किया जाता है।

## विद्युत चालन

**ओम का नियम (Ohm's law)-** धारा और विभवांतर के बीच संबंध की खोज सर्वप्रथम जर्मनी के जार्ज साइमन ओम ने की। इस संबंध को व्यक्त करने के लिए ओम ने जिस नियम का प्रतिपादन किया, उसे ही ओम का नियम कहते हैं। इस नियम के अनुसार “स्थिर ताप पर किसी चालक में प्रवाहित होने वाली धारा चालक के सिरों के बीच विभवांतर के समानुपाती होती है।”

यदि चालक के सिरों के बीच विभवांतर  $V$  हो और उसमें प्रवाहित धारा  $I$  हो, तो ओम के नियम से  $V \propto I$  या  $V = IR$  जहाँ  $R$  एक नियतांक है, जिसे चालक प्रतिरोध कहते हैं।

**प्रतिरोध (Resistance)-** किसी चालक का वह गुण जो उसमें प्रवाहित धारा का विरोध करता है, प्रतिरोध कहलाता है। जब किसी चालक में विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है, तो चालक में गतिशील इलेक्ट्रॉन अपने मार्ग में आने वाले इलेक्ट्रॉनों, परमाणुओं एवं आयनों से निरन्तर टकराते रहते हैं, इसी कारण प्रतिरोध की उत्पत्ति होती है। यदि किसी चालक के सिरों के बीच का विभवांतर  $V$  बोल्ट एवं उसमें प्रवाहित धारा  $I$  एम्पीयर हो।

$$\text{प्रतिरोध (Resistance)} = \frac{\text{विभवांतर}}{\text{धारा}} \text{ या, } R = \frac{V}{I}$$

प्रतिरोध का SI इकाई ओम है, जिसका संकेत  $\Omega$  है। किसी चालक का प्रतिरोध मिम्लिखित बातों पर निर्भर करता है-

- **चालक पदार्थ की प्रकृति पर-** किसी चालक का प्रतिरोध उसके पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है।
- **चालक के ताप पर-** किसी चालक का प्रतिरोध उसके ताप पर निर्भर करता है। ताप बढ़ने पर चालक का प्रतिरोध बढ़ता है, लेकिन ताप बढ़ने पर अर्द्धचालकों का प्रतिरोध घटता है।
- **चालक की लम्बाई पर-** किसी चालक का प्रतिरोध उसकी लम्बाई का समानुपाती होता है। अर्थात् लम्बाई बढ़ने से चालक का प्रतिरोध बढ़ता है और लम्बाई घटने से चालक का प्रतिरोध घटता है।
- **चालक के अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर-** किसी चालक का प्रतिरोध उसके अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल का व्युत्क्रमानुपाती होता है। अर्थात् मोटाई बढ़ने पर चालक का प्रतिरोध घटता है।

## ध्वनि

साधारणतया हमारे कानों को जो सुनाई देता है वह ध्वनि है। ध्वनि सदैव कम्पन से ही उत्पन्न होती है। अर्थात् बिना कम्पन के ध्वनि उत्पन्न नहीं की जा सकती। किसी माध्यम में किसी ध्वनि-स्रोत द्वारा विक्षेप उत्पन्न करने पर इसमें अनुप्रस्थ या अनुदैर्घ्य तरंग उत्पन्न हो जाती है जो हमारे कानों को सुनाई देती है, जिन्हें हम ध्वनि कहते हैं।

### तरंगे (Waves)

तरंगों के द्वारा ऊर्जा का एक स्थान से दूसरे स्थान तक स्थानान्तरण होता है। तरंगों को मुख्यतः दो भागों में बाँटा जा सकता है-

1. **यांत्रिक तरंगे (Mechanical Waves)-** वे तरंगे, जो किसी माध्यम (ठोस, द्रव एवं गैस) में संचरित होती है, यांत्रिक तरंगों कहलाती है। इन तरंगों के किसी माध्यम में संचरण के लिए यह आवश्यक है कि माध्यम में प्रत्यास्था (Elasticity) व जड़त्व (Inertia) के गुण मौजूद है।  
यांत्रिक तरंगों के प्रकार- यह मुख्यतः दो प्रकार की होती है-
  - i. अनुप्रस्थ तरंगे।
  - ii. अनुदैर्घ्य तरंगे।
- i. **अनुप्रस्थ तरंगे (Transverse Waves):** जब किसी माध्यम में तरंग गति की दिशा माध्यम के कणों के कम्पन करने की दिशा के लम्बवत होती है, तो इस प्रकार की तरंगों को अनुप्रस्थ तरंगों कहते हैं। अनुप्रस्थ तरंगों केवल ठोस माध्यम में एवं द्रव के ऊपरी सतह पर उत्पन्न की जा सकती है। द्रवों के भीतर एवं गैसों में अनुप्रस्थ तरंगें उत्पन्न नहीं की जा सकती हैं। अनुप्रस्थ तरंगें शीर्ष (crest) एवं गर्त (trough) के रूप में संचरित होती हैं।
- ii. **अनुदैर्घ्य तरंगे (Longitudinal Waves)-** जब किसी माध्यम में तरंग गति की दिशा माध्यम के कणों की कम्पन करने की दिशा के अनुदिश या समान्तर (along) होती है, तो ऐसी तरंगों को अनुदैर्घ्य तरंगों कहते हैं। अनुदैर्घ्य तरंगें सभी माध्यम में उत्पन्न की जा सकती हैं। ये तरंगें संपीडन (Compression) और विरलन (Rarefaction) के रूप में संचरित होती हैं। संपीडन वाले स्थान पर माध्यम का दाब एवं घनत्व अधिक होता है, जबकि विरलन वाले स्थान पर माध्यम का दाब एवं घनत्व कम होता है। वायु में उत्पन्न तरंगें, भूकम्प तरंगें, स्प्रिंग में उत्पन्न तरंगें आदि सभी अनुदैर्घ्य तरंगें होती हैं।
2. **अयांत्रिक तरंगें या विद्युत-चुम्बकीय तरंगें (Non-mechanical Waves or Electromagnetic Waves)-** यांत्रिक तरंगों के अतिरिक्त अन्य प्रकार की तरंगें भी होती हैं, जिनके संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता नहीं होती तथा वे तरंगें निर्वात (Vacuum) में भी संचरित हो सकती हैं। इन्हें अयांत्रिक या विद्युत चुम्बकीय तरंगें कहते हैं, जैसे- प्रकाश तरंगें, रेडियो तरंगें, X-तरंगें आदि।

## ध्वनि तरंगे

ध्वनि तरंगें अनुदैर्घ्य तरंगें होती हैं। इसकी उत्पत्ति वस्तुओं में कम्पन होने से होती है, लेकिन सब प्रकार का कम्पन ध्वनि उत्पन्न नहीं करता। जिन तरंगों की आवृत्ति लगभग 20 कम्पन प्रति सेकण्ड से 20,000 कम्पन प्रति सेकण्ड की बीच होती है, उनकी अनुभूति हमें अपने कानों द्वारा होती है और उन्हें हम सुन सकते हैं। जिन यांत्रिक तरंगों की आवृत्ति इस सीमा से कम या अधिक होती है उसके लिए हमारे कान सुग्राही नहीं हैं और हमें उनसे ध्वनि की अनुभूमि नहीं होती है। अतः ध्वनि शब्द का प्रयोग केवल उन्हीं तरंगों के लिए किया जाता है, जिनकी अनुभूति हमें अपने कानों द्वारा होती है। भिन्न-भिन्न मनुष्यों के लिए ध्वनि तरंगों की आवृत्ति परिसर (Range of Frequency) अलग-अलग हो सकती है।

### ध्वनि तरंगों का आवृत्ति परिसर

**अवश्रव्य तरंग (Infrasonic Waves)**- 20 Hz से नीचे की आवृत्ति वाली ध्वनि तरंगों को अवश्रव्य तरंगे कहते हैं। इसे मनुष्य के कान सुन नहीं सकते हैं। इस प्रकार की तरंगों को बहुत बड़े आकार के स्ट्रोंगों से उत्पन्न किया जा सकता है।

**श्रव्य तरंग (Audible Waves)**- 20 Hz से 20,000 Hz के बीच की आवृत्ति वाली तरंगों को श्रव्य तरंगे कहते हैं। इन तरंगों को मनुष्य के कान सुन सकते हैं।

**पराश्रव्य तरंगे (Ultrasonic Waves)**- 20,000 Hz से ऊपर की तरंगों को पराश्रव्य तरंगे कहते हैं। मनुष्य के कान इसे नहीं सुन सकते हैं। परन्तु कुछ जानवर जैसे- कुत्ता, बिल्ली, चमगादड़ आदि इसे सुन सकते हैं। इन तरंगों को गाल्टन की सीटी के द्वारा तथा दाब-वैद्युत प्रभाव (Piezo-Electric Effect) की विधि द्वारा क्वार्ट्ज के क्रिस्टल के कम्पनों से उत्पन्न करते हैं। इन तरंगों की आवृत्ति बहुत ऊँची होने के कारण इसमें बहुत अधिक ऊर्जा होती है। साथ इनकी तरंगदैर्घ्य छोटी होने के कारण इन्हे एक पतले किरण-पुंज के रूप में बहुत दूर तक भेजा जा सकता है।

### पराश्रव्य तरंगों के उपयोग

- संकेत भेजने में।
- समुद्र की गहराई का पता लगाने में।
- कीमती कपड़ों, वायुयान तथा घड़ियों के पुर्जों को साफ करने में।
- कल-कारखानों की चिमतियों में कालिख हटाने में।
- दूध के अन्दर के हानिकारक जीवाणुओं को नष्ट करने में।
- गठिया रोग के उपचार एवं मस्तिष्क के द्यूमर का पता लगाने में, आदि।

**ध्वनि की चाल-** विभिन्न माध्यमों में ध्वनि की चाल भिन्न-भिन्न होती है। किसी माध्यम में ध्वनि की चाल मुख्यतः माध्यम की प्रत्यास्थापत (E) तथा घनत्व (d) पर निर्भर करती है।

### ध्वनि के लक्षण

ध्वनि के मुख्यतः तीन लक्षण होते हैं-

- i. तीव्रता।
  - ii. तारत्व।
  - iii. गुणता।
- i. **तीव्रता (Intensity/Loudness)**- तीव्रता ध्वनि का वह लक्षण है, जिससे ध्वनि धीमी/मन्द (feeble) अथवा तीव्र/प्रबल (loud) सुनाई देती है। ध्वनि की तीव्रता एक भौतिक राशि है, जिसे शुद्धता से नापा जा सकता है। माध्यम के किसी बिन्दु पर ध्वनि की तीव्रता, उस बिन्दु पर एकांक क्षेत्रफल से प्रति सेकण्ड तल के लम्बवत् वाली ऊर्जा के बराबर होती है। इसका SI मात्रक माइक्रोवाट/मी.<sup>2</sup> ( $= 10^{-6}$  जूल/सेकण्ड मी.<sup>2</sup>) तथा प्रयोगात्मक मात्रक बेल (Bel) है। बेल के दसवें भाग को डेसीबेल (Decibel-dB) कहते हैं। ध्वनि की तीव्रता (i) ध्वनि स्त्रोत की शक्ति पर (ii) श्रोता तथा स्त्रोत के बीच दूरी पर तथा (iii) छत, फर्श और दीवारों पर होने वाले परावर्तनों पर निर्भर करती है। यदि ध्वनि स्त्रोत को बिन्दु माना जाए तथा अवशोषण और परावर्तनों को नगण्य मान लिया जाय, तो ध्वनि की तीव्रता स्त्रोत से दूरी के वर्ग के व्युक्तमानुपाती (inversely proportional) होती है। इसके अतिरिक्त, ध्वनि की तीव्रता आयाम के वर्ग के अनुक्रमानुपाती, आवृत्ति वर्ग के अनुक्रमानुपाती तथा माध्यम के घनत्व के अनुक्रमानुपाती होती है। बड़े आकार की वस्तु से उत्पन्न ध्वनि का आयाम बड़ा होता है। इसके कारण बड़े आकार की वस्तु से उत्पन्न ध्वनि की तीव्रता अधिक होती है। यही कारण है कि स्वरित्रि द्विभुज (Tuning fork) की ध्वनि हमें घण्टे की ध्वनि से धीमी सुनाई पड़ती है। वायु यदि ध्वनि की चाल की दिशा में बह रही है, तो ध्वनि की चाल एवं तीव्रता दोनों बढ़ जाती है।

ध्वनि	तीव्रता (dB में)	ध्वनि के स्रोत तीव्रता (dB में)
साधारण बातचीत	30-40	मोटर साइकिल 110
जोर से बातचीत	50-60	साइरन 110-120
ट्रक, ट्रैक्टर	90-100	जेट विमान 140-150
आरकेस्ट्रा	100	मशीनगन 170
विद्युत मोटर	110	मिसाइल 180

विश्व स्वास्थ्य संगठन W.H.O. के अनुसार 45 डेसीबल ध्वनि मानव के लिए सर्वोत्तम होती है। W.H.O. ने 75 डेसीबल से ऊपर की ध्वनि को मानव स्वास्थ्य के लिए हानिकारक माना है। यों तो एक साधारण मानव ज्यादा-से-ज्यादा 130 डेसीबल तक

तीव्रता वाली ध्वनि सुन सकता है, लेकिन 85 डेसीबल से अधिक ध्वनि में व्यक्ति बहरा हो सकता है और 150 डेसीबल की ध्वनि तो व्यक्ति को पागल बना सकता है।

- ii. **तारत्व (Pitch)**- तारत्व, ध्वनि का वह लक्षण है, जिसके कारण ध्वनि को मोटा (grave) या तीक्ष्ण (shril) कहा जाता है। तारत्व आवृत्ति (Amplitude) पर निर्भर करता है। जैसे-जैसे ध्वनि की आवृत्ति बढ़ती है, वैसे-वैसे ध्वनि का तारत्व बढ़ता जाता है तथा ध्वनि तीक्ष्ण अथवा पतली होती जाती है। बच्चों एवं स्त्रियों की पतली आवाज तारत्व अधिक होने के कारण ही होती है। पुरुषों की मोटी आवाज तारत्व कम होने के कारण होती है। चिड़ियों की आवाज, सोनीमीटर (Somometer) के पतले तने हुए पतले तार से निकलने वाली ध्वनि, मच्छरों की भनभनाहट, अधिक तारत्व की ध्वनियों के उदाहरण हैं। ध्वनि के तारत्व का ध्वनि की तीव्रता से कोई संबंध नहीं होती है। अधिक प्रबल ध्वनि का तारत्व कम अथवा अधिक कुद भी हो सकता है। जैसे-शेर की दहाड़ एक तीव्र (प्रबल) ध्वनि है, लेकिन इसका तारत्व बहुत ही कम होता है, जबकि मच्छर की भनभनाहट एक धीमी ध्वनि है लेकिन इसका तारत्व शेर की दहाड़ से अधिक होता है।
- iii. **गुणता (Quality)**- ध्वनि का वह लक्षण जिसके कारण समान तीव्रता तथा समान तारत्व की ध्वनियों में अन्तर प्रतीत होता है, गुणता कहलाता है। गुणता अधिस्वर (overtones) पर निर्भर करता है। समान तीव्रता तथा समान तारत्व की ध्वनियों में अन्तर प्रतीत होने का कारण यह है कि ध्वनियों में मूल स्वरक (tone) के साथ-साथ विभिन्न संख्या में संनादी (harmonics) उपस्थित रहते हैं। कोई स्वर (note) एक ही आवृत्ति का नहीं होता है। उसमें ऐसे भी स्वरक मिले होते हैं, जिनकी आवृत्तियाँ विभिन्न होती हैं। जिस आवृत्ति के स्वरक की प्रधानता रहती है, उसे मूल स्वरक (Fundamental Note) कहते हैं। बाकी स्वरकों को संनादी स्वरक (Hormonic Notes) कहते हैं, इनकी आवृत्तियाँ मूल स्वरक की दुगुनी, तिगुनी आदि होती हैं। इन संनादी स्वरकों की मात्रा की विभिन्नता के कारण स्वर का रूप बदल जाता है। इनकी संख्या तथा आपेक्षिक तीव्रता विभिन्न ध्वनियों में भिन्न-भिन्न होती है। अतः ध्वनि की गुणता संनादी स्वरों की संख्या, कम तथा आपेक्षिक तीव्रता पर निर्भर करती है। गुणता के भिन्नता के कारण ही हम अपने परिचितों की आवाज सुनकर पहचान लेते हैं। इसी की भिन्नता के कारण कारण हम दो वाद्ययत्रों से उत्पन्न समान तीव्रता एवं समान आवृत्ति की ध्वनियों को स्पष्ट रूप से पहचान लेते हैं।

यदि एक बन्द आर्गन पाइप तथा एक खुले आर्गन पाइप से समान आवृत्ति का मूल स्वरक उत्पन्न हो रहा हो, तो भी दोनों से उत्पन्न ध्वनियों की गुणता भिन्न-भिन्न होती है, क्योंकि बन्द पाइप से निकलने वाली ध्वनि में केवल विषम (odd) संनादी उपस्थित होते हैं, जबकि खुले पाइप से निकलने वाली ध्वनि में सम (even) तथा विषम (odd) दोनों संनादी उपस्थित रहते हैं। मूल स्वरक से अधिक आवृत्ति वाले संनादियों को अधिस्वरक (Overtone) कहते हैं।

**स्वर अन्तराल (Musical Interval)**- जब कोई वाद्ययत्र कवल एक ही आवृत्ति की ध्वनि उत्पन्न करता है, तो उसे स्वर कहते हैं। एक साथ दो स्वरों को बजाने पर उनका प्रभाव उनकी आवृत्तियों के अन्तर पर निर्भर नहीं करता, अपितु उनके अनुपात पर निर्भर करता है। दो स्वरों की आवृत्तियों के अनुपात को स्वर अन्तराल कहते हैं।

### डॉप्लर प्रभाव

**डॉप्लर प्रभाव (Doppler effect)**- इस प्रभाव को आस्ट्रिया के भौतिकीवेत्ता क्रिस्चियन जॉन डॉप्लर ने सन् 1842 ई. में प्रस्तुत किया था। इसके अनुसार श्रोता या स्त्रोत की गति के कारण किसी तरंग (ध्वनि तरंग या प्रकाश तरंग) की आवृत्ति बदली हुई प्रतीत होती है, अर्थात जब तरंग के स्त्रोत और श्रोता के बीच आपेक्षिक गति होती है, तो श्रोता को तरंग की आवृत्ति बदलती हुई प्रतीत होती है। आवृत्ति बदली हुई प्रतीत होने की घटना को डॉप्लर प्रभाव कहते हैं। इसकी निम्न स्थितियाँ होती हैं-

- जब आपेक्षिक गति के कारण स्त्रोत और श्रोता के बीच की दूरी घट रही होती है, तब आवृत्ति बढ़ती हुई प्रतीत होती है।
- जब आपेक्षिक गति से श्रोता तथा स्त्रोत के बीच दूरी बढ़ रही होती है, तब आवृत्ति घटती हुई प्रतीत है। ध्वनि तरंगों के लिए

$$\text{आभासी आवृत्ति} = \frac{\text{प्रेक्षक के सापेक्ष ध्वनि का वेग}}{\text{स्त्रोत के सापेक्ष ध्वनि का वेग}} \times \text{वास्तविक आवृत्ति}$$

डॉप्लर प्रभाव के कारण ही जब रेलगाड़ी का इंजन सीटी बजाते हुए श्रोता के निकट आता है, तो उसकी ध्वनि बड़ी तीखी (shril), अर्थात अधिक आवृत्ति की सुनाई पड़ती है और जैसे ही इंजन श्रोता को पार करके दूर जाने लगता है, तो ध्वनि मोटी (grave), अर्थात कम आवृत्ति की सुनाई पड़ती है।

### ध्वनि के गुण

- ध्वनि का परावर्तन (Reflection of Sound)**- प्रकाश की भौति ध्वनि भी एक माध्यम से चलकर दूसरे माध्यम के पृष्ठ पर रुकाने पर पहले माध्यम में वापस लौट आती है। इस प्रक्रिया को ध्वनि का परावर्तन कहते हैं। ध्वनि का परावर्तन भी प्रकाश के परावर्तन की तरह होता है। किन्तु ध्वनि का तरंगदैर्घ्य अधिक होने के कारण इसका परावर्तन बड़े आकार के पृष्ठों से अधिक होता है, जैसे दीवारों, पहाड़ों, पृथ्वी तल आदि से।

- प्रतिध्वनि (Echo)**- जो ध्वनि किसी दूड़ दीवार, पहाड़, गहरे कुरुँ आदि से टकराने (अर्थात परावर्तित होने) के बाद सुनाई देती है, उसे प्रतिध्वनि (Echo) कहते हैं। यदि श्रोता परावर्तन सतह के बढ़त निकट खड़ा है, तो उसे प्रतिध्वनि नहीं सुनाई पड़ती है। स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए ध्वनि के स्त्रोत तथा परावर्तक सतह के बीच की न्यूनतम दूरी 17 मीटर होनी चाहिए। इसका कारण यह है कि जब हमारा कान कोई ध्वनि सुनता है, तो उसका प्रभाव हमारे मस्तिष्क पर 0.1 सेकण्ड तक रहता है अतः यदि इस अवधि में कोई अन्य ध्वनि भी जाएगी, तो वह पहली के साथ मिल जाएगी। अतः स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए आवश्यक है कि परावर्तक सतह श्रोता से कम-से-कम इतनी दूरी पर हो कि परावर्तित ध्वनि को उस तक

पहुँचने में 0.1 सेकण्ड से अधिक समय लगें। ध्वनि द्वारा वायु में 0.1 सेकण्ड में चली गई दूरी =  $0.1 \times 33.2$  मीटर। अतः यदि हम कोई ध्वनि उत्पन्न करते हैं, तो उसकी स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए परावर्तक तल की दूरी कम-से-कम  $33.2/2 = 16.6$  मी. (लगभग 17 मीटर) होनी चाहिए।

- b. **अनुरणन (Reverberation)**- ध्वनि का हॉल की दीवारों, छतों व फर्शों से बहुल परावर्तन होता है। बहुल परावर्तन (multiple reflection) के कारण ही ध्वनि स्त्रोत को एकदम बन्द कर देने पर भी हॉल में ध्वनि एकदम से बन्द नहीं होती, बल्कि कुछ समय तक सुनाई देती रहती है। अतः किसी हॉल में ध्वनि-स्त्रोत को बन्द करने बाद भी ध्वनि का कुछ देर तक सुनाई देना अनुरणन कहलाता है। तथा वह समय जिसके दौरान यह ध्वनि सुनाई देती है, अनुरणन काल (Reverberation time) कहलाता है। अनुरणन काल का मान हॉल के आयतन तथा इसके कुछ अवशोषक क्षेत्रफल पर निर्भर करता है ( $T = 0.053V/A$ , जहाँ  $T$  = अनुरणन काल,  $V$  = कॉल का आयतन,  $A$  = अवशोषक क्षेत्रफल)। गणना द्वारा यह पाया गया कि यदि किसी हॉल में अनुरणन काल 0.8 सेकण्ड से अधिक है, तो वक्ता द्वारा दिए आने वाले भाषण के शब्द व्यक्तियों को स्पष्ट रूप से सुनाई नहीं देते। दीवारों पर अवशोषक पदार्थ का क्षेत्रफल बढ़ाकर या घटाकर अनुरणन काल को समर्जित (adjust) किया जा सकता है। व्याख्यान हॉल या सिनेमा हॉल में अनावश्यक अनुरणन को रोकने के लिए हॉल की दीवारें खुरदरी (rough) बनाई जाती हैं, अथवा उन्हें मोटे संरन्ध (porous) परवां से ढक दिया जाता है। इससे ध्वनि अवशोषित हो जाती है और मूल ध्वनि साफ सुनाई पड़ती है। फर्श पर भी इसी उद्देश्य से कालीन बिल्डाई जाती है। बादलों का गर्जन भी अनुरणन का एक उदाहरण है।

2. **ध्वनि का अपवर्तन (Refraction of Sound)**- ध्वनि तरंगें एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाती है, तो उनका अपवर्तन हो जाता है, अर्थात् वे अपने पथ से विचलित हो जाती है। ध्वनि के अपवर्तन का कारण है— विभिन्न माध्यमों तथा विभिन्न तापों पर ध्वनि की चाल का भिन्न-भिन्न होना। ध्वनि के अपवर्तन के कुछ परिणाम हैं— जिन में ध्वनि का केवल ध्वनि स्त्रोत के पास के क्षेत्रों में ही सुनाई देना और रात्रि में दूर-दूर तक सुनाई देना।
3. **प्रणोदित कम्पन (Forced Vibration)**- कम्पन करने वाली वस्तु पर यदि कोई बाह्य आवर्त बल (external periodic force) लगाया जाये जिसकी आवृत्ति वस्तु की स्वाभाविक आवृत्ति से कम्पन करने की चेष्टा करती है, किन्तु शीघ्र ही वस्तु आरोपित बल की आवृत्ति से स्थिर आयाम के कम्पन करने के लिए बाध्य हो जाती है, तो बाह्य आवर्त बल के प्रभाव में वस्तु द्वारा उत्पन्न इस कम्पन को प्रणोदित कम्पन कहा जाता है।

- a. **अनुनाद (Resonance)**- अनुनाद प्रणोदित कम्पन की ही एक स्थिति है। अनुनाद में प्रणोदित कम्पनों की आवृत्ति वस्तु की स्वाभाविक आवृत्ति के बराबर होती है। अर्थात् यदि बाह्य आवर्त बल की आवृत्ति वस्तु की स्वाभाविक आवृत्ति के बराबर हो, तब कम्पन अनुनाद (Resonance) कहलाता है। सन् 1939 ई. में संयुक्त राज्य अमेरिका का टैकोमा पुल यांत्रिक अनुनाद के कारण ही क्षतिग्रस्त हो गया था। उच्च गति को पवन पुल के ऊपर कम्पन करने लगी जो पुल की स्वाभाविक आवृत्ति के लगभग बराबर आवृत्ति की थी। इससे पुल को कम्पन अनुनाद की स्थिति में पहुँच गया, फलस्वरूप पुल के कम्पन के आयाम में लगातार त्रृद्धि होने के कारण पुल टूट गया। सैनिकों को पुल पार करने का प्रशिक्षण अनुनाद से बचने के लिए ही दिया जाता है। किसी पुल का कम्पन कर सकने वाला निकाय माना जा सकता है, जिसके लिए स्वाभाविक आवृत्ति का एक निश्चित मान होगा। यदि सैनिकों के नियमित पड़ने वाले कदमों की आवृत्ति पुल की आवृत्ति के बराबर हो जाए, तो अनुनाद की स्थिति आ जाएगी और पुल में अधिक आयाम के कम्पन उत्पन्न हो जाएँगे। इससे पुल टूटने का खतरा उत्पन्न हो जाएगा। इसी कारण पुल पार करते समय सैनिकों की टुकड़ी कदम मिलाकर नहीं चलती।

हमारा रेडियों भी अनुनाद के सिद्धान्त पर ही कार्य करता है। किसी रेडियों सेट को समस्वरित (tune) करने के लिए रेडियों की धारिता के मान को तब तक बदला जाता है, जब तक कि विद्युत की वह आवृत्ति न प्राप्त हो जाए जितनी आवृत्ति आ रहे ध्वनि संकेत की है। एण्टीना में छोटे विभवांतर या वि. वा. बल उत्पन्न किए गए होते हैं, जो समस्वरित परिपथ के आयाम के बराबर का आयाम बना सके।

4. **ध्वनि का व्यतिकरण (Interference of Sound)**- जब समान आवृत्ति या आयाम की दो ध्वनि-तरंगें एक साथ किसी बिन्दु पर पहुँचती हैं, तो उस बिन्दु पर ध्वनि ऊर्जा का पुनः वितरण हो जाता है। इस घटना को ध्वनि का व्यतिकरण कहते हैं। यदि दोनों तरंगें उस बिन्दु पर एक ही कला (phase) में पहुँचती हैं, तो वहाँ ध्वनि की तीव्रता अधिकतम होती है। इसे सम्पोषी (Constructive) व्यतिकरण कहते हैं। यदि दोनों तरंगें विपरीत कला में पहुँचती हैं, तो वहाँ पर तीव्रता न्यूनतम होती है। इसे विनाशी (Desuctive) व्यतिकरण कहते हैं।

5. **ध्वनि का विवर्तन (Diffraction of Sound)**- ध्वनि का तरंगदैर्घ्य 1 मी. की कोटि का होता है। अतः जब इसी कोटि का कोई अवरोध ध्वनि के मार्ग में आता है, तो ध्वनि अवरोध के किनारे से मुड़कर आगे बढ़ जाती है। इस घटना को ध्वनि का विवर्तन कहते हैं। यही कारण है कि बाहर से अपने वाली ध्वनि दरवाजों, खिड़की आदि पर मुड़कर हमारे कानों तक पहुँच जाती है।

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

For Hand Written Notes Contact @ vmentoracademy@gmail.com  
Contact No: +918290909894