

# MetricForge Chemistry & Physics Reference

Formulas, constants, methods, examples, and dimensional checks

## RUANG LINGKUP

Dokumen ini adalah kompendium perhitungan dari tingkat sekolah menengah sampai kimia umum dan fisika berbasis kalkulus tingkat awal universitas. Isinya mencakup rumus inti, bentuk turunan yang sering dipakai, satuan, prosedur, contoh, dan pemeriksaan hasil.

Tidak ada satu dokumen terbatas yang dapat memuat seluruh cabang kimia dan fisika tingkat riset. Kimia kuantum lanjutan, mekanika statistik lanjut, relativitas umum, teori medan kuantum, dinamika fluida komputasional, kimia komputasi, dan metode numerik khusus memerlukan buku tersendiri. Kompendium ini memprioritaskan perhitungan yang paling universal dan dapat digunakan sebagai dasar belajar, ujian, laboratorium, serta aplikasi kalkulator ilmiah.

## A. ATURAN UMUM PERHITUNGAN

### A1. Urutan kerja

1. Tuliskan data yang diketahui beserta satuannya.
2. Tuliskan besaran yang dicari.
3. Pilih hukum atau persamaan yang sesuai.
4. Ubah seluruh data ke satuan yang kompatibel, sebaiknya SI.
5. Susun ulang persamaan secara aljabar sebelum memasukkan angka.
6. Masukkan angka dengan tanda positif/negatif yang benar.
7. Pertahankan digit tambahan selama perhitungan.
8. Bulatkan hanya pada hasil akhir.
9. Periksa dimensi, orde besaran, arah, dan kewajaran fisik/kimia.

### A2. Notasi ilmiah

$a \times 10^n$ , dengan  $1 \leq |a| < 10$ .

Perkalian:

$$(a \times 10^m)(b \times 10^n) = ab \times 10^{(m+n)}$$

Pembagian:

$$(a \times 10^m)/(b \times 10^n) = (a/b) \times 10^{(m-n)}$$

#### Pangkat:

$$(a \times 10^m)^p = a^p \times 10^{(mp)}$$

### A3. Angka penting

- Semua digit bukan nol signifikan.
- Nol di antara digit bukan nol signifikan.
- Nol awal bukan angka penting.
- Nol akhir setelah tanda desimal signifikan.
- Bilangan hasil hitungan eksak dan faktor definisi tidak membatasi angka penting.

#### Perkalian/pembagian:

hasil mengikuti jumlah angka penting paling sedikit.

#### Penjumlahan/pengurangan:

hasil mengikuti jumlah tempat desimal paling sedikit.

### A4. Persen galat

$$\text{percent error} = |\text{nilai\_eksperimen} - \text{nilai\_acuan}| / |\text{nilai\_acuan}| \times 100\%$$

### A5. Ketidakpastian

#### Untuk $z = x \pm y$ :

$$u_z = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}, \text{ jika } x \text{ dan } y \text{ independen.}$$

#### Untuk $z = xy$ atau $x/y$ :

$$u_z/|z| = \sqrt{(u_x/x)^2 + (u_y/y)^2}$$

#### Untuk $z = x^a y^b$ :

$$u_z/|z| = \sqrt{(a u_x/x)^2 + (b u_y/y)^2}$$

### A6. Analisis dimensi

Panjang [L]

Massa [M]

Waktu [T]

Arus [I]

Suhu [θ]

Jumlah zat [N]

Intensitas cahaya [J]

#### Contoh:

kecepatan [L T<sup>-1</sup>]

percepatan [L T<sup>-2</sup>]

gaya [M L T<sup>-2</sup>]

energi [M L<sup>2</sup> T<sup>-2</sup>]

tekanan [M L<sup>-1</sup> T<sup>-2</sup>]

## B. KONSTANTA PENTING FISIKA DAN KIMIA

#### Konstanta definisi SI yang tepat:

$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$	kecepatan cahaya
$h = 6.626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$	konstanta Planck
$e = 1.602\,176\,634 \times 10^{-19} \text{ C}$	muatan elementer
$k_B = 1.380\,649 \times 10^{-23} \text{ J/K}$	konstanta Boltzmann

$N_A = 6.022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  konstanta Avogadro  
 $K_{cd} = 683 \text{ lm/W}$  pada frekuensi 540 THz efikasi cahaya definisi SI  
 $\Delta\nu_{Cs} = 9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$  frekuensi transisi cesium-133

**Konstanta turunan/pengukuran yang sering dipakai:**

$R = 8.314\,462\,618\,153\,24 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  konstanta gas molar  
 $F = 96\,485.332\,123\,310\dots \text{ C/mol}$  konstanta Faraday  
 $g_0 = 9.806\,65 \text{ m/s}^2$  gravitasi standar, tepat  
 $G \approx 6.674\,30 \times 10^{-11} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$  gravitasi universal  
 $\epsilon_0 \approx 8.854\,187\,8188 \times 10^{-12} \text{ F/m}$  permitivitas vakum  
 $\mu_0 \approx 1.256\,637\,061\,27 \times 10^{-6} \text{ N/A}^2$  permeabilitas vakum  
 $k_e = 1/(4\pi\epsilon_0) \approx 8.987\,551\,7862 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$   
 $m_e \approx 9.109\,383\,7139 \times 10^{-31} \text{ kg}$  massa elektron  
 $m_p \approx 1.672\,621\,925\,95 \times 10^{-27} \text{ kg}$  massa proton  
 $m_n \approx 1.674\,927\,500\,56 \times 10^{-27} \text{ kg}$  massa neutron  
 $u \approx 1.660\,539\,068\,92 \times 10^{-27} \text{ kg}$  atomic mass constant  
 $\sigma = 5.670\,374\,419 \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$  Stefan-Boltzmann  
 $b \approx 2.897\,771\,955 \times 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$  Wien displacement  
 $R_\infty \approx 10\,973\,731.568\,157 \text{ m}^{-1}$  Rydberg constant

Nilai konstanta pengukuran dapat memiliki ketidakpastian. Gunakan basis data CODATA terbaru bila diperlukan untuk metrologi presisi.

## BAGIAN I — PERHITUNGAN KIMIA

### K1. STRUKTUR ATOM, ISOTOP, DAN MASSA ATOM

**Nomor atom:**

$Z$  = jumlah proton

**Nomor massa:**

$A$  = jumlah proton + jumlah neutron

$A = Z + N_{\text{neutron}}$

**Jumlah neutron:**

$N_{\text{neutron}} = A - Z$

**Muatan ion:**

charge number = jumlah proton - jumlah elektron

**Untuk kation bermuatan +q:**

jumlah elektron =  $Z - q$

**Untuk anion bermuatan -q:**

jumlah elektron =  $Z + q$

**Massa atom rata-rata:**

$A_r = \sum(\text{fraksi isotop}_i \times \text{massa isotop}_i)$

**Jika kelimpahan dalam persen:**

fraksi isotop = persen/100

**Contoh:**

75% isotop bermassa 35 u dan 25% isotop bermassa 37 u:

$$A_r = 0.75(35) + 0.25(37) = 35.5 \text{ u}$$

---

## K2. MOL, JUMLAH PARTIKEL, DAN MASSA MOLAR

---

**Jumlah mol:**

$$n = m/M$$

m = massa, biasanya g

M = massa molar, g/mol

n = jumlah zat, mol

**Massa:**

$$m = nM$$

**Jumlah partikel:**

$$N = n N_A$$

**Jumlah mol dari partikel:**

$$n = N/N_A$$

**Untuk atom dalam senyawa:**

jumlah atom unsur X =

mol senyawa  $\times$   $N_A$   $\times$  indeks X dalam rumus

**Massa molar senyawa:**

$$M_{\text{senyawa}} = \sum (\text{indeks unsur} \times A_r \text{ unsur})$$

**Contoh H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:**

$$M = 2A_r(\text{H}) + A_r(\text{S}) + 4A_r(\text{O})$$

---

## K3. KOMPOSISI PERSEN DAN RUMUS KIMIA

---

**Persen massa unsur:**

$$\% \text{ unsur} = \frac{\text{massa unsur dalam 1 mol senyawa}}{\text{massa molar senyawa}} \times 100\%$$

**Persen massa larutan:**

$$\% \text{ m/m} = \frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{massa larutan}} \times 100\%$$

**Persen volume:**

$$\% \text{ v/v} = \frac{\text{volume zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

**Persen massa-volume:**

$$\% \text{ m/v} = \frac{\text{massa zat terlarut (g)}}{\text{volume larutan (mL)}} \times 100\%$$

**Rumus empiris:**

**1. Ubah persen menjadi massa asumsi, misalnya 100 g.**

**2. Ubah setiap massa menjadi mol.**

**3. Bagi semua jumlah mol dengan nilai terkecil.**

**4. Kalikan seluruh rasio bila belum mendekati bilangan bulat.**

**Rumus molekul:**

$$\text{faktor} = \frac{\text{massa molar molekul}}{\text{massa molar rumus empiris}}$$

$$\text{rumus molekul} = (\text{rumus empiris})_{\text{faktor}}$$

---

## K4. PENYETARAAN DAN STOIKIOMETRI REAKSI

---

**Persamaan umum:**



**Rasio stoikiometri:**

$$n_A/a = n_B/b = n_C/c = n_D/d$$

**Alur massa ke massa:**



$$\text{mol A} = \text{massa A} / M_A$$

$$\text{mol B} = \text{mol A} \times \text{koefisien B} / \text{koefisien A}$$

$$\text{massa B} = \text{mol B} \times M_B$$

**Pereaksi pembatas:**

hitung  $n_i/\text{koefisien}_i$  untuk setiap pereaksi.

Nilai terkecil menentukan pereaksi pembatas.

**Pereaksi berlebih tersisa:**

$$n_{\text{sis}} = n_{\text{awal}} - n_{\text{yang terpakai}}$$

**Hasil teoritis:**

ditentukan oleh pereaksi pembatas.

**Persen hasil:**

$$\% \text{ yield} = \text{hasil aktual} / \text{hasil teoritis} \times 100\%$$

**Persen kemurnian:**

$$\% \text{ purity} = \text{massa zat murni} / \text{massa sampel} \times 100\%$$

**Atom economy:**

$$\% \text{ atom economy} =$$

$$\frac{\text{massa molar produk yang diinginkan} \times \text{koefisien}}{\text{jumlah massa molar semua reaktan} \times \text{koefisien}}$$

/

$$\times 100\%$$

---

## K5. GAS IDEAL DAN GAS NYATA

**Konversi suhu:**

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$$

**Hukum Boyle, n dan T tetap:**

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

**Hukum Charles, n dan P tetap:**

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$

**Hukum Gay-Lussac, n dan V tetap:**

$$P_1/T_1 = P_2/T_2$$

**Hukum Avogadro, P dan T tetap:**

$$V_1/n_1 = V_2/n_2$$

Hukum gas gabungan:

$$P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$$

Hukum gas ideal:

$$PV = nRT$$

Pilihan R:

8.314462618... J·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> jika P dalam Pa dan V dalam m<sup>3</sup>

8.314462618... L·kPa·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>

0.082057... L·atm·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>

62.363... L·torr·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>

Densitas gas:

$$\rho = m/V = PM/(RT)$$

Massa molar gas:

$$M = \rho RT/P$$

atau

$$M = mRT/(PV)$$

Tekanan parsial Dalton:

$$P_{\text{total}} = \sum P_i$$

$$P_i = x_i P_{\text{total}}$$

$$x_i = n_i/n_{\text{total}}$$

Gas dikumpulkan di atas air:

$$P_{\text{gas_kering}} = P_{\text{total}} - P_{\text{uap_air}}$$

Efusi/difusi Graham:

$$r_1/r_2 = \sqrt{M_2/M_1}$$

Kecepatan rms molekul:

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{3RT/M}$$

Gunakan M dalam kg/mol.

Van der Waals:

$$(P + a(n/V)^2)(V - nb) = nRT$$

Faktor kompresibilitas:

$$Z = PV/(nRT)$$

Z = 1 untuk gas ideal.

---

## K6. LARUTAN DAN KONSENTRASI

---

Molaritas:

$$C \text{ atau } M = n_{\text{zat_terlarut}}/V_{\text{larutan(L)}}$$

Mol:

$$n = CV$$

Molalitas:

$$m_{\text{molal}} = n_{\text{zat_terlarut}}/\text{massa_pelarut(kg)}$$

Fraksi mol:

$$x_i = n_i/\sum n$$

**Normalitas:**

$N = \text{ekivalen zat} / V_{\text{larutan}}(L)$

Nilai ekivalen bergantung pada reaksi.

**Dilusi:**

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

**Pencampuran zat terlarut sama:**

$$C_{\text{akhir}} = (C_1V_1 + C_2V_2 + \dots) / (V_1 + V_2 + \dots)$$

berlaku jika volume aditif dan tidak ada reaksi.

**ppm:**

$$\text{ppm} = \text{massa zat} / \text{massa campuran} \times 10^6$$

**ppb:**

$$\text{ppb} = \text{massa zat} / \text{massa campuran} \times 10^9$$

**Untuk larutan air encer:**

1 mg/L  $\approx$  1 ppm, hanya pendekatan.

**Hukum Beer-Lambert:**

$$A = \epsilon bc$$

A = absorbansi

$\epsilon$  = absorptivitas molar,  $L \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

b = panjang lintasan, cm

c = konsentrasi, mol/L

**Transmitansi:**

$$T = I/I_0$$

$$A = -\log_{10}(T)$$

$$\%T = 100T$$

---

## K7. SIFAT KOLIGATIF

---

**Penurunan tekanan uap Raoult:**

$$P_{\text{pelarut}} = x_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$$

**Untuk campuran volatil ideal:**

$$P_{\text{total}} = \sum x_i P^{\circ}_i$$

**Kenaikan titik didih:**

$$\Delta T_b = i K_b m$$

**Penurunan titik beku:**

$$\Delta T_f = i K_f m$$

**Tekanan osmotik:**

$$\pi = iMRT$$

i = faktor van 't Hoff

m = molalitas

M = molaritas

**Massa molar dari penurunan titik beku:**

$$M_{\text{zat}} = iK_f \times \text{massa}_{\text{zat}} \times 1000 / (\Delta T_f \times \text{massa}_{\text{pelarut}_g})$$

---

## K8. TERMOKIMIA DAN TERMODINAMIKA KIMIA

---

**Kalor sensibel:**

$$q = mc\Delta T$$

**Dengan kapasitas kalor:**

$$q = C\Delta T$$

**Kalor perubahan fase:**

$$q = mL$$

**Kalorimeter:**

$$q_{\text{reaksi}} + q_{\text{larutan}} + q_{\text{kalorimeter}} = 0$$

**Pada tekanan tetap:**

$$q_p = \Delta H$$

**Hukum pertama:**

$$\Delta U = q + w$$

**Kerja ekspansi:**

$$w = -P_{\text{ext}} \Delta V$$

**Hubungan entalpi gas ideal:**

$$\Delta H = \Delta U + \Delta n_{\text{gas}} RT$$

**Entalpi reaksi dari entalpi pembentukan:**

$$\Delta H^\circ_{\text{reaksi}} =$$

$$\sum \nu \Delta H_f^\circ(\text{produk}) - \sum \nu \Delta H_f^\circ(\text{reaktan})$$

**Hukum Hess:**

jumlahkan persamaan reaksi dan jumlahkan  $\Delta H$ .

Membalik reaksi mengubah tanda  $\Delta H$ .

Mengalikan koefisien mengalikan  $\Delta H$ .

**Perkiraan energi ikatan:**

$$\Delta H_{\text{reaksi}} \approx$$

$$\sum \text{energi ikatan yang diputus} - \sum \text{energi ikatan yang terbentuk}$$

**Entropi:**

$$\Delta S^\circ_{\text{reaksi}} =$$

$$\sum \nu S^\circ(\text{produk}) - \sum \nu S^\circ(\text{reaktan})$$

**Energi bebas Gibbs:**

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

**Kondisi spontan pada T,P tetap:**

$$\Delta G < 0 \text{ spontan}$$

$$\Delta G = 0 \text{ setimbang}$$

$$\Delta G > 0 \text{ tidak spontan ke arah yang ditulis}$$

**Hubungan dengan kesetimbangan:**

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$\ln K = -\Delta G^\circ / (RT)$$



## K9. KINETIKA KIMIA

---

Untuk:



Laju reaksi:

$$\begin{aligned}\text{rate} &= -(1/a)d[A]/dt \\ &= -(1/b)d[B]/dt \\ &= (1/c)d[C]/dt \\ &= (1/d)d[D]/dt\end{aligned}$$

Hukum laju:

$$\text{rate} = k[A]^m[B]^n$$

$$\text{orde total} = m + n$$

Satuan k:

$$\text{orde } 0: \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{orde } 1: \text{s}^{-1}$$

$$\text{orde } 2: \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Hukum terintegrasi orde nol:

$$[A]_t = [A]_0 - kt$$

$$t_{1/2} = [A]_0 / (2k)$$

Orde satu:

$$\ln[A]_t = \ln[A]_0 - kt$$

$$[A]_t = [A]_0 e^{(-kt)}$$

$$t_{1/2} = \ln 2 / k$$

Orde dua, satu reaktan:

$$1/[A]_t = 1/[A]_0 + kt$$

$$t_{1/2} = 1 / (k[A]_0)$$

Arrhenius:

$$k = A e^{(-E_a/RT)}$$

$$\ln k = \ln A - E_a/(RT)$$

Dua temperatur:

$$\ln(k_2/k_1) = -E_a/R (1/T_2 - 1/T_1)$$

## K10. KESETIMBANGAN KIMIA

---

Untuk:



$$K_c = [C]^c[D]^d / ([A]^a[B]^b)$$

Zat padat murni dan cair murni tidak dimasukkan dalam ekspresi K.

$$K_p = (P_C)^c(P_D)^d / ((P_A)^a(P_B)^b)$$

Hubungan:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n_{\text{gas}}}$$

Reaction quotient Q mempunyai bentuk sama dengan K.

Interpretasi:

$Q < K$ : reaksi bergerak ke produk

$Q > K$ : reaksi bergerak ke reaktan

$Q = K$ : sistem setimbang

#### Operasi K:

- reaksi dibalik:  $K_{\text{baru}} = 1/K$
- koefisien dikali  $n$ :  $K_{\text{baru}} = K^n$
- reaksi dijumlahkan:  $K_{\text{total}} = K_1 K_2 \dots$

#### Pendekatan ICE:

Initial, Change, Equilibrium.

Masukkan konsentrasi kesetimbangan ke  $K$  lalu selesaikan  $x$ .

---

## K11. ASAM, BASA, pH, DAN HIDROLISIS

---

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{(-\text{pH})}$$

$$\text{pOH} = -\log_{10}[\text{OH}^-]$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{(-\text{pOH})}$$

#### Pada 25 °C:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] \approx 1.0 \times 10^{-14}$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14.00$$

#### Asam lemah HA:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

#### Basa lemah B:

$$K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$$

#### Pasangan konjugasi pada 25 °C:

$$K_a K_b = K_w$$

$$\text{p}K_a + \text{p}K_b = \text{p}K_w$$

#### Persen ionisasi:

$$\% \text{ ionisasi} = \frac{\text{konsentrasi terionisasi}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

#### Pendekatan asam lemah monoprotik:

$$[\text{H}^+] \approx \sqrt{K_a C_0}$$

berlaku jika  $x/C_0$  cukup kecil.

#### Basa lemah:

$$[\text{OH}^-] \approx \sqrt{K_b C_0}$$

#### Asam poliprotik:

hitung bertahap dengan  $K_{a1}$ ,  $K_{a2}$ , dan seterusnya.

Biasanya  $K_{a1}$  dominan jika jauh lebih besar daripada  $K_{a2}$ .

---

## K12. BUFFER DAN TITRASI

---

#### Henderson-Hasselbalch:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log_{10}\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}\right)$$

#### Dalam campuran dengan volume sama:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log_{10}\left(\frac{n_{\text{A}^-}}{n_{\text{HA}}}\right)$$

**Buffer basa:**

$$pOH = pK_b + \log_{10}([BH^+]/[B])$$

Kapasitas buffer meningkat dengan konsentrasi total dan paling efektif saat pH dekat pK<sub>a</sub>.

**Titrasi asam kuat-basa kuat:****sebelum ekuivalen:**

hitung mol berlebih H<sup>+</sup> atau OH<sup>-</sup>, lalu bagi volume total.

**pada ekuivalen ideal 25 °C:**

$$pH \approx 7$$

**setelah ekuivalen:**

hitung titran kuat berlebih.

**Titrasi asam lemah-basa kuat:**

- sebelum ekuivalen: stoikiometri lalu buffer
- setengah ekuivalen: pH = pK<sub>a</sub>
- ekuivalen: hidrolisis basa konjugasi
- setelah ekuivalen: OH<sup>-</sup> kuat berlebih

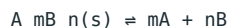
**Ekuivalensi:**

mol H<sup>+</sup> yang bereaksi = mol OH<sup>-</sup> yang bereaksi  
atau gunakan jumlah ekuivalen.

---

**K13. KELARUTAN DAN K<sub>sp</sub>**

---

**Untuk:**

$$K_{sp} = [A]^m[B]^n$$

**Jika kelarutan molar = s:**

$$[A] = ms$$

$$[B] = ns$$

$$K_{sp} = (ms)^m(ns)^n$$

**Contoh AB:**

$$K_{sp} = s^2$$

$$s = \sqrt{K_{sp}}$$

**Contoh AB<sub>2</sub>:**

$$K_{sp} = s(2s)^2 = 4s^3$$

$$s = (K_{sp}/4)^{1/3}$$

**Ion product Q<sub>sp</sub>:**

Q<sub>sp</sub> < K<sub>sp</sub>: belum mengendap

Q<sub>sp</sub> = K<sub>sp</sub>: jenuh

Q<sub>sp</sub> > K<sub>sp</sub>: pengendapan termodinamik memungkinkan

Efek ion senama menurunkan kelarutan.

---

**K14. ELEKTROKIMIA**

---

**Sel galvanik:**

anode = oksidasi

cathode = reduksi

**Potensial sel standar:**

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{katode}} - E^{\circ}_{\text{anode}}$$

menggunakan potensial reduksi.

**Energi bebas:**

$$\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ}_{\text{sel}}$$

**Kesetimbangan:**

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K$$

$$\ln K = nFE^{\circ}/(RT)$$

**Persamaan Nernst:**

$$E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln Q$$

**Pada 25 °C:**

$$E = E^{\circ} - (0.05916 \text{ V}/n) \log_{10} Q$$

**Elektrolisis:**

$$Q_{\text{listrik}} = It$$

**Mol elektron:**

$$n_e = Q/F = It/F$$

**Massa zat yang terbentuk:**

$$m = (It/F) \times (M/z)$$

$z$  = jumlah elektron per ion.

---

## K15. KIMIA NUKLIR

---

**Peluruhan:**

$$N = N_0 e^{(-\lambda t)}$$

$$A = A_0 e^{(-\lambda t)}$$

**Konstanta peluruhan:**

$$\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$$

**Bentuk waktu paruh:**

$$N = N_0 (1/2)^{(t/t_{1/2})}$$

**Aktivitas:**

$$A = \lambda N$$

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$$

**Defek massa:**

$$\Delta m = \text{massa reaktan} - \text{massa produk}$$

**Energi:**

$$E = \Delta mc^2$$

**Jika  $\Delta m$  dalam u:**

$$E(\text{MeV}) \approx \Delta m(u) \times 931.494 \text{ MeV}/u$$

**Energi ikat per nukleon:**

$$E_{\text{ikat}}/A$$

**Dosis serap:**

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

**Dosis ekuivalen:**

$$H = \sum w_R D_R$$

---

## K16. KIMIA KUANTUM DASAR DAN SPEKTROSKOPI

---

**Energi foton:**

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

**Frekuensi:**

$$\nu = c/\lambda$$

**Bilangan gelombang:**

$$\tilde{\nu} = 1/\lambda$$

biasanya  $\text{cm}^{-1}$  pada spektroskopi IR.

**de Broglie:**

$$\lambda = h/p = h/(mv), \text{ nonrelativistik}$$

**Ketidakpastian Heisenberg:**

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$$

$$\hbar = h/(2\pi)$$

**Model Bohr hidrogen:**

$$E_n = -13.6 \text{ eV}/n^2$$

**Transisi hidrogen:**

$$1/\lambda = R_H(1/n_f^2 - 1/n_i^2), n_i > n_f \text{ untuk emisi}$$

**Energi ionisasi dari tingkat n:**

$$E_{\text{ion}} = 13.6 \text{ eV}/n^2$$

---

## K17. KIMIA ORGANIK: PERHITUNGAN DASAR

---

**Derajat ketidakjenuhan/DBE untuk  $C_cH_hN_nX_x$ :**

$$\text{DBE} = (2c + 2 + n - h - x)/2$$

O dan S tidak masuk rumus DBE.

X = F, Cl, Br, I.

**DBE:**

1 = satu cincin atau satu ikatan rangkap

2 = dua cincin/rangkap atau satu ikatan rangkap tiga

**Persen hasil sintesis:**

$$\% \text{ yield} = \text{mol atau massa produk aktual/teoritis} \times 100\%$$

**Efisiensi tahap berurutan:**

$$\text{yield}_{\text{total}} = \text{yield}_1 \times \text{yield}_2 \times \dots \text{ dalam bentuk desimal}$$

**Contoh dua tahap 80% dan 75%:**

$$\text{yield total} = 0.80 \times 0.75 = 0.60 = 60\%$$

---

## K18. ANALISIS VOLUMETRI DAN GRAVIMETRI

---

**Titrasi umum:**

$\text{mol analit/koefisien analit} =$

$\text{mol titran/koefisien titran}$

$n_{\text{titran}} = C_{\text{titran}} V_{\text{titran}}$

**Gravimetri:**

$\text{massa analit} =$

$\text{massa endapan} \times$

$(\text{faktor stoikiometri analit/endapan}) \times$

$(M_{\text{analit}}/M_{\text{endapan}})$

**Persen analit:**

$\% \text{ analit} = \text{massa analit/massa sampel} \times 100\%$

**Standardisasi:**

$C = n/V$

$n$  diperoleh dari massa standar primer dan massa molarnya.

---

## K19. NERACA MASSA DAN EFISIENSI PROSES

---

**Keadaan tunak tanpa reaksi:**

$\text{input} = \text{output}$

**Dengan akumulasi:**

$\text{input} - \text{output} + \text{generation} - \text{consumption} = \text{accumulation}$

**Recovery:**

$\% \text{ recovery} = \text{jumlah yang diperoleh/jumlah awal} \times 100\%$

**Conversion reaktan A:**

$X_A = \text{mol A bereaksi/mol A masuk}$

**Selectivity B terhadap C:**

$S_{B/C} = \text{mol B terbentuk/mol C terbentuk}$

**Yield berbasis A:**

$Y_{B/A} = \text{mol B terbentuk/mol A dikonsumsi atau dimasukkan, sesuai definisi proses.}$

---

## BAGIAN II — PERHITUNGAN FISIKA

---

---

### F1. VEKTOR

---

**Komponen:**

$A_x = A \cos \theta$

$A_y = A \sin \theta$

**Besar:**

$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$

**Arah:**

$\theta = \text{atan2}(A_y, A_x)$

**Penjumlahan:**

$$R_x = \Sigma A_x$$

$$R_y = \Sigma A_y$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

**Dot product:**

$$A \cdot B = AB \cos \theta = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

**Cross product:**

$$|A \times B| = AB \sin \theta$$

---

## F2. KINEMATIKA SATU DIMENSI

---

**Kecepatan rata-rata:**

$$v_{\text{avg}} = \Delta x / \Delta t$$

**Kecepatan sesaat:**

$$v = dx/dt$$

**Percepatan rata-rata:**

$$a_{\text{avg}} = \Delta v / \Delta t$$

**Percepatan sesaat:**

$$a = dv/dt = d^2x/dt^2$$

**Untuk a konstan:**

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$$x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$$

**Jatuh bebas dekat permukaan bumi:**

$$a_y = -g, \text{ jika arah atas positif.}$$

---

## F3. GERAK DUA DIMENSI DAN PROYEKIL

---

**Posisi:**

$$x = x_0 + v_0 \cos \theta \, t$$

$$y = y_0 + v_0 \sin \theta \, t - \frac{1}{2} gt^2$$

**Kecepatan:**

$$v_x = v_0 \cos \theta$$

$$v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

**Jika ketinggian awal dan akhir sama:**

$$\text{waktu terbang} = 2v_0 \sin \theta / g$$

$$\text{jangkauan} = v_0^2 \sin(2\theta) / g$$

$$\text{tinggi maksimum} = v_0^2 \sin^2 \theta / (2g)$$

**Gerak relatif:**

$$v_{A/B} = v_A - v_B$$

---

## F4. DINAMIKA NEWTON

---

**Hukum II:**

$$\Sigma F = ma$$

**Berat:**

$$W = mg$$

**Gaya normal:**

ditentukan dari persamaan gaya tegak lurus permukaan, tidak selalu  $mg$ .

**Gesekan statis:**

$$f_s \leq \mu_s N$$

$$f_{s,max} = \mu_s N$$

**Gesekan kinetik:**

$$f_k = \mu_k N$$

**Bidang miring:**

$$\text{komponen sejajar} = mg \sin\theta$$

$$\text{komponen normal} = mg \cos\theta$$

**Pegas Hooke:**

$$F_s = -kx$$

**Gerak melingkar:**

$$a_c = v^2/r = \omega^2 r$$

$$F_{\text{radial,net}} = mv^2/r$$

---

## F5. USAHA, ENERGI, DAN DAYA

---

**Usaha gaya konstan:**

$$W = Fd \cos\theta$$

**Usaha gaya berubah:**

$$W = \int F \cdot dr$$

**Energi kinetik:**

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

**Teorema usaha-energi:**

$$W_{\text{net}} = \Delta K$$

**Energi potensial gravitasi dekat bumi:**

$$U_g = mgy$$

**Energi potensial pegas:**

$$U_s = \frac{1}{2} kx^2$$

**Energi mekanik:**

$$\mathbf{E = K + U}$$

**Jika hanya gaya konservatif:**

$$K_i + U_i = K_f + U_f$$

**Dengan gaya nonkonservatif:**

$$W_{\text{nc}} = \Delta(K + U)$$

**Daya:**

$$P_{\text{avg}} = W/\Delta t$$

$$P = dW/dt = F \cdot v$$



## F6. MOMENTUM, IMPULS, DAN TUMBUKAN

---

### Momentum:

$$p = mv$$

### Impuls:

$$J = \int F \, dt = \Delta p$$

### untuk gaya rata-rata:

$$J = F_{\text{avg}} \Delta t$$

### Kekekalan momentum:

$$\Sigma p_i = \Sigma p_f \text{ jika impuls eksternal nol.}$$

### Tumbukan lenting sempurna:

momentum dan energi kinetik kekal.

### Tumbukan tidak lenting sempurna:

#### benda menyatu:

$$v_f = (m_1 v_1 + m_2 v_2) / (m_1 + m_2)$$

### Koefisien restitusi 1D:

$e$  = kecepatan saling menjauh/kecepatan saling mendekat

### Pusat massa:

$$r_{\text{cm}} = \Sigma m_i r_i / \Sigma m_i$$

$$v_{\text{cm}} = P_{\text{total}} / M_{\text{total}}$$

---

## F7. ROTASI BENDA TEGAR

### Kinematika sudut untuk $\alpha$ konstan:

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

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

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)$$

### Hubungan linear:

$$s = r\theta$$

$$v_t = r\omega$$

$$a_t = r\alpha$$

$$a_c = r\omega^2 = v^2/r$$

### Torsi:

$$\tau = rF \sin\phi$$

### Dinamika rotasi:

$$\Sigma \tau = I\alpha$$

### Energi rotasi:

$$K_{\text{rot}} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

### Momentum sudut:

$$L = I\omega$$

$$\tau_{\text{ext}} = dL/dt$$

### Menggelinding tanpa slip:

$$v_{\text{cm}} = \omega R$$

$$K_{\text{total}} = \frac{1}{2} M v_{\text{cm}}^2 + \frac{1}{2} I_{\text{cm}} \omega^2$$

**Momen inersia umum:**

partikel:  $I = m r^2$

cincin sumbu pusat:  $I = M R^2$

cakram/silinder pejal:  $I = \frac{1}{2} M R^2$

bola pejal:  $I = \frac{2}{5} M R^2$

kulit bola tipis:  $I = \frac{2}{3} M R^2$

batang pusat:  $I = \frac{1}{12} M L^2$

batang ujung:  $I = \frac{1}{3} M L^2$

**Sumbu sejajar:**

$$I = I_{\text{cm}} + M d^2$$

## F8. GRAVITASI DAN ORBIT

**Gaya gravitasi:**

$$F = G m_1 m_2 / r^2$$

**Medan gravitasi:**

$$g = G M / r^2$$

**Potensial:**

$$V_g = -G M / r$$

**Energi potensial:**

$$U = -G M m / r$$

**Kecepatan orbit lingkaran:**

$$v = \sqrt{G M / r}$$

**Periode orbit:**

$$T = 2\pi \sqrt{r^3 / (G M)}$$

**Kecepatan lepas:**

$$v_{\text{escape}} = \sqrt{2 G M / R}$$

**Hukum Kepler III:**

$$T^2 \propto a^3$$

**Energi orbit:**

$$E_{\text{total}} = -G M m / (2a)$$

## F9. ELASTISITAS DAN MATERIAL

**Stress normal:**

$$\sigma = F / A$$

**Strain normal:**

$$\epsilon = \Delta L / L_0$$

**Modulus Young:**

$$Y = \sigma / \epsilon = F L_0 / (A \Delta L)$$

**Shear stress:**

$$\tau = F_{\text{parallel}} / A$$

**Shear strain:**

$$\gamma \approx \Delta x/h$$

**Shear modulus:**

$$G_{\text{shear}} = \tau/\gamma$$

**Bulk modulus:**

$$B = -\Delta P/(\Delta V/V)$$

**Hubungan pegas batang:**

$$k = YA/L$$

---

## F10. FLUIDA

---

**Massa jenis:**

$$\rho = m/V$$

**Tekanan:**

$$P = F/A$$

**Tekanan hidrostatik:**

$$P = P_0 + \rho gh$$

**Hukum Pascal:**

$$F_1/A_1 = F_2/A_2$$

**Gaya apung Archimedes:**

$$F_B = \rho_{\text{fluida}} g V_{\text{terdesak}}$$

**Kontinuitas fluida tak termampatkan:**

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

**Laju alir volume:**

$$Q = Av = dV/dt$$

**Bernoulli:**

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gy = \text{konstan}$$

berlaku pada aliran ideal sepanjang streamline.

**Torricelli:**

$$v = \sqrt{2gh}$$

**Poiseuille:**

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8\eta L}$$

**Reynolds:**

$$Re = \rho v D / \eta = v D / \nu$$

**Tegangan permukaan:**

$$F = \gamma L$$

untuk film dua permukaan:  $F = 2\gamma L$

**Kenaikan kapiler:**

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

---

## F11. GERAK HARMONIK SEDERHANA

---

### Posisi:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

### Kecepatan:

$$v = -A\omega \sin(\omega t + \varphi)$$

### Percepatan:

$$a = -\omega^2 x$$

### Pegas:

$$\omega = \sqrt{k/m}$$

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

$$f = 1/T$$

### Bandul sederhana, sudut kecil:

$$T = 2\pi \sqrt{L/g}$$

### Energi GHS:

$$E = \frac{1}{2} kA^2$$

$$K = \frac{1}{2} k(A^2 - x^2)$$

$$U = \frac{1}{2} kx^2$$

## F12. GELOMBANG

---

### Gelombang berjalan:

$$y(x,t) = A \sin(kx - \omega t + \varphi)$$

### Bilangan gelombang:

$$k = 2\pi/\lambda$$

### Frekuensi sudut:

$$\omega = 2\pi f$$

### Kecepatan:

$$v = f\lambda = \omega/k$$

### Tali:

$$v = \sqrt{T_{\text{tension}}/\mu}$$

$$\mu = m/L$$

### Daya rata-rata gelombang sinus pada tali:

$$P_{\text{avg}} = \frac{1}{2} \mu \omega^2 A^2 v$$

### Gelombang berdiri tali atau pipa terbuka:

$$f_n = nv/(2L), \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

### Pipa tertutup satu ujung:

$$f_n = nv/(4L), \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

### Beat:

$$f_{\text{beat}} = |f_1 - f_2|$$

## F13. BUNYI

---

**Intensitas:**

$$I = P/A$$

**Sumber titik isotropik:**

$$I = P/(4\pi r^2)$$

**Taraf intensitas:**

$$\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$$

$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$  di udara sebagai acuan umum.

**Efek Doppler:**

$$f' = f (v \pm v_o)/(v \mp v_s)$$

Pilih tanda agar frekuensi meningkat ketika sumber dan pengamat mendekat.

**Kecepatan bunyi:**

bergantung medium.

**Gas ideal:**

$$v = \sqrt{\gamma RT/M}$$

---

## F14. SUHU, KALOR, DAN TEORI KINETIK

---

**Konversi:**

$$K = ^\circ C + 273.15$$

$$^\circ F = 9/5 ^\circ C + 32$$

**Pemuaian linear:**

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

**Pemuaian volume:**

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

untuk padatan isotropik  $\beta \approx 3\alpha$ .

**Kalor:**

$$q = mc\Delta T$$

$$q = mL \text{ untuk perubahan fase}$$

**Konduksi:**

$$P = kA\Delta T/L$$

**Konveksi pendekatan:**

$$P = hA(T_s - T_f)$$

**Radiasi:**

$$P_{\text{net}} = \epsilon \sigma A(T^4 - T_{\text{lingkungan}}^4)$$

**Gas ideal:**

$$PV = nRT = NkBT$$

**Energi kinetik translasi rata-rata:**

$$\langle K \rangle = 3/2 \text{ kBT per molekul}$$

**Kecepatan rms:**

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{3kBT/m} = \sqrt{3RT/M}$$

---

## F15. TERMODINAMIKA FISIKA

---

**Hukum pertama:**

$$\Delta U = Q - W_{\text{by}}$$

atau

$$\Delta U = Q + W_{\text{on}}$$

**Kerja oleh gas:**

$$W_{\text{by}} = \int P \, dV$$

**Isobarik:**

$$W = P\Delta V$$

**Gas ideal monoatomik:**

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$$

**Umum:**

$$\Delta U = nC_V\Delta T$$

$$Q_p = nC_P\Delta T$$

**Mayer untuk gas ideal:**

$$C_P - C_V = R$$

**Rasio:**

$$\gamma = C_P/C_V$$

**Proses isothermal gas ideal:**

$$\Delta U = 0$$

$$W = nRT \ln(V_f/V_i)$$

$$Q = W$$

**Adiabatik reversibel:**

$$PV^\gamma = \text{konstan}$$

$$TV^{(\gamma-1)} = \text{konstan}$$

$$Q = 0$$

**Efisiensi mesin:**

$$\eta = W_{\text{net}}/Q_H = 1 - Q_C/Q_H$$

**Carnot:**

$$\eta_C = 1 - T_C/T_H$$

**Coefficient of performance:**

$$\text{COP}_{\text{refrigerator}} = Q_C/W$$

$$\text{COP}_{\text{heat pump}} = Q_H/W$$

**Entropi:**

$$dS = \delta Q_{\text{rev}}/T$$

$$\Delta S_{\text{isothermal gas ideal}} = nR \ln(V_f/V_i)$$

---

## F16. ELEKTROSTATIKA

**Hukum Coulomb:**

$$F = k_e |q_1 q_2| / r^2$$

**Medan listrik:**

$$E = F / q_{\text{test}}$$

**Muatan titik:**

$$E = k_e q / r^2$$

**Superposisi:**

$$E_{\text{total}} = \sum E_i$$

**Fluks:**

$$\Phi_E = \int E \cdot dA$$

**Hukum Gauss:**

$$\oint E \cdot dA = Q_{\text{enclosed}} / \epsilon_0$$

**Distribusi kontinu:**

$$dq = \lambda dl$$

$$dq = \sigma_s dA$$

$$dq = \rho_v dV$$

**Dipol:**

$$p = qd$$

$$\text{torsi } \tau = p \times E$$

$$\text{energi } U = -p \cdot E$$

---

## F17. POTENSIAL LISTRIK DAN KAPASITOR

---

**Potensial:**

$$V = U / q$$

**Beda potensial:**

$$\Delta V = - \int E \cdot dl$$

**Muatan titik:**

$$V = k_e q / r$$

**Energi potensial dua muatan:**

$$U = k_e q_1 q_2 / r$$

**Hubungan medan:**

$$\mathbf{E} = -\nabla V$$

$$\text{satu dimensi } E_x = -dV/dx$$

**Kapasitansi:**

$$\mathbf{C} = \mathbf{Q/V}$$

**Pelat sejajar:**

$$C = \epsilon A / d$$

**Dengan dielektrik:**

$$C = \kappa \epsilon_0 A / d$$

**Energi kapasitor:**

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{Q^2}{(2C)} = \frac{1}{2} QV$$

**Seri:**

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum \frac{1}{C_i}$$

**Paralel:**

$$C_{eq} = \sum C_i$$

---

## F18. ARUS DAN RANGKAIAN DC

---

**Arus:**

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

**Kerapatan arus:**

$$J = I/A$$

**mikroskopik:**

$$I = nqAv_d$$

**Hukum Ohm:**

$$V = IR$$

**Resistansi:**

$$R = \rho L/A$$

**Daya:**

$$P = IV = I^2R = V^2/R$$

**Resistor seri:**

$$R_{eq} = \sum R_i$$

**Resistor paralel:**

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum \frac{1}{R_i}$$

**Hukum Kirchhoff:**

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

$$\text{loop: } \sum \Delta V = 0$$

**RC charging:**

$$q(t) = CV(1 - e^{(-t/RC)})$$

$$I(t) = (V/R)e^{(-t/RC)}$$

**RC discharging:**

$$q(t) = Q_0 e^{(-t/RC)}$$

$$I(t) = -Q_0/(RC)e^{(-t/RC)}$$

**Konstanta waktu:**

$$\tau = RC$$

---

## F19. MAGNET DAN GAYA LORENTZ

---

**Gaya pada muatan:**

$$F = q(E + v \times B)$$

**Magnet saja:**



$$|F| = |q|vB \sin\theta$$

**Gerak melingkar:**

$$r = mv/(|q|B)$$

$$\omega_c = |q|B/m$$

$$T = 2\pi m/(|q|B)$$

**Gaya kawat:**

$$\mathbf{F} = I\mathbf{L} \times \mathbf{B}$$

**Torsi loop:**

$$\tau = \mu \times B$$

$$\mu = NIA$$

**Biot-Savart:**

$$dB = \mu_0/(4\pi) I d\mathbf{l} \times \mathbf{\hat{r}}/r^2$$

**Kawat lurus panjang:**

$$B = \mu_0 I/(2\pi r)$$

**Solenoida ideal:**

$$B = \mu_0 nI$$

**Gaya per panjang dua kawat:**

$$F/L = \mu_0 I_1 I_2/(2\pi d)$$

**Hukum Ampere:**

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{\text{enclosed}}$$

## F20. INDUKSI ELEKTROMAGNETIK DAN INDUKTOR

**Fluks magnet:**

$$\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

**Faraday-Lenz:**

$$\varepsilon = -N d\Phi_B/dt$$

**Motional emf:**

$$\varepsilon = BLv$$

untuk geometri tegak lurus.

**Induktansi:**

$$\Phi_{\text{linkage}} = LI$$

**GGL induktor:**

$$\varepsilon_L = -L dI/dt$$

**Energi induktor:**

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

**RL growth:**

$$I(t) = V/R(1 - e^{(-tR/L)})$$

**RL decay:**

$$I(t) = I_0 e^{(-tR/L)}$$

**Konstanta waktu:**

$$\tau = L/R$$

**Transformator ideal:**

$$V_s/V_p = N_s/N_p$$

$$I_s/I_p = N_p/N_s$$

$$P_p = P_s$$

---

## F21. ARUS BOLAK-BALIK DAN RLC

---

**Sinusoidal:**

$$v = V_0 \sin \omega t$$

$$i = I_0 \sin(\omega t - \phi)$$

### RMS:

$$V_{rms} = V_0/\sqrt{2}$$

$$I_{rms} = I_0/\sqrt{2}$$

**Reaktansi:**

$$X_L = \omega L$$

$$X_C = 1/(\omega C)$$

**Impedansi seri RLC:**

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

**Arus:**

$$I_{rms} = V_{rms}/Z$$

**Sudut fase:**

$$\tan \phi = (X_L - X_C)/R$$

**Daya rata-rata:**

$$P_{avg} = V_{rms} I_{rms} \cos \phi$$

**Resonansi:**

$$\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$$

$$f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$$

---

## F22. GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

---

**Kecepatan vakum:**

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

**Hubungan medan:**

$$E_0 = cB_0$$

**Intensitas rata-rata:**

$$I = 1/2 c \epsilon_0 E_0^2$$

$$= cB_0^2/(2\mu_0)$$

**Energi foton:**

$$E = hf = hc/\lambda$$

**Momentum foton:**

$$p = h/\lambda = E/c$$

**Tekanan radiasi serap:**

$$P_{\text{rad}} = I/c$$

**Refleksi sempurna normal:**

$$P_{\text{rad}} = 2I/c$$

---

## F23. OPTIKA GEOMETRI

---

**Indeks bias:**

$$n = c/v$$

**Snell:**

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

**Sudut kritis,  $n_1 > n_2$ :**

$$\sin\theta_c = n_2/n_1$$

**Cermin/lensa tipis:**

$$1/f = 1/d_o + 1/d_i$$

**Perbesaran:**

$$m = h_i/h_o = -d_i/d_o$$

**Daya lensa:**

$$P = 1/f$$

f dalam meter, P dalam diopter.

**Lensmaker di udara:**

$$1/f = (n - 1)(1/R_1 - 1/R_2)$$

**Kombinasi lensa tipis bersentuhan:**

$$P_{\text{total}} = \Sigma P_i$$

$$1/f_{\text{eq}} = \Sigma 1/f_i$$

---

## F24. OPTIKA GELOMBANG

---

**Interferensi dua celah:**

$$d \sin\theta = m\lambda \text{ untuk maksimum}$$

**Posisi fringe sudut kecil:**

$$y_m \approx m\lambda L/d$$

**Celah tunggal minimum:**

$$a \sin\theta = m\lambda, m = 1, 2, \dots$$

**Kisi difraksi:**

$$d \sin\theta = m\lambda$$

**Resolusi aperture lingkaran:**

$$\theta_{\text{min}} = 1.22 \lambda/D$$

**Polarisasi Malus:**

$$I = I_0 \cos^2\theta$$

**Brewster:**

$$\tan\theta_B = n_2/n_1$$

**Film tipis:**

perhatikan perubahan fase  $\pi$  saat refleksi dari indeks rendah ke tinggi.

Kondisi konstruktif/destruktif bergantung jumlah perubahan fase.

---

## F25. RELATIVITAS KHUSUS

---

**Faktor Lorentz:**

$$\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$$

**Dilatasi waktu:**

$$\Delta t = \gamma \Delta \tau$$

**Kontraksi panjang:**

$$L = L_0/\gamma$$

**Momentum relativistik:**

$$p = \gamma mv$$

**Energi total:**

$$E = \gamma mc^2$$

**Energi diam:**

$$E_0 = mc^2$$

**Energi kinetik:**

$$K = (\gamma - 1)mc^2$$

**Relasi energi-momentum:**

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

**Penjumlahan kecepatan 1D:**

$$u' = (u - v)/(1 - uv/c^2)$$

---

## F26. FISIKA KUANTUM

---

**Planck:**

$$E = hf$$

**Fotoelektrik:**

$$K_{\max} = hf - \phi$$

$$eV_{\text{stop}} = K_{\max}$$

**de Broglie:**

$$\lambda = h/p$$

**Partikel dalam kotak 1D:**

$$E_n = n^2 h^2 / (8mL^2), \quad n = 1, 2, \dots$$

**Ketidakpastian:**

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$$

$\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$  sebagai hubungan karakteristik.

**Compton:**

$$\Delta \lambda = h/(m_{\text{ec}})(1 - \cos \theta)$$

---

## F27. ATOM DAN NUKLIR

---

**Hidrogen:**

$$E_n = -13.6 \text{ eV}/n^2$$

**Rydberg:**

$$1/\lambda = R(1/n_f^2 - 1/n_i^2)$$

**Peluruhan:**

$$N = N_0 e^{(-\lambda t)}$$

$$\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$$

**Aktivitas:**

$$A = \lambda N$$

**Energi ikat:**

$$E_b = \Delta mc^2$$

**Q-value:**

$$Q = (m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}})c^2$$

**Reaksi spontan secara energi:**

$Q > 0$ , dengan tetap memperhatikan hambatan dan hukum kekekalan.

---

## F28. ASTRONOMI DASAR

---

**Luminositas dan fluks:**

$$F = L / (4\pi d^2)$$

**Magnitudo:**

$$m_2 - m_1 = -2.5 \log_{10}(F_2/F_1)$$

**Modulus jarak:**

$$m - M = 5 \log_{10}(d/10 \text{ pc})$$

**Hukum Wien:**

$$\lambda_{\text{max}} T = b$$

**Stefan-Boltzmann:**

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

**Redshift:**

$$z = (\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{emit}}) / \lambda_{\text{emit}}$$

**Untuk kecepatan kecil:**

$$v \approx cz$$

**Hukum Hubble bentuk sederhana:**

$$v = H_0 d$$

nilai  $H_0$  bergantung hasil observasi dan model kosmologi.

---

## F29. PENGOLAHAN DATA DAN REGRESI

---

**Rata-rata:**

$$\bar{x} = \sum x_i / n$$

**Simpangan baku sampel:**

$$s = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}$$

**Standard error:**

$$SE = s / \sqrt{n}$$

**Regresi linear  $y = mx + b$ :**

$$m = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sum(x_i - \bar{x})^2}$$

$$b = \bar{y} - m \bar{x}$$

**Koefisien korelasi:**

$$r = \text{covariance}(x, y) / (s_x s_y)$$

**Weighted mean:**

$$\bar{x}_w = \frac{\sum(w_i x_i)}{\sum w_i}$$

$$\text{umumnya } w_i = 1/u_i^2.$$

---

## BAGIAN III — CONTOH PERHITUNGAN

---

### C1. Mol dari massa

Berapa mol H<sub>2</sub>O dalam 36.0 g?

$$M(\text{H}_2\text{O}) \approx 18.015 \text{ g/mol}$$

$$n = 36.0 / 18.015 \approx 1.998 \text{ mol}$$

### C2. Jumlah molekul

Untuk 0.250 mol CO<sub>2</sub>:

$$N = 0.250 \times 6.02214076 \times 10^{23}$$

$$= 1.5055 \times 10^{23} \text{ molekul}$$

### C3. Stoikiometri



**3.00 mol O<sub>2</sub> memerlukan:**

$$n(\text{H}_2) = 3.00 \times 2/1 = 6.00 \text{ mol}$$

### C4. Pereaksi pembatas



2 mol N<sub>2</sub> memberi rasio 2/1 = 2

5 mol H<sub>2</sub> memberi rasio 5/3 = 1.667

H<sub>2</sub> adalah pembatas.

$$\text{NH}_3 = 5 \times 2/3 = 3.333 \text{ mol}$$

### C5. Gas ideal

**1.00 mol gas, 300 K, 1 atm:**

$$V = nRT/P$$

$$\approx 1 \times 0.082057 \times 300 / 1$$

$$\approx 24.62 \text{ L}$$

### C6. Molaritas

**0.500 mol NaCl dalam 2.00 L:**

$$C = 0.500 / 2.00 = 0.250 \text{ mol/L}$$

### C7. Dilusi

**100 mL larutan 2.00 M menjadi 0.500 M:**

$$V_2 = C_1 V_1 / C_2$$

$$= 2.00 \times 100 / 0.500 = 400 \text{ mL}$$

### C8. Kalor

100 g air,  $c = 4.184 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ , naik 10 K:

$$q = 100 \times 4.184 \times 10 = 4184 \text{ J}$$

### C9. pH asam kuat

$$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{pH} = 3.00$$

### C10. Buffer

$[\text{A}^-]/[\text{HA}] = 10$  dan  $\text{pK}_a = 4.76$ :

$$\text{pH} = 4.76 + \log_{10}(10) = 5.76$$

### C11. Nernst pada 25 °C

$n = 2$ ,  $E^\circ = 1.10 \text{ V}$ ,  $Q = 10$ :

$$E = 1.10 - 0.05916/2 \times \log_{10}(10)$$

$$= 1.0704 \text{ V}$$

### C12. Peluruhan

$t = 3$  waktu paruh:

$$N/N_0 = (1/2)^3 = 1/8 = 12.5\%$$

### C13. Kinematika

$v_0 = 5 \text{ m/s}$ ,  $a = 2 \text{ m/s}^2$ ,  $t = 4 \text{ s}$ :

$$v = 5 + 2(4) = 13 \text{ m/s}$$

$$\Delta x = 5(4) + 1/2(2)(4^2) = 36 \text{ m}$$

### C14. Energi kinetik

$m = 2 \text{ kg}$ ,  $v = 3 \text{ m/s}$ :

$$K = 1/2(2)(3^2) = 9 \text{ J}$$

### C15. Momentum tidak lenting

$m_1=2 \text{ kg}$ ,  $v_1=4 \text{ m/s}$ ;  $m_2=3 \text{ kg}$ ,  $v_2=0$ :

$$v_f = 8/5 = 1.6 \text{ m/s}$$

### C16. Orbit

Kecepatan orbit lingkaran:

$$v = \sqrt{GM/r}$$

Masukkan  $M$  pusat dan jarak dari pusat, bukan ketinggian dari permukaan saja.

### C17. Fluida

Air  $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$  pada kedalaman 5 m:

$$\Delta P = \rho gh$$

$$\approx 1000 \times 9.81 \times 5 = 49050 \text{ Pa}$$

### C18. Pegas

$m=0.50 \text{ kg}$ ,  $k=200 \text{ N/m}$ :

$$T=2\pi\sqrt{0.50/200}$$

$$\approx 0.314 \text{ s}$$

### C19. Gelombang

$f=500 \text{ Hz}$  dan  $\lambda=0.68 \text{ m}$ :

$$v=f\lambda=340 \text{ m/s}$$

### C20. Rangkaian

12 V pada 6  $\Omega$ :

$$I=V/R=2 \text{ A}$$

$$P=VI=24 \text{ W}$$

### C21. Kapasitor

C=10  $\mu\text{F}$ , V=100 V:

$$U=1/2 CV^2$$

$$=0.5\times10\times10^{-6}\times10000$$

$$=0.050 \text{ J}$$

### C22. Lensa

f=10 cm, d<sub>o</sub>=30 cm:

$$1/d_i=1/10-1/30=1/15$$

$$d_i=15 \text{ cm}$$

$$m=-15/30=-0.5$$

### C23. Foton

$\lambda=500 \text{ nm}$ :

$$E=hc/\lambda$$

$$\approx3.97\times10^{-19} \text{ J}$$

$$\approx2.48 \text{ eV}$$

### C24. Relativitas

v=0.80c:

$$\gamma=1/\sqrt{1-0.64}=1/0.6=1.667$$

---

## BAGIAN IV — PEMERIKSAAN CEPAT

---

- Suhu gas harus memakai kelvin pada hukum gas.
- Sudut pada kalkulator harus sesuai mode degree atau radian.
- Massa molar gas dalam v<sub>rms</sub> harus kg/mol jika R dalam SI.
- Volume dalam molaritas harus liter.
- Volume dalam PV=nRT mengikuti satuan R yang dipilih.
- Persamaan kimia wajib setara sebelum stoikiometri.
- pH bukan konsentrasi dan tidak dijumlahkan secara linear.
- $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  memerlukan satuan energi yang konsisten.
- E° sel tidak dikali koefisien stoikiometri.
- Potensial listrik adalah skalar; medan listrik adalah vektor.
- Energi potensial gravitasi mgh hanya pendekatan dekat permukaan.
- Bernoulli memerlukan asumsi aliran ideal yang sesuai.
- Rumus proyektil sederhana mengabaikan hambatan udara.
- Hukum Ohm linear tidak berlaku untuk semua komponen.
- Rumus lensa memakai konvensi tanda yang konsisten.
- Rumus nonrelativistik gagal saat v mendekati c.



- Bulatkan pada akhir dan catat angka penting.

---

## BAGIAN V — SUMBER UTAMA

---

### 1. NIST, CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants,

2022 adjustment:

<https://physics.nist.gov/cuu/Constants/>

### 2. IUPAC, Periodic Table of Elements:

<https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>

### 3. OpenStax Chemistry 2e:

<https://openstax.org/details/books/chemistry-2e>

### 4. OpenStax University Physics, Volumes 1-3:

<https://openstax.org/details/books/university-physics-volume-1>

<https://openstax.org/details/books/university-physics-volume-2>

<https://openstax.org/details/books/university-physics-volume-3>

### 5. BIPM, International System of Units:

<https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure>

---

## AKHIR DOKUMEN

---