

RUMUS LENGKAP FISIKA SMA

BESARAN DAN SATUAN

Nama besaran	Satuan	Simbol satuan	Dimensi
Panjang	meter	m	[L]
Massa	kilogram	kg	[M]
Waktu	sekon	s	[T]
Suhu	kelvin	K	[Θ]
Intensitas	candela	cd	[J]
Kuat arus	ampere	A	[I]
Banyak zat	mole	mol	[N]

VEKTOR

Komponen vektor arah sumbu-x

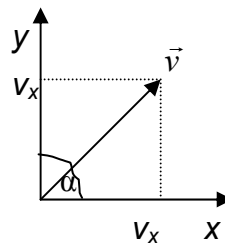
$$v_x = \vec{v} \cos \alpha$$

Komponen vektor arah sumbu-y

$$v_y = \vec{v} \sin \alpha$$

Besar resultan

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + 2v_x v_y \cos \alpha}$$



Keterangan:

v_x = vektor pada sumbu x

v_y = vektor pada sumbu y

\vec{v} = resultan dari dua vektor

α = sudut antara v_x dan v_y

KELAJUAN DAN KECEPATAN

Kelajuan rata-rata (v_r)

$$v_r = \frac{s}{\Delta t}$$

Kelajuan sesaat (v_t)

$$v_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{s}{\Delta t}$$

Kecepatan rata-rata (\vec{v}_r)

$$\vec{v}_r = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

Kecepatan sesaat (\vec{v}_t)

$$\vec{v}_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Keterangan:

s = jarak tempuh (m)

Δs = perubahan jarak benda (m)

t = waktu (s)

Δt = selang waktu (s)

PERLAJUAN DAN PERCEPATAN

Perlajuan rata-rata (a_r)

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

Perlajuan sesaat (a_t)

$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Percepatan rata-rata (\vec{a}_r)

$$\vec{a}_r = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

Percepatan sesaat (\vec{a}_t)

$$\vec{a}_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Keterangan:

a_r = perlajuan rata-rata (m/s²)

a_t = perlajuan sesaat (m/s²)

Δv = perubahan kecepatan (m/s)

Δt = perubahan waktu atau selang waktu (s)

v_1 = kecepatan awal benda (m/s)

v_2 = kecepatan kedua benda (m/s)

GERAK LURUS BERATURAN (GLB)

Kedudukan benda saat t

$$s_t = s_0 + v \cdot t$$

Keterangan:

s_t = kedudukan benda selang waktu t (m)

s_0 = kedudukan benda awal (m)

v = kecepatan benda (m/s)

t = waktu yang diperlukan (s)

GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN (GLBB)

Kedudukan benda saat t

$$s_t = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Kecepatan benda saat t

$$v_t = v_0 + a \cdot t$$

$$v_t^2 = v_0^2 + 2a \cdot s_t$$

Keterangan:

s_t = kedudukan benda selang waktu t (m)

s_0 = kedudukan awal benda (m)

v_t = kecepatan benda saat t (m/s)

v_0 = kecepatan benda awal (m/s)

a = percepatan benda (m/s^2)

t = waktu yang diperlukan (s)

GERAK JATUH BEBAS

Kedudukan saat t

$$s_t = s_0 + \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

Kecepatan saat t

$$v_t = g \cdot t$$

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h$$

Ketinggian benda (h)

$$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

Keterangan:

s_t = kedudukan benda selang waktu t (m)

s_0 = kedudukan awal benda (m)

$v_t = v$ = kecepatan benda saat t (m/s)

t = waktu yang diperlukan (s)

g = percepatan gravitasi = 10 m/s

GERAK VERTIKAL KE ATAS

Ketinggian atau kedudukan benda (h)

$$s_t = h = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

Kecepatan benda (v_t)

$$v_t = v_0 - g \cdot t$$

$$v = v_0^2 - 2gh$$

Waktu untuk sampai ke puncak (t_p)

$$t_p = \frac{v_0}{g}$$

Waktu untuk sampai kembali ke bawah (t)

$$t = 2t_p$$

Tinggi maksimum (h_{maks})

$$h_{maks} = \frac{v_0^2}{2g}$$

Keterangan:

s_t = kedudukan benda selang waktu t (m)

s_0 = kedudukan awal benda (m)

$v_t = v$ = kecepatan benda saat t (m/s)

v_0 = kecepatan benda awal (m/s)

t = waktu yang diperlukan (s)

g = percepatan gravitasi = $9,8 \text{ m/s}^2$ atau 10 m/s^2

DINAMIKA GERAK LURUS

Hukum I Newton

$$\sum F = 0$$

Hukum II Newton

$$a = \frac{F}{m}$$

$$F = m \cdot a$$

Hukum III Newton

$$F_{aksi} = -F_{reaksi}$$

Gaya berat (w)

$$W = m \cdot g$$

Keterangan:

F = gaya yang berlaku pada benda (N atau kg m/s^2)

W = gaya berat pada benda (N)

m = massa benda (kg)

a = percepatan benda (m/s^2)

g = percepatan gravitasi = $9,8 \text{ m/s}^2$ atau 10 m/s^2

GAYA NORMAL DAN GAYA GESEK

Gaya normal pada lantai datar (N)

$$N = W = m \cdot g$$

Gaya normal pada lantai datar dengan gaya bersudut α

$$F_x = F \cos \alpha$$

$$F_y = F \sin \alpha$$

$$N = W - F \cos \alpha$$

Gaya normal pada bidang miring

$$N = W \cos \alpha$$

Gaya gesek statis (f_s)

$$f_s = \mu_s \cdot N$$

Gaya gesek kinetik (f_k)

$$f_k = \mu_k \cdot N$$

Keterangan: F = gaya yang bekerja pada benda (N atau kg m/s²) F_x = gaya yang bekerja pada sumbu x (N atau kg m/s²) F_y = gaya yang bekerja pada sumbu y (N atau kg m/s²) f_s = gaya gesek statis (N) f_k = gaya gesek kinetik (N) μ_s = koefisien gesek statis μ_k = koefisien gesek kinetik

KATROL TETAP

Percepatan (a)

$$a = \frac{W_B - W_A}{m_A + m_B}$$

Tegangan (T)

$$T = \frac{2m_A}{m_A + m_B} \cdot W_B \text{ dengan } W_B = m_B g$$

$$T = \frac{2m_B}{m_A + m_B} \cdot W_A \text{ dengan } W_A = m_A g$$

Keterangan: W_A = gaya berat pada benda A (N) W_B = gaya berat pada benda B (N) a = percepatan benda (m/s²) m_A = massa benda A (kg) m_B = massa benda B (kg)

GERAK PARABOLA

- Benda dilempar horizontal dari puncak menara

Gerak pada sumbu x

$$x = v_{0x} \cdot t$$

Gerak pada sumbu y

$$v_y = g \cdot t$$

$$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$v_y^2 = 2 g h \rightarrow v_y = \sqrt{2gh}$$

Kecepatan benda saat dilempar

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

Keterangan: x = jarak jangkauan benda yang dilempar dari menara (m) v_{0x} = kecepatan awal pada sumbu x (m/s) v_y = kecepatan benda pada sumbu y (m/s)

v = kecepatan benda saat dilempar (m/s)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

h = tinggi (m)

g = percepatan gravitasi = $9,8 \text{ m/s}^2$ atau 10 m/s^2

- Benda dilempar miring ke atas dengan sudut elevasi
Waktu yang ditempuh saat mencapai titik tertinggi (t_{maks})

$$t_{maks} = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Tinggi maksimum (h_{maks})

$$h_{maks} = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \alpha$$

Waktu yang ditempuh saat mencapai titik terjauh

$$t_{terjauh} = 2 t_{maks} = \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = 2 \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Jarak terjauh (x_{maks})

$$x_{maks} = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha$$

Koordinat titik tertinggi

$$E(x,y) = \left(\frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha, \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \alpha \right)$$

Perbandingan h_{maks} dan x_{maks}

$$\frac{h_{maks}}{x_{maks}} = \frac{1}{4} \tan \alpha$$

Keterangan:

t_{maks} = waktu yang ditempuh saat mencapai titik tertinggi (s)

$t_{terjauh}$ = waktu yang ditempuh saat mencapai titik terjauh (s)

v_{0y} = kecepatan awal pada sumbu y (m/s)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

h = tinggi (m)

h_{maks} = tinggi maksimum (m)

x_{maks} = jarak terjauh (m)

α = sudut elevasi

GERAK MELINGKAR BERATURAN

Lintasan busur (s)

$$s = \theta \cdot R$$

Frekuensi (f)

$$f = \frac{1}{T}$$

Periode (T)

$$T = \frac{1}{f}$$

Laju/kecepatan angular (ω)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Laju/kecepatan linear (v)

$$v = 2\pi f R$$

$$v = \omega R$$

Percepatan sentripetal (a_{sp})

$$a_{sp} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

Gaya sentripetal (F_{sp})

$$F_{sp} = m a = m \frac{v^2}{R} = m \omega^2 R$$

Keterangan:

s = lintasan busur (rad.m)

θ = jarak benda pada lintasan (rad)

R = jari-jari lintasan (m)

f = frekuensi (Hertz)

T = periode (s)

v = laju/kecepatan linear (m/s)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

a_{sp} = percepatan sentripetal (m/s²)

F_{sp} = gaya sentripetal (N)

m = massa benda (m)

a = percepatan linear (m/s²)

PADUAN DUA ATAU LEBIH GERAK MELINGKAR BERATURAN

Perpaduan oleh tali (rantai)

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_1} \Leftrightarrow v_1 = v_2$$

Perpaduan oleh poros (as)

$$\omega_1 = \omega_2 \Leftrightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

Keterangan:

ω_1 = kecepatan sudut poros pertama (rad/s)

ω_2 = kecepatan sudut poros kedua (rad/s)

v_1 = kecepatan linear poros pertama (m/s)

v_2 = kecepatan linear poros kedua (m/s)

R_1 = jari-jari poros pertama (m)

R_2 = jari-jari poros kedua (m)

GAYA GRAVITASI

Gaya gravitasi (F)

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

Percepatan gravitasi (g)

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

Keterangan:

F = gaya gravitasi (N)

m = massa benda (kg)

M = massa bumi (kg)

R = jarak massa bumi dan massa benda (m)

G = tetapan gravitasi umum = $6,673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

USAHA DAN ENERGI

Usaha (W)

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

$$W = F s$$

Energi potensial gravitasi (E_p)

$$E_p = m g h$$

Usaha dan energi potensial gravitasi

$$W = \Delta E_p = m g (h_2 - h_1) \text{ dengan } h = h_2 - h_1$$

Keterangan:

W = usaha (J atau kg m/s)

F = besar gaya yang digunakan untuk menarik benda (N)

s = jarak pergeseran atau perpindahan benda (m)

θ = sudut antara arah gaya dan arah perpindahan

E_p = energi potensial gravitasi (J)

ΔE_p = perubahan energi gravitasi (J)

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi (10 m/s^2)

h = ketinggian benda (m)

h_1 = ketinggian benda awal (m)

h_2 = ketinggian benda akhir (m)

Energi kinetik (E_k)

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

Usaha dan energi kinetik

$$W = \Delta E_k = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$$

Energi mekanik (E_m)

$$E_m = E_p + E_k = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Energi mekanik dalam medan gravitasi

$$E_m = E_p + E_k = \text{konstan}$$

$$Ep_1 + Ek_1 = Ep_2 + Ek_2$$

Keterangan:

E_p = energi potensial (J)

E_k = energi kinetik (J)

m = massa benda (kg)

v = kecepatan benda (m/s)

w = usaha (J)

v_1 = kecepatan awal benda (m/s)

v_2 = kecepatan akhir benda (m/s)

E_m = energi mekanik (J)

g = percepatan gravitasi

h = ketinggian benda (m)

Ep_1 = energi potensial awal (J)

Ep_2 = energi potensial akhir (J)

Ek_1 = energi kinetik awal (J)

Ek_2 = energi kinetik akhir (J)

ΔE_k = perubahan energi kinetik (J)

Daya (P)

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F \cdot s}{\Delta t} = F \cdot v$$

Keterangan:

P = daya (J/s atau watt (W))

ΔE = perubahan energi (J)

W = usaha (J)

F = gaya (N)

s = jarak (m)

v = kecepatan (m/s)

Δt = perubahan waktu (s)

MOMENTUM, IMPULS, DAN TUMBUKAN

Momentum (p)

$$p = m v$$

Impuls (I)

$$I = F \Delta t$$

Hubungan momentum dan impuls:

$$F \Delta t = m v$$

Keterangan:

p = momentum (kg m/s)

I = impuls (N/s)

F = gaya (N)

m = massa benda (kg)

v = kecepatan (m/s)

Δt = perubahan waktu (s)

Hukum kekekalan momentum:

$$\sum p = \text{tetap/konstan}$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

Koefisien restitusi (e) tumbukan:

$$e = - \frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2}$$

Hukum kekekalan energi kinetik:

$$\sum E_k = \sum E_k'$$

$$\frac{1}{2} m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2'^2$$

Keterangan:

E_k = energi kinetik sebelum tumbukan (J)

E_k' = energi kinetik sesudah tumbukan (J)

p = momentum sebelum tumbukan (kg m/s)

p' = momentum sesudah tumbukan (kg m/s)

m_1 = massa benda 1 sebelum tumbukan (kg)

m_2 = massa benda 2 sebelum tumbukan (kg)

m_1' = massa benda 1 sesudah tumbukan (kg)

m_2' = massa benda 2 sesudah tumbukan (kg)

v_1 = kecepatan benda 1 sebelum tumbukan (m/s)

v_2 = kecepatan benda 2 sebelum tumbukan (m/s)

v_1' = kecepatan benda 1 sesudah tumbukan (m/s)

v_2' = kecepatan benda 2 sesudah tumbukan (m/s)

e = koefisien restitusi

Tumbukan lenting sempurna

$$e = 1$$

$$v = v'$$

$$\sum p = \sum p'$$

$$\sum E_k = \sum E_k'$$

Tumbukan lenting sebagian

$$0 < e < 1$$

$$v \neq v'$$

$$\sum p = \sum p'$$

$$\sum E_k > \sum E_k'$$

Tumbukan tidak lenting sama sekali

$$e = 0$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$$

Keterangan:

v' = kecepatan benda setelah tumbukan (m/s)

Prinsip kerja roket sebelum mesin dihidupkan

$$\sum p = \sum m v = (m_1 + m_2) v = 0 \text{ karena } v = 0$$

Prinsip kerja roket sesudah mesin dihidupkan

$$\sum p' = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

Keterangan:

v = kecepatan benda sebelum mesin dihidupkan (m/s)

v' = kecepatan benda sesudah mesin dihidupkan (m/s)

ELASTISITAS

Tegangan (τ)

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

τ = tegangan (N.m^{-2})

F = gaya (N)

A = luas penampang benda (m^2)

Regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Keterangan:

ϵ = regangan (m)

ΔL = perubahan panjang benda (m)

L_0 = panjang awal benda (m)

Modulus Young (Y)

$$Y = \tau / \epsilon = \frac{F \Delta L}{A L_0}$$

Hukum Hooke

$$F = -k \cdot \Delta x$$

Energi potensial pegas (E_p)

$$E_p = \frac{1}{2} k (x)^2$$

Keterangan:

F = gaya pada pegas (N)

E_p = energi potensial pegas (J)

k = konstanta pegas

Δx = perubahan panjang pegas (m)

FLUIDA TAK BERGERAK

Massa jenis (ρ)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Berat jenis (S)

$$S = \rho g$$

Keterangan:

ρ = massa jenis benda (kg/m^3)

m = massa benda (kg)
 V = volume benda (kg)
 S = berat jenis benda ($\text{kg/m}^2\text{s}^2$)
 g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Tekanan (P)

$$P = \frac{F}{A}$$

Tekanan pada fluida tak bergerak:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan:

P_h = tekanan hidrostatik (pascal atau N/m^2)

F = gaya permukaan (N)

A = luas permukaan benda (m^2)

ρ = massa jenis (kg/m^3)

h = jarak antara titik dengan permukaan zat cair (m)

Hukum utama hidrostatik:

$$P_A = P_B = P_C = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan:

P_A = tekanan hidrostatik di titik A (pascal (pa) atau N/m^2)

P_B = tekanan hidrostatik di titik B (pascal (pa))

P_C = tekanan hidrostatik di titik C (pascal (pa))

P_0 = tekanan udara luar (pascal (pa))

1 atm = $1,01 \times 10^5$ pa

Hukum Pascal

$$P_1 = P_2$$

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

Keterangan:

P_1 = tekanan hidrostatik di daerah 1 (pa)

P_2 = tekanan hidrostatik di daerah 2 (pa)

F_1 = gaya permukaan daerah 1 (N)

F_2 = gaya permukaan daerah 2 (N)

A_1 = luas permukaan penampang 1 (m^2)

A_2 = luas permukaan penampang 2 (m^2)

Hukum Archimedes

$$F_A = \rho_f \cdot g \cdot V_f$$

Keterangan:

F_A = gaya archimedes (N)

ρ_f = massa jenis cair (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

V_f = volume benda yang tercelup (m^3)

Tegangan permukaan (γ)

$$\gamma = \frac{F}{l}$$

Keterangan:

γ = tegangan permukaan (N/m)

F = gaya permukaan (N)

l = panjang (m)

Sudut kontak pada meniskus cekung:

$F_{adhesi} > F_{kohesi}$ dan sudut kontak $\theta < 90^\circ$ (runcing)

Sudut kontak pada meniskus cembung:

$F_{adhesi} < F_{kohesi}$ dan sudut kontak $\theta > 90^\circ$ (tumpul)

Kapilaritas

$$y = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r}$$

Keterangan:

y = tinggi cairan dalam pipa kapiler (m)

γ = tegangan permukaan (N/m)

ρ = massa jenis cairan (kg/m³)

θ = sudut kontak

g = percepatan gravitasi (m/s²)

r = jari-jari pipa kapiler (m)

Viskositas (f)

$$f = \pi \mu r v$$

Keterangan:

f = gaya geser oleh fluida terhadap bola (N)

μ = koefisien viskositas

r = jari-jari bola (m)

v = kecepatan bola dalam fluida (m/s)

FLUIDA BERGERAK

Debit fluida (Q)

$$Q = \frac{V}{t} = A v$$

Keterangan:

Q = debit fluida (m³/s)

V = volume fluida (m³)

t = waktu fluida mengalir (s)

A = luas penampang (m²)

v = kecepatan fluida (m/s)

Persamaan kontinuitas

$A \cdot v = \text{konstan}$

$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$

Keterangan: A_1 = luas penampang di daerah 1 (m^2) A_2 = luas penampang di daerah 2 (m^2) v_1 = kecepatan fluida di daerah 1 (m/s) v_2 = kecepatan fluida di daerah 2 (m/s)**Hukum Bernoulli**

$$P + \rho \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 = \text{konstan}$$

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

Keterangan: P_1 = tekanan fluida di daerah 1 (pa) P_2 = tekanan fluida di daerah 2 (pa) h_1 = tinggi pada daerah 1 (m) h_2 = tinggi pada daerah 2 (m) v_1 = kecepatan fluida pada daerah 1 (m/s) v_2 = kecepatan fluida pada daerah 2 (m/s)**Kecepatan fluida pada tabung venturi**

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}}$$

Keterangan: v_1 = kecepatan fluida yang masuk ke tabung venturi (m/s) A_1 = luas penampang pada bagian 1 (m^2) A_2 = luas penampang pada bagian 2 (m^2) h = selisih tinggi fluida pada tabung venturi (m)**Kecepatan fluida pada tabung pitot:**

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot h \cdot \rho'}{\rho}}$$

Keterangan: v = kecepatan fluida pada tabung pitot (m/s) h = selisih tinggi fluida (m) ρ = massa jenis fluida (kg/m^3) ρ' = massa jenis fluida di dalam cairan manometer (kg/m^3)**Gaya angkat pesat**

$$F_1 - F_2 = \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2)$$

Keterangan: F_1 = gaya angkat di bawah sayap (N) F_2 = gaya angkat di atas sayap (N) ρ = massa jenis fluida (udara) (kg/m^3) v_1 = kecepatan fluida di bawah sayap (m/s) v_2 = kecepatan fluida di atas sayap (m/s)

GERAK TRANSLASI

Persamaan posisi r atau vektor posisi \vec{r} :

$$\vec{r} = x \vec{i} + y \vec{j}$$

Vektor perpindahan ($\Delta \vec{r}$):

$$\Delta \vec{r} = \Delta x \vec{i} + \Delta y \vec{j} \text{ dengan } \Delta x = x_2 - x_1 \text{ dan}$$

$$\Delta y = y_2 - y_1$$

Vektor kecepatan (\vec{v}):

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j}$$

$$\text{dengan } |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \text{ dan arahnya } \tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$$

Vektor percepatan (\vec{a}):

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j}$$

$$\text{dengan } |\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \text{ dan arahnya } \tan \theta = \frac{a_y}{a_x}$$

Persamaan gerak translasi:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Leftrightarrow \vec{v} = \int \vec{a} dt = \vec{a} \cdot t + v_0$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \Leftrightarrow \vec{r} = \int \vec{v} dt = \int (\vec{a} \cdot t + v_0) dt = \frac{1}{2} \vec{a} \cdot t^2 + v_0 \cdot t + r_0$$

Keterangan:

r_0 = jarak awal kedudukan benda (m)

r = perpindahan benda (m)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

v = kecepatan setelah t (m/s)

a = percepatan gerak benda (m/s²)

t = waktu (s)

GERAK ROTASI

Kecepatan sudut rata-rata (ω_r)

$$\omega_r = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \tan \varphi$$

Kecepatan sudut sesaat (ω):

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\theta}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\theta}}{dt}$$

Percepatan sudut rata-rata:

$$\alpha_r = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

Percepatan sudut sesaat:

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2 \vec{\theta}}{dt^2}$$

Keterangan: ω_r = kecepatan sudut atau angular rata-rata (rad/s) ω = kecepatan sudut (rad/s) α_r = percepatan sudut rata-rata (rad/s²) α = percepatan sudut (rad/s) φ = sudut elevasi $\Delta \theta$ = perubahan jarak benda pada lintasan (rad) $\Delta \omega$ = perubahan kecepatan sudut benda (rad/s) Δt = perubahan waktu (s)Kecepatan sudut (ω):

$$\omega = \alpha \cdot t + \omega_0$$

Jarak (θ):

$$\theta = \frac{1}{2} \alpha^2 t + \omega_0 t + \theta_0$$

Kecepatan linear (v):

$$v = \omega R$$

Percepatan linear (a):

$$a = \alpha R$$

Keterangan: θ_0 = kedudukan awal benda (rad) ω_0 = kecepatan sudut awal (rad/s) R = jari-jari lintasan (m)Momen gaya (τ):

$$\tau = R \times F = R \cdot F \sin \varphi$$

Momen inersia (I):

$$I = m R^2$$

Momentum sudut (L):

$$L = m \omega R^2 = I \cdot \omega$$

Hubungan momen gaya dan percepatan sudut:

$$\tau = I \cdot \alpha$$

Energi kinetik gerak rotasi (E_k)

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} m \cdot R^2 \omega^2 = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2$$

Keterangan: τ = momen gaya (Nm) R = jari-jari lintasan (m) F = gaya yang bekerja pada benda (N) φ = sudut elevasi I = momen inersia (kg m²) L = momentum sudut (kg m/s²) S = panjang lintasan (rad) E_k = energi kinetik gerak rotasi (joule) m = massa benda (kg) v = kecepatan linear (m/s)

Hukum kekekalan momentum angular/sudut:

$$\sum I \cdot \omega = \text{konstan}$$

$$\Leftrightarrow I_1 \cdot \omega_1 + I_2 \cdot \omega_2 = I_1 \cdot \omega'_1 + I_2 \cdot \omega'_2$$

Keterangan: I_1 = momen inersia awal benda 1 (kg m²) I_2 = momen inersia awal benda 2 (kg m²) ω_1 = kecepatan sudut awal benda 1 (rad/s) ω_2 = kecepatan sudut awal benda 2 (rad/s) ω_1' = kecepatan sudut akhir benda 1 (rad/s) ω_2' = kecepatan sudut akhir benda 2 (rad/s)

KESEIMBANGAN BENDA TEGAR

Keseimbangan partikel, syaratnya:

$$\sum F_x = 0 \text{ dan } \sum F_y = 0$$

Titik tangkap gaya resultan (x_o, y_o):

$$x_o = \frac{\sum F_{yi} \cdot x_i}{R_y}, \text{ dengan } R_y = \sum F_{yi}$$

$$y_o = \frac{\sum F_{xi} \cdot y_i}{R_x}, \text{ dengan } R_x = \sum F_{xi}$$

Syarat keseimbangan benda tegar memiliki: keseimbangan translasi: $\sum F_x = 0$ dan $\sum F_y = 0$ juga keseimbangan rotasi: $\sum \tau = 0$ dengan $\tau = F \times \ell$ Titik berat benda tegar $Z(x_o, y_o)$:

$$x_o = \frac{\sum w_i \cdot x_i}{\sum w_i} \text{ dan } y_o = \frac{\sum w_i \cdot y_i}{\sum w_i}, \text{ dengan } w = \text{berat benda}$$

Keterangan: F_x = gaya yang bekerja pada sumbu x (N) F_y = gaya yang bekerja pada sumbu y (N)

GETARAN PADA BANDUL SEDERHANA

Periode getaran (T)

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

Frekuensi getaran (f)

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Fase getaran (ϕ):

$$\phi = \frac{t}{T}$$

Sudut fase (θ):

$$\theta = 2 \pi \frac{t}{T}$$

Keterangan: T = periode getaran (s) f = frekuensi getaran (s) g = percepatan gravitasi (m/s^2) l = panjang tali bandul (m) φ = fase getaran t = waktu getaran (s)

GETARAN PEGAS

Gaya pada pegas (F)

$$F = k y$$

Konstanta pegas (k)

$$k = m \omega^2$$

Periode pegas (T)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Frekuensi pegas (f)

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Keterangan: F = gaya yang bekerja pada pegas (N) k = konstanta pegas (N/m) m = massa benda (kg) ω = kecepatan sudut (rad/s)

GERAK HARMONIS

Persamaan simpangan gerak harmonis:

$$y = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \theta_0\right) = A \sin(\omega t + \theta_0)$$

Fase (φ)

$$\varphi = \frac{t}{T}$$

Persamaan kecepatan gerak harmonis:

$$\vec{v} = \frac{dy}{dt} = A \omega \cos(\omega t + \theta_0) \text{ atau}$$

$$v = \omega \sqrt{A^2 - y^2}$$

Persamaan percepatan gerak harmonis:

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} = -A \omega^2 \sin(\omega t + \theta_0) \text{ atau}$$

$$a = \omega^2 \cdot y$$

Paduan dua simpangan dua gerak harmonis:

$$y = 2 A \sin \pi (f_1 + f_2) t \cos \pi (f_1 - f_2) t$$

Energi mekanik gerak harmonis:

$$E_m = E_p + E_k = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = \frac{1}{2} k A^2$$
$$= 2 \pi^2 m^2 f^2 A^2$$

dengan $E_p = \frac{1}{2} k \cdot y^2 = \frac{1}{2} k A^2 \sin^2 \omega t$

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2 \omega t$$

Keterangan:

y = simpangan (m)

v = kecepatan (m/s)

a = percepatan (m/s²)

A = amplitudo (m)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

t = waktu (s)

φ = fase

θ = sudut fase

E_p = energi potensial (J)

E_k = energi kinetik (J)

E_m = energi mekanik (J)

GELOMBANG

Cepat rambat gelombang (v)

$$v = \frac{\lambda}{T} = f \cdot \lambda$$

Keterangan:

v = cepat rambat gelombang (m/s)

λ = panjang gelombang (m)

f = frekuensi gelombang (Hertz)

T = periode (s)

Pembiasan gelombang

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Keterangan:

i = sudut datang

r = sudut bias

v_1 = cepat rambat gelombang pada medium 1 (m/s)

v_2 = cepat rambat gelombang pada medium 2 (m/s)

n_1 = indeks bias medium 1

n_2 = indeks bias medium 2

Indeks bias suatu medium

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

Keterangan:

c = cepat rambat gelombang dalam ruang hampa udara (m/s)

v = cepat rambat gelombang dalam medium (m/s)

λ_0 = panjang gelombang dalam ruang hampa (m)

λ = panjang gelombang dalam medium (m)

Jarak simpul ke perut ($s - p$)

$$s - p = \frac{\lambda}{4}$$

Keterangan:

$s - p$ = jarak simpul ke perut gelombang (m)

λ = panjang gelombang (m)

BUNYI SEBAGAI GELOMBANG

Hubungan intensitas bunyi dan jaraknya terhadap sumber bunyi:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \text{ dengan } I_1 = \frac{P}{A_{L_1}} = \frac{P}{4\pi R_1^2} \text{ dan}$$

$$I_2 = \frac{P}{A_{L_2}} = \frac{P}{4\pi R_2^2}$$

Keterangan:

I_1 = intensitas bunyi pertama (W/m^2)

I_2 = intensitas bunyi kedua (W/m^2)

R_1 = jarak sumber bunyi pertama dengan pendengar (m)

R_2 = jarak sumber bunyi kedua dengan pendengar (m)

Taraf intensitas bunyi (TI)

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Keterangan:

TI = taraf intensitas bunyi (desibel atau dB)

I_0 = intensitas bunyi sebuah benda (W/m^2)

I = intensitas bunyi sejumlah benda (W/m^2)

Frekuensi layangan (f)

$$f = f_1 - f_2$$

Keterangan:

f_1 = frekuensi gelombang pertama (Hezt atau Hz)

f_2 = frekuensi gelombang kedua (Hz)

Efek Doppler

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \mp v_s} f_s$$

Keterangan: f_p = frekuensi yang terdengar oleh pendengar (Hz) f_s = frekuensi sumber bunyi (Hz) v = kecepatan bunyi di udara (m/s) v_p = kecepatan pendengar (m/s) → positif jika pendengar mendekati sumber bunyi v_s = kecepatan sumber bunyi (m/s) → positif jika sumber bunyi menjauhi pendengar

GELOMBANG MEKANIS

Simpangan pada gelombang berjalan

$$y = A \sin 2\pi f \left(t \pm \frac{x}{v} \right)$$

Simpangan gelombang stasioner dari getaran dawai

$$y = 2A \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \cos 2\pi f t$$

Keterangan: x = jarak tiap titik (m) v = kecepatan gelombang (m/s) A = amplitudo (m) λ = panjang gelombang (m)

Cepat rambat gelombang transversal dalam dawai (hukum Marsene)

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Keterangan: F = gaya tegangan dawai (N) μ = massa tali per satuan panjang (kg/m) v = kecepatan gelombang (m/s)

Daya yang dirambatkan oleh gelombang

$$P = \frac{E}{t} = \frac{2m\pi^2 f^2 A^2}{t} = 2\mu v \pi^2 f^2 A^2$$

Intensitas gelombang:

$$I = \frac{P}{A_L} = \frac{2\mu v \pi^2 A^2}{A_L} = 2\rho v \pi^2 f^2 A^2$$

Keterangan: P = daya yang dirambatkan gelombang (watt) E = energi yang dirambatkan gelombang (J) ρ = massa jenis tali (kg/m³) A = amplitudo (m) A_L = luas penampang (m²) I = intensitas gelombang (W/m²)

SUHU

Perbandingan skala antara termometer X dengan termometer Y:

$$\frac{X - X_0}{X_t - X_0} = \frac{Y - Y_0}{Y_t - Y_0}$$

Keterangan:

X = suhu yang ditunjukkan termometer x

X_0 = titik tetap bawah termometer x

X_t = titik tetap atas termometer x

Y = suhu yang ditunjukkan termometer y

Y_0 = titik tetap bawah termometer y

Y_t = titik tetap atas termometer y

Muai panjang

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta t} \Leftrightarrow L_t = L_0(1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

Keterangan:

α = koefisien muai panjang (K^{-1})

$\Delta L = L_t - L_0$ = perubahan panjang (m)

Δt = perubahan suhu (K)

Muai luas

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \cdot \Delta t} = 2\alpha \Leftrightarrow A_t = A_0(1 + \beta \cdot \Delta t)$$

Keterangan:

β = koefisien muai luas (K^{-1}) = 2α

$\Delta A = A_t - A_0$ = perubahan luas (m^2)

Δt = perubahan suhu (K)

Muai volume

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta t} \Leftrightarrow V_t = V_0(1 + \gamma \cdot \Delta t)$$

Keterangan:

γ = koefisien muai volume (K^{-1}) = 3α

$\Delta V = V_t - V_0$ = perubahan volume (m^3)

Δt = perubahan suhu (K)

Kalor jenis (c)

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

Keterangan:

c = kalor jenis ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)

ΔT = perubahan suhu (K)

Q = kalor (J)

Kapasitas kalor (C)

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = m.c$$

Keterangan:

C = kapasitas kalor (J/T)

Azaz Black

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$

Kalor lebur/beku

$$L_f = \frac{Q}{m}$$

Keterangan:

L_f = kalor lebur/beku (J.kg⁻¹)

Q = kalor (J)

m = massa benda (kg)

Kalor uap/didih

$$L_u = \frac{Q}{m}$$

Keterangan:

L_u = kalor uap/didih (J.Kg⁻¹)

Q = kalor (J)

m = massa benda (kg)

PERPINDAHAN KALOR

Besarnya kalor pada peristiwa konduksi:

$$H = k.A.\Delta T/\ell$$

Keterangan:

H = kalor yang merambat pada medium (J)

k = koefisien konduksi termal (J s⁻¹m⁻¹K⁻¹)

ℓ = panjang medium (m)

A = luas penampang medium (m²)

ΔT = perbedaan suhu ujung-ujung medium (K)

Besarnya kalor pada peristiwa konveksi:

$$H = h.A.\Delta T$$

Keterangan:

H = kalor yang merambat pada medium (J)

h = koefisien konduksi termal (J s⁻¹m⁻²K⁻¹)

A = luas penampang medium (m²)

ΔT = perbedaan suhu ujung-ujung medium (K)

Energi pada peristiwa radiasi (berlaku hukum Stefan):

$$E = \sigma T^4$$

jika permukaannya tidak hitam sempurna:

$$E = e \cdot \sigma T^4$$

sementara energi yang dipancarkan ke lingkungan:

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

Keterangan:

σ = konstanta Stefan ($5,675 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$)

T = suhu (K)

e = emisivitas permukaan ($0 < e < 1$)

T_0 = suhu sekitar atau suhu lingkungan

TEORI KINETIK GAS

Tekanan gas dalam ruang tertutup:

$$p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \cdot E_k \Leftrightarrow E_k = \frac{3pV}{2N}$$

Keterangan:

p = tekanan gas (pa)

E_k = energi kinetik gas (joule)

N = jumlah gas

V = volume (m^3)

Hukum Boyle:

$p \cdot V$ = konstan

Hukum Gay Lussac:

$$V = K \cdot T$$

Hukum Boyle-Gay Lussac

$$p \cdot V = K \cdot T$$

atau

$$p \cdot V = N \cdot k \cdot T$$

Persamaan gas ideal:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

dengan $\frac{N}{N_0} = n$

Keterangan:

K = konstanta

p = tekanan (pa atau N/m^2)

T = suhu (K)

V = volume (m^3)

N_0 = bilangan Avogadro = $6,025 \cdot 10^{26} \text{ k mol}^{-1}$

R = konstanta gas umum = $8,31 \cdot 10^3 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

k = tetapan Boltzman = $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

n = jumlah zat (mol)

Hubungan suhu mutlak dan energi kinetik partikel:

$$E_k = \frac{3}{2} kT \Leftrightarrow T = \frac{2}{3k} E_k$$

Energi dalam untuk gas monoatomik:

$$U = E_k = \frac{3}{2} NkT$$

Energi dalam untuk gas diatomik pada suhu rendah:

$$U = E_k = \frac{3}{2} NkT$$

Energi dalam untuk gas diatomik pada suhu sedang:

$$U = E_k = \frac{5}{2} NkT$$

Energi dalam untuk gas diatomik pada suhu tinggi:

$$U = E_k = \frac{7}{2} NkT$$

Keterangan:

U = energi dalam (J)

E_k = energi kinetik (J)

N = jumlah gas

T = suhu (K)

V = volume (m^3)

TERMODINAMIKA

Usaha oleh lingkungan terhadap sistem (W):

$$W = -p \cdot \Delta V$$

Keterangan:

W = usaha luar (J)

p = tekanan (pa)

ΔV = perubahan volume (m^3)

Proses isothermal:

$$T = \text{konstan} \Leftrightarrow p \cdot V = \text{konstan}$$

$$W = 2,3 \cdot n R T \log \frac{V_2}{V_1}$$

Proses isokhorik:

$$V = \text{konstan} \Leftrightarrow \frac{p}{T} = \text{konstan}$$

$$W = 0$$

Proses isobarik:

$$p = \text{konstan} \Leftrightarrow \frac{V}{T} = \text{konstan}$$

$$W = p (V_2 - V_1)$$

Proses adiabatik:

$$pV = \text{konstan}$$

$$W = n C_v (T_2 - T_1) = n \cdot C_v \cdot \Delta T$$

Keterangan:

W = usaha luar/kerja (J)

n = jumlah zat (mol)

R = konstanta gas umum = $8,31 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

T = suhu (K)

ΔT = perubahan suhu (K)

V_1 = volume awal (m^3)

V_2 = volume akhir (m^3)

C_v = kapasitas kalor pada volume konstan (J/K)

Kalor yang diberikan pada suatu sistem:

$$Q = W + \Delta U$$

Keterangan:

Q = kalor yang diserap/dilepas sistem (J)

ΔU = perubahan energi dalam sistem (J)

W = usaha luar/kerja (J)

Kapasitas kalor gas (C):

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \text{konstan}$$

$$C = \frac{\Delta U + \Delta W}{\Delta T} = \frac{\Delta U}{\Delta T} + \frac{\Delta W}{\Delta T}$$

Keterangan:

C = kapasitas kalor gas (J/K)

ΔQ = perubahan kalor (J)

ΔT = perubahan suhu (K)

ΔU = perubahan energi dalam (J)

Kapasitas kalor gas pada volume tetap (C_v):

$$C_v = \left(\frac{\Delta U}{\Delta T} \right)_v$$

Kapasitas kalor gas pada tekanan tetap (C_p):

$$C_p = C_v + n R$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

Keterangan:

C_v = kapasitas kalor gas pada volume tetap (J/K)

C_p = kapasitas kalor gas pada tekanan tetap (J/K)

γ = tetapan/konstanta Laplace

n = jumlah zat (mol)

R = konstanta gas umum = $8,31 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Tetapan Laplace (γ) untuk gas ideal monoatomik: $\gamma = 1,67$

Tetapan Laplace (γ) untuk gas ideal diatomik: $\gamma = 1,40$

Usaha yang dilakukan pada gas dalam siklus Carnot:

$$W = Q_1 - Q_2$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Persamaan umum efisiensi mesin (η):

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \times 100\%$$

Efisiensi mesin Carnot:

$$\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\%$$

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

dengan $0 < \eta < 1$

Koefisien daya guna (K) pada mesin pendingin Carnot:

$$K = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Keterangan:

W = usaha atau kerja mesin (J)

Q_1 = kalor yang diserap pada suhu tinggi (J)

Q_2 = kalor yang diserap pada suhu rendah (J)

T_1 = suhu tinggi (K)

T_2 = suhu rendah (K)

η = efisiensi mesin (%)

K = koefisien daya guna

LISTRIK STATIS

Gaya Coulomb antara dua benda yang bermuatan listrik

$$F_c = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Keterangan:

F_c = gaya Coulomb (N)

q_1, q_2 = muatan listrik (C)

r = jarak kedua muatan (m)

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

Resultan gaya Coulomb pada suatu titik bermuatan

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

$$\vec{F} = kq \sum_{i=1}^n \pm \frac{q_i}{r_i^2}$$

Keterangan:

F = gaya Coulomb (N)

q = muatan yang ditinjau (C)

q_i = muatan-muatan yang berinteraksi dengan q (C)

r_i = jarak masing-masing muatan yang berinteraksi dengan q terhadap muatan q (m)

\pm = tanda (+) dan (-) menunjukkan tanda arah, bukan pada jenis muatan yang berinteraksi dengan q

Kuat medan listrik (E)

$$E = \frac{F_C}{q} = k \frac{q}{r^2}$$

Keterangan:

E = kuat medan listrik (NC^{-1})

F_C = gaya Coulomb (N)

q = muatan listrik (C)

r = jarak antara titik dengan muatan listrik (m)

Total garis gaya listrik yang menembus suatu permukaan

$$\Phi = E A \cos \alpha = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Keterangan:

Φ = jumlah total garis gaya yang menembus suatu permukaan

E = kuat medan listrik (N/C)

A = luas permukaan (m^2)

α = sudut antara E dan A

q = besar muatan listrik (C)

$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$

Beda energi potensial (ΔE_p) antara dua titik dalam medan listrik homogen

$$\Delta E_p = -F_C \cdot \Delta s \cos \alpha$$

Keterangan:

ΔE_p = beda energi potensial (J)

F_C = gaya Coulomb (N)

α = sudut antara F_C dengan Δs

Δs = jarak antara kedua titik (m)

Untuk membawa muatan q_2 ke titik lain didekat muatan q_1 yang berjarak r dari muatan itu diperlukan energi sebesar:

$$W = \Delta E_p = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$$

Keterangan:

W = energi (J)

Kuat medan listrik homogen yang terdapat di antara dua plat sejajar bermuatan

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Keterangan:

E = kuat medan listrik

σ = kerapatan muatan (jumlah muatan per satuan luas permukaan)

$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$

Beda potensial (ΔV) antara dua titik dalam medan listrik homogen

$$\Delta V = \frac{\Delta E_p}{q} = -E \Delta s \cos \alpha$$

Keterangan:

Δs = jarak antara dua titik (m)

Kapasitas kapasitor (C)

$$C = \frac{q}{V}$$

Keterangan:

C = kapasitas kapasitor (farad)

q = muatan listrik (C)

V = tegangan listrik (volt)

Kapasitas kapasitor keping sejajar:

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

Keterangan:

ϵ = permitivitas dielektrik

A = luas penampang (m^2)

d = jarak kedua keping (m)

Kapasitas kapasitor susunan seri:

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Kapasitas kapasitor susunan paralel:

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Energi yang tersimpan dalam kapasitor:

$$W = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} q \cdot V = \frac{1}{2} C V^2$$

Keterangan:

W = energi kapasitor (J)

q = muatan listrik (C)

V = tegangan listrik (volt)

C = kapasitas kapasitor (farad)

C_s = kapasitas kapasitor susunan seri (farad)

C_p = kapasitas kapasitor susunan paralel (farad)

RANGKAIAN ARUS LISTRIK SEARAH

Kuat arus listrik (I)

$$I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t}$$

Keterangan:

I = kuat arus listrik (Cs^{-1} atau ampere (A))

q = muatan listrik (C)

t = waktu yang dibutuhkan untuk menghantarkan arus listrik (s)

n = jumlah elektron

e = muatan elektron = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Hukum Ohm

$$V = IR$$

Keterangan:

V = tegangan listrik (volt)

I = kuat arus (ampere)

R = hambatan (Ω = ohm)

Hambatan (R) pada suatu penghantar

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Keterangan:

R = hambatan penghantar (Ω = ohm)

L = panjang penghantar (m)

A = luas penampang penghantar (m^2)

ρ = hambat jenis bahan (Ohm . m)

Hukum Kirchoff I

$$\sum I_{\text{masuk}} = \sum I_{\text{keluar}}$$

Hukum Kirchoff II

$$\sum E + \sum IR = 0$$

Keterangan:

I = arus masuk (A)

E = tegangan listrik (volt)

R = hambatan listrik (ohm)

Hambatan listrik susunan seri (R_s)

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Hambatan listrik susunan paralel (R_p)

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Tegangan listrik susunan seri (E_s)

$$E_s = E_1 + E_2 + \dots + E_n$$

$$I = \frac{n.E}{R + nr}$$

Tegangan listrik susunan paralel (E_p)

$$E_p = E$$

$$I = \frac{n.E}{R + \frac{r}{n}}$$

Keterangan:

I = arus listrik (A)

E = tegangan listrik (volt)

n = banyaknya sumber tegangan seri

r = hambatan dalam masing-masing sumber (ohm)

R = hambatan listrik (ohm)

Energi listrik (W):

$$W = q V = I^2 R t$$

Daya listrik (P):

$$P = \frac{W}{t} = I^2 R = \frac{V^2}{R} = V.I$$

Keterangan:

W = energi listrik (J)

P = daya listrik (watt)

t = waktu (s)

I = arus listrik (A)

R = hambatan listrik (ohm)

V = tegangan listrik (volt)

INDUKSI MAGNETIK

Induksi magnetik (B):

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

Keterangan:

B = induksi magnetik (weber/m² atau tesla)

Φ = fluks magnetik (weber)

A = luas penampang (m²)

Induksi magnetik pada kawat lurus panjang (B)

$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi a}$$

Keterangan:

B = medan magnetik (weber/m² atau tesla)

I = kuat arus listrik (ampere)

a = jarak dari suatu titik ke penghantar

μ_0 = permeabilitas ruang hampa = $4 \pi \cdot 10^{-7}$ weber/ampere.meter

Induksi magnetik pada kawat melingkar berarus (B)

$$B = \frac{\mu_0 I N}{2r} = \frac{\mu_0 I N}{L}$$

Induksi magnetik pada selenoida di pusat:

$$B = \mu_0 n I \text{ dengan } n = \frac{N}{l}$$

Keterangan:

N = jumlah lilitan

r = jari-jari lingkaran (m)

L = panjang selenoida (m)

n = jumlah lilitan per panjang selenoida

Induksi magnetik pada selenoida di ujung kumparan:

$$B = \frac{\mu_0 I n}{2}$$

Induksi magnetik pada toroida:

$$B = \frac{\mu_0 I N}{2\pi R} \text{ atau } B = \frac{\mu_0 I N}{2\pi a} \text{ dengan } a = \frac{R+r}{2}$$

Gaya Lorentz pada kawat berarus dalam medan magnet:

$$F = B I L \sin \theta$$

Gaya Lorentz dengan muatan bergerak dalam medan magnet:

$$F = B q v \sin \theta$$

Keterangan:

F = gaya Lorentz (N)

B = medan magnetik (tesla atau T)

I = arus listrik (A)

q = muatan listrik (C)

v = kecepatan gerak muatan (m/s)

θ = sudut antara B dan I

= sudut antara B dan v

R = jari-jari toroida (m)

Gaya Lorentz pada dua kawat sejajar

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi a}$$

Momen kopel (M)

$$M = N A B I \sin \theta$$

Keterangan:

I_1 = kuat arus listrik pada kawat pertama (A)

I_2 = kuat arus listrik pada kawat kedua (A)

L = panjang kawat (m)

a = jarak antara dua kawat (m)

M = momen kopel (Nm)

N = jumlah lilitan

A = luas penampang kumparan (m^2)

B = medan magnetik (T)

I = kuat arus (A)

θ = sudut antara bidang normal dengan medan magnet

Permeabilitas relatif suatu bahan

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

Kuat medan magnet dengan inti besi

$$B = \mu_r B_0$$

Keterangan:

μ_r = permeabilitas relatif

μ_0 = permeabilitas ruang hampa

μ_r = permeabilitas bahan

B = kuat medan magnet dengan inti besi (feromagnetik: $\mu_r > 1$)

B_0 = kuat medan magnet tanpa inti besi (udara)

INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

GGL induksi (\mathcal{E}) menurut hukum Faraday

$$\mathcal{E} = - \frac{N \Delta \Phi}{\Delta t}$$

GGL induksi diri menurut hukum Henry

$$\mathcal{E} = - L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Fluks magnetik (Φ)

$$\Phi = B A \cos \theta$$

Keterangan:

\mathcal{E} = GGL induksi (volt atau V)

N = jumlah kumparan

$\Delta \Phi$ = fluks magnetik (Wb)

ΔI = perubahan arus listrik (A)

Δt = perubahan waktu (s)

B = medan magnet (T)

A = luas penampang (m^2)

θ = sudut antara medan magnet dan permukaan datar penampang

Induktansi diri (L)

$$L = N \frac{\Phi}{I} \text{ atau}$$

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$

Energi yang tersimpan dalam induktor (W)

$$W = \frac{1}{2} L I^2$$

Induktansi silang (induktansi bersama):

$$M = \frac{\mu_0 N_1 N_2 A}{l}$$

GGL induksi pada generator (\mathcal{E}):

$$\mathcal{E}_{\text{maks}} = N B A \omega$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{maks}} \sin \omega t$$

sementara kuat arus (I):

$$I_{\text{maks}} = I_{\text{max}} \sin \omega t$$

Keterangan:

L = induktansi diri (henry atau H)

Φ = fluks magnet (Wb)

N = jumlah kumparan

I = kuat arus listrik (A)

l = panjang selenoida (m)

μ_0 = permeabilitas udara = $4\pi \times 10^{-7}$ Wb m/A

W = energi yang tersimpan dalam induktor (J)

M = induktansi silang (henry)

N_1 = jumlah lilitan pada selenoida pertama

N_2 = jumlah lilitan pada selenoida kedua

A = luas penampang selenoida (m^2)

B = medan magnet (T)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

t = waktu (s)

TRANSFORMATOR (TRAFO)

Besaran daya pada kumparan primer:

$$P_p = V_p \cdot I_p = N_p \cdot I_p$$

Besaran daya pada kumparan sekunder:

$$P_s = V_s \cdot I_s = N_s \cdot I_s$$

Daya yang hilang:

$$P_{hilang} = P_p - P_s$$

Hubungan antara besaran-besaran pada kumparan primer dan kumparan sekunder:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \quad \text{dan} \quad \frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p}$$

Efisiensi transformator:

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$$

Keterangan:

P_p = daya pada kumparan primer (watt)

P_s = daya pada kumparan sekunder (watt)

V_p = tegangan listrik pada kumparan primer (V)

V_s = tegangan listrik pada kumparan sekunder (V)

I_p = kuat arus pada kumparan primer (A)

I_s = kuat arus pada kumparan sekunder (A)

N_p = jumlah lilitan pada kumparan primer

N_s = jumlah lilitan pada kumparan sekunder

η = efisiensi transformator (%)

ARUS DAN TEGANGAN BOLAK-BALIK

Nilai sesaat

$$I = I_{maks} \sin \omega t$$

$$V = V_{maks} \sin (\omega t \pm \theta)$$

Keterangan: I = arus listrik (A) I_{maks} = arus listrik maksimum (A) V = tegangan listrik (V) V_{maks} = tegangan listrik maksimum (A) ω = kecepatan sudut (rad/s) t = waktu (s)**Nilai efektif**

$$I_{ef} = \frac{I_{maks}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_{maks}$$

$$V_{ef} = \frac{V_{maks}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot V_{maks}$$

Keterangan: I_{ef} = arus listrik efektif (A) V_{ef} = tegangan listrik efektif (V)**Rangkaian resistif**

$$I = I_{maks} \sin \omega t$$

$$V = V_{maks} \sin \omega t$$

$$P_{rata-rata} = I_{ef}^2 \cdot R$$

Keterangan: $P_{rata-rata}$ = daya rata-rata (watt) R = resistor (ohm)**Reaktansi induktif (X_L)**

$$X_L = \omega L = 2 \pi f L$$

Impedansi rangkaian R-L:

$$Z = \frac{V_{maks}}{I_{maks}} = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Tegangan rangkaian R-L:

$$V_L = I X_L$$

Sudut fase pada rangkaian R-L:

$$\text{Tg } \theta = \frac{X_L}{R}$$

$$\text{Cos } \theta = \frac{X_L}{Z}$$

Keterangan: X_L = reaktansi induktif (ohm) ω = kecepatan sudut (rad/s) f = frekuensi (Hz) L = induktansi induktor (H) Z = impedansi (ohm) V_L = tegangan induktor (V) R = resistor (ohm) θ = sudut faseCos θ = faktor daya

Rangkaian kapasitif

$$I = I_{maks} \sin \omega t$$

$$V = V_{maks} \sin (\omega t - 90^\circ)$$

Reaktansi kapasitif (X_C)

$$X_C = \frac{V_{C maks}}{I_{maks}} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

Keterangan:

X_C = reaktansi kapasitif (ohm)

C = kapasitas kapasitor (farad atau F)

Impedansi rangkaian R-C

$$Z = \frac{V_{maks}}{I_{maks}} = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

Tegangan rangkaian R-C:

$$V_C = I X_C$$

Sudut fase pada rangkaian R-C:

$$\text{Tg } \theta = \frac{X_C}{R}$$

$$\text{Cos } \theta = \frac{X_C}{Z}$$

Kuat arus pada rangkaian R-L-C

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_L}{X_L} = \frac{V_C}{X_C}$$

Impedansi rangkaian R-L-C

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Tegangan pada rangkaian R-L-C

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

Beda sudut fase pada rangkaian R-L-C

$$\text{tg } \theta = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{V_L - V_C}{V_R}$$

$$\cos \theta = \frac{R}{Z}$$

Resonansi pada rangkaian R-L-C

Syaratnya $X_L = X_C$ sehingga:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Keterangan:

f = frekuensi resonansi (Hz)

L = induktansi induktor (H)

C = kapasitas kapasitor (F)

Harga impedansinya berharga minimum:

$$Z = R$$

Daya rata-rata (P_r)

$$P_r = I_{ef} \cdot V_{ef} \cos \theta = I_{ef}^2 \cdot R \cos \theta$$

Keterangan: θ = sudut faseDaya semu (P_s)

$$P_s = I_{ef} \cdot V_{ef} = I_{ef}^2 \cdot R$$

Faktor daya ($\cos \theta$)

$$\cos \theta = \frac{P_r}{P_s}$$

OPTIKA GEOMETRI

Pemantulan cahaya

Hukum Snellius: sinar datang (i), sinar pantul (r), dan garis normal (N) terletak pada satu bidang datar; dan sudut datang sama dengan sudut pantul.

Pembiasan cahaya

 n = indeks bias

$$n = \frac{c}{v}$$

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Keterangan: i = sudut datang r = sudut bias n = indeks bias mutlak c = kecepatan cahaya di ruang vakum/hampa = 3×10^8 m/s v = kecepatan cahaya dalam suatu medium (m/s) $n_{2,1}$ = indeks bias relatif medium 1 terhadap medium 2 n_1 = indeks bias medium 1 n_2 = indeks bias medium 2 v_1 = kecepatan cahaya di medium 1 (m/s) v_2 = kecepatan cahaya di medium 2 (m/s) λ_1 = panjang gelombang di medium 1 (m) λ_2 = panjang gelombang di medium 2 (m)**Pembiasan pada prisma**Besarnya sudut deviasi (D) pada prisma:

$$D = (i_1 + r_2) - \beta$$

Sudut deviasi minimum (D_{min}) berlaku pada prisma:

$$D_{min} = 2i_1 - \beta, \text{ dan } r_1 = \frac{\beta}{2}$$

Sementara untuk sudut D_{min} dan β yang kecil berlaku:

$$D_{min} = (n - 1) \cdot \beta$$

Keterangan: β = sudut puncak (pembias) prisma

Pembiasan pada bidang sferis (lengkung):

$$\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

Pembesaran (m) yang terjadi pada bidang sferis:

$$m = \left| \frac{n_1 s'}{n_2 s} \right| = \left| \frac{h'}{h} \right|$$

Keterangan:

n_1 = indeks bias medium

n_2 = indeks bias lensa

s = jarak benda (m)

s' = jarak bayangan (m)

h = tinggi benda (m)

h' = tinggi bayangan (m)

R = jari-jari kelengkungan lensa (m)

Pembiasan pada benda yang berada di dalam kedalaman berbentuk bidang datar:

$$s' = \frac{n_2}{n_1} s$$

Keterangan:

s' = kedalaman benda yang terlihat (m)

Sifat-sifat bayangan pada cermin datar:

- Jarak bayangan ke cermin (s') = jarak benda ke cermin (s)
- Tinggi bayangan (h') = tinggi benda (h)
- Sifat bayangan: tegak dan maya (tidak dapat ditangkap layar)

Perbesaran bayangan oleh cermin datar:

$$M = \frac{h'}{h} = 1$$

Jarak fokus (f) pada cermin lengkung:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$$

atau

$$f = \frac{R}{2} = \frac{s' \cdot s}{s' + s}$$

Jarak benda (s) pada cermin lengkung:

$$s = \frac{s' \cdot f}{s' - f}$$

Jarak bayangan (s') pada cermin lengkung:

$$s' = \frac{s \cdot f}{s - f}$$

Pembesaran (M) pada cermin lengkung:

$$M = \left| \frac{s'}{s} \right| = \left| \frac{h'}{h} \right| \text{ atau}$$

$$M = \frac{f}{s - f} \text{ atau}$$

$$M = \frac{s' - f}{f}$$

Keterangan: f = jarak fokus (m) R = jari-jari kelengkungan cermin (m) s = jarak benda (m) s' = jarak bayangan (m) h = tinggi benda (m) h' = tinggi bayangan (m) M = pembesaran

Jarak fokus pada pembiasan cahaya di lensa:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_1}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Kekuatan lensa (P):

$$P = \frac{1}{f}$$

Kekuatan lensa dan jarak fokus lensa gabungan:

$$P_{gab} = P_1 + P_2 + \dots$$

$$\frac{1}{f_{gab}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \dots$$

Keterangan: f = jarak fokus lensa (m) n_1 = indeks bias lensa n_m = indeks bias medium R_1 = jari-jari kelengkungan lensa 1 (m) R_2 = jari-jari kelengkungan lensa 2 (m) P = kekuatan lensa (dioptri) P_{gab} = kekuatan lensa gabungan (dioptri) f_{gab} = jarak fokus lensa gabungan (m)

ALAT-ALAT OPTIK

Titik dekat mata normal (PP) = 25 cmTitik jauh mata normal (PR) = ∞

Rabun jauh (miopi):

$$PP < 25 \text{ cm dan } PR < \infty$$

$$P = -\frac{1}{PR}$$

Rabun dekat (hipermetropi):

$$PP > 25 \text{ cm}$$

$$P = \frac{1}{s} - \frac{1}{PR}$$

Keterangan: P = kekuatan lensa (dioptri) s = jarak benda (m)

Lup

Sifat bayangan pada lup (kaca pembesar): maya, tegak, diperbesar
 Pembesaran anguler pada lup saat mata tidak berakomodasi:

$$\gamma = \frac{s_n}{f} = \frac{x}{f}, \quad s_n = \text{jarak titik dekat mata}$$

Pembesaran anguler pada lup saat mata berakomodasi maksimal:

$$\gamma = \frac{s_n}{f} + 1 \text{ dengan } s_n = 25 \text{ cm}$$

Pembesaran anguler pada lup saat mata berakomodasi pada jarak x:

$$\gamma = \frac{s_n}{f} + \frac{s_n}{x} = \frac{s_n}{f} \left(1 + \frac{f-d}{x} \right)$$

Pembesaran sudut pada lup:

$$\gamma = \frac{s_n}{s} = \frac{-s'}{s} \left(\frac{s_n}{-s'+d} \right)$$

Keterangan:

γ = pembesaran sudut atau pembesaran anguler

s_n = jarak titik dekat mata (m)

f = jarak titik api atau titik fokus lup (m)

d = jarak lup ke mata (m)

x = jarak akomodasi (m)

s = jarak benda (m)

s' = jarak bayangan (m)

Mikroskop

Sifat bayangannya: maya, terbalik, diperbesar

Panjang mikroskop:

$$d = f_{ob} + f_{ok}$$

Pembesaran linear total:

$$M = M_{ob} \cdot M_{ok} = \frac{s_{ob}'}{s_{ob}} \times \frac{s_{ok}'}{s_{ok}}$$

Pembesaran sudut total untuk mata yang tidak berakomodasi:

$$M = M_{ob} \cdot M_{ok} = \frac{s_{ob}'}{s_{ob}} \times \frac{s_{ok}'}{s_{ok}}$$

Pembesaran sudut total untuk mata yang berakomodasi maksimum:

$$M = M_{ob} \cdot M_{ok} = \frac{s_{ob}'}{s_{ob}} \times \left(\frac{s_n}{f_{ok}} + 1 \right)$$

Keterangan:

M = pembesaran linear total

M_{ob} = pembesaran lensa obyektif

M_{ok} = pembesaran lensa okuler

s_{ob} = jarak benda di depan lensa obyektif (m)

s_{ob}' = jarak bayangan yang dibentuk lensa obyektif (m)

s_{ok} = jarak benda di depan lensa okuler (m)

s_{ok}' = jarak bayangan yang dibentuk lensa okuler (m)

f_{ob} = fokus lensa obyektif (m)

f_{ok} = fokus lensa okuler (m)

d = panjang mikroskop (m)

Teropong

Panjang teropong:

$$d = f_{ob} + f_{ok}$$

Pembesaran bayangan untuk mata yang berakomodasi maksimum:

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} + 1$$

Pembesaran bayangan untuk mata yang tidak berakomodasi maksimum

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

Dispersi Cahaya

Sudut dispersi prisma (φ):

$$\varphi = D_u - D_m$$

Daya dispersi (Φ):

$$\Phi = (n_u - n_m) \beta$$

Keterangan:

D_u = sudut deviasi warna ungu

D_m = sudut deviasi warna merah

n_u = indeks bias warna ungu

n_m = indeks bias warna merah

Interferensi Cahaya

Interferensi cahaya pada celah ganda (percobaan Young)

Garis terang (interferensi maksimum):

$$\sin \alpha = m \frac{\lambda}{d}, \text{ dengan } \frac{pd}{L} = m \lambda$$

Garis gelap (interferensi minimum):

$$\sin \alpha = (2m + 1) \frac{\lambda}{2d}, \text{ dengan } \frac{pd}{L} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

Keterangan:

λ = panjang gelombang (m)

p = jarak pola ke terang pusat (m)

d = jarak celah (m)

L = jarak celah ke layar (m)

m = orde = 0, 1, 2, 3, ...

Interferensi cahaya pada selaput tipis

Garis terang (interferensi maksimum):

$$2nd \cos r = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

Garis gelap (interferensi minimum):

$$2nd \cos r = m \lambda$$

Keterangan:

n = indeks bias lapisan

d = tebal lapisan (m)

r = sudut bias

m = order = 0, 1, 2, 3, ...

Difraksi Cahaya

Difraksi cahaya pada celah tunggal:

Garis terang (interferensi maksimum):

$$d \sin \alpha = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \text{ dengan } \frac{pd}{L} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

Garis gelap (interferensi minimum):

$$d \sin \alpha = m \lambda, \text{ dengan } \frac{pd}{L} = m \lambda$$

Difraksi cahaya pada kisi difraksi:

Garis terang (interferensi maksimum):

$$d \sin \alpha = m \lambda$$

$$\frac{pd}{L} = m \lambda$$

$$d = \frac{1}{N}$$

Garis gelap (interferensi minimum):

$$d \sin \alpha = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \text{ dengan } \frac{pd}{L} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

Keterangan:

d = jarak celah (m)

p = jarak pola ke terang pusat (m)

N = jumlah garis per satuan panjang

λ = panjang gelombang (m)

α = sudut antara sinar yang dilenturkan dengan garis normal

Polarisasi Cahaya

Sudut polarisasi menurut hukum Brewster karena pembiasan dan pemantulan:

$$\tan p = \frac{n'}{n}$$

$$p + r = 90^\circ$$

Keterangan:

p = sudut pantul

r = sudut bias

n = indeks bias medium 1

n' = indeks bias medium 2

KONSEP ATOM

Percobaan Thomson

$$\frac{e}{m} = 1,7 \times 10^{11} \text{ C/kg}$$

Keterangan:

e = muatan elementer = $1,60204 \times 10^{-19} \text{ C}$

m_e = massa elektron = $9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Deret Lyman

$$\frac{1}{\lambda} = R(1 - \frac{1}{n^2}) ; n = 2, 3, 4, \dots$$

Deret Paschen

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}) ; n = 4, 5, 6, \dots$$

Deret Bracket

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}) ; n = 5, 6, 7, \dots$$

Deret Pfund

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}) ; n = 6, 7, 8, \dots$$

Keterangan:

λ = panjang gelombang (m)

R = tetapan Rydberg ($1,0074 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$)

Model atom Bohr

$$m.v.r = n (\frac{h}{2\pi})$$

$$r_n = 5,3 \cdot 10^{-11} \cdot n^2$$

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ (dalam eV)}$$

$$E_n = -\frac{2,174 \cdot 10^{-18}}{n^2} \text{ (dalam J)}$$

Keterangan:

E_n = energi elektron pada kulit ke- n (eV)

m = massa partikel (kg)

v = kecepatan partikel (m/s)

r = jari-jari orbit (m)

n = bilangan kuantum utama = 1, 2, 3, ...

h = konstanta Planck = $6,63 \times 10^{-23} \text{ JS}$

Energi radiasi

$$h \cdot f = E_1 - E_2$$

Keterangan:

hf = energi radiasi

E_1 = energi awal atom

E_2 = energi keadaan akhir atom

INTI ATOM

Nuklida jenis inti atom ditulis: ${}^A_Z X$

Keterangan:

X = jenis inti atom atau nama unsur

A = nomor massa (jumlah proton + jumlah neutron)

Z = nomor atom (jumlah proton)

Jumlah netron: $N = A - Z$

Massa defek

$$m_D = m_i - m_r \text{ atau:}$$

$$m_D = (Z.m_p + N.m_n) - m_r$$

Energi ikat inti:

$$E_b = m_D \cdot c^2$$

Keterangan:

m_D = massa defek (kg)

m_i = massa inti (kg)

m_r = massa proton ditambah massa neutron (kg)

Waktu paruh ($T_{1/2}$)

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \text{ dengan } n = \frac{t}{T_{1/2}}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Umur rata-rata:

$$\bar{T} = \frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} = 1,44 T_{1/2}$$

Keterangan:

N = jumlah sisa bahan yang meluruh

N_0 = jumlah bahan mula-mula

t = waktu peluruhan (s)

λ = konstanta peluruhan (disintegrasi/s)

\bar{T} = umur rata-rata (tahun)

$T_{1/2}$ = waktu paruh (s)

Energi foton dalam spektrum emisi:

$$E_{foton} = E_2 - E_1 = h.f$$

Keterangan:

E_{foton} = energi foton (J)

h = konstanta Planck = $6,63 \times 10^{-34}$ Js

f = frekuensi (Hz)

GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

Cepat rambat gelombang magnetik (c)

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon\mu}}$$

Keterangan:

c = kecepatan atau cepat rambat gelombang elektromagnetik (m/s)

ϵ = permitivitas medium (C^2/Nm^2)

μ = permeabilitas medium (Wb.m/A)

Cepat rambat gelombang magnetik di ruang hampa

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Keterangan:

ϵ_0 = permitivitas listrik ruang hampa = $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$

μ_0 = permeabilitas magnet ruang hampa = $4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$

Laju energi rata-rata per m^2 luas permukaan (\vec{S})

$$\vec{S} = \frac{E_{maks} \cdot B_{maks}}{2\mu_0} \text{ atau } \vec{S} = \frac{1}{2} E_{maks} \cdot H_{maks} \text{ jika } H_{maks} = \frac{B}{\mu_0}$$

Induksi magnetik pada gelombang elektromagnetik:

$$E = \mu_0 H \cdot v = c \cdot B \text{ dan } E_{maks} = c \cdot B_{maks}$$

Keterangan:

\vec{S} = laju energi rata-rata yang dipindahkan tiap m^2 luas permukaan

E_{maks} = medan listrik maksimum (N/C)

B_{maks} = medan magnet maksimum (T)

μ_0 = permeabilitas magnet ruang hampa = $4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$

v = kecepatan (m/s)

c = cepat rambat gelombang elektromagnetik (m/s)

H = intensitas medan magnet

Energi radiasi kalor

$$W = \frac{E}{t \cdot A} = \frac{P}{A} = e \cdot \tau \cdot T^4$$

Keterangan:

W = energi persatuan waktu persatuan luas (watt.m⁻²)

P = daya (watt)

e = koefisien emisivitas ($0 < e < 1$)

$e = 0 \rightarrow$ benda putih sempurna

$e = 1 \rightarrow$ benda hitam sempurna

τ = konstanta Stefans-Boltzman = $5,67 \cdot 10^{-6} \text{ watt.m}^{-2}\text{K}^{-4}$

Hukum pergeseran Wien

$$b = \lambda_{maks} \cdot T$$

Keterangan:

λ_{maks} = panjang gelombang yang dipancarkan pada energi maksimum (m)

b = tetapan pergeseran Wien = $2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$

T = suhu mutlak (K)

Teori kuantum Planck

$$E_{foton} = h f = \frac{h c}{\lambda}$$

$$E_{total} = n h f = n \frac{h c}{\lambda}$$

$$P = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Keterangan: h = tetapan Planck = $6,63 \times 10^{-34}$ Js c = kecepatan cahaya (m/s) E = energi foton (J) P = momentum foton (kg m/s) λ = panjang gelombang (m) n = jumlah foton f = frekuensi foton (Hz)**Efek fotolistrik**

$$E_k = E - W = hf - W$$

$$W = h \cdot f_0$$

$$E_k = h (f - f_0)$$

Keterangan: E_k = energi kinetik elektron (J) W = fungsi kerja logam (J) f = frekuensi foton (Hz) f_0 = frekuensi ambang (Hz) h = konstanta Planck = $6,63 \times 10^{-34}$ Js**Efek Campton**

$$P = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e \cdot c} (1 - \cos \varphi)$$

Keterangan: P = momentum foton (kg m/s) λ = panjang gelombang (m) h = tetapan Planck c = kecepatan cahaya = 3×10^8 m/s λ' = panjang gelombang foton terhambur (m) λ = panjang gelombang foton datang (m) $\frac{h}{m_e \cdot c}$ = panjang gelombang Compton = $0,0243 \text{ \AA}$ φ = sudut hamburan foton m_e = massa diam elektron = $9,1 \times 10^{-31}$ kg**Teori de Broglie**

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{P}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mqv}} \text{ atau } \lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$$

Keterangan: m = massa partikel (kg) v = kecepatan partikel (m/s) λ = panjang gelombang (m) P = momentum partikel (kg m/s) q = muatan partikel (C)

TEORI RELATIVITAS

Kecepatan relatif terhadap acuan diam:

$$v_x = \frac{v_{x'} + v}{1 + \frac{v_{x'} v}{c^2}}$$

$$x' = \frac{x - v \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Keterangan:

v_x = kecepatan relatif terhadap acuan diam (m/s)

$v_{x'}$ = kecepatan relatif terhadap acuan bergerak (m/s)

v = kecepatan acuan bergerak terhadap acuan diam (m/s)

c = kecepatan cahaya = 3×10^8 m/s

x = tempat kedudukan peristiwa menurut kerangka acuan pertama

x' = tempat kedudukan peristiwa menurut kerangka acuan kedua

t = waktu peristiwa menurut kerangka acuan kedua (s)

t' = waktu peristiwa menurut kerangka acuan pertama (s)

Kontraksi Lorentz

$$L' = L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{L}{b}$$

Dilatasi waktu

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Leftrightarrow \Delta t' = b \cdot \Delta t$$

Relativitas massa/massa relativistik

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = b m_0$$

Keterangan:

L' = panjang benda oleh pengamat bergerak (m)

L = panjang benda oleh pengamat diam (m)

$$b = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \text{konstanta transformasi}$$

Δt = lama waktu oleh pengamat diam (s)

$\Delta t'$ = lama waktu oleh pengamat bergerak (s)

m = massa benda bergerak (kg)

m_0 = massa benda diam (kg)

Relativitas momentum/momentum relativistik:

$$p = m \cdot v = \frac{m_0 \cdot v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = b m_0 v$$

Relativitas energi/energi relativistik:

Untuk benda yang bergerak:

$$E = \frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = b m_0 c^2$$

Untuk benda diam:

$$E_0 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - 0}} = m_0 c^2$$

Energi kinetik relativistik:

$$E_k = E - E_0 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2 = (b - 1) m_0 c^2$$

Keterangan:

p = momentum relativistik (kg m/s)

E_0 = energi diam (J)

E = energi total (J)

E_k = energi kinetik (J)