## (2) Units and Measurement

1971ൽ രൂപം കൊണ്ട ഏകീകൃത അളവു സമ്പ്രദായമാണ് System International (S.I). അവ:

| quantity | Unit | symbol |
|---|---|---|
| Length | metre | m |
| Mass | kilogram | kg |
| Current | ampere | A |
| Temperature | kelvin | K |
| Amount of substance | mole | mol |
| Luminous intensity | candela | cd |
| plane angle | radian | rad |
| Solid angle | steradian | sr |

### Dimensions

ഒരു Physical quantity യെ അതിന്റെ അടിസ്ഥാനപരമായ quantity കളുടെ പവറുകളായി എഴുതുന്നതിനെ Dimension എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം: $[F] = MLT^{-2}$.

ഇതിന് രണ്ട് Applications ഉണ്ട്.

1. ഒരു Equation ശരിയോ തെറ്റോ എന്ന് Check ചെയ്യാൻ.
2. വ്യത്യസ്ത Physical quantities തമ്മിലുള്ള ബന്ധം രൂപീകരിക്കാൻ.

ഒരു സമവാക്യം ശരിയോ തെറ്റോ എന്ന് Dimension പ്രകാരം check ചെയ്യാൻ വേണ്ടി ഉപയോഗിക്കുന്ന principle ആണ്, Principle of homogeneity of dimensions. ഇതു പ്രകാരം, ഒരു സമവാക്യത്തിന്റെ LHS ന്റെ RHS ന്റെയും Dimension ഒരേ തന്നെയായിരിക്കും.

Dimensions ന്റെ പോരായ്മകൾ:

1. ചില physical quantities ന് Dimension ഇല്ല. eg: Angle, strain
2. Exact relationship കണ്ടെത്താൻ കഴിയില്ല.

## (3). Motion in Straightline

Average Velocity = $\frac{\text{Displacement}}{\text{time}}$

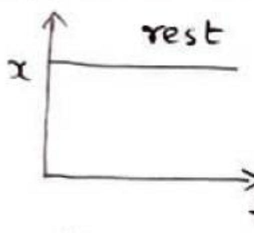
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

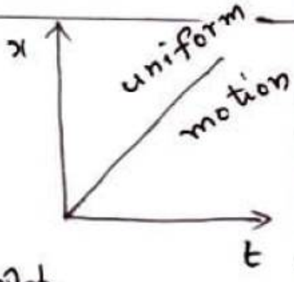
slope of position-time graph എന്നത് Velocity ആണ്.

Velocity ഒരു വെക്ടറും (ദിശയുള്ളത്) Speed ഒരു Scalar (ദിശയില്ലാത്തതും) ആണ്.

Speed ന്റെ അളവ് Velocity യെക്കാൾ കൂടുതലോ അല്ലെങ്കിൽ സമമോ ആയിരിക്കും.

കാറിലെ speedometer കാണിക്കുന്നത് Instantaneous speed ആണ്.




വസ്തു നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ

Area of velocity-time graph എന്നത് Displacement ആണ്.

Velocity x time = displacemt .

slope of velocity-time graph എന്നത് acceleration ആണ്.

## ചലന സമവാക്യങ്ങൾ (Equations of motion)

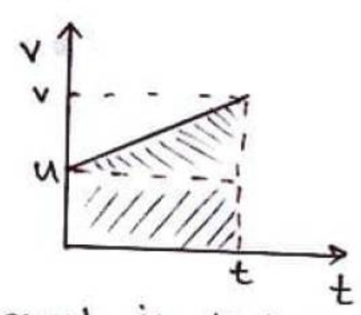
1. Velocity-time relation

നമുക്കറിയാം,
acceleration, $a = \frac{v-u}{t}$

$$v - u = at$$

$$\therefore v = u + at$$

2. Position-time relation




Area of v-t graph is displacement.

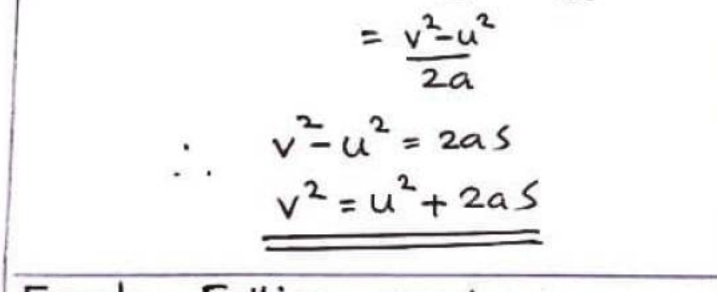
$$\therefore s = ▭ + △$$
$$= ut + \frac{1}{2}(v-u)t$$
$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

3. Velocity-Displacement Relation.

Displacement, s = velocity × time.

$$\therefore s = \frac{v+u}{2} \cdot \frac{v-u}{a}$$
$$= \frac{v^2-u^2}{2a}$$
$$\therefore v^2 - u^2 = 2as$$
$$v^2 = u^2 + 2as$$

Freely Falling graphs:




വസ്തുക്കൾ താഴെ വീഴുന്നതിന്റെ ഗ്രാഫുകൾ

## (4). MOTION IN A PLANE

അളവും ദിശയും ഉള്ള quantities ആണ് Vectors.
ദിശ ഇല്ലാത്ത quantities - scalar.

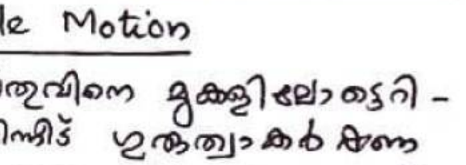
Vector കളെ Add ചെയ്യാൻ രണ്ട് രീതികൾ.
1. Triangle law
2. Parallelogram law.

രണ്ട് vectors ന്റെ അളവും ദിശയും ഒന്ന് തന്നെയാണെങ്കിൽ അവ Equal Vector ആണ്.

### Projectile Motion

ഒരു വസ്തുവിനെ മുകളിലോട്ടെറിഞ്ഞാൽ പിന്നീട് ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് വിധേയമായുള്ള ചലനമാണ് Projectile Motion.

ഒരു പ്രൊജക്റ്റൈലിന്റെ സഞ്ചാരപാത പരാബോളിക് (Parabolic) ആണ്




ഒരു Projectile ചലനത്തിൽ x-ദിശയിലെ velocity സ്ഥിരമാണ് - മാറുന്നില്ല. $V_x = u\cos\theta$

y-ദിശയിലെ velocity മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കും.
$V_y = u\sin\theta - gt$

## Time of flight of Projectile

നമുക്കറിയാം,

$$V_y = u\sin\theta - gt$$

വസ്തു മുകളിലെത്തുന്ന സമയത്ത്, $V_y = 0$

$$\therefore u\sin\theta - gt = 0$$

$$t = \frac{u\sin\theta}{g}$$

ഇതാണ് മുകളിലെത്താനെടുക്കുന്ന സമയം.

ആകെ സഞ്ചാര സമയം,

$$T = 2t$$

$$T = \frac{2u\sin\theta}{g}$$

## Maximum Height of Projectile

നമുക്കറിയാം, $v^2 = u^2 + 2aS$

at Maximum Height,

$$0^2 = u^2\sin^2\theta - 2gH$$

$$\therefore H = \frac{u^2\sin^2\theta}{2g}$$

## Range of Projectile

$$\text{Range, } R = u\cos\theta \times T = \frac{u^2\sin 2\theta}{g}$$

Maximum Range,

$$R_{max} = \frac{u^2}{g}$$

when $\theta = 45^\circ$.

അതായത് $45^\circ$ കോണളവിൽ ഒരു വസ്തുവിനെ എറിഞ്ഞാൽ അത് കൂടുതൽ ദൂരത്ത് ചെന്നെത്തും.

## (5) LAWS OF MOTION

ചലന നിയമങ്ങൾ

Momentum, $P = mv$

momentum വെക്ടർ quantity ആണ്.

unit $kg\,ms^{-1}$. $[P] = MLT^{-1}$

### രണ്ടാം ചലന നിയമം

ബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ദിശയിൽ, ബലത്തിനനുസരിച്ച് പ്രവേഗമാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു.

$$F \propto \frac{dP}{dt}$$

$$F = \frac{dP}{dt} \qquad k = 1$$

$$= \frac{d(mv)}{dt} = ma$$

Impulse = Force × time.

ചെറിയ ഒരു സമയത്ത് അനുഭവപ്പെടുന്ന വലിയ ബലത്തെ Impulsive Force എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

### Conservation of momentum

(ആക്ക സംരക്ഷണം)

Total momentum സ്ഥിരമായിരിക്കും.

Total momentum of an isolated system is conserved.

### Friction

വസ്തു ചലിക്കുന്നതിന് തൊട്ടുമുമ്പ് വരെയുള്ള Friction ആണ് Static Friction.

Static Friction, ചലനത്തെ എതിർക്കുന്നു.

Static Friction, സമ്പർക്കത്തിലുള്ള പ്രതലത്തിന്റെ വിസ്തീർണത്തെ depend ചെയ്യില്ല.

പ്രതലത്തിന്റെ സ്വഭാവത്തെയും നോർമൽ Force നെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.

$$f_s \le \mu_s N$$

(സ്റ്റാറ്റിക് ഫ്രിക്ഷൻ നിയമം)

വസ്തു ചലിക്കാൻ തുടങ്ങിയാൽ, സമ്പർക്കത്തിലുള്ള പ്രതലങ്ങൾക്കിടയിൽ Parallel ആയി അനുഭവപ്പെടുന്നതാണ് kinetic Friction ($f_k$).

ചലിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ ചക്രങ്ങൾ ഘടിപ്പിക്കുന്നത്
Rolling friction കുറവായതിനാലാണ്.

$f_s > f_k > f_r$

Advantage of friction:
1) Useful in Braking
2) Able to walk
3) Able to ride vehicles.

Disadvantage:
1) Wear and tear of moving parts (തേയ്മാനം)
2) Energy wastage (ഊർജ്ജ നഷ്ടം) ഊർജ്ജ നഷ്ടം.

Friction കുറക്കാനുള്ള വഴികൾ:
1) Use lubricants
2) Use ball bearings between moving parts.

നിരപ്പായ ഒരു റോഡിലൂടെയുള്ള കാറിന്റെ circular motion (വർത്തുള ചലനം):

ഇവിടെ മൂന്ന് ബലങ്ങൾ അനുഭവപ്പെടും.
1) Gravitational, ഭാരം, $W = mg \downarrow$
2) Normal Reaction, $N = mg \uparrow$
3) Frictional Force (ഘർഷണ ബലം)

Frictional force ലഭ്യമാക്കുന്നത്, centripetal force ലൂടെയാണ്.

$f_c = f_s$

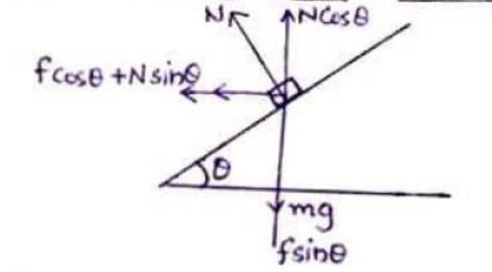
$f_s = \mu_s N$

$\frac{mv^2}{R} = \mu_s mg$

$v = \sqrt{\mu_s R g}$

നിരപ്പായ റോഡിലൂടെ ഒരു വണ്ടിക്ക് പോകാവുന്ന സുരക്ഷിതമായ Speed ആണ്, V.

Motion of a car on a banked Road




$N\cos\theta = mg + f\sin\theta$ — ①

$f\cos\theta + N\sin\theta = \frac{mv^2}{R}$ — ②

Re-arranging ① & ②, we get

$$V = \sqrt{\frac{Rg(\mu_s + \tan\theta)}{1 - \mu_s \tan\theta}}$$

ഇതാണ് Banked Road ലൂടെയുള്ള maximum safe speed.

വളവുകളിൽ റോഡിന്റെ പുറംഭാഗം അകം ഭാഗത്തെക്കാൾ കുറച്ച് പൊക്കിയിരിക്കുന്നതാണ് Banking of Curve(θ).

## (6) WORK, ENERGY & POWER

Work (പ്രവൃത്തി):

Work = Force x Displacement

$W = F \cdot S$
$= F s \cos\theta$

scalar quantity. Dimension $ML^2T^{-2}$

Three types of work:
1) Positive work – ബലവും സ്ഥാനാന്തരവും തമ്മിലുള്ള കോൺ അളവ് $0°$ ഉം $90°$ ഇടയിൽ.
ഉദാ: ഗുരുത്വാകർഷണം കാരണമുള്ള താഴോട്ട് പതിക്കൽ.
2) Zero Work –
Displacement, സ്ഥാനാന്തരം = 0
ബലം = 0
കോൺ അളവ് $90°$ എന്നിവ ആയാൽ.
3) Negative Work –
ബലവും സ്ഥാനാന്തരം (Displacement) ഉം തമ്മിലുള്ള കോണളവ് $90°$ ഉം $180°$ ഉം ഇടയിൽ.
ഉദാ: friction (ഘർഷണം) കാരണമുള്ള പ്രവൃത്തി.

**Kinetic Energy (ഗതികോർജ്ജം)**

$K.E = \frac{1}{2}mv^2$

$= \frac{p^2}{2m}$ . scalar quantity

**Potential Energy (സ്ഥിതികോർജ്ജം)**

stored Energy

അമ്പും വില്ലും ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ വില്ലിൽ store ചെയ്ത സ്ഥിതികോർജ്ജം അമ്പിന് മുന്നോട്ട് നീങ്ങാനുള്ള ഗതികോർജ്ജമായി മാറുന്നു .

$P.E = mgh$

Energy യുടെ യൂണിറ്റുകളാണ്,

Joule (J)

electron volt $= 1.6\times10^{-19}$ J

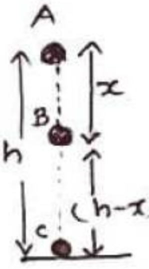
kilowatt hour $= 3.6\times10^{6}$ J .

**Conservation of Mechanical Energy**

$K.E + P.E = \text{constant}$

ആകെ Mechanical Energy സ്ഥിരമായിരിക്കും .

Proof: (തെളിവ്)




At, A

Total Energy,

$= K.E + P.E$

$= 0 + mgh = mgh$

At B

Total Energy $= K.E + P.E$

$= \frac{1}{2}m(2gx) + mg(h-x)$

$= mgh$

At, C Total Energy $= K.E + P.E$

$= \frac{1}{2}m(2gh) + 0$

$= mgh$

At A,B,C Total Energy is constant.

**Power (P) : rate of work**

$P = \frac{W}{t}$ scalar quantity

$P = F.V$ $ML^2T^{-3}$ .

1 horse Power = 746 W

## ⑦ ROTATIONAL MOTION

Angular Velocity (ω) യും linear velocity (V) യും തമ്മിലുള്ള ബന്ധമാണ്, $V = \omega\times r$

**Torque (ടോർക്ക്)**

ബല(Force)ത്തിന് പകരമുള്ള വർത്തുളചലനത്തിലെ വാക്കാണ് ടോർക്ക് (τ)

$\tau = r\times F$

$= rF\sin\theta$ .

unit – Nm

dimension $ML^2T^{-2}$, work പോലെ.

**Angular Momentum**

$l = r\times p = rp\sin\theta$ .

Rate of change of angular momentum എന്നത് Torque ആണ്.

അതായത്, $\frac{dL}{dt} = \tau$ .

Proof: (തെളിവ്)

$\frac{dL}{dt} = \frac{d(r\times P)}{dt}$

$= r\times\frac{dP}{dt} + P\times\frac{dr}{dt}$

$= r\times F + 0$

$\frac{dL}{dt} = \tau$

ഒരു വസ്തുവിലെ External Torque പൂജ്യമാണെങ്കിൽ Angular momentum സ്ഥിരമായിരിക്കും . ഇതാണ് conservation of angular momentum.

If $\tau_{ext} = 0$, L is a constant .

**Moment of Inertia (I)**

മാസ്സിന് പകരമുള്ള പദം (term)

$I = mr^2$

Kinetic Energy, $K.E = \frac{1}{2}I\omega^2$

($\frac{1}{2}mv^2$ പോലെ).

ഒരു വസ്തുവിന്റെ മൊമെന്റ് ഓഫ് ഇനർഷ്യ (I) അതിന്റെ മാസിനെയും, ആകൃതിയെയും വലുപ്പത്തെയും മാസ് വിതരണത്തെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.

മൊമെന്റ് ഓഫ് ഇനർഷ്യ വസ്തുക്കളുടെ ചലനത്തെ എതിർക്കുന്നതിനാൽ അവയെ Rotational Inertia എന്നും കൂടി വിളിക്കുന്നു.

**Parallel Axes Theorem:**

$$I_z' = I_z + ma^2$$

എല്ലാ വസ്തുക്കളിലും പ്രയോഗിക്കാം.

**Perpendicular Axes Theorem:**

$$I_z = I_x + I_y$$

പരന്ന വസ്തുക്കൾക്ക് മാത്രം ബാധകം.

## (8) GRAVITATION

ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ നിയമം.

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

$G = 6.67\times10^{-11}\,Nm^2/kg^2$

vector Form, $\vec{F}_{12} = \frac{Gm_1m_2}{r^3}\vec{r}_{12}$

ഗുരുത്വാകർഷണ ത്വരണം - സമവാക്യം
Acceleration due to gravity equation

$$F = mg \quad -①$$
$$F = \frac{GMm}{R^2} \quad -②$$

From ① & ② $\quad mg = \frac{GMm}{R^2}$

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

**ഭൂമിക്ക് മുകളിലേക്ക് 'g'യ്ക്കുള്ള മാറ്റം**

$$F = \frac{GMm}{(R+h)^2} \quad -①$$

$$F_h = mg_h$$
$$\therefore\ g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$$
$$g_h = g\left(1-\frac{2h}{R}\right)$$

**ഭൂമിക്കുള്ളിലേക്ക് 'g' യുടെ വ്യതിയാനം (Variation)**

$$F_{(d)} = \frac{GM_s\,m}{(R-d)^2} \quad -①$$

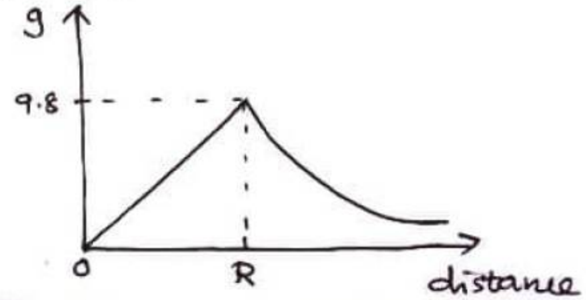
$$F_d = mg_d \quad -②$$

From ① & ② ⇒

$$g_d = \frac{GM_s}{(R-d)^2}$$
$$g_{(d)} = g\left(1-\frac{d}{R}\right)$$

ഭൂകേന്ദ്രത്തിൽ, $g = 0$

g യുടെ വ്യതിയാനം കാണിക്കുന്ന ഗ്രാഫ്




The value of 'g' is greater at pole.
ധ്രുവങ്ങളിലാണ് 'g' വില കൂടുതൽ.

## (9) Mechanical Properties of Solids

stress = $\frac{\text{Force}}{\text{Area}}$

unit - pascal, dimension $ML^{-1}T^{-2}$.

strain - Fractional change in dimension

strain ന് യൂണിറ്റ്, Dimension ഇല്ല.

**Hooke's law**

stress ∝ strain

For small deformation, (അതാണ് ഇതിന്റെ condition).

$\frac{\text{stress}}{\text{strain}}$ = modulus of elasticity.
unit Pascal, $ML^{-1}T^{-2}$ dimension.

## (14) OSCILLATIONS

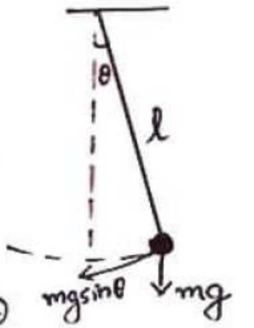
### Simple harmonic motion (SHM)

$F = -kx$ എന്ന സമവാക്യം അംഗീകരിക്കുന്ന ചലനങ്ങൾ.

Displacement, $x(t) = A\cos(\omega t + \phi)$

ഉദാ: Oscillation of a spring
oscillation of simple pendulum.

### Simple Pendulum :




Rotating force,

$\tau = mg\sin\theta \times l$ —①

also, $\tau = I\alpha$

$= ml^2\omega^2\theta$ —②

From ① & ②,

$\omega = \sqrt{g/l}$

we know, $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$$\therefore \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}$$

## (10) MECHANICAL PROPERTIES OF FLUIDS

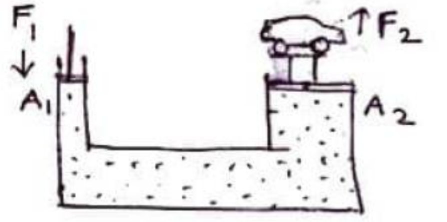
### Pascal law (പാസ്കൽ നിയമം)

ഒരു ദ്രവത്തിൽ (Fluid) ചെലുത്തുന്ന മർദ്ദം (pressure) അതിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തും ഒരേ പോലെ, കുറവ് വരാതെ എത്തിച്ചേരുന്നതായിരിക്കും.

(pressure applied to enclosed fluid is equally transmitted to every part of the fluid and walls of the containing vessel).

പാസ്കൽ നിയമത്തിന്റെ രണ്ട് അപ്ലിക്കേഷനുകളാണ് —

1) ഹൈഡ്രോളിക് ലിഫ്റ്റ്
2) ഹൈഡ്രോളിക് ബ്രേക്ക്.




Pressure, $P = F/A$

$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

$\therefore F_2 = \left(\frac{F_1}{A_1}\right) A_2$.

ഹൈഡ്രോളിക് ലിഫ്റ്റിന്റെ പ്രവർത്തനം

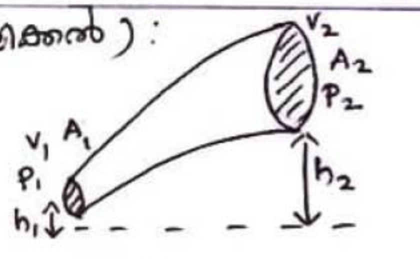
### Bernoulli's Principle (ബെർണൂളി തത്വം)

The sum of pressure, kinetic energy per unit volume and potential energy per unit volume remains constant.

$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h$ = a constant.

Incompressible, non viscous, streamline flow യിലാണ് ഈ തത്വം പാലിക്കപ്പെടുക.

Proof (തെളിയിക്കൽ):




By work-energy theorem,

$(P_1 - P_2)\Delta V = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) + mg(h_2 - h_1)$

$(P_1 - P_2) = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(h_2 - h_1)$

$\therefore P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h$ = a constant

Bernoulli's principle is in accordance with law of conservation of energy.

## (11) Thermal Properties of Matter

**Thermal Expansion (താപീയ വികാസം)**

വസ്തുക്കളെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ അവയുടെ dimension നിൽ വരുന്ന വർദ്ധനവാണ് Thermal Expansion. നീളത്തിലും വിസ്തീർണ്ണത്തിലും വ്യാപ്തത്തിലും മാറ്റം വരാം; അവയാണ് –

Linear Expansion $\alpha_l = \frac{\Delta l}{l \Delta T}$

Area Expansion, $\alpha_A = \frac{\Delta A}{A \Delta T}$

Volume Expansion, $\alpha_V = \frac{\Delta V}{V \Delta T}$.

ഇവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം,

$\alpha_l : \alpha_A : \alpha_V = 1 : 2 : 3$.

ഇൻവാർ, പൈറെക്സ് ഗ്ലാസ് എന്നിവയ്ക്ക് താപീയ വികാസം വളരെ കുറവാണ്.

ജലത്തിന് സാന്ദ്രത (Density) കൂടുതൽ 4°C ലും വ്യാപ്തം (Volume) കുറവ് 4°C ലുമാണ്. ജലത്തിന്റെ ഈ സ്വഭാവം കാരണമാണ് വെള്ളത്തിനടിയിൽ ജീവജാലങ്ങൾക്ക് നിലനിൽക്കാൻ കഴിയുന്നത്.

**Change of state**

- solid → liquid : melting
- liquid → solid : fusion.
- liquid → vapour : vaporisation.
- vapour → liquid : condensation
- solid → vapour : Sublimation.

ഇവ ഉദാഹരണങ്ങൾ സഹിതം മനസ്സിലാക്കുക.

Regelation : Re-freezing
ഇതു കാരണമാണ് Skating സാധ്യമാകുന്നത്.

**Latent Heat (ലീനതാപം) : L**

$L = \frac{Q}{m}$ unit $J kg^{-1}$.

Latent Heat of fusion : solid to liquid

Latent Heat of Vaporisation : liquid to gas.

## (12) THERMODYNAMICS

First law :

$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

$\Delta Q$ - Heat
$\Delta U$ - internal energy
$\Delta W$ - work.

1) Quasi-static Process : Very Very slow process.

2) Isothermal Process : temperature same. $\Delta U = 0$
$\therefore \Delta Q = \Delta W$
PV = a constant (Ideal gas equation)
Work done, $W = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV$
$= nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

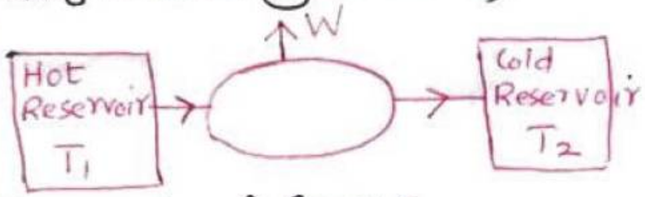
3) Adiabatic Process : No heat exchange. $\Delta Q = 0$.
Ideal gas Equation, $PV^{\gamma}$ = a constant.
Workdone, $W = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV$
$= \frac{nR}{\gamma - 1}(T_1 - T_2)$

4) Isobaric Process : Same Pressure.

5) Cyclic Process : The system returns to initial state, $\Delta U = 0$.
$\therefore \Delta Q = \Delta W$.

**Heat Engine**

A cyclic Process in which conversion of heat into work.
(താപത്തെ, work ആക്കി മാറ്റുന്ന ഒരു ചാക്രിക പ്രവർത്തനം)




ഭാഗങ്ങൾ : 1) Source
2) Working substance
3) Sink

Efficiency, $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

100% Efficiency സാധ്യമല്ല.

HSS REPORTER SINCE 2025

## (13) KINETIC THEORY

**Kinetic Theory of an ideal gas:**

* The interaction between molecule is negligible
* molecular collisions are elastic
* average K.E is proportional to temperature.

**Pressure of an Ideal gas**

when a gas is closed in a cube, as the molecules travel, change in momentum in x-direction is, $2mV_x$.

If there is $\frac{1}{2}nAV_x\Delta t$ molecules hitting the wall, Total change in momentum,

$$Q = nmAV_x^2\Delta t$$

Pressure, $P = \frac{F}{A} = nmV_x^2$.

As the molecules can go in any direction,

average pressure, $P = \frac{1}{3}nmv^2$

**Kinetic Energy and temperature**

$P = \frac{1}{3}nmv^2$ | $\because E = \frac{1}{2}mv^2N$

$PV = \frac{2}{3}E$ — ① | $PV = Nk_BT$ — ②

$\therefore \frac{E}{N} = \frac{3}{2}k_BT$

average kinetic energy is proportional to temperature.

The rms speed of molecule is given by $V_{rms} = \sqrt{\frac{3k_BT}{m}}$.

∴ at same temperature, lighter molecule has greater speed.

? State Dalton's law of partial pressures.

Ans: For a mixture of non-reactive ideal gas, total pressure is the sum of partial pressures.

$$P = (n_1 + n_2 + \dots)k_BT$$
$$= P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

## (15) WAVES

Displacement relation in a progressive wave,

$y(x,t) = a\sin(kx - \omega t + \phi)$ in +ve direction.

$y(x,t) = a\sin(kx + \omega t + \phi)$ in −ve direction.

here,
$y(x,t)$ - displacement
$a$ - amplitude
$\omega = \frac{2\pi}{T}$ - angular frequency
$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - angular wave number.

**Speed of travelling wave,**

If $kx - \omega t$ = a constant, then

$k\Delta x - \omega\Delta t = 0$

$k\Delta x = \omega\Delta t$

$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\omega}{k}$ $\quad \therefore V = \frac{\omega}{k}$

From this,

$$V = \frac{\omega}{k} = \frac{2\pi\nu}{2\pi/\lambda} = \nu\lambda$$

Speed of transverse wave on a stretched string is, $V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

T - Tension
μ - mass per length.

**Speed of Sound wave**, $V = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$.

B - Bulk modulus
ρ - density.

Value of Bulk modulus for solid and liquid is greater. So Sound has higher speed in solids and liquids than gases.

By Newton, speed of sound wave,

$V = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$ P - Pressure.

Newton considered pressure variation as isothermal. But Laplace proved the pressure variation is adiabatic. $\therefore V = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$

Laplace correction.