Kunthavai Naacchiyaar Government Arts College(W)

(Autonomous), Thanjavur-613 007.

Department of Physics

FIRST ALLIED PHYSICS - I

18K1MAP1

1.Mrs.A.Velumani(UNIT-I)
Dept.of Physics,KNGAC,TNJ.

2.Mrs.M.Suganthi,(UNIT-II)
Dept.of Physics,KNGAC,TNJ.

3.Dr.S.Snega,(UNIT-III)
Dept.of Physics,KNGAC,TNJ.

4.Dr.N.Geetha,(UNIT-IV)
Dept.of Physics,KNGAC,TNJ.

5.Mrs.D.S.Vasanthi,(UNIT-V)
Dept.of Physics,KNGAC,TNJ.

UNIT-1 ELASTICITY

Introduction

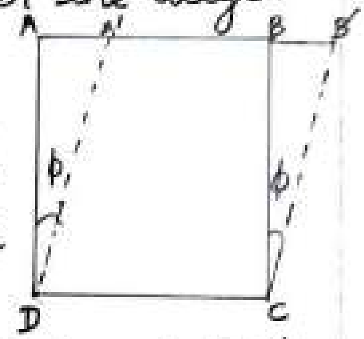
A body can be deformed (i.e. changed in shape or size) by the suitable application of external forces on it. A body is said to be perfectly elastic, if it regains its orginal shape or size, when the applied forces are removed. This property of a body to regain its original state or condition on removal of the applied forces is called elasticity. A body which does not tend to regain its original shape or size, even when the applied forces are removed, is called a perfectly plastic body. No body in nature, is either perfectly elastic or perfectly plastic. Quartz fibre is the nearest approach to a perfectly elastic body.

Stress :

When an external force is applied on a body, there will be relative displacement of the particles and due to the property of elasticity, the particles tend to regain their original positions. Stress is defined as the restoring force per unit area. If a force F is applied normally to the area of cross-section A of a wire, then stress = F/A. Its dimensions are $ML^{-1}T^{-2}$.

Thermal stress :

Suppose the ends of a rod are rigidly fixed, so as to prevent expansion or constraction. If the temperature of the rod is changed, tensile or compressive stresses, called thermal stresses, will be stressesd even beyond its breaking strength. The stress is tensile when there is an increase in length. The stress is compressive when there is a decrease in length. A tangential stress tries to slide each layer of the body over the layer immediately below it.



<u>Strain</u> :

When a deforming force is applied there is a change in length, shape or volume of the body. The ratio of the change in any dimensions to its original value is called strain. It is of three types :

(1) The ratio of changed in length (l) to original length (L) is called longitudinal strain (l/L)

(2) Let ABCD be a body with the side CD fixed. suppose a tangential force F is applied on the upper face AB. therefore, body is changed to A'B'CD. The Body is Sheared by an angle φ. The angle φ measured in radian is called a shearing strain (φ)

(3) Volume strain (Bulk strain) : The ratio of change in volume to original volume (V) is called volume strain (v/V)

<u>Hooke's Law</u> :

Within elastic limit, the stress is directly proportional to strain. stress ∝ strain or Stress/strain = E. E is constant called modulus of elasticity. the dimensions formula of modulus of elasticity is $ML^{-1}T^{-2}$. It units are Nm^{-2}.

1.2 <u>Different Moduli of Elasticity</u>

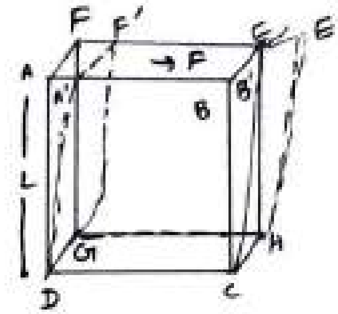
(1) <u>young's modulus</u> (E) : It is defined as the ratio of longitudinal stress to longidudinal strain within elastic limit. Let a wire of length and area of cross-section A undergo an increase in length l. when stertching force F is applied in the direction of this length.

Then, longitudinal stress = F/A and longitudinal strain = l/L

$$\therefore \quad E = \frac{F/A}{l/L} = \frac{FL}{Al}.$$

(2) Rigidity modulus (G) : It is defined as the ratio of tangential stress to shearing strain.

consider a solid cube ABCDEFGH (Fig). The lower face CDGH is fixed and a tangential force F is applied over the upper face ABEF. The result is that each horizontal layer of the cube is displaced, the displacement being proportional to its distance from the fixed plan. point A is shifted to A' B to B', E to E' and F to F' through an angle ϕ, when AA' = EE' = l.



clearly $\phi = l/L$ where l is the relative displacement of the upper face of the cube with respect to the lower fixed face distant L from it.

this angle ϕ through which a line originally perpendicular to the fixed face is turned, is a measure of the shearing strain.

Now, Rigidity modulus (G) = $\frac{\text{Tangential stress}}{\text{shearing strain}} = \frac{F/A}{\phi}$

Here, $A = L^2$ = Area of the face ABEF.

$\therefore$ $G = T/\phi$ where T = Tangential stress.

(3) Bulk modulus (K) : It is defined as the ratio of volume stress (Bulk stress) to the volume strain.

when three equal stresses (F/A) act on a body in mutually perpendicular directions, such that there is a change of volume v in its original volume V. we have. stress = pressure $P = F/A$. Volume strain = $-v/V$. The negative sign indicates that if pressure increases, volume decreases

$$\therefore K = \frac{\text{Bulk stress}}{\text{volume strain}} = \frac{F/A}{-v/V} = \frac{P}{-v/V}$$

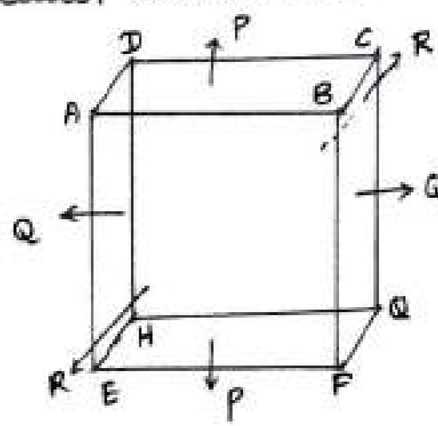
Poisson's Ratio (ν) : when a wire is strecked, it becomes longer but thinner. (i.e) although its length increases its diameter decreases. when a wire elongates freely in the direction of a tensile stress, it constracts laterally.

(i.e) in a direction perpendicular to the force). The ratio of lateral contraction to the longitudinal elongation is called poisson's ratio. It is denoted by a letter ν.

$$\nu = \mu/\lambda.$$

1.7 Relation between the Elastic Moduli

Suppose three stresses P, Q and R are acting perpendicular to the three faces ABCD, ADHF and ABFE of a unit cube of an istropic material. Each one of these stresses will produce an extension in its own direction and a compression along the other two perpendicular directions.



Let all the three stresses act simultaneously on the cube.

Net elongation along the direction of P

$$= e = \lambda P - \mu Q - \mu R \,;$$

Net elongation along the direction of Q

$$= f = \lambda Q - \mu P - \mu R \,;$$

Net elongation along the direction of R

$$= g = \lambda R - \mu P - \mu Q$$

We can express the three elastic constants E, G and K in terms of λ and μ.

Case (I) : Suppose only the stress P acts and $Q = R = 0$

The linear strain $= e = \lambda \cdot P$

$$\therefore \text{The young's modulus} = E = \frac{\text{stress}}{\text{Linear Strain}} = \frac{P}{\lambda \cdot P} = 1/\lambda$$

$$\lambda = \frac{1}{E} \rightarrow (1)$$

Case (II) : Suppose the stress $R = 0$ and $P = -Q$

$$e = \lambda \cdot P - \mu(-P) = (\lambda + \mu) P$$

$$\text{The angle of shear } \phi = 2e = 2(\lambda + \mu) P$$

$$G = \frac{\text{stress}}{\text{Angle of shear}} = \frac{P}{\phi} = \frac{P}{2(\lambda + \mu) P} = \frac{1}{2(\lambda + \mu)}$$

$$2(\lambda + \mu) = \frac{1}{G} \longrightarrow (2)$$

Case (III) : Let $P = Q = R$.

$$3e = 3(\lambda - 2\mu) P \qquad [\therefore e = \lambda P - \mu P - \mu P = (\lambda - 2\mu) P]$$

The bulk strain $= 3(\lambda - 2\mu) \cdot P$

the bulk modulus $= K = \frac{\text{Stress}}{\text{Bulk strain}} = \frac{P}{3(\lambda - 2\mu)P} = \frac{1}{3(\lambda - 2\mu)}$

$$(\lambda - 2\mu) = 1/3K \longrightarrow (3)$$

(1) Relation between E, G and K,

$$2(\lambda+\mu) = 1/G \quad , \quad 2\lambda + 2\mu = 1/G \rightarrow (4)$$

$$\lambda - 2\mu = 1/3K \longrightarrow (5)$$

Adding (4) and (5), $3\lambda = \frac{1}{G} + \frac{1}{3K} = \frac{3K+G}{3GK}$

$$\lambda = \frac{3K+G}{9GK} \longrightarrow (6)$$

$$\lambda = 1/E$$

$$E = \frac{9GK}{3K+G} \longrightarrow (7)$$

2. Relation between G, K and ν

$$(2) \Longrightarrow \quad \lambda + \mu = \frac{1}{2G}$$

$$(3) \Longrightarrow \quad \lambda - 2\mu = \frac{1}{3K}$$

subracting (3) from (2),

$$3\mu = \frac{1}{2G} - \frac{1}{3K}$$

$$\mu = \frac{3K - 2G}{18GK} \longrightarrow (8)$$

$$\nu = \frac{\mu}{\lambda} = \frac{(3K-2G)}{18GK} \times \frac{9GK}{(3K+G)} \text{ us}$$

$$\nu = \frac{(3K + 2G)}{6K+2G} \longrightarrow (9)$$

3. Relation between E, G and ν

$$(1) \Rightarrow \quad \lambda = 1/E$$

$$(2) \Rightarrow \quad \lambda + \mu = 1/2G$$

Dividing (2) by (1), $\frac{\lambda+\mu}{\lambda} = \frac{E}{2G}$

$$1 + \frac{\mu}{\lambda} = \frac{E}{2G} \text{ (or) } 1 + \nu = \frac{E}{2G}$$

$$\nu = \frac{E}{2G} - 1 \longrightarrow (10)$$

4. Limit to the value of ν

$$(9) \Rightarrow \quad \nu = \frac{3K - 2G}{6K + 2G}$$

$$3K(1-2\nu) = 2G(1+\nu) \longrightarrow (11)$$

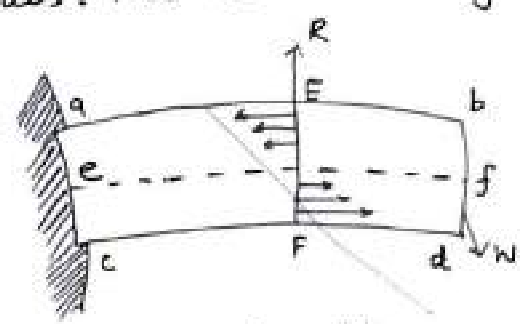
$(1+\nu)$ is positive, $(1-2\nu) > 0$, $\nu < 1/2$, $(1-2\nu)$ positive
$(1+\nu)$ positive; $(1-2\nu)$ positive. In actual practice ν is always a positive quantity and lies between 0 and 0.5

Bending of Beams

Definition

Beam: A beam is defined as a rod or bar of uniform cross-section whose length is very much greater than its thickness.

Bending couples: If a beam is fixed at one end and loaded at the other end, it bends. The load acting vertically downwards at its free end and the reaction at the support acting vertically upwards, constitude the bending couple. This couple tends to bend the beam clockwise. Since there is no rotation of the beam, the external bending couple must be balanced by another of the body.

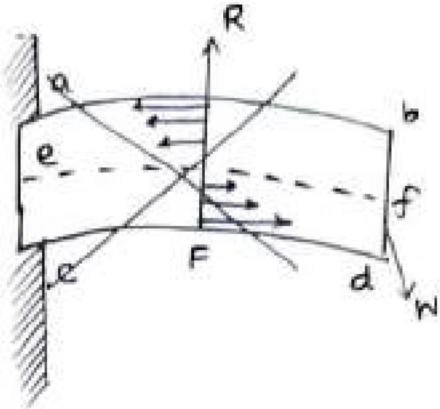


plane of Bending: when a beam is bent as in figure, filaments like ab in the upper part of the beam are elongated and filaments like cd in the lower part are compressed. Therefore. there must be a filament like ef in between, which is neither elongated nor compressed. Such a filament is known as the neutral filament and the axis of the beam lying on the neutral filament is the neutral axis.

Plane of Bending: The plane of Bending is the plane in which the Bending takes place and the bending couple acts in the plane.

1.15 Expression for the Bending moment

Consider a portion of the beam to be bent into a circular arc, as shown in figure. ef is the neutral axis. Let R be the radius of curvature of the neutral axis and θ the angle substended by it at its centre of curvature C.



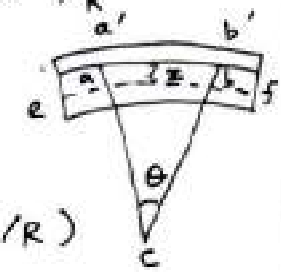
Filaments above ef are elongted while filaments below ef are compressed. The filaments ef remains unchanged in length.

Original length $= a^* b^* = R\theta$

Its extended length $= a'b' = (R+Z)\theta$

Increase in its length $= a'b' - ab = (R+Z)\theta - R\theta = Z \cdot \theta$

$\therefore$ Linear strain $= \dfrac{\text{increase in length}}{\text{original length}} = \dfrac{Z \cdot \theta}{R \cdot \theta} = Z/R$



If E is the young's modulas of the materials.

$$E = \text{stress} / \text{Linear strain}$$

(i.e) $\quad \text{stress} = E \times \text{Linear strain} = E(Z/R)$

If δz is the area of cross-section of the filament.

the tensile force on the area δA = stress × area $= \dfrac{E \cdot Z}{R} \delta A$

Moment of this force about the neutral axis ef

$$= \frac{E \cdot Z}{R} \delta A \cdot z = \frac{E}{R} \delta A \cdot z^2$$

The sum of the moment of forces acting on all the filaments $\Big\} = \Sigma \dfrac{E}{R} \delta A \cdot z^2$

$$= \frac{E}{R} \Sigma \delta A \cdot z^2$$

$\Sigma \delta A \cdot z^2$ is called the geometrical moment of inertia of the cross-section of the beam about an axis through its centre perpendular to the plane of bending. It is written as equal to AK^2 (i.e) $\Sigma \delta A \cdot z^2 = AK^2$

Thus, bending moment of a beam $= EAK^2/R$

Notes: (i) For a rectangular beam of breath b, and depth d, $A = bd$ and $K^2 = d^2/12$

$$\therefore AK^2 = bd^3/12$$

(ii) For a beam of circular cross-section of radius r, $A = \pi r^2$ and $K^2 = r^2/4$

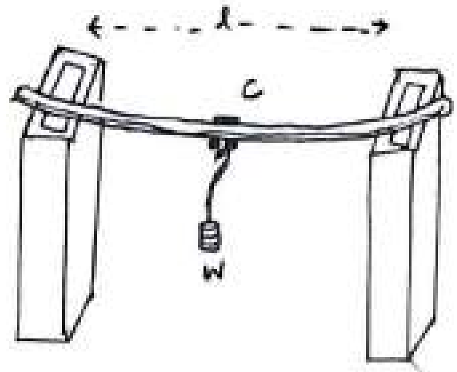
$$AK^2 = \pi r^4/4$$

(iii) EAK^2 is called the flexural rigitidy of the beam.

1.21 Measurement of young's modulus - By bending of a beam.

(1) Non-uniforming Bending :

The given beam is symmetrically supported on two knife-edges. A weight-hanger is suspended by means of a loop of thread from a point c exactly mid-way between the knife-edges.



A pin is fixed vertically at c by some wax. A travelling microscope is focused on the tip of the pin such that the horizontal cross-wire coincides with the tip of the pin. The reading in the vertical traverse scale of microscope is noted. weights are added in equal steps of m kg and the corresponding readings are noted. similarly, readings are noted while unloading. The results are tabulated as follows.

load in kg	Readings of the microscope			y for M kg
	load increasing	load decreasing	Mean	

The breadth b and the thickness d of the beam are measured with a vernier calipers and screw gauge respectively.

Then, $y = \frac{Wl^3}{48\ EAK^2}$ (or) $E = \frac{wl^3}{48\ AK^2 y}$

(or) $E = \frac{Mgl^3}{48 \times (bd^3/12) \times y}$ $\left(\because W = Mg \text{ and } AK^2 = bd^3/12\right)$

$E = \frac{Mgl^3}{4\ bd^3\ y}$

pin and microscope Method :

The given beam is supported symmetrically on two knife-edges A and B. Two equal.

weight-hangers are suspended so that their distances from the knife-edges are equal. A pin is placed vertically at the centre of the beam. The tip of the pin is viewed by a microscope. The load on each hanger is increased in equal steps of m kg and the corresponding microscope readings are noted.

Load in kg	Readings of the microscope			y for M kg
	load increasing	load decreasing	Mean	

The mean elevation (y) of the centre for M kg is formed. The length of the beam l between the knife-edges and a, the different between the point of suspension of the load and the nearer knife-edge are measured.

$$y = \frac{wal^2}{8EAK^2} = \frac{Mgal^2}{8E\,(bd^3/12)}$$

$$\therefore \quad E = \frac{3Mgal^2}{2bd^3y}$$

using the above formula we can calculate the young's modulus of the material of the beam.

அலகு-I மீட்சியல்

1.2 தகைவும் திரிபும்:

பொருளினுள் ஓரலகு பரப்பில் தோன்றுகின்ற மீட்சி விசையை தகைவு என்பர். பொருள் சமநிலையில் உள்ளபோது, உள்விசை, புறவிசைக்கு சமமாக இருக்கும். எனவே தகைவு, பொருளின் ஓரலகு பரப்பில் செயல்படும் புறவிசையால் அளவிடப்படுகிறது.

∴ தகைவு = விசை / பரப்பளவு

பொருளின்மீது செயல்படும் விசை F எனவும், பரப்பளவு A எனவும் கொண்டால்

தகைவு = F / A   தகைவின் அலகு நியூட்டன்-மீட்டர்$^{-2}$ ($N\text{-}m^{-2}$)

பொருளின்மீது உருக்குலைவு விசை செயல்படும்போது அதன் பரிமாணத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்திற்கும் ஆரம்பப் பரிமாணத்திற்குமிடையே உள்ள தகவு (விகிதம்) திரிபு எனப்படும்.

$$\text{திரிபு} = \frac{\text{பரிமாண மாற்றம்}}{\text{ஆரம்பப் பரிமாணம்}}$$

திரிபு மூன்று வகை:

i) நீட்சித் திரிபு: ஒரு கம்பியின் ஒரு முனையை இறுக்கமாகப் பொருத்தி மறுமுனையில் விசை செயல்படும் போது, அதன் நீளம் அதிகரிக்கிறது. இதில் ஏற்படுகின்ற திரிபினை நீட்சித் திரிபு என்பர்

நீட்சித் திரிபு = நீள அதிகரிப்பு / ஆரம்பப் நீளம்

ii) சறுக்குப் பெயர்ச்சித் திரிபு: பொருளின்மீது தொடுவியல் விசை செயல்படும் போது, அதன் நீளம் அல்லது பருமனில் மாற்றம் ஏற்படாமல், உருவத்தில் மட்டும் மாற்றம் ஏற்படும். பொருளின் மீது தொடுவிசை செயல்படும் போது, பொருளின் அடுக்குகளுக்கிடையே சார்புப்பெயர்ச்சி தோன்றுகிறது. இதனை சறுக்குப் பெயர்ச்சி என்பர். அதற்கு ஏற்படுகின்ற கோணத்தினை சறுக்குப் பெயர்ச்சி கோணம் என்பர் இவ்வகையான திரிபு. சறுக்குப் பெயர்ச்சி திரிபு என்பர்.

iii) பருமத் திரிபு : ஒரு பொருளின் பரப்பளவு முழுவதும் சீரான விசை செயல்படும்போது, உருவத்தில் எவ்விதமான மாற்றமும் ஏற்படாமல், அதன் அளவிலோ அல்லது பருமனிலோ மாற்றம் ஏற்படலாம். பொருள் சீரான விரிவோ அல்லது சுருக்கமோ அடையும் போது, பருமன் மாற்றமடைகிறது. இவ்வகையான திரிபினை பருமத் திரிபு என்பர்.

பருமத் திரிபு = பருமன் மாற்றம் / ஆரம்பப் பருமன்.

1.3 ஹூக் விதி (Hooke's Law):

1979-ல் ராபர்ட் ஹூக் என்பவர் கண்டுபிடித்தார். இந்த விதியின்படி மீட்சி எல்லைக்குள், ஒரு பொருளில் தோன்றும் திரிபு, அதனைத் தோற்றுவிக்கும் தகைவிற்கு நேர்தகவில் அமையும். மீட்சி எல்லைக்குள் தகைவு செயல்பட்டால், அந்தத் தகைவு நீக்கப்பட்டவுடன், பொருள் முழுமையாக தன் பழைய நிலைக்குத் திரும்புகிறது. செயல்படும் தகைவு மீட்சி எல்லையை தாண்டிவிட்டால், தகைவு நீக்கப்படும்போது, பொருள் தன் பழைய நிலைக்குத் திரும்பாது.

1.4 மீட்சிக் குணகம் (Modulus of Elasticity):

ஹூக் விதியின்படி, மீட்சி எல்லைக்குள், தகைவு, திரிபிற்கு நேர் தகவில் அமையும்.

தகைவு $\propto$ திரிபு (அ)

தகைவு = மாறிலி × திரிபு

$$\frac{\text{தகைவு}}{\text{திரிபு}} = \text{மாறிலி}$$

இந்த மாறிலியை பொருளின் மீட்சிக் குணகம் என்பர். தகைவு என்பது அழுத்தமாகவும், திரிபு ஒரு தகவாகவும் இருப்பதால், மீட்சிக் குணகத்தின் அலகும், பரிமாணமும், தகைவு அல்லது அழுத்தம் ஆகியவற்றின் அலகும், பரிமாணமும் கொண்டிருக்கும்.

பரப்பளவு A-ல் F என்ற விசை செயல்படும்போது, ஆரம்பப் பரிமாணம் x-ல் ஏற்படும் பரிமாண மாற்றம் dx எனில்,

தகைவு $= F/A$; திரிபு $= dx/x$

மீட்சிக் குணகம் E = தகைவு / திரிபு $= \frac{F/A}{dx/x}$

மீட்சிக் குணகத்தின் பரிமாணம் $ML^{-1}T^{-2}$. இதன் அலகு நியூட்டன் / மீட்டர் ^{2} (N/m^2). இதனை பாஸ்கல் எனவும் அழைப்பர்.

<u>மூன்று வகை குணகங்கள்:</u>

i) <u>யங் குணகம்</u>: பொருளொன்றில் குறிப்பிட்ட திசையில் மட்டும் உருக்குலைவாக்கும் விசை செயல்படும் போது, அதன் நீளத்தில் மட்டுமே திரிபு ஏற்படுகிறது. பொருளின் நீள அதிகரிப்பிற்கும் ஆரம்ப நீளத்திற்கு முள்ள தகவு நீட்சித் திரிபு எனப்படும். நீட்சித் திரிபினைத் தோற்றுவிக்கும் தகைவானது நீட்சித் தகைவு என்பர்.

நீட்சித் தகைவிற்கும், நீட்சி திரிபிற்கும் உள்ள தகவினை யங்குணகம் என்பர். இது q எனும் எழுத்தால் குறிக்கிறது.

யங்குணகம் (q) = நீட்சித் தகைவு / நீட்சித் திரிபு

நீளம் l-ம், குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பளவு A-ம் கொண்ட கம்பியின் முனையில் விசை F செயல்படும் போது, ஏற்படும் நீள அதிகரிப்பு dl எனக் கொள்வோம்.

நீட்சித் தகைவு $= F/A$

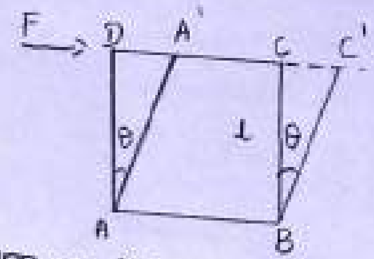
நீட்சித் திரிபு $= dl/l$

யங்குணகம் $q = \frac{F/A}{dl/l} = \frac{Fl}{A \cdot dl}$

செயல்படும் நிறை m எனில் விசை $F = mg$

கம்பியின் ஆரம் 'r' எனில் $A = \pi r^2$, $q = \frac{mgl}{\pi r^2 dl}$ நி-மீ$^{-2}$

(ii) விறைப்புக் குணகம்:



சறுக்குப் பெயர்ச்சித் தகைவிற்கும் சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் கோணத்திற்குமிடையே உள்ள தகவினை விறைப்புக் குணகம் என்பர். இது n எனும் எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது.

$$\text{விறைப்புக் குணகம் } (n) = \frac{\text{சறுக்குப் பெயர்ச்சித் தகைவு}}{\text{சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் கோணம்}}$$

தொடுவிசையால் F, பரப்பளவு A-ன் மீது செயல்படும் போது, ஏற்படும் சறுக்குப் பெயர்ச்சிக் கோணம் θ என்பர்

$$\text{விறைப்புக் குணகம் } n = \frac{F/A}{\theta} = \frac{F}{A\theta} \text{ நி-மீ}^{-2}$$

(iii) பருமக் குணகம்: ஒரு பொருளின் புறப்பரப்பு முழுவதும் உருக்கு விசை சீராகவும், நேர்குத்தாகவும் செயல்படும் போது, பொருளின் வடிவம் மாற்றம் ஏற்படாமல், பருமனில் மாற்றம் ஏற்படும். பொருளில் தோன்றுகின்ற திரிபினை பருமத் திரிபு என்பர்.

பருமத் தகைவிற்கும், பருமத் திரிபிற்குமிடையே உள்ள தகவினை பருமக் குணகம் என்பர். இது K எனும் எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது.

$$\text{பருமக் குணகம் } (K) = \frac{F/A}{dV/V}$$

ஆனால் F/A என்பது அழுத்தம் dP

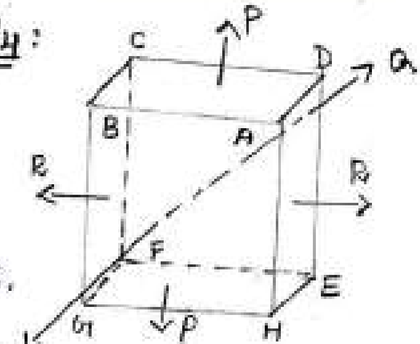
$$\therefore K = \frac{dP}{(dV/V)} = V \cdot \frac{dP}{dV} \text{ நி-மீ}^{-2}$$

(iv) பாய்சான் தகவு (Poisson's Ratio): மீட்சி எல்லைக்குள் குறுக்குத் திரிபிற்கும் நீட்சித் திரிபிற்குமுள்ள தகவு மாறிலியாகும். இந்த மாறிலியை பாய்சான் தகவு என்பர். இது σ எனும் எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது.

$$\text{பாய்சான் தகவு } (\sigma) = \frac{\text{குறுக்குத் திரிபு}}{\text{நீட்சித் திரிபு}} = \frac{\mu}{\lambda}$$

1.5 மீட்சிக் குணகங்களுக்கிடையே உள்ள தொடர்பு:

(Relation between Elastic modulus)



மீட்சிக் குணகங்களுக்கிடையே உள்ள தொடர்பு இயற்பியலிலும், பொறியியலிலும் மிக முக்கியமானதும். ஓர் கம்பி திரிபடையும்போது, உருக்குலைவு விசை செயல்படும் திசையின் நீள அதிகரிப்பும், செங்குத்துத் திசைகளில் சுருக்கமும் தோன்றுகிறது.

ABCDEFGH என்ற ஓரலகு கன சதுரத்தினைக் கருதுவோம். P, Q, R என்ற தகைவுகள், முறையே ABCD, ABGH, ADEH என்ற மூன்று பக்கங்கள் செயல்படுகிறது.

P செயல்படும் திசையில் ஏற்படுகின்ற நிகர நீள அதிகரிப்பு

$$e = \lambda P - (Q+R)\mu$$

இதே போன்று Q, R என்ற தகைவுகள் செயல்படும் திசைகளில் ஏற்படுகின்ற நிகர நீள அதிகரிப்பு

$$f = \lambda Q - \mu(P+R)$$
$$g = \lambda R - \mu(P+Q)$$

நேர்வு 1: P-என்ற தகைவு மட்டும் செயல்படும் போது, $Q=R=0$. இது எளிய நீட்சித் தகைவாகும். எனவே P செயல்படும் திசையில் தோன்றுகின்ற நீட்சி e ஆகும். திரிபு நீட்சித்திரிபு ஆகும்.

$$\therefore \text{நீட்சித் திரிபு } e = \lambda P$$

$$\text{யங் குணகம் } q = \frac{\text{தகைவு}}{\text{திரிபு}} = \frac{P}{e} = \frac{P}{\lambda P}$$

$$q = 1/\lambda \quad (\text{அ}) \quad \lambda = 1/q \qquad \text{-----} \rightarrow (1)$$

நேர்வு 2: Q-ன் திசை மாறுபட்டதாகவும், $R=0$ ஆகவும் கொள்வோம். இப்போது $P = -Q$. P திசைக்கு இணையான திசையில் ஏற்படுகின்ற நீட்சி $= \lambda P - \mu(-P) = (\lambda+\mu)P$. P-ன் திசைக்கு செங்குத்தான திசையில் சுருக்கம் $(\lambda+\mu)P$. இந்த இரண்டும் சறுக்குப் பெயர்ச்சி திரிபினை தோற்றுவிக்கின்றது

$$\therefore \text{சறுக்குப் பெயர்ச்சி} = 2(\lambda+\mu)P$$

விறைப்புக் குணகம் $n = \frac{P}{2(\lambda+\mu)P} = \frac{1}{2(\lambda+\mu)}$

$$\lambda+\mu = \frac{1}{2n} \quad \text{-------->} \ (2)$$

<u>நேர்வு 3:</u> மூன்று தகைவுகளும் சீரானதாகவும், ஒன்றிற்கொன்று சமமாகவும் கொண்டால், $P = Q = R$. இப்போது பொருளானது எல்லாத் திசைகளிலும் சீரான தகைவிற்கு உட்படுகிறது.

$$\therefore c = \lambda P - \mu P - \mu P = (\lambda - 2\mu)P$$

இவ்விசைகள் செயல்படுவதால், பருமனில் சீரான அதிகரிப்பு ஏற்படுகிறது. பருமத் திரிபு $3c$ ஆகும். $3c = 3(\lambda - 2\mu)P$

பருமக் குணகம் $k = P/3c = P/3(\lambda-2\mu)P$

$$\therefore \lambda - 2\mu = \frac{1}{3k} \quad \text{------------>} \ (3)$$

q, n, k ஆகியவற்றிற்கிடையே உள்ள தொடர்பு

சமன்பாடு (2) லிருந்து $\lambda+\mu = 1/2n$ ----> (2)

சமன்பாடு (3) லிருந்து $\lambda-\mu = 1/3k$ ----> (3)

சமன்பாடு (2) ஐ இரண்டால் பெருக்க

$$2\lambda + 2\mu = 1/n \quad \text{-------->} \ (4)$$

சமன்பாடு (3), (4) ஐ கூட்ட

$$3\lambda = 1/3k + 1/n \quad \text{-------->} \ (5)$$

சமன்பாடு (1)ன் படி $\lambda = 1/q$

$$\frac{3}{q} = 1/3k + \frac{1}{n} = \frac{n+3k}{3kn}$$

$$q = \frac{9nk}{n+3k} \quad \text{-------->} \ (6)$$

அல்லது $\frac{3}{q} = \frac{n+3k}{nk}$

$$\frac{9}{q} = \frac{n+3k}{3nk}$$

$$\frac{9}{q} = \frac{1}{k} + \frac{3}{n} \quad \text{---->} \ (7)$$

n, k, σ ஆகியவற்றிற்கிடையே உள்ள தொடர்பு

சமன்பாடுகள் (2), (3) ஆகியவற்றிலிருந்து

$$\lambda + \mu = 1/2n \quad \text{---> (2)}$$

$$\lambda - 2\mu = 1/3k \quad \text{---> (3)}$$

(2)-(3) $3\mu = \frac{3k - 2n}{18kn}$ $\therefore \mu = \frac{3k - 2n}{18kn}$ ---> (8)

(2) × 2 $2\lambda + 2\mu = 1/n$

$\lambda - 2\mu = 1/3k$ சமன்பாடுகளை கூட்ட

$$3\lambda = \frac{1}{n} + \frac{1}{3k} = \frac{3k + n}{3kn}$$

$$\lambda = \frac{3k + n}{9kn} \quad \text{---> (9)}$$

பாய்சானின் தகவு $\sigma = \mu/\lambda$

(8), (9) லிருந்து μ, λ மதிப்புகளை பதிலீடு செய்ய

$$\sigma = \frac{3k - 2n}{18nk} \times \frac{9kn}{3k + n}$$

$$\sigma = \frac{3k - 2n}{6k + 2n} \quad \text{---> (10)}$$

n, q, σ ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பு

சமன்பாடு (1) ன் படி $\lambda = 1/q$, (2) ன் படி $\lambda + \mu = 1/2n$

(2) ஐ, (1) ஆல் வகுக்க $\frac{\lambda + \mu}{\lambda} = \frac{1/2n}{1/q} = q/2n$

$\therefore 1 + \mu/\lambda = \frac{q}{2n}$ ஆனால் $\mu/\lambda = \sigma$

$$1 + \sigma = q/2n \quad , \quad \sigma = \frac{q}{2n} - 1 \quad \text{---> (11)}$$

σ ன் வரம்பு மதிப்பு

சமன்பாடு (10) லிருந்து $\sigma = \frac{3k - 2n}{6k + 2n}$

$$6k\sigma + 2n\sigma = 3k - 2n$$

$$2n + 2n\sigma = 3k - 6k\sigma$$

$$2n(1 + \sigma) = 3k(1 - 2\sigma)$$

σ நேர்குறி கொண்டிருந்தால், σ+1 நேர்குறி கொண்டதாகும், n-ம், k-ம் எப்போதும் நேர்குறி கொண்டதாகும். $1 - 2\sigma$ நேர்குறி கொண்டதாகும்.

$$2\sigma < 1$$
$$\sigma < 1/2$$

எனவே σ ன் பெரும நேர் மதிப்பு 1/2 ஆகும்

σ எதிர்குறி கொண்டதாக இருந்தால், $1 - 2\sigma$ நேர் குறி கொண்டதாகும்.

$\sigma < 1/2$; $1 + \sigma$ நேர்குறி கொண்டதாகும்.

$$1 + \sigma > 0 \text{ (அல்லது) } \sigma > -1$$

எனவே σ ன் மதிப்பு 0 முதல் 0.5 இடைப்பட்டதாக அமையும்.

1-11: சட்டங்கள் வளைதல் (Bending of beam)

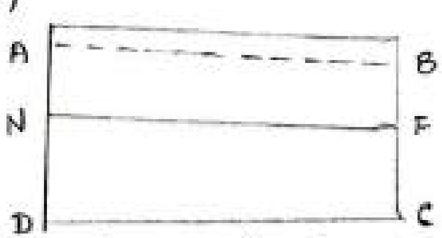
சீரான குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு கொண்ட தண்டின் நீளத்துடன் ஒப்பிடும் போது, தடிமன் குறைவாக உள்ளதை சட்டம் (beam) என்பர்.

சமநிலையில் மீட்சி எதிர்வினை இரட்டையைத் தோற்றுவிக்கிறது. புற இரட்டையைச் சரி செய்யும் இந்த இரட்டையின் திருப்புத்திறனை வளைவு திருப்புத்திறன் என்பர்

இரு பக்கங்களிலும் அச்சினை நோக்கி நகரும் போது, நீட்சியும் சுருக்கமும் குறைகிறது. சட்டத்தின் மையத்தில் வெளி அடுக்கிற்கும், உள் அடுக்கிற்கும் இணையாக அமைந்துள்ள ஒரு நடு அடுக்கில் நீள அதிகரிப்போ (அ) சுருக்கமோ ஏற்படுவதில்லை. இந்த அடுக்கு (அ) இழையினை நடுநிலை இழை (neutral filament) என்பர். இதன் வழியாக செல்லக்கூடிய அச்சினை நடுநிலை அச்சு என்பர்.

(a) வளைவு திருப்புத் திறனுக்கான கோவை:

(Expression for bending moment)



ABCD என்பது வளைந்த சட்டத்தின் அச்சிற்குச் செங்குத்தான பரப்பாகும். நடுநிலை இழை NF - க்கு மேலே உள்ள இழைகள் நீட்சியும், கீழே உள்ள இழைகள் சுருக்கமும் அடைந்திருக்கும்

குறுக்குவெட்டு பரப்பு ds கொண்ட P-ல் செல்லும் இழையைக் கருதுவோம் திரிபு $\propto PN$ (or) $e \propto PN$ (அ) $e = \alpha \cdot PN$ ---> (1)

யங்குணகம் q = தகைவு / திரிபு

தகைவு $= q \times$ திரிபு $= q \cdot \alpha \cdot PN$ --> (2)

ஆனால் தகைவு = விசை / பரப்பளவு $= F / ds$

விசை F = தகைவு $\times ds$

$$F = q \cdot \alpha \cdot PN \cdot ds$$ --> (3)

விசையின் திருப்புத்திறன் = விசை × செங்குத்தூரம்.

நடுநிலை இழையைப் பற்றிய விசையின் திருப்புத்திறன்

$$= (q \cdot \alpha \cdot PN \cdot ds)\, PN = q\alpha (PN)^2 \cdot ds$$ --> (4)

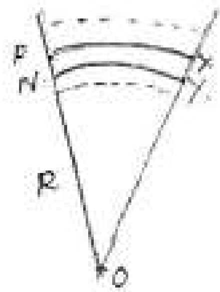
வளைவு திருப்புத்திறன் $= \Sigma\, q\alpha (PN)^2 ds = q\alpha \Sigma (PN)^2 ds$ --> (5)

ஆனால் $\Sigma (PN)^2 ds = Ak^2$ --> (6)

Ak^2 என்பது வடிவியல் நிலைமத் திருப்புத் திறன் (geometrical moment of inertia)

வளைவுத் திருப்புத்திறன் $= q\alpha Ak^2$ --> (7)

POX, NOY என்ற பகுதிகளைக் கணக்கில் எடுத்தால்



$$\frac{PX}{NY} = \frac{PO}{NO} \quad (\text{அ})$$

$$\frac{PX}{NY} - 1 = \frac{PO}{NO} - 1$$

$$\frac{PX - NY}{NY} = \frac{PO - NO}{NO} = \frac{PN}{R}$$

$$\frac{\text{நீள அதிகரிப்பு}}{\text{ஆரம்ப நீளம்}} = \frac{PN}{R}$$

திரிபு $e = \frac{PN}{R}$ --> (8)

(1) லிருந்து $e = \alpha \cdot PN$

$\therefore \alpha \cdot PN = \frac{PN}{R}$ (அ) $\alpha = 1/R$ --> (9)

இதிலிருந்து α-ன் மதிப்பை சமன்பாட்டில் பிரதியீடு செய்ய,

வளைவு திருப்புத்திறன் $= \frac{qAk^2}{R}$ --> (10)

நேர்வு 1: அகலம் b-ம், தடிமன் d-ம் கொண்ட நீள் சட்டத்திற்கு $A = bd$, $k^2 = d^2/12$

$$Ak^2 = bd^3/12$$

வளைவுத் திருப்புத்திறன் $= qbd^3/12R$ --> (11)

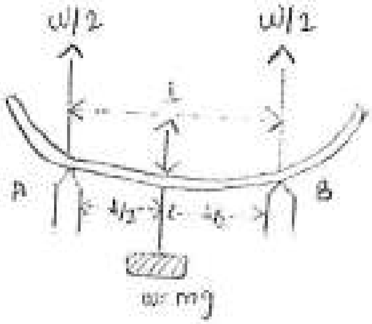
நேர்வு 2: ஆரம் r கொண்ட வட்டச் சட்டத்திற்கு $A = \pi r^2$; $k^2 = r^2/4$

$$Ak^2 = \pi r^3/4$$

வளைவுத் திருப்புத்திறன் $= \pi q r^4/4R$ --> (12)

1-12 சட்டத்திற்கு யங்குணகம் காணல்;

i) **சீரற்ற வளைவு முறை (non-uniform Bending method)**



கொடுக்கப்பட்ட சட்டத்தை A, B என்ற கத்தி முனைகளில் சீராக அமைத்து, சட்டத்தின் மையத்தில் ஓர் எடை தாங்கியை தொங்கவிட வேண்டும். சட்டத்தின் மையத்தில் மெழுகினைப் பயன்படுத்தி, ஓர் குண்டூசியினை சட்டத்திற்கு செங்குத்தாக அமைக்க வேண்டும். இவ்வமைப்பின் முன்பாக ஓர் நுண்ணோக்கி வைத்து, குண்டூசியை பார்க்க வேண்டும்.

எண்	எடை (கி.கி)	நுண்ணோக்கி அளவீடு			M மீ.மீ இறக்கம் (y)
		எடை ஏற்றும் போது	எடை இறக்கும் போது	சராசரி	
1 ... 6					

சீரற்ற வளை சட்டத்திற்கு யங்குணகம்

$$q = \frac{Mgl^3}{4bd^3y} \quad நி.மீ^{-2}$$

இதனை பயன்படுத்தி சட்டத்தின் யங்குணகம் கணக்கிடலாம்.

unit-II

THERMOMETRY

* THERMOMETRY:-

* The branch of heat pertaining to the measurement of temprature of a body is called thermometry.

* THERMOMETER:-

The thermometer is an instrument to measure the temprature of a body.

* The essential requisites of a thermometer are:-

1) Construction
2) Calibration and
3) Sentiveness.

1) Construction:-

* The physical property of a substance plays an important role in the construction of a thermometer. In a mercury thermometer, the principle of expansion of mercury with rise in temprature is used. Thus, for the the construction of a thermometer, the proper choice of a substance, whose physical property varies with rise in temprature, is essential.

2) Callibration:-

* When a thermometer is constructed, it should be properly calibrated. The standard fixed points are selected for calibrating a thermometer.

3) Sensitiveness:-

* The instrument, once constructed and calibrated, should also be sensitive. the thermometer will be sensitive if (i) it can detect even small changes in temprature, ii) it shows the temprature of a body in a short time and iii) it does not take large quantity of heat for its own heating from the body whose temprature is being measured.

* TYPES OF THERMOMETERS:-

* There are different kinds of thermometer;

(1) Liquid thermometer:-

* These thermometers are based on the principle of change in volume of a liquid with change in tempreture. Mercury & alcohol thermometers are based on this principle.

(2) Gas Thermometer:-

* These are based on the principle of change in pressure (or) volume with change in temprature. eg. Callendar's constant pressure thermometer.

(3) Resistance thermometer :-

* These are based on the principle of change in resistance with change in temprature. e.g. platinum resistance thermometer.

(4) Thermo electric thermometer :-

* These are based on the principle of thermo - electricity, i.e., production of thermo - EMF. in a thermo - couple when the two junctions are at different tempretures.

* The various thermocouples commonly used are :-

(1) Copper and constantan (2) Iron and constantan
(3) Chromel and constantan 4) Chromal and alumel
(5) platinum and Rhodium.

(5) Radiation thermometer :-

* These are based on the quantity of heat radiation emitted by a body e.g., furnaces.

(6) Vapour pressure thermometers :-

* These are based on the principle of change of vapour pressure with change in temprature. These are used to measure low tempretures, e.g., helium vapour pressure thermometer etc.

(7) Bimetalic thermometer :-

* These thermometers are based on the principle of expansion of solids. They are also used to measure temprature at high altitudes.

(8) Magnetic thermometer:-

* These thermometer are based on the principle of change in the susceptibility of a substance with temperature. These thermometers are useful for measuring low temperatures near the absolute zero temperature.

* CENTIGRADE, FAHRENHEIT AND RANKINE SCALES :-

* Centigrade (or Celsium) Scale :-

* Celsius, in 1742, suggested the centrigrate system of temperature. He marked zero at the lower fixed point and 100 at the upper fixed point. The interval between the two fixed points is divided into 100 equal parts. Each part of degree represent 1°c or 1° celsius.

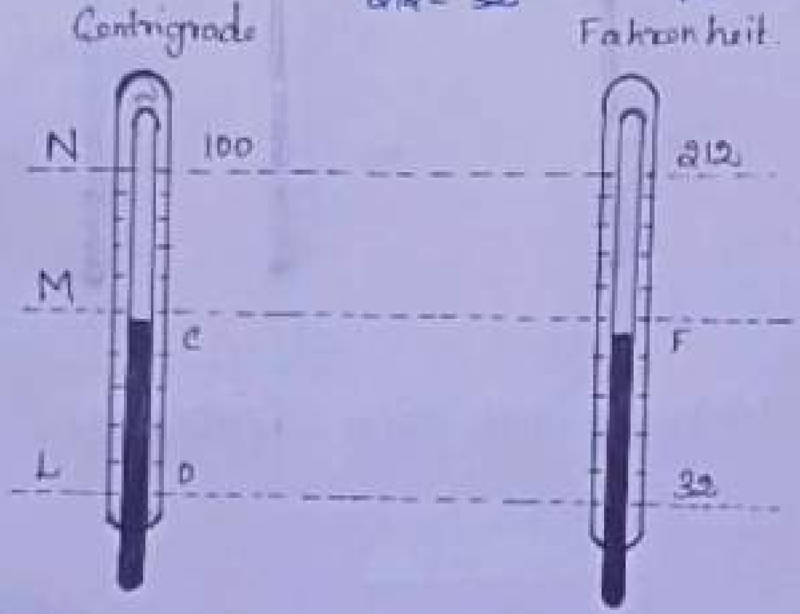
* Fahrenheit scale :-

* Fahrenheit, in 1720, suggested this scale by taking zero as the temprature of the freezing mixture. It appears that he took 100 degrees as the the temprature of this human body. Later the correct temprature of the human body on this scale was found to be 98.4°F. The lower fixed point is marked as 32 and the upper fixed point is marked as 212. The interval is divided into 180 equal parts. Each part or degree represents 1°F.

Relation. Consider two identical thermometer marked in Centigrade and Fahrenheit scales. Place the two thermometers,

$$\therefore \frac{ML}{MN} = \frac{C-0}{100-0}$$

$$= \frac{F-32}{212-32} \quad \text{(or)} \quad \frac{C}{100} = \frac{F-32}{180}$$

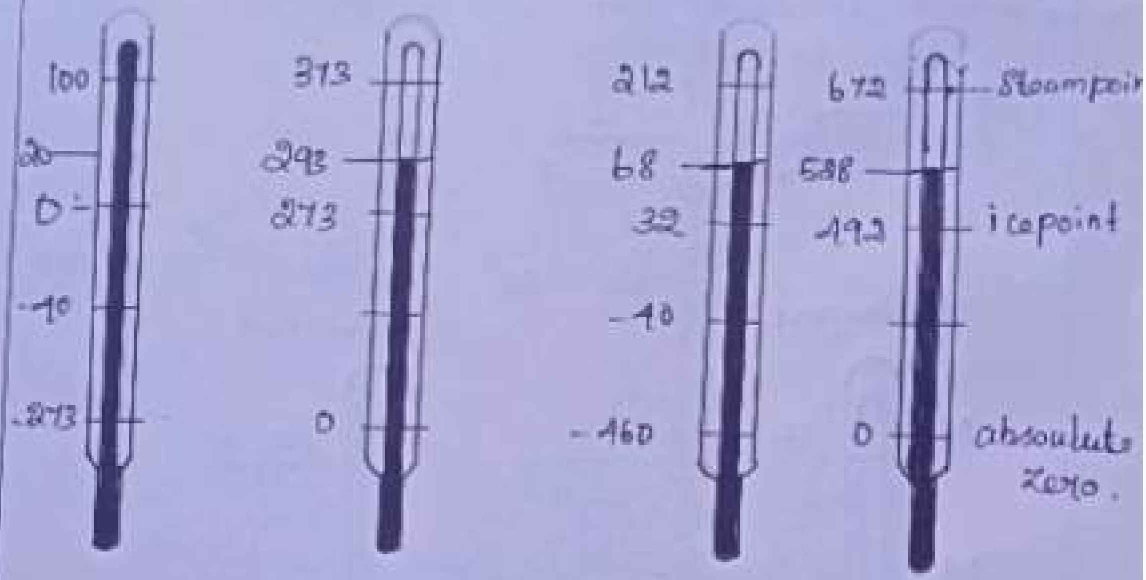


* RELATION BETWEEN CESIUS, KELVIN, FAHRENHEIT AND RANKINE SCALES OF TEMPRETURE:-

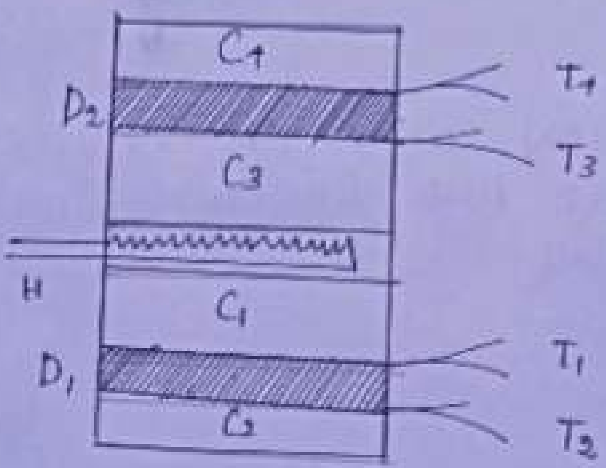
Relation,

$$\frac{C-0}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{K-273}{100} = \frac{R-492}{180}$$

Also $\frac{K}{100} = \frac{R}{180}$



* LEE'S METHODS FOR BAD CONDUCTORS



* This method is used to determine the thermal conductivity of poor conductive viz, rubber, glass. ebonite, wood, cork etc. The specimen is taken in the form of two thin discs D_1 and D_2 about 10 cm in diameter and 2 to 3 mm thick. The disc D_1 is pressed between two copper plates C_1 and C_2 and D_2 is pressed between the copper plates C_3 and C_4. Discs C_1 and C_3 ensure normal flow of heat through the experimental plates D_1 and D_2. H is a heater coil and T_1, T_2, T_3, and T_4 are four thermo - couples used to measure temperatures. The surface of D_1 and D_2 are coated with glycerine so that these surfaces make good thermal contact with the copper plates.

* A steady current I is passed through the heater coil H. The potential difference across the heater coil is E.

* After the study is reached the temperatures of the thermometer T_1, T_2, T_3 and T_4 are noted. Let the temperature be θ_1, θ_2, θ_3 and θ_4 respectively. In the steady state, heat generated in the heater coil is lost from the surface of C_2 and C_4, and heat lost from the sides of C_1, C_2, D_1 and D_2 is negligible due to the small thickness of plates.

Scanned by CamScanner

Let d_1 be the thickness of the disc D_1 and d_2 the thickness of the disc D_2. Heat produced by heater coil in one second,

$$= \frac{EI}{4.2} \text{ calories}$$

Heat passing through D_1 and D_2 in one second

$$= \frac{KA(\theta_1 - \theta_2)}{d_1} + \frac{KA(\theta_3 - \theta_4)}{d_2}$$

Equating (i) and (ii)

$$\frac{EI}{4.2} = \frac{KA(\theta_1 - \theta_2)}{d_1} + \frac{KA(\theta_3 - \theta_4)}{d_2}$$

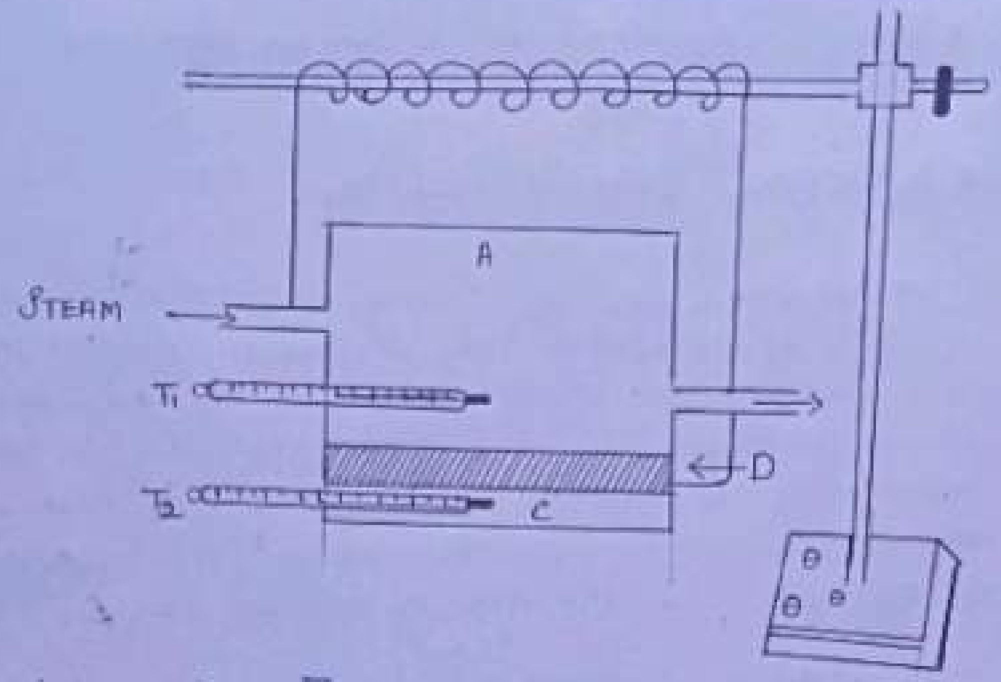
The value of K is calculated from equation (iii)

* LEE'S DISC METHODS FOR BAD CONDUCTORS:

* The apparatus consists of a cylindrical steam chamber A, the specimen disc D and brass or copper block C. The whole apparatus is suspended from the stand. T_1 and T_2 are the thermometers used to determine the temperature after the steady state is reached.

* Steam is passed through the chamber and the readings of the thermometers T_1 and T_2 are noted after the steady state is reached. The heat passing through D in one second is equal to the heat radiated by the exposed surface of C in one second.

$$\therefore \frac{KA(\theta_1 - \theta_2)}{d} = ms\frac{d\theta}{dt}\left[\frac{A+S}{2A+S}\right]$$



* Here $\left[\frac{A+S}{2A+S}\right]$ is the fraction of the total area exposed to the surroundings.

* Here A is the area of cross-section of D and C. S is the area of the curved surface of C, $d\theta/dt$ is the rate of cooling at temprature θ_2, m is the mass and s is the specific heat of C.

* To find $d\theta/dt$, the disc D is removed and C makes contact with the steam chamber. C is removed when its temprature is about 10°c higher than θ_2. It is placed over two knife edges and its temprature is observed after equal intervals of time. A graph is drawn between temprature and is observed after equal intervals of time. A graph is drawn between temprature and is observed after equal intervals, From the graph the value of $d\theta/dt$ at temprature θ_2 is found.

* From equation (i) K can be calculated.

* NEWTON'S LAW OF COOLING :-

* Newton's Law of Cooling states that the rate of loss of heat of a body is directly proportional to the difference of temperature of the body and the surroundings. The law holds good only for small difference of temperature. Also, the loss of heat by radiation depends upon the nature of the surface of the body and the area of exposed surface.

$$\frac{dQ}{dt} \propto (\theta - \theta_0) \text{ or } \frac{dQ}{dt} = K(\theta - \theta_0)$$

Consider a body of mass m, specific heat c and at temperature θ. Let θ_0 be the temperature of the surroundings. Suppose, the temperature falls by a small amount $d\theta$ in time dt. Then the amount of heat lost.

$$dQ = mc\,d\theta$$

∴ Rate of loss of heat

$$\frac{dQ}{dt} = mc\frac{d\theta}{dt} \longrightarrow (i)$$

From Newton's law of cooling

$$-\frac{dQ}{dt} = K(\theta - \theta_0) \longrightarrow (ii)$$

* Where k is a constant depanding upon the area and the nature of the surface of the body.

From (i) and (ii)

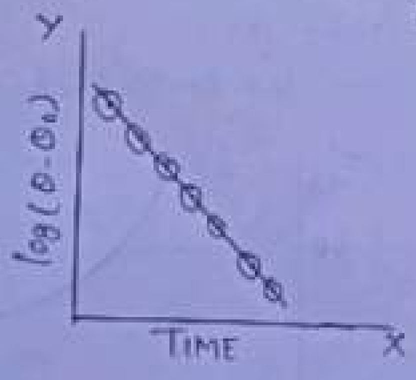
$$-mC\frac{d\theta}{dt} = k(\theta - \theta_0)$$

$$\frac{d\theta}{\theta - \theta_0} = -\frac{k}{mC}\cdot dt = -K\cdot dt \longrightarrow (iii)$$

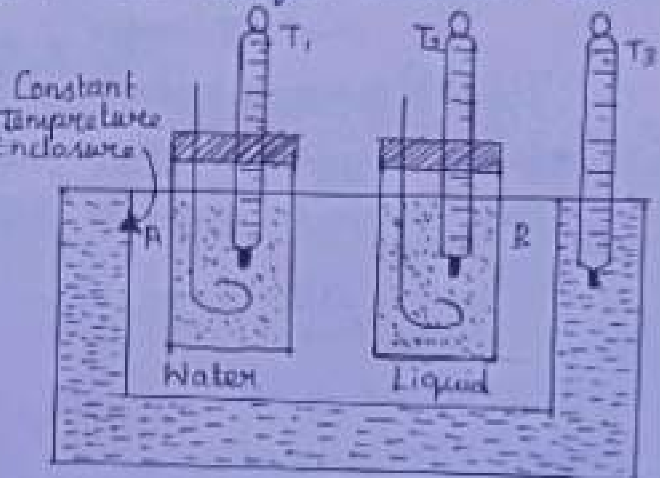
Intergerating,

$$\log(\theta - \theta_0) = -kt + c \longrightarrow (iv)$$

* In a graph is plotted between t along the X-axis and $\log(\theta - \theta_0)$ along the Y-axis, It is a straight line. Hot water is taken in a calorimeter and is placed in a double walled vessel. Temprature of water after regular intervals of time is noted. A graph between $\log(\theta - \theta_0)$ and time t is plotted (i) It is a straight line. This verifies Newton's law of cooling.



(i)



(ii)

* SPECIFIC HEAT OF LIQUID :-

* A and B are two identical calorimeters containing equal volumes of hot water and the hot liquid respectively. The two Calorimeters are made of the same material and their outer surfaces are equally polished. The calorimeter are kept inside a constant temperature enclosure. The thermometers T_1 and T_2 measure the temperature of water and liquid. The temperature of the two Calorimeters are noted after regular intervals of time. Graphs are plotted between temperature and time, for water and the liquid.

* From equation (iii)

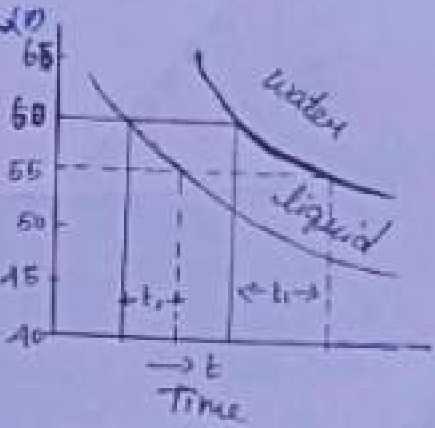
$$\int \frac{d\theta}{\theta - \theta_0} = \frac{k}{mc} \int dt$$

In case of water, suppose mass of water = m

* Water equivalent of the calorimeter A = w

Time taken by water to cool from 60°C to 55°C = t_1

$$\therefore \int_{60}^{65} \frac{d\theta}{\theta - \theta_0} = -\frac{k}{(m+w)} \cdot t_1 \rightarrow (v)$$



Suppose mass of the liquid = M

Water equivalent of the Calorimeter B = w

Specific heat of the liquid = C

Time taken by the liquid to cool from 60°C to 55°C = t_2

$$\therefore \int_{60}^{55} \frac{d\theta}{\theta - \theta_0} = \frac{-k}{(MC + w)} \cdot t_2 \longrightarrow (vi)$$

From equations (v) and (vi)

$$\frac{Mc + w}{t_2} = \frac{(m + w)}{t_1}$$

$$C = \frac{(m + w) t_2}{M t_1} - \frac{w}{M} \longrightarrow \text{(vii)}$$

* STEFAN – BOLTZMAN LAW :-

* It states that the rate of emisson of radiant energy by unit area of a perfectly black body is directly proportional to the fourth power of its absolute temprature.

$$E = \sigma T^4$$

σ is the stephen constant. σ value = $5.67 \times 10^{-8} W m^{-2} k^{-4}$

* If a black body at absolute temprature T is surrounded by another black body at absolute temprature T_0, the net rate of loss of heat energy per unit area of the surface is given by,

$$E \propto (T^4 - T_0^4)$$

$$E = \sigma (T^4 - T_0^4)$$

* If a body has emissitivity or relative emittance is e, then total energy radiated by the body per second

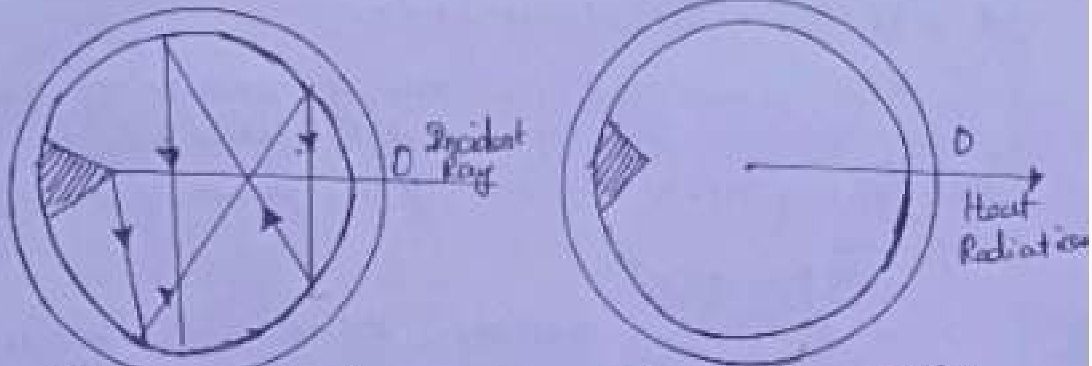
$$= e \sigma (T^4 - T_0^4)$$

* BLACK BODY :-

* A perfectly black body is one which absorbs totally all the radiation of any wavelength which fall on it. As it neither reflects nor transmits any radiation, it appears black. its emission being the greatest possible for every wavelength at any given temprature.

* BLACK BODY IN PRACTICE:-

In practice, a perfectly black body is not available. Lamp-black and platinum black are the nearest approach to a black body. However, a body showing close approximum to a perfectly black body can be constructed.



Black body absorber   Black body emitter

* BLACK BODY RADIATION AND ITS TEMPRETURE DEPENDANCE:-

When a black body is placed inside a uniform temperature encloser, it will emit full radiation of the encloser after it is in equilibrium with the encloser. These radiations are independant. It will posses a character independant of the property of any particular substance, purely dependant on the temperature to which it is raised. Hence, it is solely temprature dependant.

Such radiation in a uniform temprature encloser are known as black body radiation.

UNIT : II வெப்ப இயற்பியல்

வெப்பமானி : (Thermometer) என்பது பல்வேறு வகையான கொள்கைகளின் அடிப்படையில் வெப்பநிலை அல்லது வெப்பநிலை வேறுபாட்டை அளவிடும் ஒரு கருவி ஆகும். வெப்பமானியில் இரண்டு முக்கிய பகுதிகள் இருக்கின்றன.

முதலாவது வெப்பநிலை உணர்வி (எ.கா. பாதரச வெப்பமானியில் உள்ள குமிழ்). இதில் வெப்பநிலையின் காரணமாக இயற்பியல் ரீதியாக ஏற்படும் மாற்றங்கள், மேலும் இதில் இயற்பியல் மாற்றத்தை ஒரு அளவீட்டுக்கு மதிப்பாக மாற்றக்கூடிய ஒரு வழியும் அடங்கியுள்ளது (எ.கா பாதரச வெப்பமானியில் உள்ள அளவீடுகள்). ஒரு டிஜிட்டல் திரையில் அல்லது கணினிக்கு உள்ளீடாக அளவீட்டை காண்பிக்க வெப்பமானிகள் தற்போது அதிக அளவில் மின்னணு தொழில்நுட்பங்களைப் பயன்படுத்துகின்றன.

அளவுத்திருத்தம் :- வெப்பமானிகளை மற்றொரு சான்றளிக்கப்பட்ட வெப்பமானியுடன் ஒப்பிடுவதன் மூலமோ அல்லது வெப்பநிலை அளவீட்டில் தெரிந்த நிலையான புள்ளிகளுடன் ஒப்பிடுவதன் மூலம் அளவுத்திருத்தம் செய்ய முடியும். சிறப்பாக அறியப்பட்ட நிலைத்த புள்ளிகளாவன, தூய நீரின் உருகுதல் மற்றும் கொதிநிலைகளாகும்.

துல்லியத்தன்மை :- ஒரு வெப்பமானியின் துல்லியம் அல்லது தெளிவுத்திறன் என்பது ஒரு புள்ளிக்கு எந்த அளவிற்கு நெருக்கமான அளவீட்டை வெப்பமானியால் செய்ய முடிகிறது

என்று குறிப்பிடுவதே ஆகும். அதிக வெப்பநிலை பணிகளில், 10°c அல்லது அதை விட அதிக நெருக்கத்தில் மட்டுமே வெப்பநிலையை அளவிடுதல் சாத்தியமாகும். மருத்துவ வெப்பமானிகள் மற்றும் பல மின்னணு வெப்பமானிகள் பொதுவாக 0.1°c அளவிற்கு துல்லியமாக அளவுகள் செய்யக்கூடியவை.

வெப்பமானியின் வகைகள் :-

1. மின்தடை வெப்பமானி (Resistance thermometer) என்பது வெப்பநிலையை அளக்க வெப்பத்தால் மாறும் மின்தடையைக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்ட ஓர் அளக்கும் கருவி. வெப்பநிலை உயர்ந்தால், ஒரு பொருளில் உள்ள அணுக்கள் கூடுதலான வீச்சுடன் அதிரும். இதனால் அப்பொருளில் மின்னோட்டம் தரும் எதிர் மின்னிகளின் ஓட்டம் கூடுதலாக தடைப்படும். எனவே மின்தடை கூடும். இந்த கூடும் மின்தடையை அளப்பதன் வழியாக வெப்பநிலையை அளக்கலாம்.

2. பிளாட்டினம் - மின்தடை வெப்பமானி (platinum Resistance Thermometer)

உலோகங்களின் மின்தடையானது வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது சீராக உயர்கிறது. இந்த விளைவு கூட்டுப் பொருட்களுடன் வெப்பநிலையை அளவிட பயன்படுத்தப்படுகிறது. கூட்டுப் பொருட்களுடன் ஒப்பிடும் போது, தூய உலோகங்களின் தூய உலோகங்களை ஒப்பிடும் போது, தூய உலோகங்களின் மின்தடை குறைவு, மேலும் வெப்ப மின்தடை எண் அதிகம். இதனால் வெப்பநிலைமானிகளில் தூய உலோகங்களே பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

3. **வாயு வெப்பமானி :- (Gas thermometer)**

நிலையான அளவிலான வாயுவின் அழுத்தத்தின் ஏற்படும் மாற்றங்களால் வெப்பநிலையை அளவிடும் வெப்பமானி. வாயுவின் அளவு அல்லது அழுத்தம் வெப்ப நிலையுடன் மாறுபடுகிறது என்ற உண்மையைப் பயன்படுத்தும் வெப்பமானி. இது துல்லியமான அளவீட்டுக்கு ஏற்றது. பயன்படுத்தப்படும் வாயு காற்று, ஹைட்ரஜன், நைட்ரஜன், ஆர்கான், ஹீலியம், நியான் போன்றவை ஆகும்.

பாரன்ஹீட் அளவு :-

∴ பாரன்ஹீட் வெப்ப இயக்கவியல் வெப்பநிலை அளவீடு ஆகும். நீரின் உறைநிலை 32 டிகிரி ∴ பாரன்ஹீட் (°F) மற்றும் கொதிநிலை 212°F (நிலையான வளிமண்டல அழுத்தத்தில்). இது நீரின் கொதிநிலை மற்றும் உறைநிலையை சரியாக 180 டிகிரி பறம்பாக வைக்கிறது. எனவே ∴ பாரன்ஹீட் அளவுகோலில் ஒரு டிகிரி, உறைநிலை மற்றும் நீரின் கொதிநிலை இடையேயான இடைவெளியில் 1/180 ஆக உள்ளது.

செல்சியஸ் மற்றும் சென்டிகிரேட் அளவு :-

செல்சியஸ் மற்றும் சென்டிகிரேட் அளவை மாற்றி மாற்றி பயன்படுத்துகிறார்கள். ஆனால் அவ்வாறு செய்வது முற்றிலும் துல்லியமாக இல்லை. செல்சியஸ் அளவு என்பது ஒரு வகை Centigrade அளவு, அதன் இறுதி புள்ளிகள் 100 டிகிரிகளாக பிரிக்கப்படுகின்றன: அதாவது நூறு, மற்றும் படிநிலை, அதாவது செதில்கள் அல்லது படிகள்.

ஸ்டீ∴பான் - போல்ட்ஸ்மான் விதி :- (Stefan's Boltzman Law)

ஒரு கரும்பொருள், அலகு பரப்பிலிருந்து ஒரு வினாடியில் உமிழும் கதிர்வீச்சாற்றல் அப்பொருளின் தனி வெப்பநிலையின் நான்காம் மடிக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும் என்பதனை விளக்கும் விதியாகும். அதாவது

$E \propto T^4$ (அல்லது)

$E = \sigma T^4$

இங்கு σ என்பது ஸ்டீ∴பான் போல்ட்ஸ்மான் மாறிலியாகும். இதன் மதிப்பு 5.6697×10^{-5} erg/cm²/sec.

கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு (Black Body Radiation)

கரும்பொருள் என்பது தன் மீது விழும் அனைத்து மின்காந்த கதிர்வீச்சையும் ஏற்றுக் கொள்ளும் தன்மையுடைய ஒரு பொருளாகும்.

முழுக் கரும்பொருள் அதன்மீது விழுகின்ற அனைத்து அலைநீளங்களும் உடைய வெப்பக் கதிர்வீச்சினை முழுமையாக உட்கவர்கிறது மற்றும் சூடேற்றப்படும் போது அனைத்து அலைநீளங்களையும் வெளிவிடுகிறது. முழுக்கரும்பொருள் எந்த வெப்பக்கதிர்வீச்சினையும் எதிரொளிப்பது அல்லது கடத்துவது இல்லை என்பதால் முழுக்கரும்பொருளின் உட்கவர்திறன் மதிப்பு ஒன்று ஆகும்.

எந்த ஒரு மின்காந்தக் கதிர்வீச்சும் கரும்பொருளின் வழியே கடப்பதோ அல்லது பிரதிபலிப்பதோ இல்லை. கட்புலனாகும் ஒளி பிரதிபலிப்பது அல்லது கடத்தப்படுவது இல்லை என்பதால்

குளிர்ச்சியாக உள்ளபோது அது கருமையாகக் காட்சியளிக்கிறது. எனினும், கரும்பொருளானது கதிர்வீச்சின் நிறமாலைக்கு ஏற்ப வெப்பநிலையை உமிழ்கிறது. இந்த வெப்பக் கதிர்வீச்சுக்கு கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு என்று பெயர்.

Unit-3 LASERS

Electromagnetic Spectrum- Laws of Reflection and Refraction- Laser- spontaneous and stimulated emission – Population inversion – Pumping – Optical and Electrical pumping- Types of LASER – Ruby LASER – He-Ne LASER – Applications of LASER (LIST OF FIELDS ONLY)

Electromagnetic spectrum

The EM spectrum is a range of frequencies, wavelengths and photon energies covering frequencies from below 1 Hz to above 10^{25} Hz corresponding to wavelengths which are a few kilometers to a fraction of the size of an atomic nucleus in the spectrum of EM waves. The entire range is given by radio waves, micro waves, infra red radiation, visible light, UV radiation, X-rays, gamma rays and cosmic rays in the increasing order of frequency and decreasing order of wavelength.

Reflection of light

Reflection is the change in direction of a wave front at an interface between two different media so that the wave front returns into the medium from which it originated. Common examples include the reflection of light, sound and water waves.

Laws of Reflection

- The incident ray, the reflected ray and the normal to the surface of the mirror all lie in the same plane
- The angle of incidence is equal to the angle of reflection.

Refraction of light

Refraction of light is the phenomenon of change in the path of light in going from one medium to another. When going from a rarer to a denser medium, the ray of light bends towards normal and in going from a denser to a rarer medium, the ray of light bends away from normal.

Laws of Refraction

- The incident ray, refracted ray of light and the normal to the refracting surface all lie in the same plane.
- The ratio of the sine of the angle of incidence and sine of the angle of refraction is constant.

Introduction about LASER

The word LASER is an acronym for "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation". It is a powerful monochromatic light source of collimated beam in which the light waves are highly coherent. The laser light has many superior features compared to conventional light source. Einstein introduced this concept in 1917. Dr. T.H. Maiman demonstrated the first laser namely the ruby laser in the year 1960.

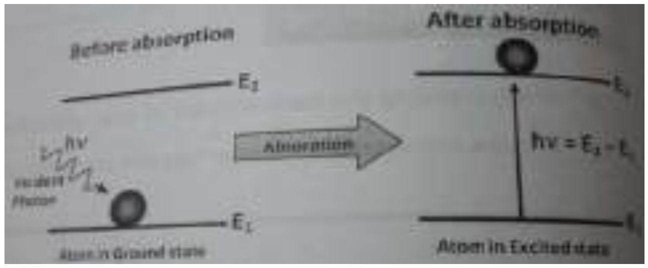
Laser characteristics

Laser differs from the ordinary light with respect to some properties. They are Monochromaticity, Directionality, Coherence and Intensity

Principles of laser

Absorption of radiation

An atom is in the ground state with energy E_1 absorbs a photon of energy hν and goes to the excited state with energy E_2 as shown in Fig. This transition is known as stimulated absorption or induced absorption or simply absorption. Here the energy difference is given as $(E_2 – E_1) = h\nu$.



If there are many number of atoms in the ground state then each atom will absorb the energy from the incident photon and goes to the excited state then,

The rate of absorption (R_{12}) is proportional to the following factors

(i.e) $R_{12} \propto$ Energy density of incident radiation (ρ_ν)

$\propto$ No. of atoms in the ground state (N_1)

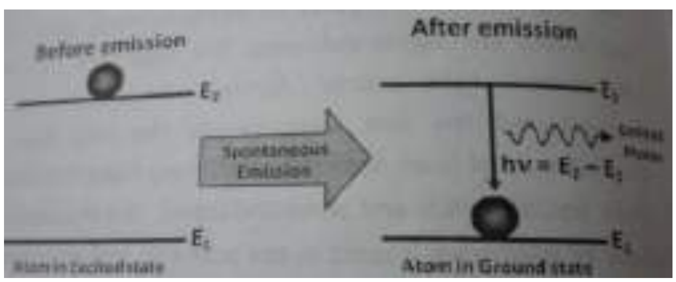
$$R_{12} = B_{12}\ \rho_\nu N_1$$

$$R_{12} \propto \rho_\nu N_1$$

where B_{12} is a constant which gives the probability of absorption transition per unit time

Spontaneous emission

The natural tendency of an atom is to seek out the lowest energy configuration. The excited atoms do not stay in the excited state for longer time but tend to return to the lower state by giving up the excesses energy hν as shown in fig. The atom in the excited state E_2 returns to the ground state E_1 by emitting a photon of energy hν without any external energy. Such emission of radiation not initiated by any external influence is called spontaneous emission. This emission is uncontrollable.



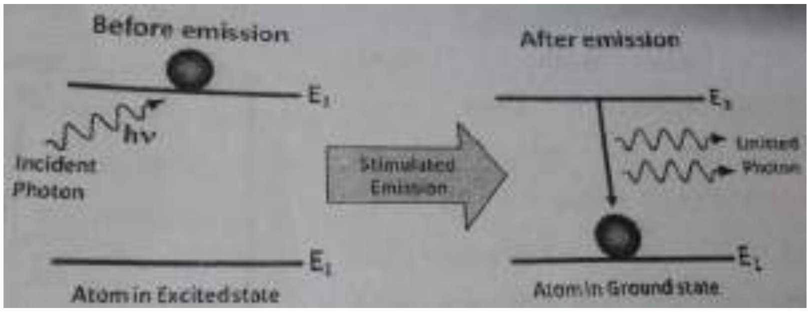
The rate of spontaneous emission R_{21} (Sp) , *(i.e)* $R_{21} (Sp) \propto N_2$

$$R_{21} (Sp) = A_{21} N_2$$

where A_{21} is a constant which gives the probability of spontaneous emission transitions per unit time

Stimulated emission

The atom in the excited state E_2 as shown in fig. A photon of energy hν can stimulate the atom to move to its ground state. During this process the atom emits an additional photon whose energy is also hν. As the emission is stimulated by external photon, this process is known as stimulated emission.



The rate of stimulated emission R_{21} (St) is given by

(i.e) R_{21} (St) $\propto$ $\rho_v N_2$

$$R_{21} (St) = B_{21} \rho_v N_2$$

where B_{21} is a constant which gives the probability of stimulated emission transitions per unit time

S. No	Stimulated emission	Spontaneous emission
1.	An atom in the excited state is induced to return to ground state, thereby resulting in two photons of same frequency and energy is called stimulated emission.	The atom in the excited state returns to ground state thereby emitting a photon, without any external inducement is called spontaneous emission.
2.	The emitted photons move in same direction and are highly directional.	The emitted photons move in all directions and are random.
3.	The radiation is high intense, monochromatic and coherent.	The radiation is less intense and is incoherent.
4.	The photons are in phase.	The photons are not in phase.
5.	The rate of transition is given by $R_{21} (St) = B_{21} \rho_v N_2$	The rate of transition is given by $R_{21} (Sp) = A_{21} N_2$

Population inversion:

When a system is in thermal equilibrium, the distribution of energy states at a given temperature follows the Boltzmann's law as

$$N = N_0 e^{\left(\frac{-E}{KT}\right)}$$

where,

N_0 is the population in the ground state

N is the population in the given energy state

K is the Boltzmann's constant

T is the absolute temperature

From the above equation, it is clear that the population is maximum in ground state and decreases exponentially as one goes to higher energy state as shown in fig. 4(a). ie., $N_1 > N_2$. If the situation is just reverse, ie **there are more atoms in an excited state than the ground state as shown in fig 4 (b), a net emission of photons can result. This condition is called population inversion. In this case $N_2 > N_1$.**

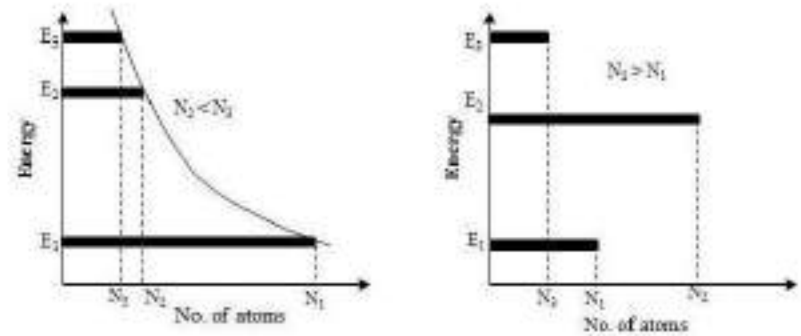


Fig. 4 (a) population at different energy states of atoms (b) population inversion through pumping process

Pumping methods

The process of achieving population inversion is called pumping. Pumping can be classified into the following types based on the type of source of pumping.

1. **Optical pumping**: Here the atoms are excited with the help of photons emitted by an optical source. The atoms absorb energy from the photons and raises to excited state. (e.g.) Ruby Laser, Nd-YAG Laser
2. **Electrical pumping**: The electrons are accelerated to very high velocities by strong electric field and they collide with gas atoms and these atoms are raised to excited state. (e.g.) Argon Laser, CO_2 Laser
3. **Direct Conversion**
4. **Inelastic collision between atoms**
5. **Chemical pumping**

Meta stable state

It is an excited state of an atom with a longer life time than the other excited states. However it has a shorter life time than the stable ground state. Atoms in the metastable state remain excited for a considerable time in the order of 10^{-6} to 10^{-3} s.

Active Medium: The active laser medium consists of a collection of atoms, molecules or ions. The excited state of the active laser medium has a meta stable state having longer lifetime ($\approx 10^{-8}$ sec) compared to excited states which usually have short life times.

Types of LASERS

1. Solid state laser : It is classified into two types (a) 3 level laser (e.g) Ruby laer, (b) 4 level laser (e.g) Nd-YAG laser
2. Gas laser: Egs. CO2 laser, He-Ne laser
3. Semiconductor laser: Egs. GasAs
4. Liquid laser: Eg. Europium benzoyl acetone dissolved in alcohol.
5. Dye laser and chemical lasers.

RUBY LASER

Ruby laser is the first type of laser constructed by Maiman in 1960. Ruby is a crystal of Al_2O_3 in which some of the Al^{3+} ions are replaced by (0.05% by weight) Cr^{3+} ions. Cr^{3+} ions constitute the active centres whereas the aluminum and oxygen atoms are inert.

Principle:

It is a three level solid state laser. Ruby rod is used as an active medium and Cr^{3+} ions act as a active center. Optical pumping method is used to achieve the population inversion. The wavelength of the laser beam emitted is 6943Å.

Construction:

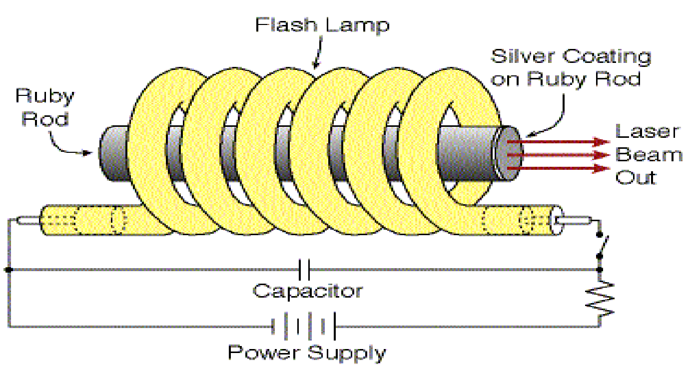


Fig. (1) schematic diagram of Ruby laser

The arrangement of laser is shown in fig (1). It consists of a ruby cylindrical rod typically 5 cm long and 0.5 cm in diameter whose ends are optically flat and accurately parallel. One end is fully silvered and the other is only partially silvered. The rod is surrounded by a glass tube. The glass tube is surrounded by helical xenon flash tube which acts as the optical pumping system.

Working:

The energy level diagram of chromium ions in ruby crystal is shown in fig (2). The Cr ions are excited from level E_1 to level E_3 by the absorption of light of wavelength 550 nm from the xenon flash tube. The excited ions quickly undergo non-radiative transitions to the level E_2, with a transfer of energy to the lattice thermal motion. The E_2 level is a metastable state with a lifetime of about 3×10^{-3} s (usual atomic lifetimes are ~ 10^{-28} s). Now, the population of the E_2 level becomes greater than that of the E_1 level. Thus the "population inversion" is achieved.

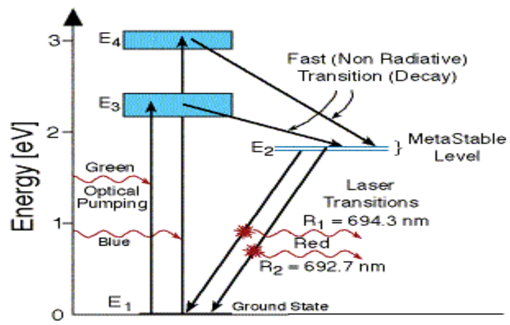


Fig. (2) Energy level diagram of chromium ions in ruby laser

Some photons are produced by spontaneous transition from E_2 to E_1, and have a wavelength of 694.3 nm (ruby red). The ends of the ruby rod act as reflecting mirrors. Therefore, Photons that are not moving parallel to the ruby rod escape from the side, but those moving parallel to it are reflected back and forth. These stimulate the emission of similar other photons. The chain reaction quickly develops a beam of photons all moving parallel to the rod, which is monochromatic and is coherent. When the beam develops sufficient intentsity, it emerges through the partially silvered end.

Once all the chromium ions in the metastable level have returned to ground level, the laser action stops. It is then necessary to send one more flash of pumping radiation through the rod. Thus the ruby laser operates only in pulses. Even in the short period of a few microseconds in which the ruby is lasing, we find that the emission is made up of spikes of high intensity emission as shown in fig (3). This phenomenon is known as spiking of the laser, first observed in experiments with ruby by Collins et.al.

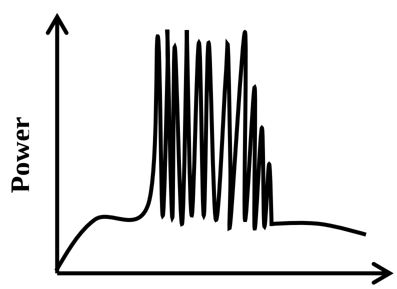


Fig (3) characteristic spiking of ruby laser

Advantages:

- Ruby lasers are economical
- Beam diameter of ruby laser is comparitivelyless than CO_2
- Output power of the ruby laser is not less asin the He-Ne laser
- Since the ruby laser is in solid form, there is no chance of wastage of active material

Disadvantages:

- No significant stimulated emission occurs until atleast half of the ground state electrons excited to the metastable state.
- Efficiency of ruby laser is comparatively low
- Optical cavity of ruby laser is short as compared to other laser

Applications:

- Pulsed holography
- Ranging experiments
- To remove tattoos
- To remove skin lesions resulting from excess melanin

He – Ne LASER

He – Ne laser is the first gas laser. It is a four level gaseous laser. The mixture of helium and neon gases is filled in the discharge tube. Helium gas used as active medium and neon atom used as active material. Inelastic atom-atom collision method is used as pumping process. Power output is approximately 0.5 to 50 milli Watt. The output light is continuous wave form.

Principle:

The active medium is the He – Ne gas. The gas laser medium is excited by electric discharge method in which inelastic collision between atoms will results in population inversion.

Construction

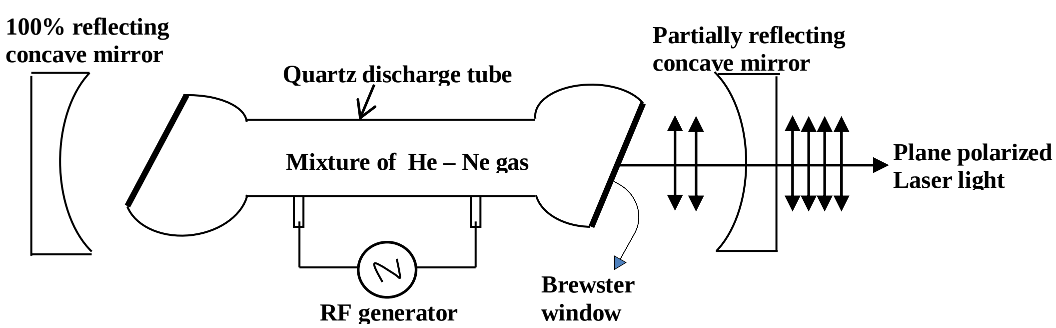


Fig (1) schematic diagram of He-Ne laser

Fig (1) shows the schematic arrangement of a He – Ne laser apparatus. He – Ne laser consists of a quartz discharge tube about 80cm long and 1.5cm diameter. The discharge tube is filled with mixture of helium and neon gases with different partial pressures. The gases are mixed under the pressure of 1mm mercury of helium and 0.1 mm mercury of neon in the ratio of 10:1 . these mixture acts as active material.

The ends of the discharge tube are inclined at the polarizing angle. Hence the emitted laser light is plane polarized. This arrangement is called Brewster window.

A radio frequency generator (RF generator) is connected to the discharge tube. It is used to produce population inversion in active material. A pair of concave mirror is placed at the ends of the discharge tube. One of the mirrors is 100% reflecting and the other is partially reflecting. These mirrors form an optical resonator.

Working: When RF generator is switched on, electrons are generated inside the discharge tube. At first the generated electrons collide with the helium atoms in ground state thereby helium atoms are excited to two of energy levels as shown in fig (2). These two levels happen to be very close to the 3s and 2s levels of the neon atoms. When the excited helium atoms collide with the neon atoms, energy is exchanged, pumping the neon atoms to the respective levels. The atoms at the neon 3s level eventually drops down to the 2p level asa result, stimulated emission is taking place and light of wavelength 0.6328μm is emitted. The atoms at the 2s level, on the other hand, drops to the 2p level by emitting light at 1.15μm. However, the atoms at the 3s level may instead dropdown to the 3p level, by emitting light at 3.39μm.

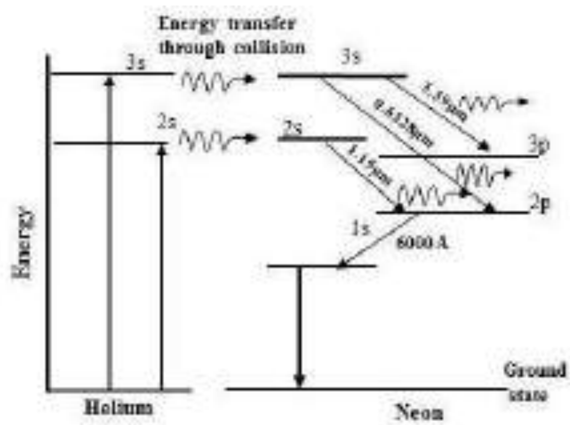


Fig. (2) Energy level diagram of He-Ne ions

Advantages:

- Less heat is generated inside the discharge tube, therefore no need for cooling.
- It is operated in continuous mode
- It has high stability of wavelength.
- Output of the laser can be tuned to a required wavelength(±100Å).
- It is not much expensive

Disadvantages

- Output power is moderate
- Compare with solid state laser its size is large

Applications of Lasers

Laser is an optical device that generates intense beam of coherent monochromatic light by stimulated emission of radiation. Laser light is different from an ordinary light. It has various unique properties such as coherence, monochromacity, directionality, and high intensity. Because of these unique properties, lasers are used in various applications.

The most significant applications of lasers include:

- Lasers in medicine
- Lasers in communications
- Lasers in industries
- Lasers in science and technology
- Lasers in military

Lasers in Medicine

1. Lasers are used for bloodless surgery.
2. Lasers are used to destroy kidney stones.
3. Lasers are used in cancer diagnosis and therapy.
4. Lasers are used for eye lens curvature corrections.
5. Lasers are used in fiber-optic endoscope to detect ulcers in the intestines.
6. The liver and lung diseases could be treated by using lasers.
7. Lasers are used to study the internal structure of microorganisms and cells.
8. Lasers are used to produce chemical reactions.
9. Lasers are used to create plasma.
10. Lasers are used to remove tumors successfully.
11. Lasers are used to remove the caries or decayed portion of the teeth.
12. Lasers are used in cosmetic treatments such as acne treatment, cellulite and hair removal.

Lasers in Communications

1. Laser light is used in optical fiber communications to send information over large distances with low loss.
2. Laser light is used in underwater communication networks.
3. Lasers are used in space communication, radars and satellites.

Lasers in Industries

1. Lasers are used to cut glass and quartz.
2. Lasers are used in electronic industries for trimming the components of Integrated Circuits (ICs).
3. Lasers are used for heat treatment in the automotive industry.
4. Laser light is used to collect the information about the prefixed prices of various products in shops and business establishments from the bar code printed on the product.
5. Ultraviolet lasers are used in the semiconductor industries for photolithography. Photolithography is the method used for manufacturing printed circuit board (PCB) and microprocessor by using ultraviolet light.
6. Lasers are used to drill aerosol nozzles and control orifices within the required precision.

Lasers in Science and Technology

1. A laser helps in studying the Brownian motion of particles.
2. With the help of a helium-neon laser, it was proved that the velocity of light is same in all directions.
3. With the help of a laser, it is possible to count the number of atoms in a substance.

4. Lasers are used in computers to retrieve stored information from a Compact Disc (CD).
5. Lasers are used to store large amount of information or data in CD-ROM.
6. Lasers are used to measure the pollutant gases and other contaminants of the atmosphere.
7. Lasers help in determining the rate of rotation of the earth accurately.
8. Lasers are used in computer printers.
9. Lasers are used for producing three-dimensional pictures in space without the use of lens.
10. Lasers are used for detecting earthquakes and underwater nuclear blasts.
11. A gallium arsenide diode laser can be used to setup an invisible fence to protect an area.

Lasers in Military

1. Laser range finders are used to determine the distance to an object.
2. The ring laser gyroscope is used for sensing and measuring very small angle of rotation of the moving objects.
3. Lasers can be used as secretive illuminators for reconnaissance during night with high precision.
4. Lasers are used to dispose the energy of a warhead by damaging the missile.
5. Laser light is used in LIDAR's to accurately measure the distance to an object

Model Questions

1. What is Electromagnetic spectrum?
2. What is reflection of light?
3. State the laws of reflection?
4. What is refraction?
5. State the laws of refraction?
6. Distinguish between spontaneous and stimulated emission?
7. List out characteristics of LASER.
8. What is meant by Spontaneous emission?
9. What is meant by stimulated emission?
10. What is meant by population inversion?
11. What is meant by pumping?
12. Describe the construction and working of Ruby laser.
13. Discuss with theory the construction and working of He-Ne laser.
14. Discuss the applications of laser in various fields.

Unit - III Lasers

EM Spectrum - Laws of Reflection and Refraction - LASER - Spontaneous and Stimulated Emission - population Inversion - pumping - Electrical and optical pumping - Types of Laser - Ruby Laser - He-Ne laser - Applications of Laser.

மின்காந்த அலை நிறமாலை :

அலைநீளம் அல்லது அதிர்வெண்ணின் அடிப்படையில் வரிசைக்கிரமமாக அமைக்கப்பட்ட மின்காந்த அலைகளின் தொகுப்பே, மின்காந்த நிறமாலை (Electromagnetic spectrum) என்று அழைக்கப்படும்.

அவைகள் : ரேடியோ அலைகள் (Radio waves), மைக்ரோ அலைகள் (Micro waves), அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் (infrared rays), கண்ணுறு ஒளி (visible light), புறஊதாக் கதிர்கள் (ultraviolet rays), X - கதிர்கள் (X - rays).

கதிர் ஒளியியல் :

கதிர் ஒளியியல், ஒளி ஒரு கதிராகக் கருதப்படுகிறது. இக்கதிர், ஊடகம் ஒன்றினுள் நேர்க்கோட்டில் செல்கிறது. அவ்வொளி, மற்றொரு விழும் 90% ஒளியை எதிரொளிக்கும் தன்மை கொண்டவை. படுகோணம் (i) மற்றும் எதிரொளிப்புக் கோணம் (r) இவற்றை ஒளி எதிரொளிக்கும் புள்ளியில், எதிரொளிக்கும் பரப்புக்குச் செங்குத்தாக வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டைப் பொருத்து அளவிடலாம்.

ஒளி எதிரொளிப்பு விதியின்படி,

(அ) படுகதிர், எதிரொளிப்புக் கதிர் மற்றும் எதிரொளிக்கும் பரப்புக்கு செங்குத்துக்கோடு இவை அனைத்தும் ஒரே தளத்தில் அமையும் (அதாவது ஒரே பரப்பில் காணப்படும்).

(ஆ) படுகோணம் (i) மற்றும் எதிரொளிப்புக் கோணம் (r) இவை இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று சமம்.

$$\boxed{i = r}$$

ஒளிவிலகல்:

ஒளிக்கதிரொன்று ஓர் ஒளி புகும் ஊடகத்தில் இருந்து மற்றோர் ஒளிபுகும் ஊடகத்திற்குச் சாய்வாகச் செல்லும்போது, ஒளிக்கதிர் தன் பாதையில் இருந்து விலகிச் செல்கிறது. ஒளிக்கதிரின் பாதையில் ஏற்படும் இந்த விலகல் 'ஒளிவிலகல்' எனப்படுகிறது.

ஒளிவிலகலின் முதல் விதி:

ஒளிக்கதிர் ஓர் ஊடகத்திலிருந்து, மற்றோர் ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது, படுகதிர், விலகுகதிர், படுபுள்ளியில் விலகல் அடையும் பரப்புக்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் கோடு ஆகியவை ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.

இரண்டாம் விதி:

ஒளிக்கதிர் ஓர் ஊடகத்திலிருந்து, மற்றோர் ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது, படுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும், விலகு கோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் இடையே உள்ள தகவானது அவ்விரு ஊடகங்களின்

ஒளிவிலகல் எண்களின் தகவிற்கு சமம். இவ்விதி 'ஸ்நெல் விதி' என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

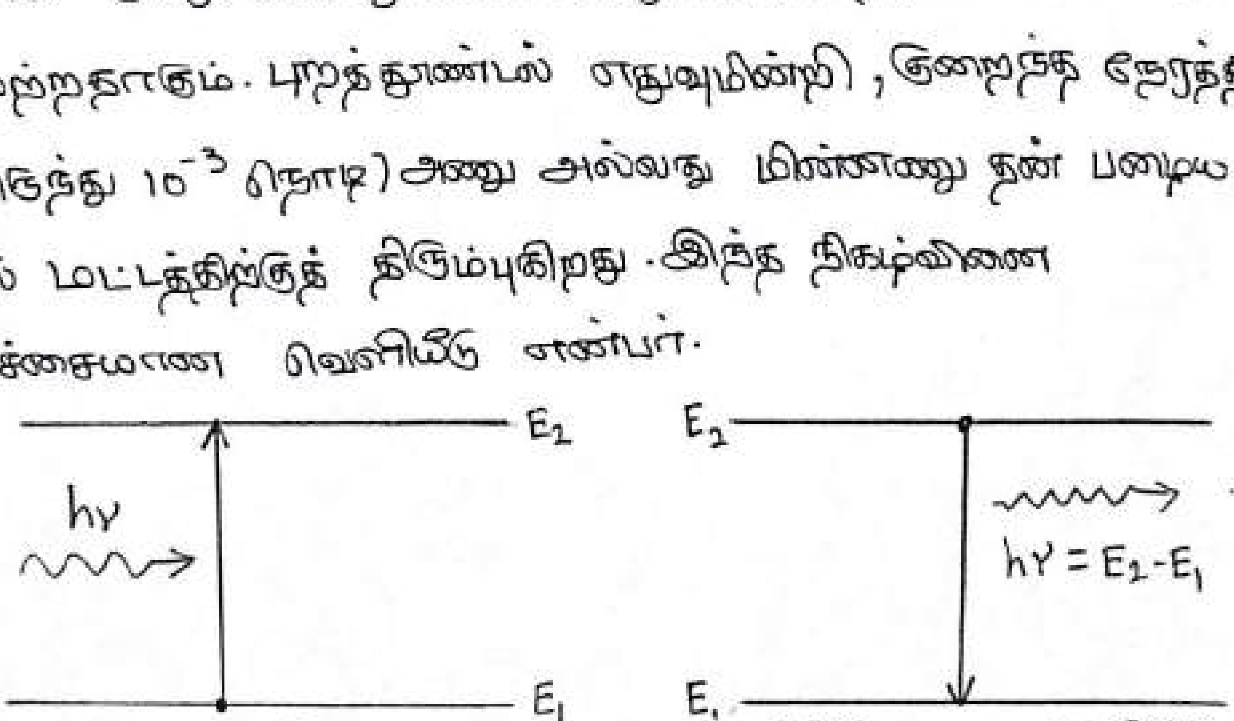
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$$

லேசர் :

லேசர் (Laser) என்ற வார்த்தை Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation என்ற சொற்றொடர்களின் முதல் எழுத்துக்களின் சுருக்கமாகும். எனவே லேசர் எனின் தூண்டப்பட்ட கதிர்வீச்சு வெளியீட்டினால் ஒளியினைப் பெருக்குதல் என்பதாகும். லேசர் மிக அதிகமான செறிவு கொண்ட இணைக் கற்றைகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. இந்த ஒளி ஒற்றை நிறமானது, ஒரே திசை, ஓரியல் (coherent) தன்மையும் கொண்டது.

தன்னிச்சையான வெளியீடு :

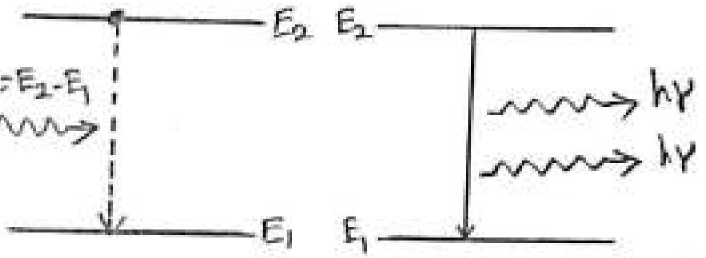
மேல்மட்டத்தை அடைந்த அணுவினை கிளர்ச்சியூட்டப்பட்ட நிலையில் அணு உள்ளது. கிளர்ச்சியூட்டப்பட்ட நிலையில் அணு நிலையற்றதாகும். புறத்தூண்டல் எதுவுமின்றி, குறைந்த நேரத்தில் (10^{-8} லிருந்து 10^{-3} நொடி) அணு அல்லது மின்னணு தன் பழைய ஆற்றல் மட்டத்திற்குத் திரும்புகிறது. இந்த நிகழ்வினை தன்னிச்சையான வெளியீடு என்பர்.



உட்கவர்தல் தன்னிச்சையான வெளியீடு

<u>தூண்டப்பட்ட வெளியீடு</u> :

கிளர்ச்சியூட்டப்பட்ட நிலையிலுள்ள அணுவின்மீது, இரு மட்டங்கட்குயிடையே உள்ள ஆற்றல் வேறுபாட்டிற்குச் சமமான ஆற்றல் $h\nu$ கொண்ட ஃபோட்டான் விழும்போது சீர் புதுமையான நிகழ்ச்சி தோன்றுகிறது. இந்த நிகழ்வின்போது தாக்குவதற்குப் பயன்படுத்திய ஃபோட்டானுடன், $h\nu$ ஆற்றல் கொண்ட மற்றொரு ஃபோட்டானும் வெளிவருகிறது. இந்த நிகழ்வினை தூண்டப்பட்ட வெளியீடு என்பர்.



Stimulated Emission (தூண்டப்பட்ட வெளியீடு)

<u>தொகை தலைகீழாக்கம்</u> :

லேசர் செயற்பாட்டிற்கு உயர் ஆற்றல் மட்டத்திலுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இருக்கவேண்டும். எனவே அதிகமான அணுக்களை தாழ் ஆற்றல் மட்டத்திலிருந்து உயர் ஆற்றல் மட்டத்திற்குக் கொண்டு செல்லவேண்டும். இச்செயற்பாட்டினை தொகை தலைகீழாக்கம் (Population inversion) என்பர்.

<u>அணுக்கள் ஏற்றுதல்</u> :

லேசர் செயற்பாட்டினைப் பெறுவதற்கு, ஏதாவதொரு முறையில் மேல் மட்டத்திலுள்ள தொகையை அதிகமாக்கவேண்டும். இதற்கு அணுக்கள் ஏற்றுதல் (Pumping) என்ற முறையில் கீழ் மட்டத்திலிருந்து மேல் மட்டத்திற்கு அணுக்களைக் கொண்டு செல்லலாம்.

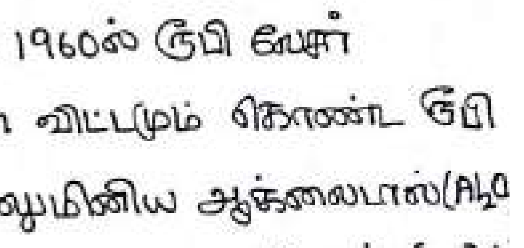
அணுக்கள் ஒளியாற்றல் மூலம் உயர் ஆற்றல் E_2 மட்டங்களுக்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டால், <u>ஒளியியல் தெறிப்பு</u> (optical pumping) எனப்படும்.

மின்னியல் தெறிப்பு:

அணுக்கள் மின்னாற்றல் மூலம் உயர் ஆற்றல் E_2 மட்டங்களுக்கு எடுத்து செல்லப்பட்டால், மின்னியல் தெறிப்பு (electrical Pumping) என்பர்

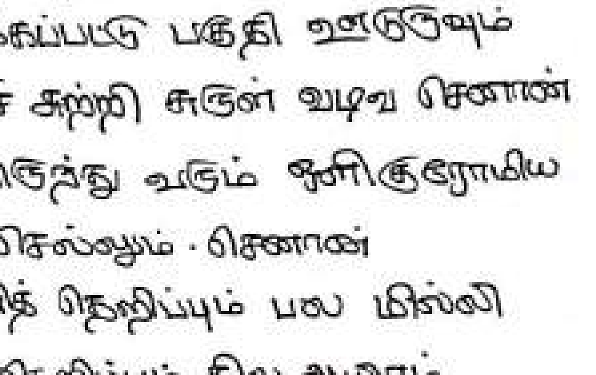
ரூபி லேசர் (Ruby laser)

T. மெய்மன் (T. Maiman) என்பவரால் 1960ல் ரூபி லேசர் வடிவமைக்கப்பட்டது. இது 10 cm நீளமும், 0.8 cm விட்டமும் கொண்ட ரூபி படிகத் தண்டினைக் கொண்டது. ரூபி என்பது அலுமினிய ஆக்சைடால் (Al_2O_3) ஆனது. இதில் சில அலுமினிய அணுக்கள், குரோமியம் அயனியால் (Cr^{3+}) இடம் பெயர்வு செய்யப்படுகின்றன.



ரூபி தண்டின் முனைகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாகவும், தட்டையாகவும் இருக்கும். ஒரு முனை முழுவதும் வெள்ளிப் பூச்சு கொடுக்கப்பட்டு ஆடியாகவும், மறு முனைப் பகுதி வெள்ளிப் பூச்சு (semi silvered) கொடுக்கப்பட்டு பகுதி ஊடுருவும் ஆடியாகவும் செயல்படும். ரூபித் தண்டினைச் சுற்றி சுருள் வடிவ செனான் (zenon) தெறிப்புக் குழாய் உள்ளது. இதிலிருந்து வரும் ஒளி குரோமிய அணுக்களை உயர்ந்த நிலைக்கு எடுத்துச் செல்லும். செனான் குழாயிலிருந்து வெளிவரும் ஒவ்வொரு ஒளித் தெறிப்பும் பல மில்லி வினாடிகளுக்கு நீடித்திருக்கும். ஒவ்வொரு தெறிப்பும் சில ஆயிரம் ஜூல்கள் ஆற்றல் உடையதாக இருக்கும்.

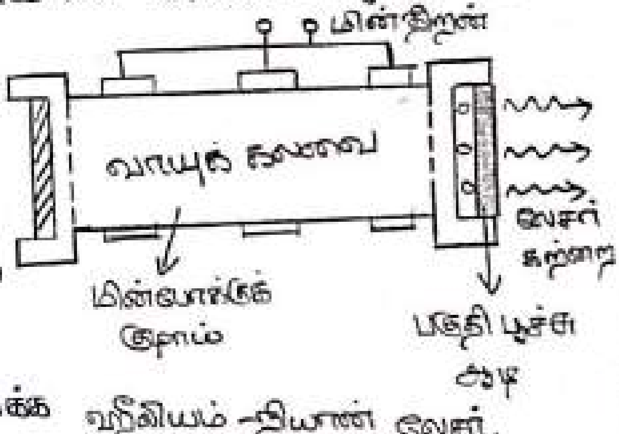
ரூபி லேசரில் உள்ள குரோமிய அணுக்களின் கிளர்ச்சி மற்றும் அடிநிலை ஆற்றல் மட்டங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. சாதாரண நிலையில் பெரும்பாலான குரோமிய அணுக்கள் அடிநிலை E_1ல் இருக்கும். ஒளித் தெறிப்புக் குழாயினால் ஒளியூட்டப்படும் போது 5500 Å அலை நீளம் கொண்ட (பச்சை நிற ஒளி) ஃபோட்டான்களை குரோமியம் அயனிகள் உட்கவர்வதால், அவை கிளர்ச்சி நிலை E_3க்கு செல்கின்றன. இந்த கிளர்ச்சி அயனிகள் ஆற்றலின் ஒரு பகுதியை படிகத்தின் அணிக்கோவைக்குக் கொடுத்துவிட்டு கதிர்வீச்சலை வெளிவிடாமல் இடைநிலையை (E_2) அடையும். E_2 நிலையில் ஆயுட்காலம் (10^{-3} s) அதிகம். எனவே



இடைநிலையில் அணுக்களின் எண்ணிக்கை தொடர்ந்து உயரும். இவ்வாறு E_1, E_2 நிலைகளுக்கிடையே அணுத்தொகை ஏற்றம் ஏற்படுகிறது. இடைநிலை E_2 உள்ள கிளர்ச்சி அயனி, தன்னிச்சையாக அடிநிலை E_1க்கு செல்லும்போது 6943 Å அலைநீளம் கொண்ட ஃபோட்டானை வெளிவிடும். இந்த ஃபோட்டான் ரூபித் தண்டின் வழியே சென்று, முன்னும் பின்னும் ஆடிகளால் பிரதிபலித்து, கிளர்ச்சி அயனிகளைத் தூண்டி புதிய ஃபோட்டான்களை அதே கட்ட நிலையில் உண்டாக்கும். இவ்வாறான பிரதிபலிப்புகள் தூண்டு உமிழ்வு நிகழ்ச்சியை கூடுதலாக உண்டாக்கும். இந்தத் தூண்டு உமிழ்வுதான் லேசர் நிகழ்வு ஆகும். இறுதியாக 6943 Å அலைநீளம் கொண்ட சிவப்பு நிற ஒளித் துடிப்புகள், பகுதி வெள்ளிப்பூச்சு பெற்ற படிகத்தின் முனைவழியே வெளியேறும்.

ஹீலியம் - நியான் லேசர்:

தொடர்ச்சியான, செறிவு மிக்க லேசர் கற்றையினை வாயு லேசர்கள் மூலம் பெறலாம். ஹீலியம் - நியான் லேசரின் முக்கியப் பகுதிகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.



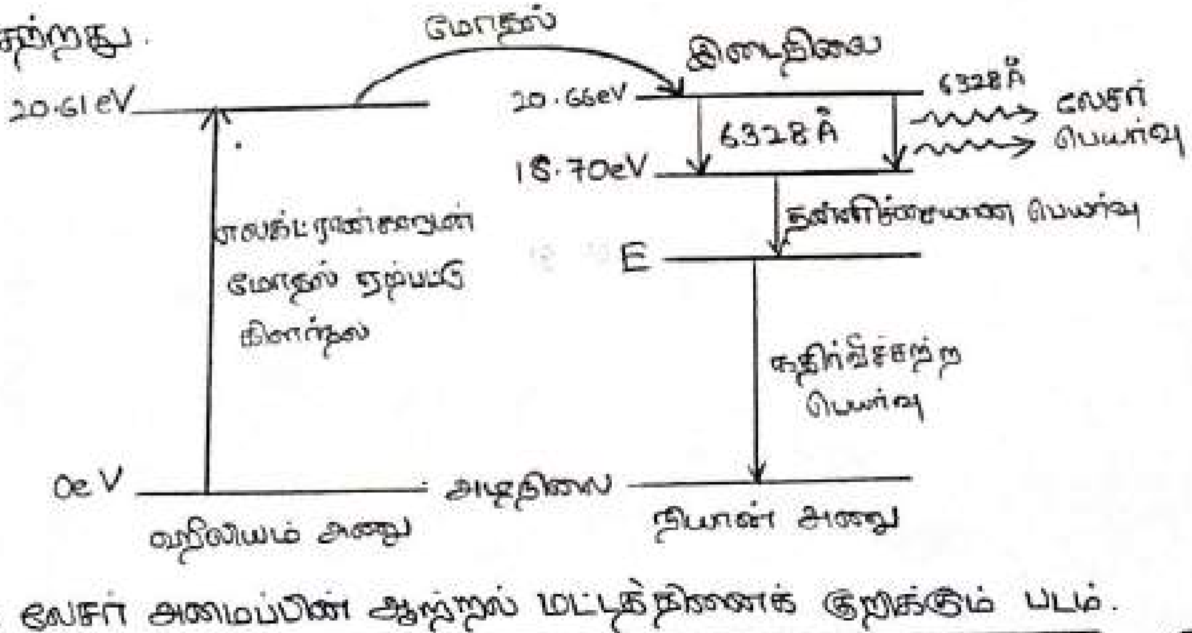
ஹீலியம் - நியான் லேசர்.

He-Ne லேசரில் குவார்ட்ஸ் குழாய் ஒன்றுள்ளது இதனுள் 1 mm பாதரச அழுத்தத்தில் 1:4 என்ற விகிதத்தில் ஹீலியம் - நியான் வாயுக்கள் உள்ளன. குழாயின் ஒரு முனையில் முழுதும் பிரதிபலிக்க கூடிய ஆடி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். மறுமுனையில், ஒரு பகுதி ஒளியை மட்டும் பிரதிபலிக்குமாறு, பகுதி வெள்ளிப்பூச்சு உடைய ஆடி இருக்கும்.

வாயுவில் மின் போக்கினை நிகழ்த்த ஒரு திறன்மிக்க ரேடியோ அதிர்வெண் மின்னியற்றி பயன்படுகிறது. இதனால் ஹீலிய அணுக்கள் உயர்ந்த நிலைக்கு கிளர்ச்சியடையும்.

He-Ne அணுக்களின் ஆற்றல் மட்டங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. வாயுவின் வழியே மின்போக்கு நிகழும்போது, குழாயிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் ஹீலிய, நியான் அணுக்களுடன் மோதலுற்று அவற்றை அடிநிலையிலிருந்து 20.61 eV மற்றும் 20.66 eV ஆற்றல்

கொண்ட இடைநிலைகளுக்கு உயர்த்தும், கிளர்ச்சியுற்ற சில ஹீலியம் அணுக்கள் மோதலின் மூலம் ஆற்றலை கிளர்ச்சியுறாத நியான் அணுக்களுக்கு கொடுக்கும். இவ்வாறு நியான் அணுக்களின் அணுத்தொகை ஏற்றத்திற்கு ஹீலியம் அணுக்கள் உதவுகின்றன. நியான் அணு 20.66 eV ஆற்றல் கொண்ட கிளர்ச்சி நிலையிலிருந்து 18.70 eV ஆற்றல் கொண்ட குறைந்த ஆற்றல் மட்டத்திற்கு தன்னிச்சையாகச் செல்லும் போது 6328 Å அலைநீளம் கொண்ட கண்ணுறு பகுதியிலுள்ள ஃபோட்டான்களை உமிழும். இந்த ஃபோட்டான் பிரதிபலிக்கும் முனையில் எதிரொளிப்பு அடையச் செய்யப்பட்டு, வாயுக் கலவையின் வழியே முன்னும் பின்னும் செல்லும். அப்போது, கிளர்ச்சியுற்ற நியான் அணு தூண்டப்பட்டு, புதியதாக 6328 Å அலைநீள ஃபோட்டான் உமிழப்பட்டு, தூண்டு போட்டானுடன் சேர்ந்து ஒரே கட்டத்தில் வெளிவரும். 20.66 eVலிருந்து 18.70 eVக்கு ஏற்படும் தூண்டப்பட்ட பெயர்வு, லேசர் நிகழ்வு ஆகும். லேசர் கற்றையானது, பகுதி வெள்ளிப்பூச்சு கொடுக்கப்பட்ட பரப்பின் வழியே வெளியேறும், நியான் அணுக்கள் 18.70 eV நிலையிலிருந்து E ஆற்றல் கொண்ட குறைந்த நிலைக்குத் தன்னிச்சையாகத் தாவி ஒரியல்பற்ற ஒளியை உமிழும். இந்த ஆற்றல் மட்டம் E லிருந்து, Ne அணுக்கள், மோதல்கள் மூலம் குழாயின் சுவர்களில் மோதலுற்று அடிநிலையை அடைகின்றன. இறுதியாக ஏற்படும் நிகழ்வு கதிர்வீச்சற்றது.



He-Ne லேசர் அமைப்பின் ஆற்றல் மட்டத்தினைக் குறிக்கும் படம்.

லேசரின் பயன்கள் :

உயர்ந்த ஒரியல் பண்பு, அதிகச் செறிவு காரணமாக லேசர் கற்றையானது அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் துறைகளில் பயன்படுகிறது.

தொழில்துறை பயன்கள் :

* லேசர் கற்றையைப் பயன்படுத்தி வைரம் மற்றும் கடினமான தடித்த தகடு போன்றவற்றில் மிக நுண்ணிய துளைகளிடலாம்.

* கடினமான உலோகங்களின் தடித்த தகடுகளை வெட்டவும், பற்ற வைப்பதற்கும் பயன்படுகின்றன.

* மின்னணு சுற்றுகளிலும், குறைக்கடத்தி சுற்றுகளிலும் தேவையற்ற பொருள்களை ஆவியாக்கப் பயன்படுகிறது.

* பொருள்களின் தரத்தினை சோதிக்க உதவும்.

மருத்துவப் பயன்கள் :

* மிகக் குறிகிய பரப்பில் குவிக்கப்படுவதால், மிக நுண்ணிய அறுவை சிகிச்சைக்குப் பயன்படுகிறது.

* சிறுநீரகக் கல், கட்டிகள் ஆகியவற்றை அகற்றவும், மூளை அறுவை சிகிச்சை, கண் விழித்திரை நீக்குதல் போன்றவற்றில் நுண்ணிய இரத்தக் குழாய்களை வெட்டவும், ஒட்டவும் பயன்படுகிறது.

* உணவுப் பாதை உள்நோக்கிகளில் (endoscopy) பயன்படுகிறது.

* மனித மற்றும் மிருகப் புற்றுநோய் சிகிச்சையில் பயன்படுகிறது.

அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் பயன்கள் :

* லேசர் கற்றையின் அதிர்வெண் நிலையாக இருப்பதால், அதனைப் பண்பேற்றம் செய்து ரேடியோ, தொலைக்காட்சி,

தொலைபேசிகளில் பல செய்திகளை ஒரே நேரத்தில் அனுப்பலாம்.

* ஒளியியல் இழை (optical Fiber Communication) செய்தித் தொடர்பில் குறைக்கடத்தி அனுப்பலாம்.

* குறுகிய பரப்பில் பரவுவதால், மைக்ரோ அலைச் செய்தித் தொடர்பில் லேசர் ஒரு சிறந்த கருவியாகப் பயன்படுகிறது. புவித் துணைக்கோள்கள் மற்றும் ராக்கெட் துறைகளில் தொடர்பு கொள்ள லேசர் பயன்படுகிறது. இலக்கு (target) உள்ள தொலைவைத் துல்லியமாகக் கண்டறிவதிலும் லேசர் பயன்படுகிறது.

* புவிக்கும், நிலவிற்கும் இடையே உள்ள தொலைவைக் கணக்கிடலாம்.

* இராமன் நிறமாலையியலில் பயன்படுகிறது.

* ஹோலோகிராபி என்ற முப்பரிமாணக் கலையில் பயன்படுகிறது (லென்சுகளைப் பயன்படுத்தாமல் முப்பரிமாணக் நிழற்படம் உருவாக்குதல்).

* லேசரைக் கொண்டு, ரேடாரைப் போன்று பொருள் உள்ள தொலைவு, திசைவேகம், அளவு மற்றும் திசை ஆகியவற்றை எதிரொளித்த சைகைக் கொண்டு துல்லியமாக அறியலாம்.

மாதிரி வினாக்கள் :

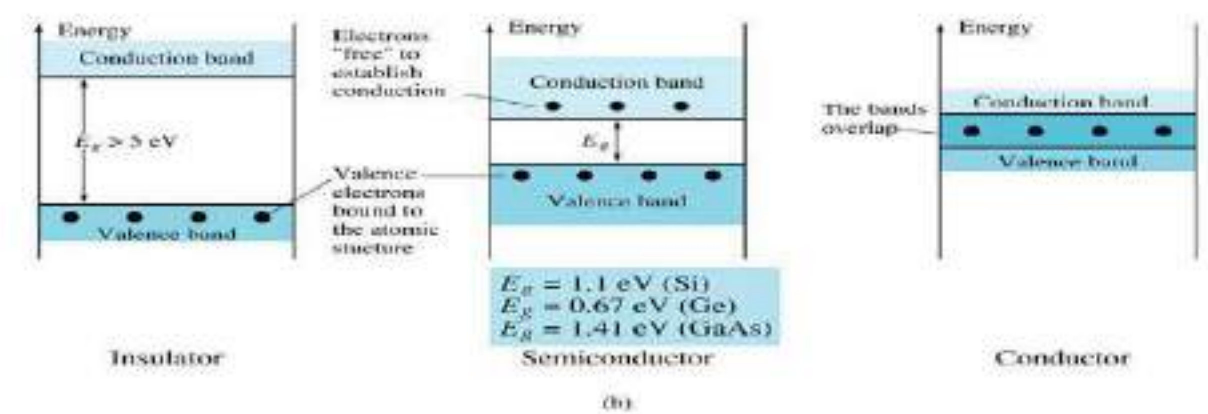
1. லேசர், செயற்பாட்டினை விளக்குக.
2. தூண்டப்பட்ட விளைவினை விவரி.
3. தொகை தலைகீழாக்கம் பற்றி குறிப்பு வரைக
4. ரூபி லேசரின் அமைப்பு, மற்றும் செயற்படும் விதம் ஆகியவற்றை விளக்குக.
5. ஹீலியம் - நியான் லேசரின் செயற்பாட்டினை விளக்குக.
6. லேசரின் பயன்களைக் கூறு.
7. மின்காந்த அலை நிறமாலை என்றால் என்ன?
8. கதிர் ஒளியியல் என்றால் என்ன?
9. ஒளி எதிரொளிப்பு விதியை விவரி.
10. ஒளி விலகல் என்றால் என்ன?
11. ஒளிவிலகலின் விதிகளை எழுதுக.
12. ஸ்நெல் விதியை கூறுக.

UNIT- IV - SEMICONDUCTOR PHYSICS

Theory of energy band in crystals-Distinction between Conductors, Insulators and Semiconductors-Intrinsic and Extrinsic Semiconductors-N-type and P-type Semiconductors-Junction diode-Zener Diode-V-I Characteristics-PNP and NPN transistor-Transistor action-DC Characteristics of CE configuration-FET-N channel and P channel FET-Performance-Characteristics-Comparison of Transistor and FET.

Introduction: Theory of energy band in crystals

The **inner-shell electrons** are the **least** effected when atoms form a crystal and the **outer-most shell electrons** are the **easily influenced** part of an atom. Thus, when the atoms in a crystal are placed close to each other, there is more possibility of electrons of two adjacent atoms to either collapse or bound to each other



Band diagram of a Conductors,Insulators and Semiconductors

The adjacent figure depicts the energy band diagram.From the fig., it's clear that, more the interatomic spacing, lesser is the energy(attraction) between them.And as the distance between them is reduced(moving from right to left), there will be a gradual increase in the interactions between the neighboring atoms. Because of this interaction, the atomic wave functions overlap and the crystal becomes an electronic system which must obey **Pauli exclusion principle**. Here, there are 2N electrons completely filling the 2N possible s levels of the atom and 2N electrons filling the 6N possible p states. Thus, when the "d" is reduced, the 2N- s states spread out to form a band of energy. And the 4N electrons remain unoccupied in the p levels. The total spread between the minimum and the maximum energy levels becomes very large (several eV) and is known as **Energy Bands.** An energy gap (Eg) exists between them. this is known as **forbidden energy gap** (no electrons can occupy states in this gap).When this energy gap is further reduced to make it zero, the 6N upper level and 2N lower level states merge and form

8N levels out of which 4N electrons are already occupied (2N+2N). Now these 4N electrons neither belong to the p subshell nor the s subshell but belong to the crystal as a whole.The energy band produced due to these electrons is known as a **Valence Band**.If the energy gap is further reduced, the interaction between them grows very large and finally a shape is obtained, as shown below:

Comparison Chart

BASIS FOR COMPARISON	CONDUCTORS	SEMICONDUCTORS	INSULATORS
Meaning	Conductors are the substance that transmits heat or electricity through them.	Such substance or materials that may act as a conductor, as well as insulators under different conditions, are known as semiconductors.	Insulators are the substance that does not allow heat or electricity to pass through them.
Conductivity	High.	Moderate.	Low.
Forbidden gap	There is no forbidden gap.	Small forbidden gap.	Large forbidden gap.
Resistivity	Low.	Moderate.	Very High.
Temperature coefficient	Positive.	Negative.	Negative.
Conductivity value	Very high.	Moderate.	Negligible.
Conduction	Numerous electrons for conduction.	Very less number of electrons for conduction.	Neutral number of electrons for conduction.
Resistivity value	Less than	Between	More than
Current flow	Caused by the presence of free	It is caused by free electrons and holes.	It is caused by free electrons which are negligibly

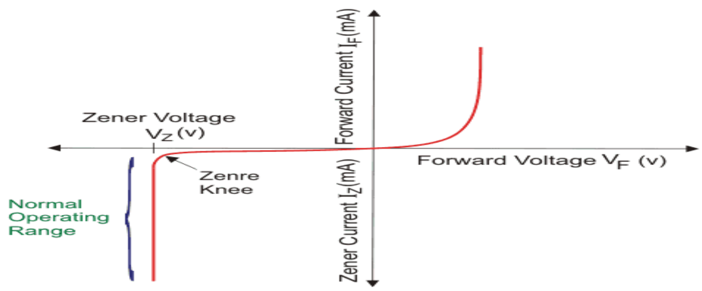
	electrons.		present.
Valence electrons	There is only one valence electron in the outermost shell.	There are four valence electrons in the outermost shell.	There are eight valence electrons in the outermost shell.
Overlapping of bands	The valence and conduction bands are overlapped.	Valence band and conduction band are separated energy gap of 1.1eV.	Both the bands get divided by an energy gap of 6eV - 10eV.
Type of Bonds	Conductors are formed by a metallic bonding.	Semiconductors are formed by covalent bonding.	Insulators are formed by ionic bonds.
Examples	Gold, Bronze, Silver, Mercury, Copper, Brass, etc.	Silicon, Aluminium.	Mica, Rubber, Wood, Paper, etc.

P Type and N Type Semiconductor:The various factors like doping element, nature of doping element, the majority and minority carriers in the p-type and n-type semiconductor. The density of electrons and holes, energy level and Fermi level, the direction of movement of majority carriers, etc. are considered in explaining the difference between p-type and n-type semiconductors. The difference between a p-type semiconductor and n-type semiconductor are given below in tabulated form.

Zener diode

When a P-N junction is reverse biased, it offers a high resistance for the current flow. If the reverse-bias is increased at some particular voltage, the reverse current across the junction suddenly increases. This particular potential is called the breakdown voltage or zener breakdown voltage. The zener voltage varies from as low as a few volt to several hundred depending on the dopant density and the depletion layer. There are two distinct process by which the breakdown may occur. They are i) Zener breakdown ii) Avalanche breakdown.A zener diode is a P-N junction diode which makes use of either of the two breakdown. A zener diode is usually operated at a reverse bias voltage a little more than the breakdown voltage. Under these conditions, the voltage drop across the diode is practically independent of the current through it. This means that the diode acts as a voltage regulator.

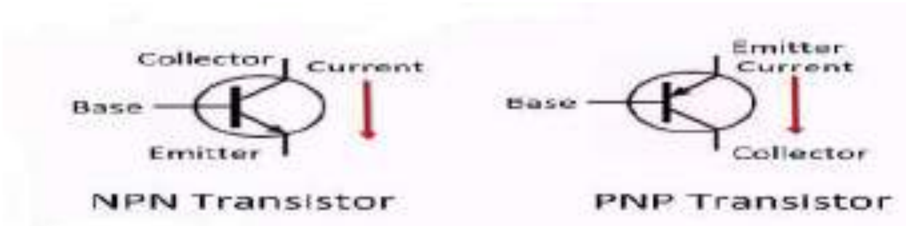
Zener diode characteristics



The zener diode characteristics can be studied using the circuit shown in figure. The zener diode is connected to battery through a commutator as shown in figure. By changing the commutator position, the diode can be forward biased or reverse biased. First forward bias is given. Using the rheostat different voltage is given to the diode and for each voltage, the milli-ammeter reading is noted. Now a reverse bias is given to the diode and the milli-ammeter is replaced by a micro-ammeter. The same procedure is repeated as per the forward bias.Now we can draw a graph taking the voltmeter reading in X-axis and the current reading in Y-axis. The graph will be as shown in figure. Under forward bias condition, the zener diode acts, just like an ordinary junction diode.Under reverse bias, a small reverse current flows through it. This current almost remains constant unit a certain critical voltage is reached. Beyond this voltage, the reverse current increases rapidly. This voltage is called turnover voltage. All zener diodes are silicon P-N junction diodes which have a sharp reverse voltage knee. Zener diodes are assorted according to their breakdown voltage. For a diode with low breakdown voltage, the knee on the curve is more abuse. For high voltage zener diode, the knee is sharp.

P-N-P and N-P-N transistor

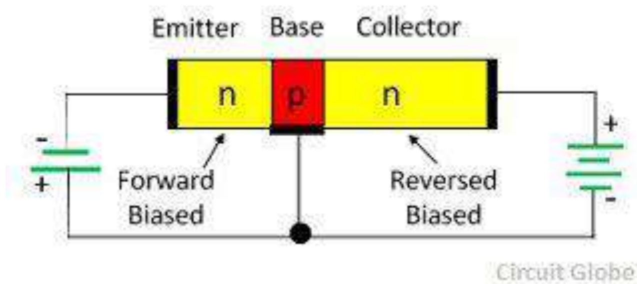
When thin layer of N-type semiconductor is sand witched between two P-type semiconductor, the result is in the formation of a P-N-P transistor. Similarly when a P-type area is sand witched between two N-type semiconductor, we have a N-P-N transistor. P-N-P and N-P-N transistors and their circuit symbols are as shown in figure.There are three regions in the transistor. They are i. Emitter ii. Collector iii. Base.The middle semiconductor in a transistor is called as base. Thickness of the base will be of the order 0.025 mm. The two end regions are called the emitter and the collector. The emitter – base junction is always forward biased and hence this junction offers a low resistance for the flow of current.



The collector – base junction is always reverse biased and hence this junction offers a high resistance for the current flow. The emitter, base and collector of a transistor can be controlled to cathode, grid and plate of a triode.

Transistor action

The transistor action can be understood by analyzing the current flow through it under the influence of externally applied voltage. The emitter base junction will be forward biased and the collector base junction will be reverse biased. We will study the action of a P-N-P transistor and the circuit is as shown in figure.



As the emitter is forward biased, the holes in P-regions are injected to the base and the electrons are injected to the base and the electrons are injected from N-region to P-region. But as the bas is lightly doped and the emitter is heavily doped, the number of electrons from base to emitter is very small compared to the number of holes. In the base region some of the holes are neutralized by the electron. Since the base region is very thin, most of holes cross this region and will reach the collector region.Since the collector base region is reverse biased, the holes arriving at the junction attracted and this constitute a collector current. The emitter current is denoted by I_E , the collector current by I_C and the base current is I_B. It will found that I_C = I_E where α is called current gain whose value will be between 0.95 to 0.98. The emitter current is equal to the sum of the collector current and base current.

$$I_E = I_C + I_B$$

If the emitter base voltage is increased, the collector will also increase. If the emitter current is decreased, the collector current is also decrease. If an alternating voltage is applied to the emitter as input, we will get the amplified output in the collector circuit. Hence the transistor can be used as an amplifier. In a similar way, we can explain the P-N-P transistor.

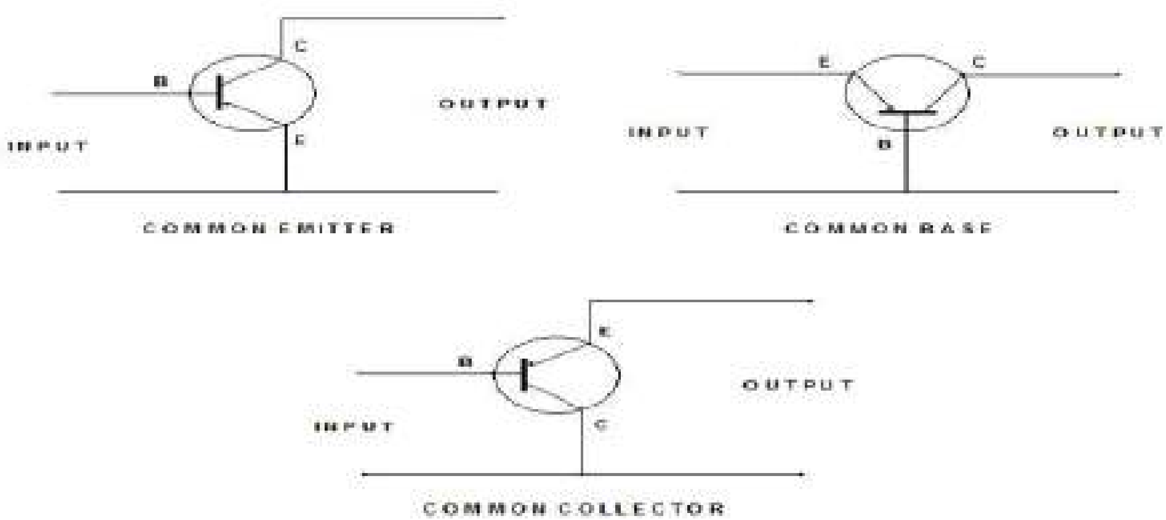
Transistor circuit configuration

There are three basic configuration in which transistor can be connected. They are

(i)Common base configuration (ii) Common emitter configuration

(iii)Common collector configuration

The common is used to denote the electrode that is common to the input and output circuits. Because the common electrode is generally grounded, these modes of operation are frequently referred to as ground base, grounded emitted and grounded collector.The three types of configurations are as shown in figure.

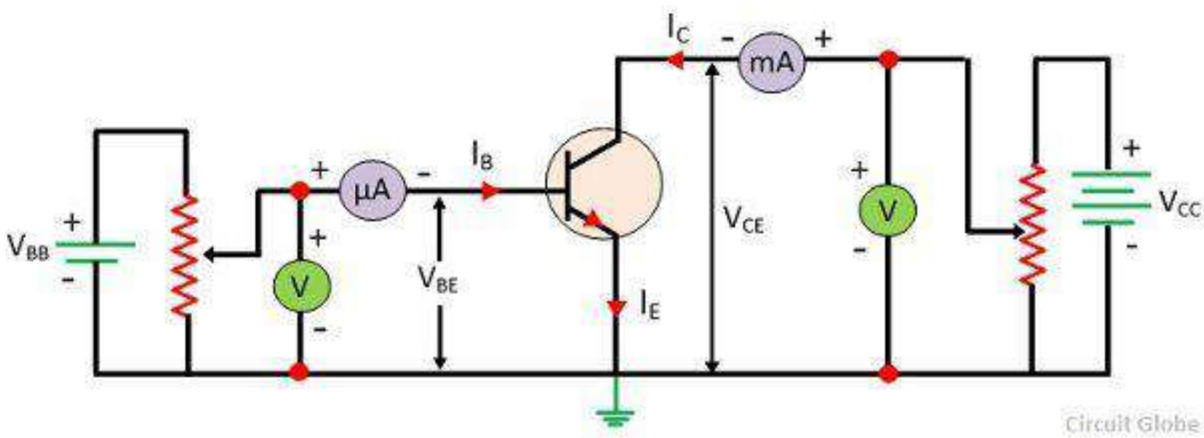


Characteristics of Common emitter (CE) Configuration

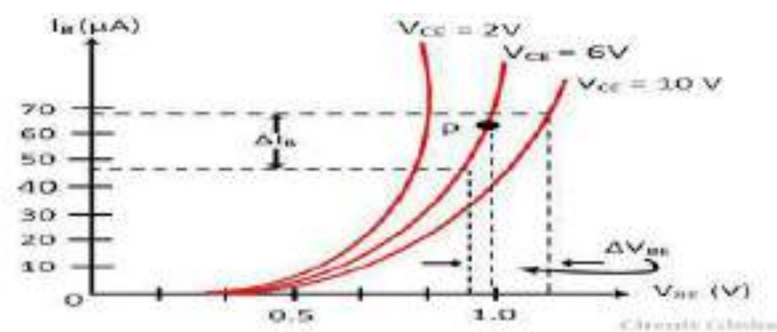
The characteristic of the common emitter transistor circuit is shown in the figure below. The base to emitter voltage varies by adjusting the potentiometer R_1. And the collector to emitter voltage varied by adjusting the potentiometer R_2. For the various setting, the current and voltage are taken from the milliammeters and voltmeter. On the basis of these readings, the input and output curve plotted on the curve.

Input Characteristic Curve

The curve plotted between base current I_B and the base-emitter voltage V_{EB} is called Input characteristics curve.



For drawing the input characteristic the reading of base currents is taken through the ammeter on emitter voltage V_{BE} at constant collector-emitter current. The curve for different value of collector-base current is shown in the figure below.

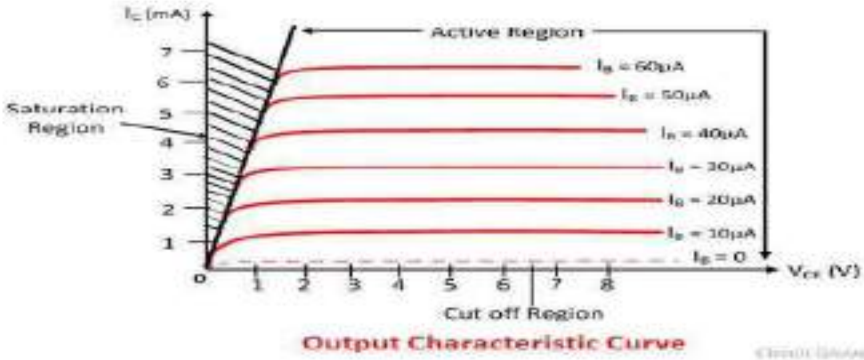


The curve for common base configuration is similar to a forward diode characteristic. The base current IB increases with the increases in the emitter-base voltage V_{BE}. Thus the input resistance of the CE configuration is comparatively higher that of CB configuration.The effect of CE does not cause large deviation on the curves, and hence the effect of a change in V_{CE} on the input characteristic is ignored.

Input Resistance: The ratio of change in base-emitter voltage V_{BE} to the change in base current ΔIB at constant collector-emitter voltage V_{CE} is known as input resistance, i.e.,

$$r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \text{ at constant } V_{CE}$$

Output Characteristics In CE configuration the curve draws between collector current I_C and collector-emitter voltage V_{CE} at a constant base current IB is called output characteristic. The characteristic curve for the typical NPN transistor in CE configuration is shown in the figure below.



In the active region, the collector current increases slightly as collector-emitter V_{CE} current increases. The slope of the curve is quite more than the output characteristic of CB configuration. The output resistance of the common base connection is more than that of CE connection.The value of the collector current IC increases with the increase in V_{CE} at constant voltage I_B, the value β of also increases.

Output Resistance: The ratio of the variation in collector-emitter voltage to the collector-emitter current is known at collector currents at a constant base current I_B is called output resistance r_o.

$$r_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C} \ at\ constant\ I_B$$

The value of output resistance of CE configuration is more than that of CB

Field effect transistor

The field-effect transistor (FET) is a semiconductor device which depends for its operation on the control of current by an electric field since the current is carried by majority carriers only, the field effect transistor is said to be unipolar device. **There are two types of FET, they are**

1. Junction field effect transistor and
2. Metal oxide semiconductor field effect transistor (MOSFET) . The MOSFET is also called as insulated gate field effect transistor (IGFET).
3.

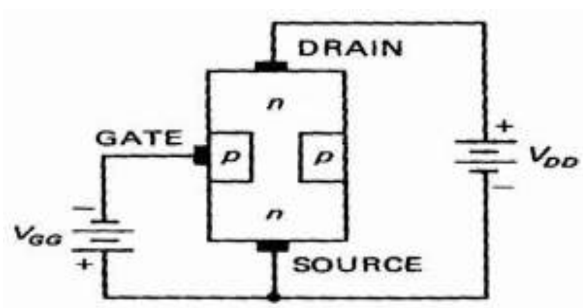
The following are main difference between a FET and a conventional transistor.

1. The operations of FET depends up on the flow of majority carrier only. It is, therefore a unipolar device. But in a conventional transistor, is due to both electrons and holes. Hence it is called as bipolar junction transistor (BJT).
2. A bipolar transistor is current controlled devices. In this, the output current is controlled by the input current. But in a FET, the flow of current is controlled by an electric field.
3. The input impedance of a FET is high. Its value is of the order of 10^8 to 10^{12} ohm.
4. A FET is less noisy than a bipolar transistor.

Junction Field Effect Transistor

Construction

In a JFET, the current flow is due to the majority carriers of charges. In a semiconductor, there are two types of carriers viz holes and electrons. Hence JFET are of two types.i) n-channel FET - In this current flow is due to electrons.ii) P-channel FET –In this current flow is due to holes. The structure of an n-channel FET is shown in figure. Ohmic contacts are made to the two ends of the semiconductor bar of n- type material (if p-type silicon is used, the device is referred as p-channel FET.



(a)

The junctions on both side of the bar are formed impurities opposite to that of the channel i.e. p-type impurities for n-type channel and vice versa. Current is allowed to flow along the length of the bar by applying a voltage between the end terminals of the bar. The current is carried by majority carriers which drift through the channel. The following FET notation is standard.

Source

The source S is the terminal through which majority carriers leave the bar. Conventional current entering the bar at S is designated by I_S.

Drain

The drain is the terminal through which the majority carriers leave the bar. Conventional current entering the bar at D is designated by I_D. The drain-to-source voltage is called V_{DS}.

Gate

On both side of the n-type bar in figure, heavily doped (p+) regions of acceptor impurities have been formed by diffusion for creating p-n junction. These impurity regions are called as the gate G. Between the gate and source a voltage V_{GS} is applied in the direction to reverse-bias the p-n junction. Conventional current entering the bar at G is designated by I_G.

Channel

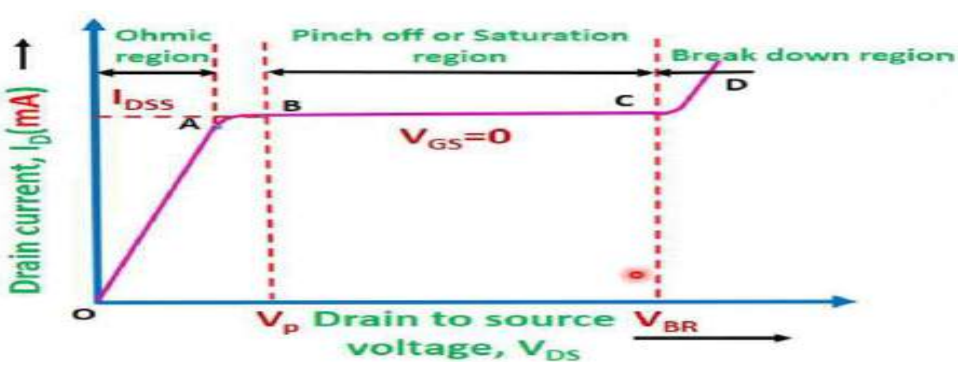
The regions of n-type material between the two gate regions is called channel (in a p-type FET it will be p region). The majority carrier of charge move from source to drain through this region. The circuit symbol of n-channel and p-channel are shown in figure. The arrow on the gate terminal refers to the direction of gate current, when the gate-source junction is forward biased. An n-channel FET with its terminal connected properly to voltage source is shown in figure. The source voltage V_{GG} and V_{DD} respectively supply the gate voltage and drain voltage. For a p-channel FET. The polarities of the voltage source should be reversed.

Operation of FET : To discuss the operation of a JFET, we have to give the following connections.

1. Gates are always reverse-biased. 2. The source terminal is always connected to that end of the drain supply which provides the negative charge carriers.

Let us consider an n-channel JFET (figure) and discuss its working when either V_{GS} or V_{DS} or both are changed.

1. When $V_{GS} = 0$ and $V_{DS} = 0$: When no voltages are applied between D & S and G & S, the depletion region around the p-junction are of equal thickness and symmetrical.



2. When V_{GS} = 0 and V_{DS} is increased from zero: For this, the JFET is connected to V_{DD} supply. The electron flow from S to D whereas the conventional drain current I_D flows through the channel from D to S. When V_{DS} is applied, there is a gradual increase of positive potential along the channel as we go from S to D-i.e. as we go along the channel from S to D the reverse voltage across the p-n junction increases. Hence thickness of the depletion region also increases. Therefore the channel is wedge shaped. As V_{DS} is gradually increased from zero, I_D increases proportionally as per ohm's law. This ohmic relationship between V_{DS} and I_D continues till V_{DS} reaches a certain critical value called pinch of voltage V_P. When V_{DS} = V_P, the current I_D is maximum. When V_{DS} is increased beyond V_P, the length of the pinch-off region increases. Hence there is no further increase of I_D. At a certain value of V_{DS}, I_D suddenly increases. This effect is due to the avalanche multiplication of electron caused by breaking of covalent bonds of silicon in the depletion region between the gate and the drain. The variation of I_D with V_{DS} when V_{GS}=0 is shown in figure.

3. When V_{DS}=0 and V_{GS} is decreased from zero : When V_{GS} is made more and more the negative the gate reverse bias increases. Hence the thickness of the depletion region also increases. At a particular voltage, the two depletion regions make contact with each other. In this condition, the channel is said to be cut-off. The value of V_{GS} which is required to cut-off the channel is called the cut-off voltage.

4.When V_{GS} is negative and V_{DS} is increased : As V_{GS} is made more and more negative, value of V_o as well as breakdown voltage are decreased. It is shown in figure.Since gate voltage controls the drain current JFET is called a voltage controlled device. A p-channel JFET operates exactly in the same manner as n-channel JFET except the current carriers are holes and the polarities of both V_{DS} and V_{GS} are reversed.

UNIT- IV - SEMICONDUCTOR PHYSICS

அறிமுகம்: படிகங்களில் ஆற்றல் குழுவின் கோட்பாடு

அணுக்கள் ஒரு படிகத்தை உருவாக்கும் போது உள்-ஷெல் எலக்ட்ரான்கள் மிகக் குறைவானவை மற்றும் வெளிப்புற-ஷெல் எலக்ட்ரான்கள் ஒரு அணுவின் எளிதில் பாதிக்கப்படும் பகுதியாகும். இவ்வாறு, ஒரு படிகத்தில் உள்ள அணுக்கள் ஒருவருக்கொருவர் நெருக்கமாக வைக்கப்படும் போது, அருகிலுள்ள இரண்டு அணுக்களின் எலக்ட்ரான்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று பிணைக்கப்படுவதற்கோ அல்லது பிணைக்கப்படுவதற்கோ அதிக வாய்ப்பு உள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக, இரண்டு எளிய காந்தங்களின் உதாரணத்தைக் கருத்தில் கொள்வோம்: அவற்றுக்கிடையேயான தூரம் அதிகமாக இருப்பதால், அவற்றுக்கிடையேயான ஈர்ப்பு குறைவாகவும், நேர்மாறாகவும் இருக்கும்.எலக்ட்ரான்கள் அணுவிலிருந்து அணுவுக்கு சுரங்கப்பாதை மாற்றத்தால் நகரும். கடத்திகள், குறைக்கடத்திகள் மற்றும் மின்கடத்திகளின் வேலன்ஸ் பட்டைகள் வெளிப்புற மின்காந்த புலத்தில் வித்தியாசமாக செயல்படுகின்றன. வெளிப்புற மின்காந்த புலங்கள் விகிதத்தில் விநியோகத்தில் எலக்ட்ரான்களின் சமச்சீர்மையை உடைக்கின்றன. எலக்ட்ரான்கள் புலத்தின் திசையில் துரிதப்படுத்துகின்றன மற்றும் எதிர் தூண்டுதல் அடையாளத்துடன் துகள்களைக் குறைக்கின்றன. எலக்ட்ரான் வீதத்தின் எந்த மாற்றங்களும் அவற்றின் ஆற்றலில் மாற்றத்திற்கு வழிவகுக்கிறது, மேலும் எலக்ட்ரான்கள் அவற்றின் குவாண்டம் நிலைகளை மாற்றுகின்றன. வேலன்ஸ் பேண்டில் ஒரு இலவச நிலை இருந்தால் எலக்ட்ரான் மாற்றம் நிகழலாம். மின்காந்த புலத்தில் பெறப்பட்ட சராசரி கூடுதல் ஆற்றல் எலக்ட்ரான்கள் சுமார் 10^{-3} - 10^{-4}eV ஆகும், இது இசைக்குழுவில் உள்ள ஆற்றல் சப்லெவல்களுக்கு இடையிலான தூரத்தை விட மிக அதிகம். வேலன்ஸ் பேண்ட் எலக்ட்ரான்களால் முழுமையாக நிரப்பப்படாத உலோகங்களில், எலக்ட்ரான் ஆற்றலின் ஒரு சிறிய மாற்றம் கூட அவற்றை அருகிலுள்ள இலவச ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு மாற்றும். உலோகங்கள் நல்ல நடத்துனர்களாக இருப்பதற்கான காரணம் இதுதான். குறைக்கடத்திகள் மற்றும் மின்கடத்திகளில் அனைத்து எலக்ட்ரான்களும் வேலன்ஸ் பேண்டில் உள்ளன.

கடத்திகள், மின்தேக்கிகள் மற்றும் குறைக்கடத்திகள் இடையே வேறுபாடு

கடத்திகள், குறைக்கடத்திகள் மற்றும் மின்கடத்திகள் அவற்றின் கடத்துத்திறன் மற்றும் பிற பண்புகளின் அடிப்படையில் வேறுபடுகின்றன. உலோகங்கள் போன்ற கடத்திகள் அறை வெப்பநிலையில் கடத்துத்திறனைக் காட்டுகின்றன, ஆனால் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது அவற்றின் கடத்துத்திறன் குறைகிறது. இருப்பினும், குறைக்கடத்திகள் குறைந்த வெப்பநிலையில் மின்கடத்திகளாக செயல்படுகின்றன, ஆனால் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது அவற்றின் நடத்தும் பண்புகளும்; இருப்பினும், மின்கடத்திகள் வெப்பநிலை மாறுபாடுகளின் எந்தவொரு விளைவையும் கொண்டிருக்கவில்லை, ஏனெனில் அவை நடத்தும் பண்புகளைக் கொண்டிருக்கவில்லை. இன்சுலேட்டர்கள் மற்றும் கடத்திகள் திடமான, திரவ அல்லது வாயுவாக இருக்கலாம், மேலும் கண்ணாடி (திட) போன்ற சில விதிவிலக்குகளில் இது ஒரு மின்தேக்கி அதிக அளவில் உருகும்போது கடத்திகள் ஆகிறது வெப்ப நிலை. கடத்துத்திறன் என்பது வெப்பம், மின்சாரம் அல்லது ஒலி போன்றவற்றை கடத்தும் நிகழ்வு ஆகும். எனவே, எந்தவொரு பொருளின் கடத்துத்திறன் மற்றும்

தடைசெய்யப்பட்ட இடைவெளியின் அடிப்படையில், அவை (பொருட்கள்) கடத்திகள், குறைக்கடத்திகள் அல்லது மின்கடத்திகள் என வகைப்படுத்தலாம்.

ஜீனர் டையோடு

ஒரு பி-என் சந்தி தலைகீழ் சார்புடையதாக இருக்கும்போது, அது தற்போதைய ஓட்டத்திற்கு அதிக எதிர்ப்பை வழங்குகிறது. சில குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்தில் தலைகீழ்-சார்பு அதிகரிக்கப்பட்டால், சந்தி முழுவதும் தலைகீழ் மின்னோட்டம் திடீரென்று அதிகரிக்கிறது. இந்த குறிப்பிட்ட திறனை முறிவு மின்னழுத்தம் அல்லது ஜீனர் முறிவு மின்னழுத்தம் என்று அழைக்கப்படுகிறது. டோபன்ட் அடர்த்தி மற்றும் குறைப்பு அடுக்கைப் பொறுத்து ஜீனர் மின்னழுத்தம் ஒரு சில வோல்ட் முதல் பல நூறு வரை மாறுபடும். முறிவு ஏற்படக்கூடிய இரண்டு தனித்துவமான செயல்முறைகள் உள்ளன.

அவை

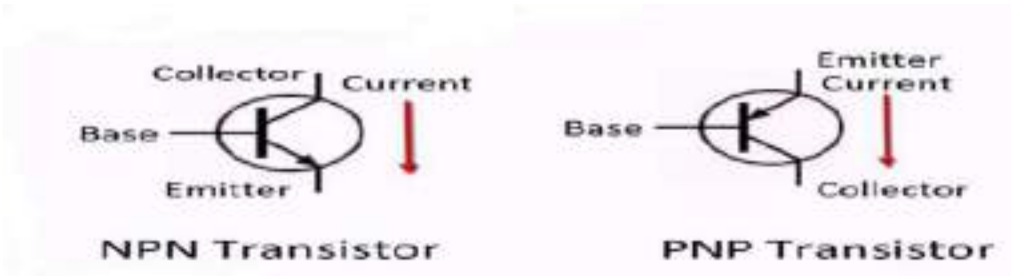
i. ஜீனர் முறிவு ii. பனிச்சரிவு முறிவு

ஒரு ஜீனர் டையோடு என்பது பி-என் சந்தி டையோடு ஆகும், இது இரண்டு முறிவுகளில் ஒன்றைப் பயன்படுத்துகிறது. ஒரு ஜீனர் டையோடு வழக்கமாக தலைகீழ் சார்பு மின்னழுத்தத்தில் முறிவு மின்னழுத்தத்தை விட சற்று அதிகமாக இயக்கப்படுகிறது. இந்த நிலைமைகளின் கீழ், டையோடு முழுவதும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி நடைமுறையில் அதன் மூலம் மின்னோட்டத்திலிருந்து சுயாதீனமாக உள்ளது. இதன் பொருள் டையோடு மின்னழுத்த சீராக்கி செயல்படுகிறது.

ஜீனர் டையோடு பண்புகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி ஜீனர் டையோடு பண்புகளை ஆய்வு செய்யலாம். ஜீனர் டையோடு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளபடி ஒரு கம்யூட்டேட்டர் மூலம் பேட்டரியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்யூட்டேட்டர் நிலையை மாற்றுவதன் மூலம், டையோடு முன்னோக்கி சார்புடையதாகவோ அல்லது தலைகீழ் சார்புடையதாகவோ இருக்கலாம்.முதல் முன்னோக்கி சார்பு வழங்கப்படுகிறது. ரியோஸ்டாட்டைப் பயன்படுத்தி வெவ்வேறு மின்னழுத்தம் டையோடு கொடுக்கப்படுகிறது மற்றும் ஒவ்வொரு மின்னழுத்தத்திற்கும், மில்லி-அம்மீட்டர் வாசிப்பு குறிப்பிடப்படுகிறது. இப்போது டையோடு ஒரு தலைகீழ் சார்பு கொடுக்கப்பட்டு மில்லி-அம்மீட்டர் மைக்ரோ அம்மீட்டரால் மாற்றப்படுகிறது. முன்னோக்கிச் சார்பின் படி அதே நடைமுறை மீண்டும் நிகழ்கிறது. இப்போது எக்ஸ்-அச்சில் வோல்ட்மீட்டர் வாசிப்பையும், Y- அச்சில் தற்போதைய வாசிப்பையும் எடுத்து ஒரு வரைபடத்தை வரையலாம். படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளபடி வரைபடம் இருக்கும். முன்னோக்கி சார்பு நிலையில், ஜீனர் டையோடு ஒரு சாதாரண சந்தி டையோடு போலவே செயல்படுகிறது.ஜீனர் மின்னழுத்தம், ஜீனர் மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்புக்கு முறிவு பகுதியில் உள்ள மின்னழுத்தமாக வரையறுக்கப்படுகிறது. ஒரு a.c. ஒற்றை சூப்பர் திணிக்கப்பட்டுள்ளது, வளைவின் சாய்வு ஜீனர் நடப்பு- I_Z இன் சராசரியாக அளவிட முடியும் .ஜீனர் எதிர்ப்பு என்பது அதிகரிக்கும் வாக்கிற்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் இடையிலான விகிதமாக வரையறுக்கப்படுகிறது. ஜீனர் எதிர்ப்பின் குறைந்தபட்ச மதிப்பு சுமார் 10 ஆகும் ஓம் சுமார் 6 வோல்ட்.

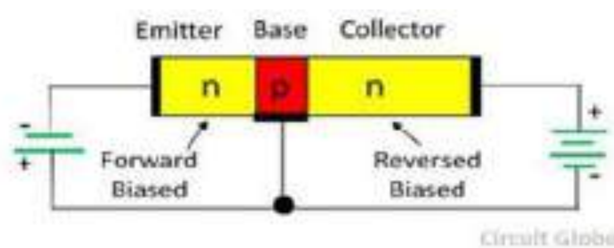
பி-என்-பி மற்றும் என்-பி-என் டிரான்சிஸ்டர்

என்-வகை குறைக்கடத்தியின் மெல்லிய அடுக்கு இரண்டு பி-வகை குறைக்கடத்திக்கு இடையில் மணல் சூனியமாக இருக்கும்போது, இதன் விளைவாக பி-என்-பி டிரான்சிஸ்டர் உருவாகிறது. இதேபோல் ஒரு பி-வகை பகுதி இரண்டு என்-வகை குறைக்கடத்திக்கு இடையில் மணல் சூனியமாக இருக்கும்போது, எங்களிடம் ஒரு என்-பி-என் டிரான்சிஸ்டர் உள்ளது. பி-என்-பி மற்றும் என்-பி-என் டிரான்சிஸ்டர்கள் மற்றும் அவற்றின் சுற்று சின்னங்கள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளபடி உள்ளன. டிரான்சிஸ்டரில் மூன்று பகுதிகள் உள்ளன. அவர்கள் நான். உமிழ்ப்பான் ii. கலெக்டர் iii. அடித்தளம்.



டிரான்சிஸ்டர் நடவடிக்கை

வெளிப்புறமாக பயன்படுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தின் செல்வாக்கின் கீழ் அதன் வழியாக தற்போதைய ஓட்டத்தை பகுப்பாய்வு செய்வதன் மூலம் டிரான்சிஸ்டர் செயலைப் புரிந்து கொள்ள முடியும். உமிழ்ப்பான் அடிப்படை சந்தி முன்னோக்கி சார்புடையதாகவும் கலெக்டர் அடிப்படை சந்தி தலைகீழ் சார்புடையதாகவும் இருக்கும். பி-என்-பி டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாட்டை நாங்கள் படிப்போம், மேலும் படம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உமிழ்ப்பான் முன்னோக்கி சார்புடையதாக இருப்பதால், பி-பிராந்தியங்களில் உள்ள துளைகள் அடித்தளத்திற்கு செலுத்தப்படுகின்றன மற்றும் எலக்ட்ரான்கள் அடித்தளத்திற்கு செலுத்தப்படுகின்றன மற்றும் எலக்ட்ரான்கள் என்-பிராந்தியத்திலிருந்து பி-பகுதிக்கு செலுத்தப்படுகின்றன. ஆனால் அடிப்படை லேசாக அளவிடப்பட்டு, உமிழ்ப்பான் பெரிதும் அளவிடப்பட்டிருப்பதால், துளைகளின் எண்ணிக்கையுடன் ஒப்பிடும்போது அடித்தளத்திலிருந்து உமிழ்ப்பான் வரையிலான எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மிகக் குறைவு. அடிப்படை பகுதியில் சில துளைகள் எலக்ட்ரானால் நடுநிலையானவை. அடிப்படை பகுதி மிகவும் மெல்லியதாக இருப்பதால், பெரும்பாலான துளைகள் இந்த ரெஜ்சியனைக் கடந்து சேகரிப்பான் பகுதியை அடையும்.கலெக்டர் அடிப்படை பகுதி தலைகீழ் சார்புடையதாக இருப்பதால்,

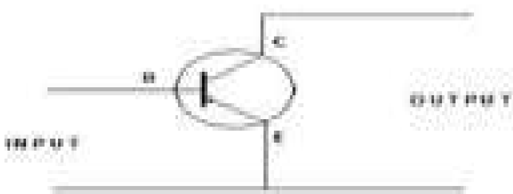
சந்திக்கு வரும் துளைகள் ஈர்க்கப்பட்டு இது ஒரு சேகரிப்பான் மின்னோட்டமாக அமைகிறது. உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் I_E ஆல் குறிக்கப்படுகிறது, கலெக்டர் மின்னோட்டம் IC மற்றும் அடிப்படை மின்னோட்டம் I_B ஆகும். $I_C = I_E$ where என்பது தற்போதைய ஆதாயம் என்று அழைக்கப்படுகிறது, அதன் மதிப்பு 0.95 முதல் 0.98 வரை இருக்கும். உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் சேகரிப்பான் மின்னோட்டம் மற்றும் அடிப்படை மின்னோட்டத்தின் தொகைக்கு சமம்.

$$I_E = I_C + I_B$$

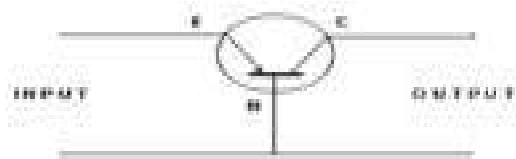
உமிழ்ப்பான் அடிப்படை மின்னழுத்தம் அதிகரித்தால், சேகரிப்பாளரும் அதிகரிக்கும். உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் குறைந்துவிட்டால், சேகரிப்பான் மின்னோட்டமும் குறைகிறது. ஒரு மாற்று மின்னழுத்தம் உமிழ்ப்பாளருக்கு உள்ளீடாகப் பயன்படுத்தப்பட்டால், சேகரிப்பான் சுற்றுவட்டத்தில் பெருக்கப்பட்ட வெளியீட்டைப் பெறுவோம். எனவே டிரான்சிஸ்டரை ஒரு பெருக்கியாகப் பயன்படுத்தலாம். இதேபோல், பி-என்-பி டிரான்சிஸ்டரை விளக்கலாம்.

டிரான்சிஸ்டர் சுற்று உள்ளமைவு

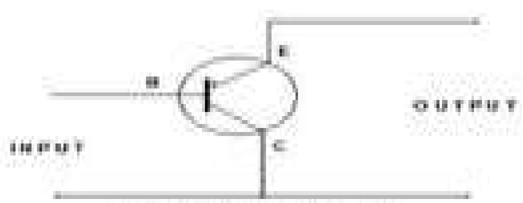
டிரான்சிஸ்டரை இணைக்கக்கூடிய மூன்று அடிப்படை உள்ளமைவுகள் உள்ளன. அவை



COMMON EMITTER



COMMON BASE

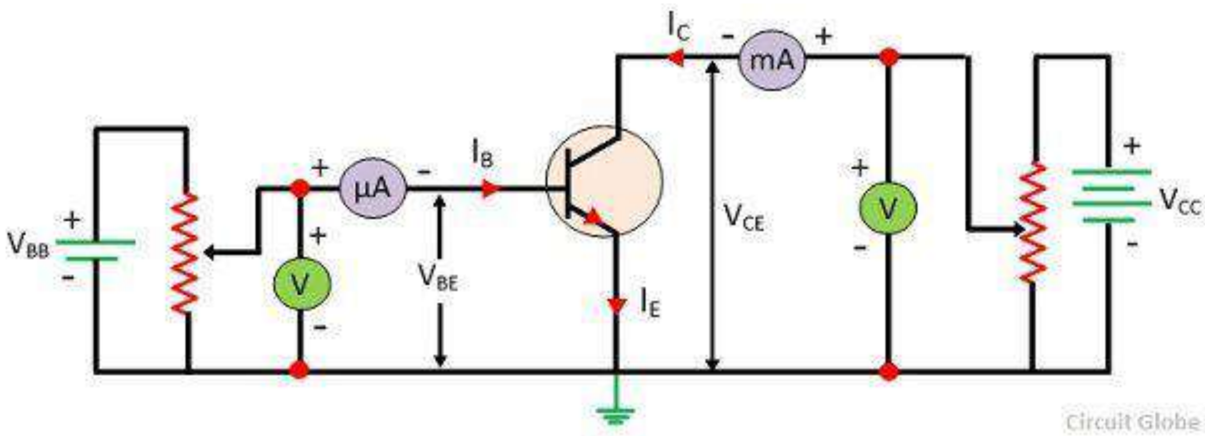


COMMON COLLECTOR

(i) பொதுவான அடிப்படை உள்ளமைவு (ii) பொதுவான உமிழ்ப்பான் உள்ளமைவு (iii) பொதுவான கலெக்டர் உள்ளமைவு.உள்ளீடு மற்றும் வெளியீட்டு சுற்றுகளுக்கு பொதுவான மின்முனையைக் குறிக்க பொதுவானது பயன்படுத்தப்படுகிறது. பொதுவான மின்முனை பொதுவாக அடித்தளமாக இருப்பதால், இந்த செயல்பாட்டு முறைகள் பெரும்பாலும் தரை தளம், தரையிறக்கப்பட்ட உமிழ்வு மற்றும் தரையிறங்கிய சேகரிப்பாளர் என குறிப்பிடப்படுகின்றன.

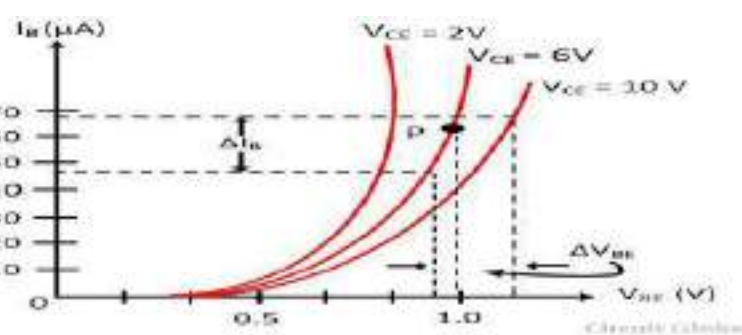
பொதுவான உமிழ்ப்பான் (CE) உள்ளமைவின் பண்புகள்

பொதுவான உமிழ்ப்பான் டிரான்சிஸ்டர் சுற்றுகளின் சிறப்பியல்பு கீழே உள்ள படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. பொட்டென்டோமீட்டர் R_1ஐ சரிசெய்வதன் மூலம் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தத்தின் அடிப்படை மாறுபடும். மற்றும் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தத்திற்கு சேகரிப்பவர் பொட்டென்டோமீட்டர் R_2 ஐ சரிசெய்வதன் மூலம் மாறுபடும். பல்வேறு அமைப்புகளுக்கு, மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்தம் மில்லியமீட்டர்கள் மற்றும் வோல்ட்மீட்டரிலிருந்து எடுக்கப்படுகின்றன. இந்த அளவீடுகளின் அடிப்படையில், உள்ளீடு மற்றும் வெளியீட்டு வளைவு வளைவில் திட்டமிடப்பட்டுள்ளது.



உள்ளீட்டு சிறப்பியல்பு வளைவு

அடிப்படை மின்னோட்ட I_B மற்றும் அடிப்படை-உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த V_{EB} க்கு இடையில் திட்டமிடப்பட்ட வளைவு உள்ளீட்டு பண்புகள் வளைவு என அழைக்கப்படுகிறது. உள்ளீட்டு சிறப்பியல்பை வரைவதற்கு, அடிப்படை நீரோட்டங்களின் வாசிப்பு நிலையான சேகரிப்பான்-உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்தில் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த V_{BE} இல் உள்ள அம்மீட்டர் வழியாக எடுக்கப்படுகிறது. கலெக்டர்-பேஸ் மின்னோட்டத்தின் வெவ்வேறு மதிப்பிற்கான வளைவு கீழே உள்ள படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. பொதுவான அடிப்படை உள்ளமைவுக்கான வளைவு முன்னோக்கி டையோடு பண்புக்கு ஒத்ததாகும். உமிழ்ப்பான்-அடிப்படை மின்னழுத்த V_{BE} இன் அதிகரிப்புடன் அடிப்படை மின்னோட்ட I_B அதிகரிக்கிறது.



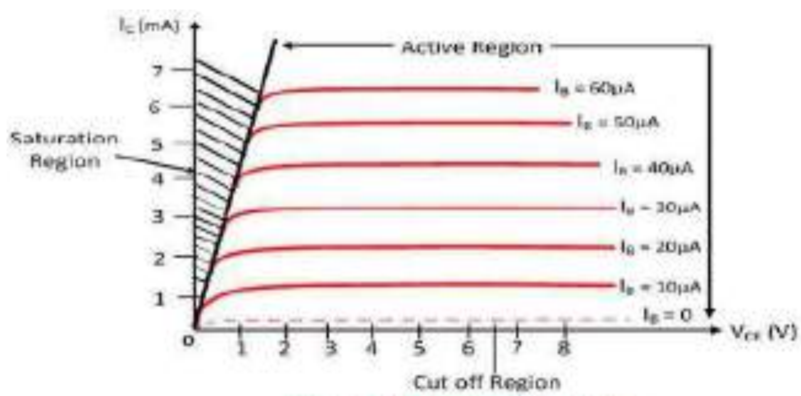
இதனால் CE உள்ளமைவின் உள்ளீட்டு எதிர்ப்பு CB கட்டமைப்பின் ஒப்பீட்டளவில் அதிகமாக உள்ளது. CE இன் விளைவு வளைவுகளில் பெரிய விலகலை ஏற்படுத்தாது, எனவே உள்ளீட்டு பண்புகளில் V_{CE} இன் மாற்றத்தின் விளைவு புறக்கணிக்கப்படுகிறது.

உள்ளீட்டு எதிர்ப்பு: நிலையான கலெக்டர்-உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தம் VCE இல் அடிப்படை மின்னோட்டம் ΔI_B இன் மாற்றத்திற்கான அடிப்படை-உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த V_{BE} இன் மாற்றத்தின் விகிதம் உள்ளீட்டு எதிர்ப்பு என அழைக்கப்படுகிறது.அதாவது,

$$r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \; at\ constant\ V_{CE}$$

வெளியீட்டு சிறப்பியல்பு

CE கட்டமைப்பில், கலெக்டர் நடப்பு ஐசி மற்றும் கலெக்டர்-உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தம் VCE க்கு இடையில் ஒரு நிலையான அடிப்படை மின்னோட்டத்தில் வளைவு ஈர்க்கிறது வெளியீட்டு பண்பு என்று அழைக்கப்படுகிறது. CE உள்ளமைவில் வழக்கமான NPN டிரான்சிஸ்டருக்கான சிறப்பியல்பு வளைவு கீழே உள்ள படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



Output Characteristic Curve

செயலில் உள்ள பிராந்தியத்தில், கலெக்டர்-உமிழ்ப்பவர் V_{CE} மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும்போது சேகரிப்பான் மின்னோட்டம் சற்று அதிகரிக்கிறது. வளைவின் சாய்வு CB உள்ளமைவின் வெளியீட்டு பண்புகளை விட அதிகம். பொதுவான அடிப்படை இணைப்பின் வெளியீட்டு எதிர்ப்பு CE இணைப்பைக் காட்டிலும் அதிகமாகும். நிலையான மின்னழுத்த I_B இல் V_{CE} இன் அதிகரிப்புடன் சேகரிப்பாளரின் தற்போதைய I_C இன் மதிப்பு அதிகரிக்கிறது, இதன் மதிப்பு β மேலும் அதிகரிக்கிறது.வெளியீட்டு எதிர்ப்பு: சேகரிப்பான்-உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தத்தின் மாறுபாட்டின் விகிதம் சேகரிப்பான்-உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்துடன் கலெக்டர் நீரோட்டங்களில் ஒரு நிலையான அடிப்படை மின்னோட்டத்தில் அறியப்படுகிறது.

$$r_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C} \ at\ constant\ I_B$$

புல விளைவு டிரான்சிஸ்டர்

புலம்-விளைவு டிரான்சிஸ்டர் (FET) என்பது ஒரு குறைக்கடத்தி சாதனம் ஆகும், இது ஒரு மின்சார புலத்தால் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதில் அதன் செயல்பாட்டைப் பொறுத்தது, ஏனெனில் மின்னோட்டம் பெரும்பான்மை கேரியர்களால் மட்டுமே செயல்படுத்தப்படுகிறது, புலம் விளைவு டிரான்சிஸ்டர் யூனிபோலார் சாதனம் என்று கூறப்படுகிறது.

FET இல் இரண்டு வகைகள் உள்ளன, அவை

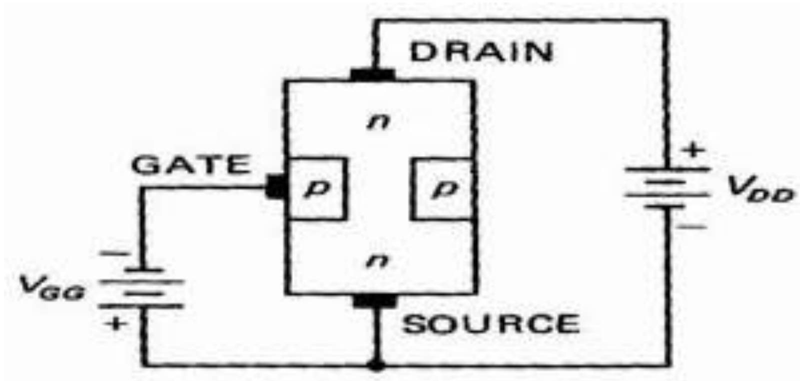
1. சந்தி புலம் விளைவு டிரான்சிஸ்டர் மற்றும்

2. மெட்டல் ஆக்சைடு குறைக்கடத்தி புலம் விளைவு டிரான்சிஸ்டர் (MOSFET). MOSFET இன்சுலேட்டட் கேட் ஃபீல்ட் எஃபெக்ட் டிரான்சிஸ்டர் (IGFET) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

சந்தி புலம் விளைவு டிரான்சிஸ்டர் கட்டுமானம்

ஒரு JFET இல், தற்போதைய ஓட்டம் கட்டணங்களின் பெரும்பான்மையான கேரியர்கள் காரணமாகும். ஒரு குறைக்கடத்தியில், இரண்டு வகையான கேரியர்கள் வைஸ் துளைகள் மற்றும் எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன. எனவே JFET இரண்டு வகையாகும்.

i). N- சேனல் FET ii. P-சேனல் FET - இந்த தற்போதைய ஓட்டத்தில் துளைகள் ஏற்படுகின்றன.

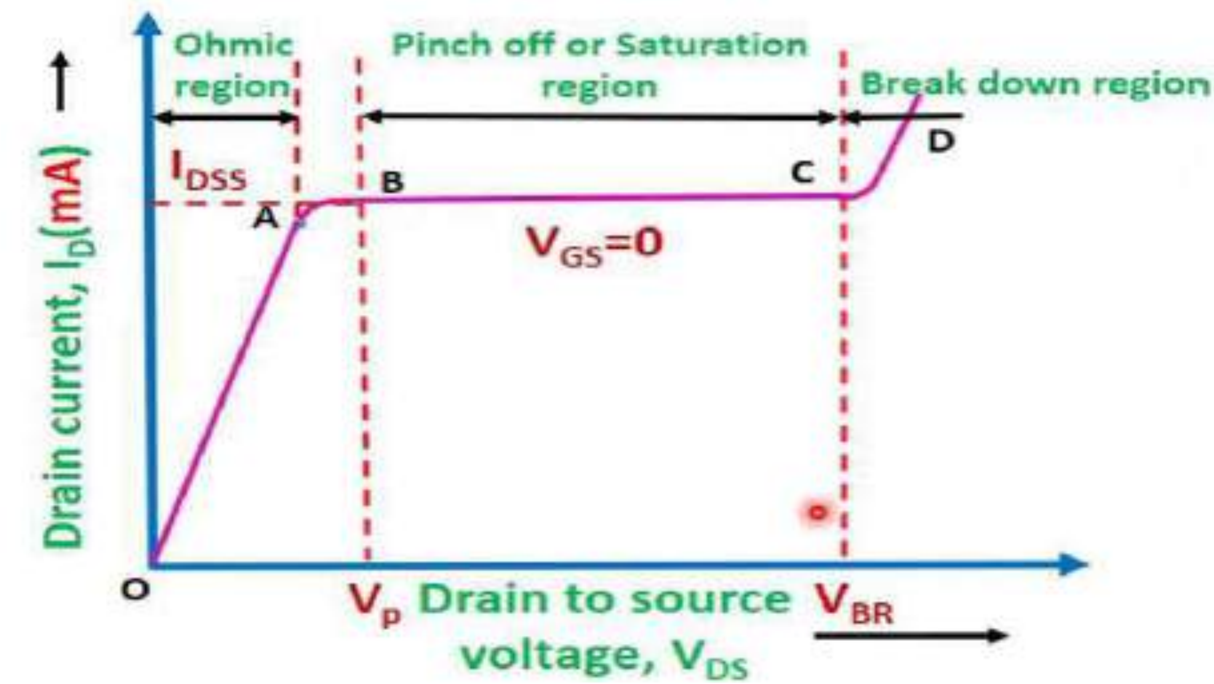


(a)

ஒரு n- சேனல் FET இன் கட்டமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. N- வகை பொருளின் குறைக்கடத்தி பட்டியின் இரண்டு முனைகளிலும் ஓமிக் தொடர்புகள் செய்யப்படுகின்றன (பி-வகை சிலிக்கான் பயன்படுத்தப்பட்டால், சாதனம் P-சேனல் FET என குறிப்பிடப்படுகிறது. பட்டியின் இருபுறமும் சந்திப்புகள் அதற்கு நேர்மாறான அசுத்தங்களை உருவாக்குகின்றன சேனலின் அதாவது n- வகை சேனலுக்கான p- வகை அசுத்தங்கள் மற்றும் அதற்கு நேர்மாறாக. பட்டியின் இறுதி முனையங்களுக்கு இடையில் ஒரு மின்னழுத்தத்தைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் பட்டியின் நீளத்துடன் மின்னோட்டம் பாய அனுமதிக்கப்படுகிறது. மின்னோட்டமானது பெரும்பான்மை கேரியரால் கொண்டு செல்லப்படுகிறது சேனல். பின்வரும் FET குறியீடு நிலையானது.மூல S என்பது முனையமாகும், இதன் மூலம் பெரும்பான்மையான கேரியர்கள் பட்டியை விட்டு வெளியேறுகின்றன. S இல் பட்டியில் நுழையும் வழக்கமான மின்னோட்டம் Is ஆல் நியமிக்கப்படுகிறது.

ஒரு n- சேனல் JFET ஐக் கருத்தில் கொண்டு VGS அல்லது VDS அல்லது இரண்டும் மாற்றப்படும்போது அதன் செயல்பாட்டைப் பற்றி விவாதிப்போம்.

1. V_{GS}=0 மற்றும் விடிஎஸ் = 0: D_S மற்றும் G_S இடையே மின்னழுத்தங்கள் எதுவும் பயன்படுத்தப்படாதபோது, பி-சந்தியைச் சுற்றியுள்ள குறைப்பு பகுதி சமதடிமன் மற்றும் சமச்சீர் ஆகும்.
2. V_{GS}=0 மற்றும் V_{DS} பூஜ்ஜியத்திலிருந்து அதிகரிக்கும் போது: இதற்காக,JFET விநியோகத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. S முதல் D வரை எலக்ட்ரான் ஓட்டம், வழக்கமான வடிகால் நடப்பு ஐடி டி முதல் எஸ் வரை சேனல் வழியாக பாய்கிறது. விடிஎஸ் பயன்படுத்தப்படும்போது, எஸ் முதல் டி-அதாவது செல்லும்போது சேனலுடன் நேர்மறையான ஆற்றலின் படிப்படியான அதிகரிப்பு உள்ளது. எஸ் முதல் டி வரை சேனலுடன் செல்லும்போது p-n சந்தி முழுவதும் தலைகீழ் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. எனவே குறைப்பு பகுதியின் தடிமனும் கூட அதிகரிக்கிறது.



3. V_{DS} = 0 மற்றும் V_{GS} பூஜ்ஜியத்திலிருந்து குறையும் போது: V_{GS} மேலும் மேலும் எதிர்மறையாக இருக்கும்போது கேட் தலைகீழ் சார்பு அதிகரிக்கிறது. எனவே குறைப்பு பகுதியின் தடிமனும் அதிகரிக்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்தில், இரண்டு குறைவு பகுதிகளும் ஒருவருக்கொருவர் தொடர்பு கொள்கின்றன. இந்த நிலையில், சேனல் கட்-ஆஃப் என்று கூறப்படுகிறது. சேனலை வெட்டுவதற்குத் தேவையான விஜிஎஸ் மதிப்பு கட்-ஆஃப் மின்னழுத்தம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

4. V_{GS} எதிர்மறையாக இருக்கும்போது மற்றும் விடிஎஸ் அதிகரிக்கும் போது: விஜிஎஸ் மேலும் மேலும் எதிர்மறையாக செய்யப்படுவதால், வோவின் மதிப்பு மற்றும் முறிவு மின்னழுத்தம் குறைகிறது. இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. கேட் மின்னழுத்தம் வடிகால் மின்னோட்டத்தை கட்டுப்படுத்துவதால் JFET ஒரு மின்னழுத்த கட்டுப்பாட்டு சாதனம் என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு பி-சேனல் JFET சரியாக n- சேனல் JFET போலவே இயங்குகிறது தவிர தற்போதைய கேரியர்கள் துளைகள் மற்றும் V_{DS} மற்றும் V_{GS} இரண்டின் துருவமுனைப்புகளும் தலைகீழாக மாறும்.

Number system – Conversions – Binary: Addition, Subtraction Multiplication and Division – 8421 Code – BCD Code – Excess 3 Code –Gray code – Binary to Gray and Gray to Binary conversion – ASCII Code – Basic Gates and derived gates: AND, OR NOT, NAND, NOR, EX-NOR, NAND & NOR as Universal gates .

Introduction

Electronic circuits can be divided into two broad catagories such as **analog** and **digital**. Analog circuit deals quantities with discrete values and digital circuit deals quantities with decrete values (*i.e.*, the values occur at discrete interval of time). Now a days the digital technology is applied in every part of human life such as television, communication systems, biomedical instruments and consumer electronics etc.

The advantage of digital circuits over analog circuits are accuracy of the system is high, power consumption is very low, fast and more efficient and reliable than analog system. The digital circuits has only two possible states such as "**high**" and "**low**". It can be represented by open and closed switches or on and off condition of the switch. Thus to describe the behavior of the digital system two state number system known as "**binary number**" system used. In this unit fundamentals of digital electronics have been discussed.

Number system

1. Decimal number system, base -10, 0 – 15, Ex- $(65)_{10}$
2. Binary number system, base -2, 0000 – 1111, Ex – $(101)_2$
3. Octal number system, base -8, 0 -7, Ex – $(76)_8$
4. Hexadecimal number system, base – 16, 0 -9, A-F, Ex- $(3D1)_{16}$

DECIMAL NUMBER SYSTEM

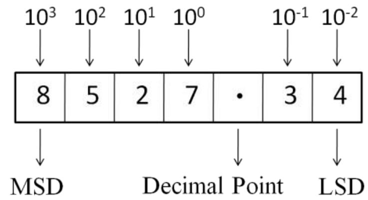
The decimal number system makes use of ten digits namely, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 and 9. Since ten basic symbols or digits are used, the decimal number system is said to have a **base** or **radix** of **ten**.

Any decimal number is formed combining the digits at different positions and applying corresponding weights to the digits. e.g.:

$$25 = 20 + 5 = 2 \times 10 + 5 \times 1 = 2 \times 10^1 + 5 \times 10^0$$

MSD – Most Significant Digit MSB – Most significant Bit

LSD – Least significant Digit LSB – Least Significant Bit

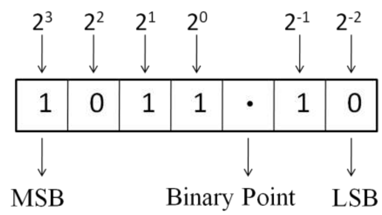


BINARY NUMBER SYSTEM

A binary number system uses only two symbols or digits namely, **0 and 1**. That is the binary number system has a base or radix of 2. A binary digit 0 or 1 is called a **bit**.

A 4-bit binary word is called as a **nibble**. An 8-bit binary word is called as a **byte**. A 16-bit binary word is simply called as a **word**.

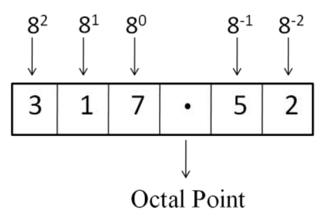
For example: $(101)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$



OCTAL NUMBER SYSTEM

The octal number system has a base 8. The basic digits used are 0,1,2,3,4,5,6,7.

For example: $(475)_8 = 4 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 5 \times 8^0$

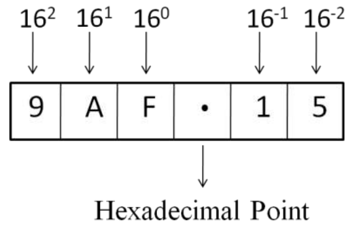


HEXADECIMAL NUMBER SYSTEM

The hexadecimal number system has a base 16. The basic digits are 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.

The hex to decimal conversion is similar to binary to decimal conversion, only the weights are different. In this case, the weights used are 16^0, 16^1, 16^2 etc., for the integer part and 16^{-1}, 16^{-2} etc. for the fractional part.

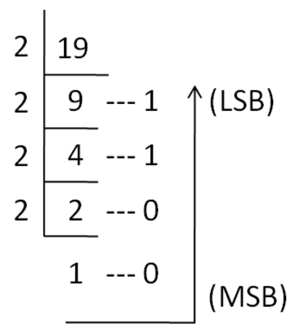
For example : $(D5)_{16} = (13 \times 16^1 + 5 \times 16^0)$



CONVERSION

DECIMAL TO BINARY CONVERSION

A decimal number like 19 can be converted into binary by repeatedly dividing the number by 2 and collecting the remainders (double dabble method).



Collecting the remainders in the reverse, we get

$$(19)_{10} = (10011)_2$$

For decimal fractions, the fractional part has to be multiplied by 2 successively and collecting the carries from top to bottom. For example the decimal fraction 0.625 is converted into binary as,

$0.625 \times 2 = 1.250$; carry is 1 (MSB)

$0.250 \times 2 = 0.500$; carry is 0

$0.500 \times 2 = 1.000$; carry is 1 (LSB)

$(0.625)_{10} = (0.101)_2$

DECIMAL TO OCTAL CONVERSION

To convert a decimal number to octal, we have to divide the decimal number by 8 repeatedly and collect the remainders from top to bottom (for the integer part). The remainders also must be taken in octal.

For example, let us convert the decimal number 68 to octal

i.e., $(68)_{10} = (104)_8$ $(109)_{10} = (155)_8$

8 | 68
8 | 8 --- 4
1 --- 0

8 | 109
8 | 13 --- 5
1 --- 5

DECIMAL TO HEXADECIMAL CONVERSION

To convert a decimal number to hex, we have to divide the decimal number by 16 repeatedly and collect the remainders from top to bottom (for the integer part). The remainders also must be taken in hex. Example, the decimal number

16 | 213
13 ---5
⇓
D

16 | 1020
16 | 63 --- 12 ⇒ C
3 --- 15 ⇒ F

$(213)_{10} = (D5)_{16}$

$(1020)_{10} = (3FC)_H$

To convert the fractional part of a decimal number, multiply by 16 repeatedly and collect the carriers. For example, $(0.5)_{10}$ can be converted into hex as shown.

$0.5 \times 16 = 8.0$

i.e., $(0.5)_{10} = (0.8)_H$

BINARY TO DECIMAL CONVERSION

A binary number can be converted into a decimal number by adding the products of each bit and its weight. Examples.

(i) $(101)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$
$= 4 + 0 + 1 = 5$
i.e., $(101)_2 = (5)_{10}$

(ii) $(10011)_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$
$= 16 + 0 + 0 + 2 + 1 = 19$
i.e., $(10011)_2 = (19)_{10}$

OCTAL TO DECIMAL CONVERSION

Let us convert a octal number $(62)_8$ to decimal.

$$(62)_8 = (6 \times 8^1 + 2 \times 8^0)_{10}$$

$$= (6 \times 8 + 2 \times 1)_{10}$$

$$= (48 + 2)_{10} = (50)_{10}$$

HEXADECIMAL TO DECIMAL CONVERSION

The hex to decimal conversion is similar to binary to decimal conversion, only the weights are different. In this case, the weights used are 16^0, 16^1, 16^2 etc., for the integer part and 16^{-1}, 16^{-2} etc. for the fractional part.

Let us convert a hexadecimal number $(D5)_H$ to decimal.

$$(D5)_{16} = (13 \times 16^1 + 5 \times 16^0)_{10}$$

$$= (13 \times 16 + 5 \times 1)_{10}$$

$$= (208 + 5)_{10}$$

$(D5)_{16}$ can also be written as $(D5)_H$.

HEXADECIMAL TO BINARY CONVERSION

To convert a hexadecimal number to binary, replace each hex digit with its equivalent 4-bit binary.

Table gives the hex, decimal and the corresponding binary combination.

Decimal	Hexadecimal	Binary $2^3+2^2+2^1+2^0$ 8+4+2+1
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

BINARY TO HEXADECIMAL CONVERSION

To convert a binary number to hex, we have to arrange the bits into group of 4 bits starting from LSB (Least significant Bit). If the final group has less than 4-bits, just include zeros in MSB to make it a group of 4 bits.

For example, to convert $(100101)_2$ into hex, arrange the bits as $(10\ 0101)_2$. Now include two zeros for the first group at the front. The binary combination now becomes $(0010\ 0101)_2$. In the last step replace each 4 bit binary group by its equivalent hex digit. i.e. 0010 = 2 and 0101 = 5

Therefore, $(100101)_2 = (0010\ \ 0101)_2 = (25)_H$.

$(6F)_H = (0110\ \ 1111)_2$

OCTAL TO BINARY CONVERSION

Since the base of octal number system is 8 which is equal to 2^3, to convert a octal number to binary, all we have to do is replace each octal digit with its equivalent 3-bit binary.

Decimal	**Octal**	**Binary ($2^2+2^1+2^0$)**
0	0	000
1	1	001
2	2	010
3	3	011
4	4	100
5	5	101
6	6	110
7	7	111

BINARY TO OCTAL CONVERSION

To convert a binary number to octal, we have to arrange the bits into group of 3 bits starting from LSB (least significant bit). If the final group has than 3 bits just include zeros to make it a group n of 3 bits. For example, to example (10 101) into octal, arrange the bits as (10 101). Now include a zero for the first group at the front. The binary combination now becomes (010 101). In the last step, replace each 3-bit binary group by its equivalent octal digit. i.e., 010 = 2 and 101 = 5.

Therefore, $(10\ 101)_2 = (010\ \ 101)_2 = (25)_8$

$(37)_8 = (011\ 111)_2$

BINARY ARITHMETIC

Binary arithmetic operations are carried out in a same manner as decimal operations.

BINARY ADDITION

The addition of two binary numbers is very similar to addition of two decimal numbers. The following rules are followed while adding two binary numbers.

0 + 0 = 0

0 + 1 = 1

1 + 0 = 1

1+ 1 = 10 ; Read as 0 with a carry 1

(1+1 is 2 which is $(10)_2$)

1+1+1 = 11 ; Read as 1 with a carry 1

(1 + 1 + 1 is 3 which is $(11)_2$; the third bit is usually the carry from the previous addition.

1) Add 11110_2 to 11_2

```
  1 1 1 1 0
        1 1
 ----------
1 0 0 0 0 1
 ----------
```

$(11110 + 11)_2 = (100001)_2$

2) 1101_2 + 1110_2

```
  1 1 0 1
  1 1 1 0
 --------
1 1 0 1 1
 --------
```

$(1101+ 1110)_2 = (11011)_2$

BINARY SUBTRACTION

The subtraction of two binary numbers is similar to the subtraction of two decimal numbers.

0 – 0 = 0

0 – 1 = 1 ; Read as difference 1 with a borrow 1

1 – 0 = 1

10 – 1 = 1

(1 cannot be subtracted from 0; therefore a ‘1’ is assumed to be borrowed from the next column whose weight is 2^1 which makes it 10. Therefore 10 – 1 = 1 (difference) and borrow = 1)

1) Subtract 110_2 from 1101_2

```
 0 10
   0 10
 1  1  0  1
    1  1  0
 ----------
    1  1  1
 ----------
```

$(1101 – 110)_2 = (111)_2$

2) 1001_2 - 111_2

```
 0  1
 0  1̸0  10
 1  0  0  1
    1  1  1
 ----------
       1  0
 ----------
```

$(1001 – 111)_2 = (10)_2$

BINARY MULTIPLICATION

The following are the four basic rules for multiplying binary digits.

0× 0 = 0

0× 1 = 0

1× 0 = 0

1 × 1 = 1

1) Multiple 101_2 into 111_2

```
        1 0 1
        1 1 1
      -------
        1 0 1
      1 0 1
    1 0 1
  -----------
  1 0 0 0 1 1
  -----------
```

$(101 × 111)_2 = (100011)_2$

1) Multiple 10110_2 into 101_2

```
      1 0 1 1 0
          1 0 1
    -----------
      1 0 1 1 0
    0 0 0 0 0
  1 0 1 1 0
  -------------
  1 1 0 1 1 1 0
  -------------
```

$(10110 × 101)_2 = (1101110)_2$

BINARY DIVISION

Binary division is the same as decimal division.

1) Divide 1100_2 by 100_2

```
         1 1
       ________
1 0 0 | 1 1 0 0
      | 1 0 0
      |________
      |   1 0 0
      |   1 0 0
      |________
      |   0 0 0
```

Quotient = 11_2
Remainder = 00_2

2) Divide 110110_2 by 101_2

```
          1 0 1 0
        ____________
1 0 1 | 1 1 0 1 1 0
      | 1 0 1
      |____________
      |     1 1 1
      |     1 0 1
      |____________
      |       1 0 0
```

Quotient = 1010_2
Remainder = 100_2

BCD CODES – 8421 CODE

A group of bits (usually four) which are used to represent decimal numbers 0 to 9 are called Binary Coded Decimal codes or BCD codes.

The most popular BCD code is the 8421 code. The 8421 indicates the binary weights of the four bits (2^3, 2^2, 2^1, 2^0). Using the four bits with weight 8,4,2,1, we can easily represent the decimal numbers 0 to 9 as given in the Table.

From the Table, we can see that the four bit binary combination given is only the first ten combination of the four bit binary progression. The six remaining combinations, namely *1010, 1011, 1100, 1101, 1110 and 1111* are invalid 8421 BCD codes.

Decimal	8 4 2 1
0	0 0 0 0
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0 0 1 1
4	0 1 0 0
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0
7	0 1 1 1
8	1 0 0 0
9	1 0 0 1

Any decimal number greater than 9 can be easily represented in 8421 BCD, by repeatedly using the four bit code for each digit. Few examples are given below.

Decimal	8421 BCD code
29	0010 1001

Mrs. D. S. Vasanthi, Dept. of Physics

468	0100 0110 1000
97.5	1001 0111 . 0101

Excess -3 CODE

The Excess -3 code is a BCD code used in earlier computers. The Excess -3 code for a decimal digit is obtained by adding 0011 (3) to the 8421 BCD code. The Excess -3 code also has ten valid codes and six invalid codes. The six invalid codes are 0000, 0001, 0010, 1101, 1110 and 1111. The valid Excess -3 codes are given in the Table.

Decimal	8 4 2 1	Excess – 3
0	0 0 0 0	0011
1	0 0 0 1	0100
2	0 0 1 0	0101
3	0 0 1 1	0110
4	0 1 0 0	0111
5	0 1 0 1	1000
6	0 1 1 0	1001
7	0 1 1 1	1010
8	1 0 0 0	1011
9	1 0 0 1	1100

In Excess-3 code (Like in 8421 BCD code), if the number is greater than 9, the code is given separately for each digit. Few examples are given below.

Decimal number	Excess-3 code
26	0101 1001
97	1100 1010
85.3	1011 1000 . 0110

The Excess-3 code is not a weighted code.

GRAY CODE

Gray code is another important code that can be used in sequence counting. When the count advances by one, to reduce error, the number of changes in the bits has to be kept minimum.

Binary to Gray conversion:

To convert a given binary number to its equivalent Gray code the following rules are applied

1. The MSB of the Gray code is the same as the MSB of the binary.
2. Coding from left to right, add each adjacent pair of bits to get the next bit of the Gray code. Omit the carries if occurs.

An example, lett us convert the binary number 1011 to Gray code.

Step 1.

The left most bit (MSB) in Gray code is the same as the MSB of the binary.

1	0	1	1	Binary
1				Gray

Step 2.

Add the left most bit to the adjacent one.

1 +	0	1	1	Binary
1	1			Gray

Step 3.

Add the next adjacent pair.

1	0 +	1	1	Binary
1	1	1		Gray

Step 4.

Add the next adjacent pair and omit the carry.

1	0	1 +	1	Binary
1	1	1	0	Gray

The conversion is now complete.

$(1011)_2 = (1110)_G$

Gray to Binary conversion:

To convert a given number in Gray code into equivalent binary, the following rules are applied.

1. The MSB of the Binary is the same as the MSB of the Gray.
2. Coding from left to right, add the binary digit generated to the adjacent gray bit to get the next bit of the binary. Omit the carries if occurs.

An example, let us convert the Gray code 1110 to its equivalent binary.

Step 1.

The left most bit (MSB) in binary is the same as the MSB of the Gray.

1 1 1 0 Gray

↓

1 Binary

Step 2.

Add the binary digit generated to the adjacent bit of the Gray code.

1 1 1 0 Gray

↗

1 0 Binary

Step 3.

Add the binary digit generated to the adjacent bit of the Gray code.

1 1 1 0 Gray

↗

1 0 1 Binary

Step 4.

Add the binary digit generated to the adjacent bit of the Gray code.

1 1 1 0 Gray

↗

1 0 1 1 Binary

The conversion is now complete.

$(1110)_G = (1011)_2$

ASCII CODE

ASCII stands for American standard code for information interchange. This is 7- bit code used to represent decimal digits 0 to 9, alphabets A to Z (both lower case and upper case) and some special characters. That is, ASCII is an alpha numeric code.

Since ASCII is a 7 –bit code, there are 128 (2^7) possible binary combinations. A few examples are given below.

ASCII Symbol	Decimal	Hex	7 –binary
0	48	30	011 0000
1	49	31	011 0001
2	50	32	011 0010
9	57	39	011 1001
:	58	3A	011 1010
?	63	3F	011 1111
A	65	41	100 0001
B	66	42	100 0010
Z	90	5A	101 1010
a	97	61	110 0001
b	98	62	110 0010

z	122	7A	111 1010
DEL	127	7F	111 1111

The ASCII code also includes some control characters like DEL (Delete), ESC (Escape), STX (Start of Text), ETX (End of Text), etc.

LOGIC GATES

A gate is logic circuit which has one output and one or more inputs. An output occurs only for a particular combination of input signal. The output of the logic circuit can be in logic '1' state or logic '0' state.

Logic 0 state means '0' volt or less than 5 volts occurs in output. Logic 1 state means 5 volts occurs at the output.

1. Basic gates – AND, OR, NOT
2. Universal gates – NAND, NOR
3. Other gates – EX-OR, EX-NOR.

Truth table

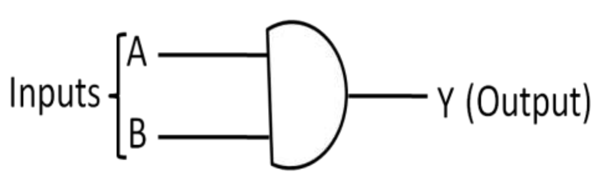
A truth table is one which shows all possible input, output combinations for a logic circuit. If there are 'n' inputs then we have 2^n output states.

a) AND gate (IC – 7408)

It has one or more input and only one output. In this gate the output is high if all the inputs are high, if any one input or all the inputs are low the output is low. The symbol and truth table given in below.

Boolean equation **Y = A.B**

Symbol



Truth table

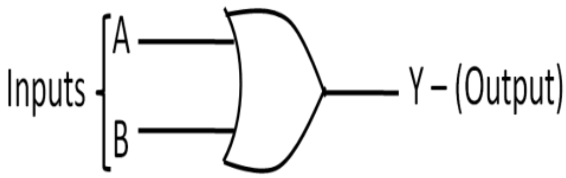
A	B	Y = A.B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

b) OR gate (IC – 7432)

An OR gate has one or more inputs and only one output. The output is '1' when anyone or more than one of the inputs is '1' and the output is '0' only when all the inputs are '0'.

Boolean equation **Y = A + B**

Symbol



Truth table

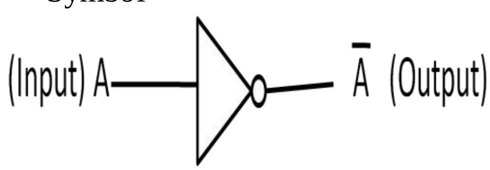
A	B	Y = A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

c) NOT gate (IC – 7404)

The NOT gate has a single input and single output. The is always the complements (opposite) of the input.

Boolean equation **Y = $\bar{A}$**

Symbol



Truth table

A	Y = $\bar{A}$
0	1
1	0

UNIVERSAL GATES

d) NAND gate (NOT +AND = NAND) (IC – 7400)

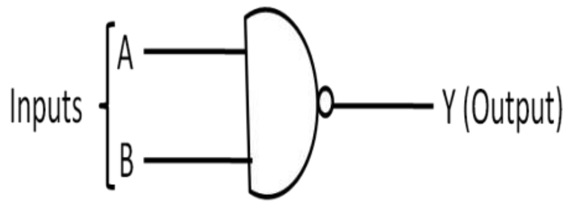
This gate is equivalent to an AND gate followed by an inverter (NOT gate) as shown in figure. It has two or more inputs and only one output. If any one of the inputs to the gate is '0' then the output is '1' and the ouput is '0' only when all the inputs are '1'.

Boolean equation **Y = $\overline{A.B}$**

Symbol

Truth table

A	B	Y = $\overline{A.B}$



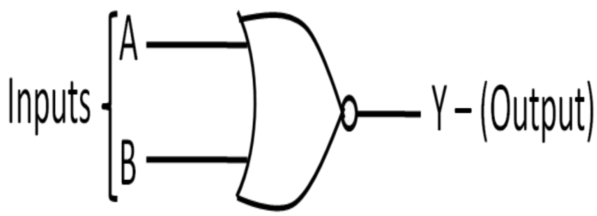
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

e) NOR gate (NOT + OR = NOR)(IC – 7402)

This gate is equivalent to an OR gate followed by an inverter as shown in figure. It has two or more inputs but only one output. If any of the inputs to a NOR gate is ‘1’ the outputs is ‘0’ and if all the inputs to the NOR gate are ‘0’s, then the output is ‘1’.

Boolean equation **$Y = \overline{A + B}$**

Symbol



Truth table

A	B	$Y = \overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

OTHER GATES

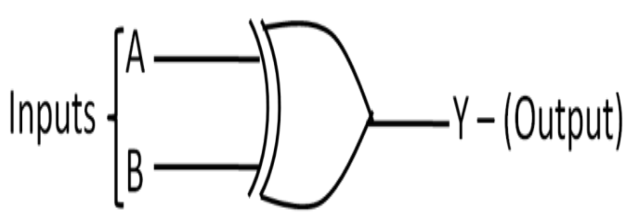
f) EX-OR (or) XOR gate (Exclusive – OR) (IC – 7486)

The exclusive OR gate has two or more inputs but only one output. If odd number of inputs are ‘1’ then the output is ‘1’ and for all other input combinations, the output is ‘0’.

For a two input EX-OR gate, the output is ‘1’ when either of the input is ‘1’ and the output is ‘0’ when both the inputs are equal i.e., ‘1’ or ‘0’.

Boolean equation **$Y = A \oplus B$**

Symbol



Truth table

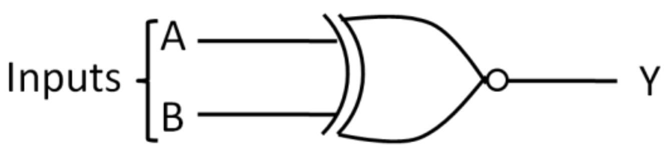
A	B	$Y = A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

g) EX-NOR (or) XNOR gate (Exclusive – NOR) (IC – 74266)

This gate is equivalent to an exclusive OR gate followed by an inverter. If even number of inputs are '1' the output is '1' and for all other input combinations, the output is '0'. For a two input exclusive –NOR gate, the output is '1' when both the inputs are equal to '1' or '0' and the output is '0' when the inputs are different. It is also called a comparator or a logic identity gate.

Boolean equation $\boldsymbol{Y = \overline{A \oplus B}} = \boldsymbol{\bar{A}B + A\bar{B}}$

Symbol



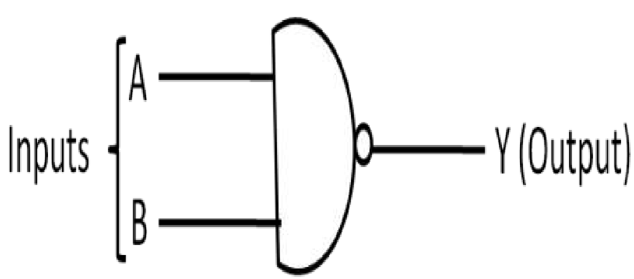
Truth table

A	B	$Y = \overline{A \oplus B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

UNIVERSAL GATES

1. NAND as UNIVERSAL GATE

The symbol for the NAND gate and the truth table are shown in fig.

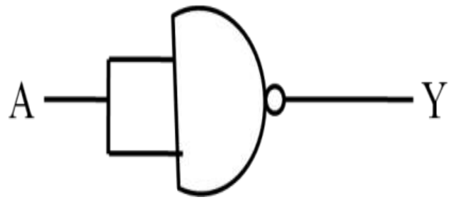


A	B	Y=$\overline{AB}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

By connecting NAND gates in different ways, it is possible to get the function of any other gate. That, is the functions of NOT, AND, OR,etc., can be implemented using only NAND gates. Therefore, the NAND gate is called as a Universal gate or Universal building block.

(i) NAND as NOT

A NOT gate has only one input and one output. If the input is **A** the output is given by $\boldsymbol{\bar{A}}$.

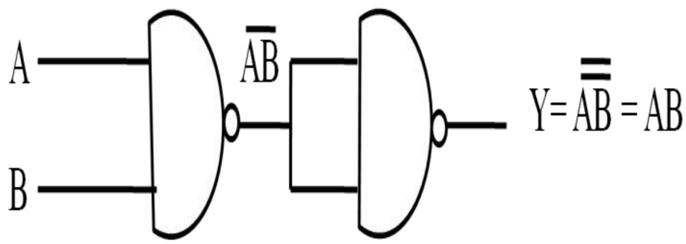


A	Y=$\bar{A}$
0	1
1	0

In a two input NAND gate, if both the inputs are marked as **A**, then the output is given by $\overline{AA}$ which is equal to $\bar{A}$. This arrangement makes the NAND to function as NOT. NAND as NOT is shown in Fig.

(ii) NAND as AND

The symbol and the truth table for the AND gate is shown in the Fig.,

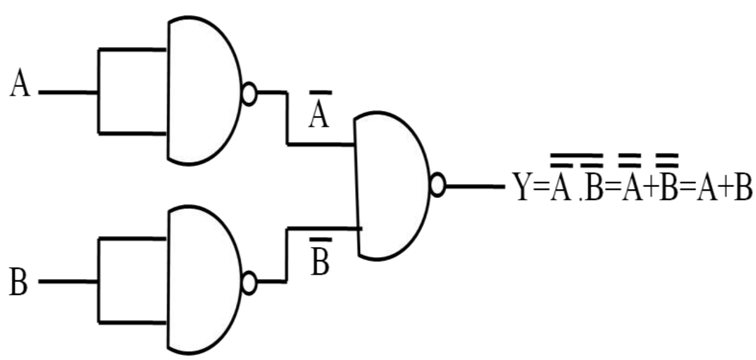


A	B	Y =A.B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

The output of the NAND gate is $\overline{AB}$. To make it as AB, the output of the NAND gate is inverted once. But, the inverter is also implemented using a second NAND gate. The arrangement is shown in fig.

(iii) NAND as OR

The symbol and the truth table for the OR gate is shown in the Fig.,



A	B	Y =A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

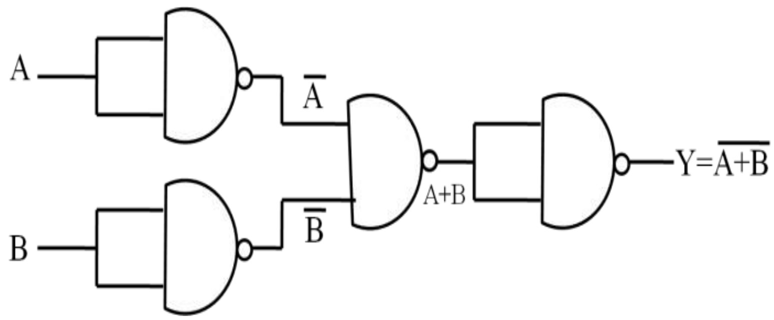
To get the OR expression A + B, the inputs are first inverted and then passed through NAND gate. This arrangement is shown in fig. Three NAND gates are needed to get the OR function.
By Demorgan's theorem,

$$\overline{\bar{A}\bar{B}} = \bar{\bar{A}} + \bar{\bar{B}} = A + B$$

The NOT gate are also obtained using NAND gates.

(iv) NAND as NOR

The symbol and the truth table for the NOR gate is shown in the Fig.,

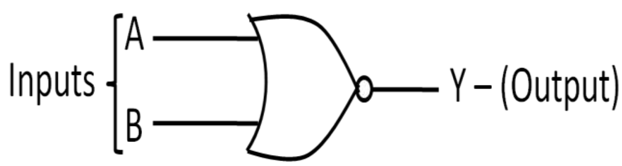


A	B	Y $=\overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

The NOR gate is obtained by simply inverting the output of the OR gate. The implementation of NOR gate using NAND gates is given in Fig.,

2. NOR as UNIVERSAL GATE

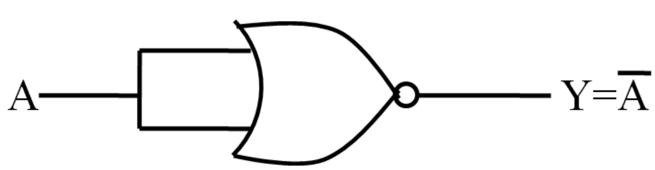
The symbol and the truth table for the NOR gate is shown in the Fig.,



A	B	Y $=\overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

(i) NOR as NOT

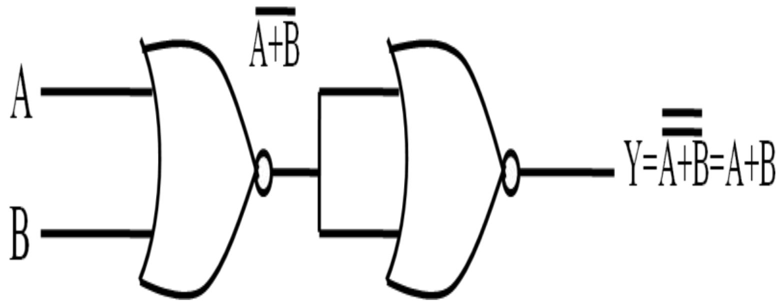
In a two input NOR gate, if both the inputs are marked as A, then the output is given by $\overline{\boldsymbol{A}+\boldsymbol{A}}$ which is equal to $\overline{\boldsymbol{A}}$. Since the two inputs are the same, the two inputs of the NOR gate can be connected together and used as gate with a single input. This arrangement makes the NOR to function as NOT. The arrangement is shown in Fig.,



A	Y$=\bar{A}$
0	1
1	0

(ii) NOR as OR

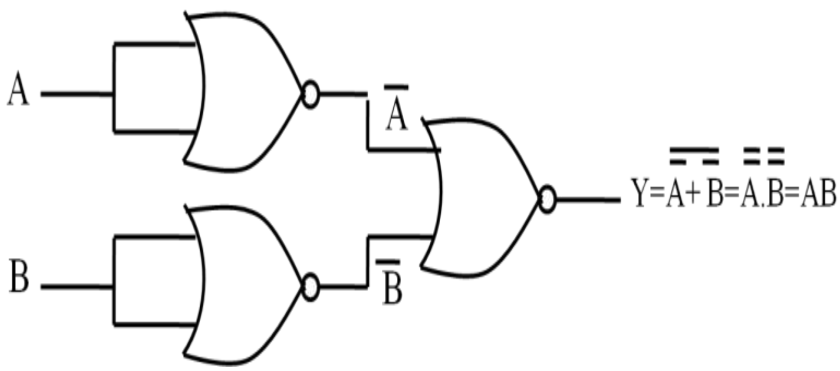
The output of the NOR gate is $\overline{\boldsymbol{A}+\boldsymbol{B}}$. To make it as (A + B), the output of the NOR gate is inverted once. But the inverter is also implemented using a second NOR gate. The arrangement is shown in Fig.,



A	B	Y =A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(iii) NOR as AND

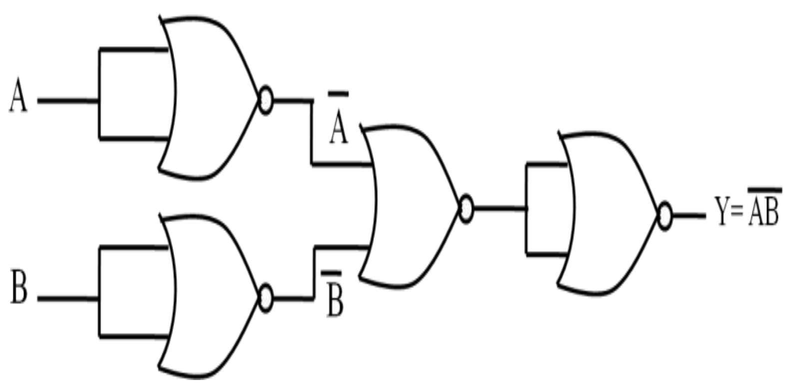
To get the AND expression A.B, the inputs are first inverted and then passed through a NOR gate. This arrangement is shown in Fig., Three NOR gates are needed to get the AND function.



A	B	Y =A.B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(iv) NOR as NAND

The NAND gate is obtained by simply inverting the output of the AND gate. The implementattion of NAND gate using NOR gates is given in Fig.,



A	B	Y=$\overline{AB}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Question Bank

Two Mark Questions

1. What is number system?
2. Mention the different types of number.
3. What is decimal number system?
4. What is binary number system?
5. What is an octal number system?
6. What is hexadecimal number system?
7. Define thwe terms BIT , BYTE, NIBBLE and WORD.
8. Explain the radix of a number system.
9. How a decimal number is converted into a binary number.
10. Convert the decimal number 33 into a binary number.
11. How a fractional decimal numberr is converted into a binary number?
12. Convert 0.45 into a binary number.
13. How a binary number is converted into a decimal number?
14. Convert $(1010)_2$ into a decimal number.
15. How an octal number is converted into a decimal number?
16. Convert the octal number 132 into a decimal number.
17. How a decimmal number is converrted into an octal number?
18. Convert the decimal number 789 into an octal number.
19. How a fractional decimal number is converted into an octal number?
20. Convert the decimal number 0.15 into fractional octal number.
21. How an ocrtal number is converted into a binary number.
22. Convert the octal number 14 into a binary number.
23. How a binary number is converted into an octal number?
24. Converted the binary number 1010111 into an octal number.
25. How a hexadecimal number is converted into a decimal number?
26. How a decimal number is converted into a hexadecimal number?
27. How a hexadecimal number is converted into a binary number?
28. How a binary number is converted into a hexadecimal numberr?
29. What is binary arithmetic?
30. Add 5 and 8 using binary addition, 111 and 101, 1101 and 100.
31. Subtract 4 from 9 using binary subtraction, 1011 from 11000, 0101 from 1000.
32. Multiply 5 and 3 using binary multiplication, 11100×101
33. Divide 6 by 3 using binary division, 1010 by 100.
34. What is BCD codes?
35. Decimal numbers 468, 98.5 are converted into BCD codes.
36. What is 8421 codes?
37. Convert 29,54 into 8421 codes.
38. What is the Excess – 3 code?
39. Convert decimal number 852 into excess – 3 code.
40. What is gray code?

41. Convert binary to gray code 1011,1010,1110.
42. Convert Gray to binary 11110, 10110.
43. What is ASCII code?
44. What is logic circuit?
45. What are the basic gates?
46. What is an AND gate?
47. Give the truth table of AND gate.
48. What is an OR gate?
49. Give the truth table of OR gate.
50. What is a NOT gate?
51. Give the truth table of NOT gate.
52. What is a NAND gate?
53. Give the truth table of NAND gate.
54. What is a NOR gate?
55. Give the truth table of NOR gate.
56. What is an EXOR gate?
57. Give the truth table of EXOR gate.
58. Why are NAND, NOR gate called as universal gate?
59. Draw the circuit diagram of logic gates AND, OR, NOT, NAND, NOR.
60. Draw the circuit diagram of universal logic gatees NAND as AND, OR, NOT,NOR and NOR as AND, OR, NOT,NAND.

Five and Ten Mark Questions

1. Explain the number system about decimal, binary, octal and hexadecimal.
2. Convert the following decimal numbers to binary 67,152,1902,378.05,51.125.
3. Convert the following binary numbers to decimal 11101, 101011, 100011, 1111001.
4. Convert the following decimal numbers to hexadecimal nmbers 78,94,2064, 378
5. Convert the following hexadecimal numbers to binary 99, D89,F6A, 3BC, A02E.
6. Convert the following binary numbers to hexadecimal numbers 11101, 1110001, 1010110, 11.1101,1010.111.
7. Convert the following octal numbers to decimal 167, 2541, 24.35, 562.43.
8. Convert the following binary numbers to octal 101100, 101011, 11011,1011, 10011.11.
9. Perform the following additions in the binary number system. 15+86, 27 + 38, 58 + 97.
10. Perform the following subtractions in the binary number system. 87 – 26, 95 – 41, 36.7 – 16.2.
11. Perform the following multiplications in the binary number system. 8*5, 32*13, 78*25.
12. Perform the following divisions in the binary number system. 12/3, 45/5, 50/2
13. Explain the logic gates with its circuit and its truth tables.
14. Explain the universality of NAND and NOR with its circuit and its truth tables.

Unit - V Digital Electronics

எண் முறைகள் (Number System)

எண் முறை என்பது ஒரு எண்ணின் மதிப்பினைக் குறிப்பதற்குப் பயன்படுத்தும் குறியாகும். எண் முறையில் நாம் பல்வகையான குறிகளையும் பயன்படுத்தலாம். பயன்படுத்தக் கூடிய குறிகள் அவை அமைந்துள்ள நிலையினைச் சார்ந்து மதிப்புகள் பெறுகின்றன. எனவே இத்தகைய நிலை எண் முறை (positional number system) என்பர்.

1) தசம முறை 2) ஈரடி முறை 3) எட்டடி முறை

4) பதினாறடி முறை.

தசம எண் முறை (Decimal Number System)

தசம எண் முறையில் 10 குறிகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். அவை 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 இந்த முறையில் பத்துக் குறிகள் பயன்படுத்துவதால், இம்முறையை தசம எண் முறை என்பர். இம்முறையின் அடி (base) 10.

எடுத்துக்காட்டாக $(7246.58)_{10}$ கருதுவோம்

$$(7246.58)_{10} = 7\times10^{3} + 2\times10^{2} + 4\times10^{1} + 6\times10^{0} + 5\times10^{-1} + 8\times10^{-2}$$

$$= 7000 + 200 + 40 + 6 + 0.5 + 0.08$$

ஈரடி எண் முறை (Binary Number System).

ஈரடி எண் முறையில் இரு அடிப்படைக் குறிகள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த முறையில் பயன்படுத்தும் குறிகள் 0, 1, எனவே இம்முறையின் அடி 2 ஆகும்.

தசமப்புள்ளிக்கு இடப்பக்கம்					தசமப்புள்ளிக்கு வலப்பக்கம்		
2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125

(2) **எட்டடி எண் முறை (Octal Number System).**

எட்டடி எண் முறையில் எட்டு இலக்கங்கள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பயன்படுத்தும் எட்டு இலக்கங்கள் முறையே 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ஆகும். இதன் அடி 8 ஆகும்.

8^4	8^3	8^2	8^1	8^0	8^{-1}	8^{-2}	8^{-3}

பதினாறடி எண் முறை (Hexadecimal Number System)

பதினாறடி எண் முறையில் 16 இலக்கங்கள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பயன்படுத்தும் பதினாறு இலக்கங்கள் முறையே 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F ஆகும். இம்முறையின் அடி 16 ஆகும்.

மாற்றுதல் (Conversion)

தசம எண்ணினை ஈரடி எண்ணாக மாற்றுதல்

(1) $(53)_{10}$

2 | 53
2 | 26 – 1 ↑ LSB
2 | 13 – 0
2 | 6 – 1
2 | 3 – 0
1 – 1 MSB

$(53) = (110101)_2$

(2) $(0.625)_{10}$

0.625 × 2 = 1.250 முழு 1
0.250 × 2 = 0.500 முழு 0
0.500 × 2 = 1.000 முழு 1

$(0.625)_{10} = (0.101)_2$.

தசம எண்ணினை எட்டடி எண்ணாக மாற்றுதல்

8 | 175
8 | 21 – 7 ↑
2 – 5

$(175)_{10} = (257)_8$

8 | 99
8 | 12 – 3 ↑
1 – 4

$(99)_{10} = (143)_8$

③ தசம எண்ணினை பதினாறு எண்ணாக மாற்றுதல்

i) 16 | 2479
16 | 154 - ⑮ → F
9 - ⑩ → A

$(2479)_{10} = (9AF)_{16}$

ii) 16 | 1983
16 | 123 - ⑮ → F
7 - ⑪ → B

$(1983)_{10} = (7BF)_H$

தசம எண்	பதினாறு எண்	ஈரடி எண்
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

தசம எண்	எட்டடி எண்	ஈரடி எண்
0	0	000
1	1	001
2	2	010
3	3	011
4	4	100
5	5	101
6	6	110
7	7	111

ஈரடி எண்ணிலிருந்து தசம எண்ணாக மாற்றுதல்

$(1010)_2 = 1\times2^3 + 0\times2^2 + 1\times2^1 + 0\times2^0$

$= 1\times8 + 0\times4 + 1\times2 + 0\times1$

$= 8 + 0 + 2 + 0 = 10$

$(1010)_2 = (10)_{10}$

(4) எட்டடி எண்ணிலிருந்து தசம எண்ணாக மாற்றுதல்

$$(352)_8 = 3 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 2 \times 8^0$$
$$= 3 \times 64 + 5 \times 8 + 2 \times 1$$
$$= 192 + 40 + 2 = 234$$
$$(352)_8 = (234)_{10}$$

பதினாறடி எண்ணிலிருந்து தசம எண்ணாக மாற்றுதல்

$$(2A)_{16} = 2 \times 16^1 + A \times 16^0$$
$$= 2 \times 16 + 10 \times 1$$
$$= 32 + 10 = 42.$$
$$(2A)_{16} = (42)_{10}$$

ஈரடி எண்ணிலிருந்து எட்டடி எண்ணாக மாற்றுதல்

$$(1011.01101)_2.$$

001 011 . 011 010
1 3 . 3 2

$$(1011.01101)_2 = (13.32)_8$$

எட்டடி எண்ணை ஈரடி எண்ணாக மாற்றுதல்

$$(35)_8 = 3 \quad 5$$
$$= 011 \quad 101$$
$$(35)_8 = (11101)_2$$

ஈரடி எண்ணை பதினாறடி எண்ணாக மாற்றுதல்

$$(10110101)_2 = 1011 \quad 0101$$
$$= B \quad 5$$
$$(10110101)_2 = (B5)_{16}$$

(5) பதினாறடி எண்ணை ஈரடி எண்ணாக மாற்றுதல்

$(23A)_{16}$ = 2 3 A

= 0010 0011 1010

$(23A)_{16} = (1000111010)_2$

ஈரடி எண் கணிதம் (Binary Arithmetic)

(i) ஈரடி எண் கூட்டல் (Binary addition)

விதிகள்

0+0 = 0
0+1 = 1
1+0 = 1
1+1 = 10
1+1+1 = 11
10+1 = 11
10+1+1 = 100
1+1+1+1 = 100

பெரிய ஈரடி எண்களைக் கூட்டும் போது, வலது கடைசியிலுள்ள இத்து வரிசை-யில் உள்ள எண்களை கூட்ட வேண்டும். இதில் சுமை வந்தால், இதனை அடுத்த இத்து வரிசையுடன் கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும். இந்த முறைப்படி இது கடைசி வரை கூட்ட வேண்டும்.

① 2+3

2 → 0010
3 → 0011
5 → 0101

$2+3 = (101)_2$

② 5+6

5 → 0101
6 → 0110
11 → 1011

$5+6 = (1011)_2$

(ii) ஈரடி எண் கழித்தல் (Binary Subtraction)

விதிகள்

0 − 0 = 0
1 − 0 = 1
10 − 1 = 1
1 − 1 = 1

பெரிய எண்களைக் கழிக்கும்போது, வலது கடைசியிலிருந்து இத்து வரிசையின் ஒவ்வொரு எண்ணாகக் கழிக்க வேண்டும். தேவைப்பட்டால் அடுத்த இத்து வரிசையிலிருந்து கடன் வாங்கிக் கொள்ள வேண்டும்.

(6) (i) $(111)_2 - (101)_2$

```
  111 -> 7
  101 -> 5
  ---    -
  010 -> 2
```

$(111)_2 - (101)_2 = (10)_2$

(ii) $(1101)_2 - (1010)_2$

```
  1101 -> 13
  1010 -> 10
  ----    --
  0011 ->  3
```

$(1101)_2 - (1010)_2 = (11)_2$

(iii) இ.முறை பெருக்கல் (Binary Multiplication)

விதிகள்

$0 \times 0 = 0$

$0 \times 1 = 0$

$1 \times 0 = 0$

$1 \times 1 = 1$

(i) $(111)_2 \times (101)_2$

```
     111
     101
  ------
     111
    000
   111
  ------
  100011
```

Ans $= (100011)_2$

(iv) இ.முறை வகுத்தல் (Binary Division)

விதி

$0 \div 1 = 0$

$1 \div 1 = 1$

(i) $(1100)_2 \div (10)_2$

```
      110
   ------
10 ) 1100
     10
     --
      10
      10
      --
       00
```

ஈவு $= 110_2$

மீதி $= 0_2$

(ii) $(11001)_2 \div (101)_2$

```
       101
    -------
101 ) 11001
      101
      ---
        101
        101
        ---
          0
```

ஈவு $= 101_2$

மீதி $= 0_2$

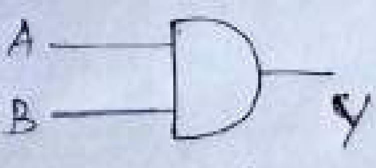
ASCII

American standard Coded for Information Interchange.

அடிப்படை தர்க்கச் சுற்றுகள்.
(Basic Logic Gates)

குறைக்கடத்திக் கருவிகள் 'மூடிய' (ON), 'திறந்த' சாவிகளாகச் செயல்படுகின்றன. திறந்து அல்லது மூடி செய்யும் சாவியினைக் கதவு (Gate) என்பர்.
மூடிய அல்லது திறந்த, மெய் அல்லது பொய், ஆம் அல்லது இல்லை எனவும் அழைப்பர்.
சாவிச் செயல்பாட்டினைச் செயல்படுத்துகின்ற சுற்றினை தர்க்கச் சுற்று அல்லது தர்க்கக் கதவுகள் (Logic circuit or logic gates) என்பர்.

உம்மினைக் கதவு (AND gate)

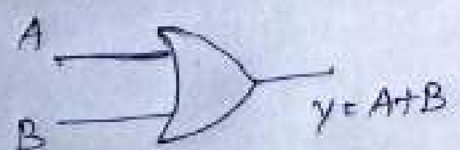


A	B	Y=A·B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

பூலியன் இயற்கணிதம் $Y = A \cdot B$

உம்மினைக் கதவில் எல்லா உள்ளீடுகளும் உயர்வாக இருக்கும்போது மட்டுமே வெளியீடு உயர்வாக இருக்கும். ஏதாவதொரு உள்ளீடு தாழ்நிலையில் இருந்தால் வெளியீடும் தாழ்நிலையாகும்.

அல்லதினைக் கதவு (OR Gate)

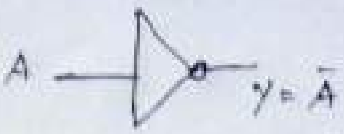


A	B	Y=A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

பூலியன் இயற்கணிதம் $Y = A + B$

அல்லதினைக் கதவில் ஏதாவதொரு உள்ளீடு உயர் நிலையில் இருந்தால் வெளியீடு உயர்நிலையில் அமையும். எல்லா உள்ளீடுகளும் தாழ்நிலையில் இருக்கும்போது, வெளியீடு தாழ்நிலையில் அமையும்.

(8) எதிர்மறைக் கதவு (NOT Gate).

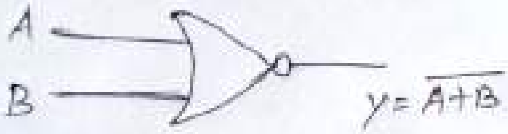


A	$Y=\bar{A}$
0	1
1	0

பூலியன் இயற்கணிதம் $Y = \bar{A}$

இவ்வகையான கதவின் வெளியீடானது உள்ளீடு போன்று இல்லாத காரணத்தால் இதனை எதிர்மறைக் கதவு என அழைக்கப்படுகிறது. இது உள்ளீடு சைகையை தலைகீழாக திருப்புவதால், இது புரட்டி (inverter) என அழைக்கப்படுகிறது. இதில் ஒரே ஒரு உள்ளீடும், ஒரே ஒரு வெளியீடும் மட்டும் கொண்டிருக்கும்.

எதிர்மறை அல்லினைக் கதவு (NOR Gate)

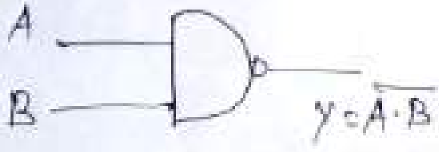


A	B	$Y=\overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

பூலியன் இயற்கணிதம் $Y = \overline{A+B}$

எதிர்மறை உம்மினை அல்லினைக் கதவில் எல்லா உள்ளீடுகளும் தாழ் நிலையில் இருந்தால், வெளியீடு உயர் நிலையில் அமைகிறது. ஏதாவதொரு உள்ளீடு உயர்நிலையில் இருந்தால், வெளியீடு தாழ் நிலையில் அமையும்.

எதிர்மறை உம்மினைக் கதவு (NAND Gate)



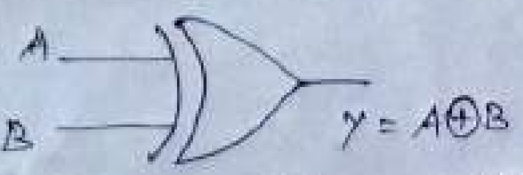
A	B	$Y=\overline{A \cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

பூலியன் இயற்கணிதம் $Y = \overline{A \cdot B}$

எதிர்மறை உம்மினைக் கதவில் எல்லா உள்ளீடுகளும் உயர் நிலையில் இருந்தால், வெளியீடு தாழ்நிலையில் அமையும். ஏதாவதொரு உள்ளீடு தாழ்நிலையில்

(9) இருநிலை, வெளியீடு உயர் நிலையின் அமைப்பும்.

EX-OR Gate



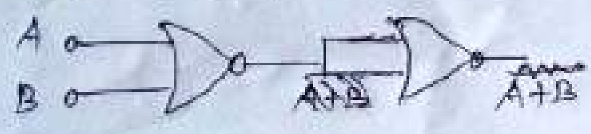
A	B	$Y = A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

பூலியன் கோவையில் $Y = A \oplus B$

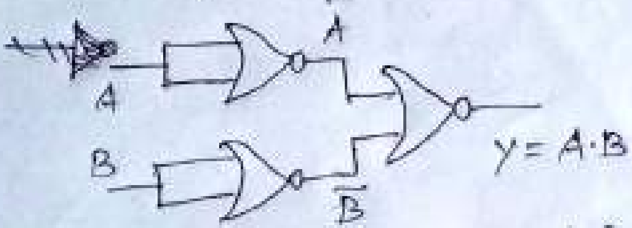
$= A\bar{B} + B\bar{A}$

NOR ஒர் பொதுக் கதவாக (NOR as universal gate)

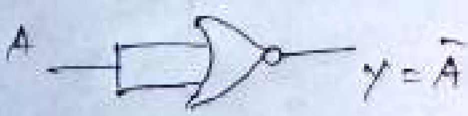
(i) அல்லதிணைக் கதவாக (as OR gate)



(ii) உம்மிணைக் கதவாக (as AND gate)

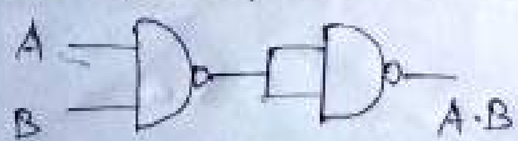


(iii) எதிர்மறைக் கதவாக (as NOT gate)

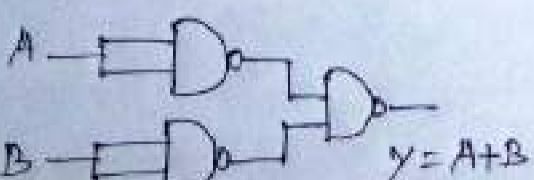


NAND ஒர் பொதுக் கதவாக (NAND as universal gate)

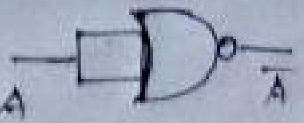
உம்மிணைக் கதவாக (as AND gate)



அல்லதிணைக் கதவாக (as OR gate)



(10) எதிர்மறைக் கதவாக (as NOT gate).



டி மார்கனின் தேற்றம் (De Morgan's Theorems)

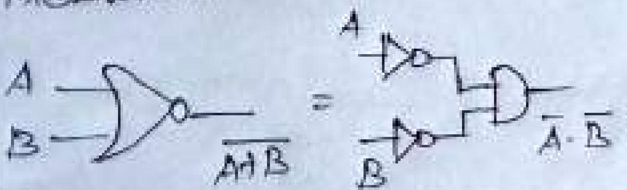
டி மார்கனின் முதல் தேற்றம்.

$$\overline{A+B} = \bar{A}\cdot\bar{B}$$

கூட்டலின் மாற்று, மாற்றுகளின் பெருக்கலுக்குச் சமமாகும்.

நிரூபணம் :-

$\overline{A+B} = \bar{A}\cdot\bar{B}$ என்பதை A, B ஆகியவற்றிற்கு முடிந்த எல்லா மதிப்புகளையும் கொடுத்து இடப்பக்கமும் வலப்பக்கமும் சம மதிப்புகள் பெறுகின்றன எனக் காட்டி நிரூபிக்கலாம்.



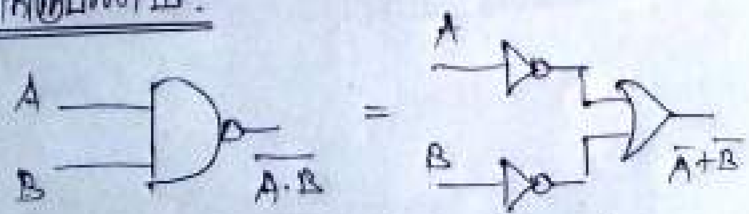
A	B	$\overline{A+B}$	$\bar{A}\cdot\bar{B}$
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	0	0

டி மார்கனின் இரண்டாம் தேற்றம்

$$\overline{A\cdot B} = \bar{A}+\bar{B}$$

பெருக்கலின் மாற்று, மாற்றுக் கூட்டலுக்குச் சமமாகும்.

நிரூபணம் :-



A	B	$\overline{A\cdot B}$	$\bar{A}+\bar{B}$
0	0	1	1
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	0

Books for reference:

1. R.Murugeshan,Properties of Matter,S.Chand & Company LTD.Ram Nagar,N ew Delhi-110 005.
2. A. Sundaravelusamy, பொருட்பண்பியல் & ஒலி, Priya Publications, Karur – 2.
3. Brij lal & Subramanyam,Heat and thermodynamics, Chand & Company LTD.Ram Nagar, N ew Delhi-110 005
4. Dr. G. Senthilkumar, Engineering Physics – I, Revised edition, 2005-2006, VRB publishers Pvt, Ltd, Chennai.
5. Anuradha De, Optical fibre and laser, Second edition, New generation private limited, Kolkata.
6. A. Sundaravelusamy, 2014, Applied Physics Paper – II, Priya Publications, Karur – 2.
7. A. Sundaravelusamy, 2015, Applied Physics Paper – I, Priya Publications, Karur – 2.
8. V. Vijayendran, 2012, Digital Fundamentals – K. Viswanathan (Printers & Publishers) PVT. LTD., Chennai – 31.
9. N .Premkumar, 2010, Basic Electrical and Electronics Engineering – AnuradhaPhublications, Kumbakonam – 5.

Books for scanned images:

1. Dr. A. Ramadoss, Engineering Physics – I, 2010 Edison, Sri Maruthi Publishers, Chennai.