単位換算

SI 基本単位

[ルール１]

全ての物理量は、7 つの基本量によって組み立てられる。

基本量	記号	単位
長さ	l	m
length		メートル
質量	m	kg
mass		キログラム
時間	t	s
time		秒(second)
電流	I	A
current		アンペア
温度	T	K
temperature		ケルビン
物質量	n	mol
		モル
光度	I_{V}	cd
		カンデラ

[ルール２]

物理量は数値と単位の積で表される。

例　$m = 62.7\ \mathrm{kg}$

$\lambda = 5.896 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$

$v = 210\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

計算の際には物理量は必ず(数値×単位)で置き換える。正しく計算が行われれば、正しい単位付きの答えが得られる。

例外(無次元量)

- 「比」は単位なし
  例 $(100\ \mathrm{kg} / 50.0\ \mathrm{kg}) = 2.00$
- 日本語の「～回」「～個」は単位なし
  例 振動数は「1 秒当たり何回振動したか」という量だが、1 秒当たり 60 回の振動は、「回」を省略して $60\ \mathrm{s^{-1}}$ と表される。

計算中、単位は代数記号(x や y など)と同じように扱って構わない。

例

$(100\ \mathrm{m})/(10.0\ \mathrm{s}) = 10.0\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

$(1.5\ \mathrm{mol}) + (2.3\ \mathrm{mol}) = 3.8\ \mathrm{mol}$

計算式中の指数関数 exp()、対数関数 log() の中では原則として単位は相殺され、無次元となる。

例　$\frac{N}{N0} = \exp\left(-\frac{\Delta E}{k_{\mathrm{B}}T}\right)$

$w = -nRT\ln(V_2/V_1)$

[ルール3]

10^xは対応する接頭語に置き換えてよい。
接頭語は対応する10^xに置き換えてよい。

倍量/分量	接頭語	
$\mathbf{10^{15}}$	ペタ	P
$\mathbf{10^{12}}$	テラ	T
$\mathbf{10^{9}}$	ギガ	G
$\mathbf{10^{6}}$	メガ	M
$\mathbf{10^{3}}$	キロ	k
$\mathbf{10^{2}}$	ヘクト	h
$\mathbf{10^{1}}$	デカ	da
$\mathbf{10^{0}=1}$		
$\mathbf{10^{-1}}$	デシ	d
$\mathbf{10^{-2}}$	センチ	c
$\mathbf{10^{-3}}$	ミリ	m
$\mathbf{10^{-6}}$	マイクロ	μ
$\mathbf{10^{-9}}$	ナノ	n
$\mathbf{10^{-12}}$	ピコ	p
$\mathbf{10^{-15}}$	フェムト	f

例

- $12.7\ \mathrm{mm} = 12.7 \times 10^{-3}\ \mathrm{m}$
- $3.0 \times 10^{6}\ \mathrm{s} = 3.0\ \mathrm{Ms}$
- センチからナノへ

  $2.0\ \mathrm{cm} = 2.0 \times 10^{-2}\ \mathrm{m}$

  $= 2.0 \times 10^{-2} \times (10^{9} \times 10^{-9})\ \mathrm{m}$

  $= 2.0 \times 10^{-2+9}\ \mathrm{nm} = 2.0 \times 10^{7}\ \mathrm{nm}$

注意

接頭語付きの単位(cm など)に累乗をつける場合は、かっこが省略される。

例

- cm^2 を m^2 へ

  $2.0\ \mathrm{cm}^2 = 2.0 \times (10^{-2}\ \mathrm{m})^2$

  $= 2.0 \times 10^{-2\times 2}\ \mathrm{m}^2 = 2.0 \times 10^{-4}\ \mathrm{m}^2$
- cm^3 を nm^3 へ

  $2.0\ \mathrm{cm}^3 = 2.0 \times (10^{-2}\ \mathrm{m})^3$

  $= 2.0 \times 10^{-6}\ \mathrm{m}^3$

  $= 2.0 \times 10^{-6} \times (10^{27} \times 10^{-27})\ \mathrm{m}^3$

  $= 2.0 \times 10^{-6+27} \times (10^{-9}\ \mathrm{m})^3$

  $= 2.0 \times 10^{21}\ \mathrm{nm}^3$

SI 組立単位

[ルール4]

基本単位から「組立単位」が作られる。
重要な物理量には「別名」がある。別名は対応する単位に置き換えてよい。

- 面積 m^2
- 体積 m^3
- 速度 $\mathrm{m\,s^{-1}}$
- 加速度 $\mathrm{m\,s^{-2}}$
  加速度は 1秒あたり何 $\mathrm{m\,s^{-1}}$ 速度が速くなるか、という量。「メートル毎秒毎秒」と読まれる。
- 力 $\mathrm{kg\,m\,s^{-2}} = \mathrm{N}$ (ニュートン)
  力 F は運動の第 2 法則 $(F = ma)$を基に定義されている。$1\,\mathrm{kg}$ の物体に、$1\ \mathrm{m\,s^{-2}}$ の加速度を生じさせる力が $1\,\mathrm{N}$。
- エネルギー $\mathrm{kg\,m^2\,s^{-2}} = \mathrm{N\,m}$
  $= \mathrm{J}$ (ジュール)
  $1\ \mathrm{N}$ の力に逆らって、$1\ \mathrm{m}$ 移動させるのに必要なエネルギーが $1\,\mathrm{J}$。
  「エネルギー保存則」があるため、種々の問題で基本的な量となる。
- 圧力 $\mathrm{N\,m^{-2}} = \mathrm{Pa}$ (パスカル)
  $1\,\mathrm{m^2}$ あたり、$1\ \mathrm{N}$ の力が働いているとき $1\,\mathrm{Pa}$。
- 仕事率 $\mathrm{J\,s^{-1}} = \mathrm{W}$ (ワット)
  $1\ \mathrm{s}$ あたり、$1\ \mathrm{J}$ のエネルギーを発生(または消費)しているのが $1\,\mathrm{W}$。
- 電荷 $\mathrm{A\,s} = \mathrm{C}$ (クーロン)
  $1\,\mathrm{A}$ の電流によって、$1\,\mathrm{s}$ に運ばれる電荷が $1\,\mathrm{C}$。電流の方を $\mathrm{A} = \mathrm{C\,s^{-1}}$ と考えた方がわかりやすいかも。
- 電位 $\mathrm{J\,C^{-1}} = \mathrm{V}$ (ボルト)
  電荷に対する位置エネルギーを表す。$1\ \mathrm{V}$ の電位(差)は、$1\ \mathrm{C}$ の電荷当たり $1\ \mathrm{J}$ のエネルギーを生じる。
- 電気抵抗 $\mathrm{V\,A^{-1}} = \boldsymbol{\Omega}$ (オーム)
  オームの法則$(R = V/I)$を基に定義されている。$1\ \Omega$ の電気抵抗に電流を流すには、$1\,\mathrm{A}$ あたり $1\,\mathrm{V}$ の電圧(電位差)が必要。
- 振動数、周波数 $\mathrm{s^{-1}} = \mathrm{Hz}$ (ヘルツ)
  $1\ \mathrm{s}$ あたりの振動回数。波の数。
- 波数 $\mathrm{m^{-1}}$
  $1\ \mathrm{m}$ あたりの波の数。
- 平面角 $\mathrm{m\,m^{-1}} = \mathrm{rad}$ (ラジアン)
  角度を表す量で、円の半径と円弧の長さの比。

- 密度 $\mathrm{kg\,m^{-3}}$
  密度は体積あたりの質量。
- 濃度 $\mathrm{mol\,m^{-3}}$
  濃度は体積あたりの物質量。
- 比体積 $\mathrm{m^3\,kg^{-1}}$
  「比～」は単位質量あたりの量（比重を除く)。比体積は $1\,\mathrm{kg}$ 当たりの体積。
- モル体積 $\mathrm{m^3\,mol^{-1}}$
  「モル～」は $1\,\mathrm{mol}$ あたりの量。モル体積は $1\,\mathrm{mol}$ あたりの体積。
- 熱容量 $\mathrm{J\,K^{-1}}$
  熱容量は物体を $1\,\mathrm{K}$ 温めるのに必要なエネルギー。
- 比熱容量 $\mathrm{J\,K^{-1}\,kg^{-1}}$
  比熱容量は $1\,\mathrm{kg}$ あたりの熱容量。物質の質量(単位 kg)をかければ熱容量になる。
- モル熱容量 $\mathrm{J\,K^{-1}\,mol^{-1}}$
  モル熱容量は $1\,\mathrm{mol}$ あたりの熱容量。物質の物質量(単位 mol)をかければ熱容量になる。
- 熱伝導率 $\mathrm{W\,K^{-1}\,m^{-1}}$
  熱伝導率は物質固有の値だが、「熱伝導は物質の両端の温度差に比例、断面積に比例、長さに反比例」という法則を基にしている。熱伝導率に温度差をかけ、断面積をかけ、長さで割れば、1 秒あたりに移動する熱(単位 W)が求められる。

物理定数

[ルール5]

種々の物理定数が知られているが、これらにも単位がついていることに注意。

- アボガドロ定数
  $$N_\mathrm{A} = 6.022 \times 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$$
  物質量(モル数)と粒子数をつなぐ定数。単位には「個」が省略されており、6.022×10^{23} 個 $\mathrm{mol^{-1}}$ と考えるとよい。$2\,\mathrm{mol}$ の物質に含まれる分子数は $2\,\mathrm{mol} \times N_\mathrm{A} = 12.044 \times 10^{23}$ (個)。
- ボルツマン定数
  $$k_\mathrm{B} = 1.381 \times 10^{-23}\ \mathrm{J\,K^{-1}}$$
  温度とエネルギーをつなぐ定数。分子の並進運動エネルギーは絶対温度に比例 ($\varepsilon_k = \frac{3}{2} k_\mathrm{B} T$) しており、ボルツマン定数は概ね $1\,\mathrm{K}$ あたりのエネルギーになっている。
- 気体定数
  $$R = 8.315\ \mathrm{J\,K^{-1}\,mol^{-1}}$$
  ボルツマン定数をアボガドロ定数倍した値($R = k_\mathrm{B} N_\mathrm{A}$)。$1\,\mathrm{mol}$ あたり、$1\,\mathrm{K}$ あたりのエネルギー。
- 他、教科書の表紙裏を参照。

非 SI 単位

[ルール6]

今でも使われている SI 単位以外の単位がある。これらは対応式が分かっていれば、「代入方式」で換算することができる。

物理量	名称	SI 単位との対応
時間	分 min	= 60 s
時間	時 h	= 3600 s
時間	日 d	= 86400 s
平面角	度 deg	= (π/180) rad
体積	リットル l, L	= dm^3 = $10^{-3}\ \mathrm{m}^3$
質量	トン t	= 10^3 kg
長さ	オングストローム Å	= 10^{-10} m
圧力	バール bar	= 10^5 Pa
圧力	気圧 atm	= 1.013×10^5 Pa
圧力	工学気圧 $\mathrm{kgf/cm}^2$	= 0.980×10^5 Pa
圧力	mmHg = Torr	= 133.3 Pa

例外

絶対温度(K)とセルシウス温度(摂氏, ℃)は比例していないため、代入方式が使えません。仕方がないので、K で計算をした後、 最後に 273.15 を引いて ℃ に換算します。

代入方式の例

- 秒速($10\ \mathrm{m\ s^{-1}}$)を時速に

  $\mathrm{m} = 10^{-3}\ \mathrm{km},\ \mathrm{s} = \frac{1}{3600}\ \mathrm{h}$ を代入。

  $$10\ \mathrm{m\ s^{-1}} = 10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 10\frac{(10^{-3}\ \mathrm{km})}{\left(\frac{1}{3600}\ \mathrm{h}\right)}$$
  $$= 36\ \mathrm{km\ h^{-1}}$$

- 1 mol, 3.0 atm, 300 K の気体の体積を求めよ。

  まず式を立てる

  $$V = \frac{nRT}{P}$$

  単位付きで数値を代入

  $$V = \frac{(1\ \mathrm{mol})(8.315\ \mathrm{J\ K^{-1}\ mol^{-1}})(300\ \mathrm{K})}{3.0\ \mathrm{atm}}$$

  非 SI 単位の atm を 代入方式 ($1\ \mathrm{atm} = 1.013 \times 10^5\ \mathrm{Pa}$)で SI 単位にそろえる

  $$V = \frac{(1\ \mathrm{mol})(8.315\ \mathrm{J\ K^{-1}\ mol^{-1}})(300\ \mathrm{K})}{3.0\ (1.013 \times 10^5\ \mathrm{Pa})}$$

  体積の単位は m^3 にしたいので、組立単位の J と Pa を基本単位に換算

  $$V = \frac{(1\ \mathrm{mol})(8.315\ \mathrm{N\ m\ K^{-1}\ mol^{-1}})(300\ \mathrm{K})}{3.0\ (1.013 \times 10^5\ \mathrm{N\ m^{-2}})}$$

  数値は数値、単位は単位で計算

  $$V = 0.0082\ \mathrm{m}^3$$

  これで終わりでよいが、値が小さすぎて見づらいので、適当な接頭語付き単位に換算。

  $$V = 0.0082 \times (10^3 \times 10^{-3})\ \mathrm{m}^3$$
  $$= 8.2\ \mathrm{dm}^3$$

その他

[ルール7]

物理量はローマ文字、またはギリシャ文字のアルファベット 1 文字で表す。イタリック体(斜体)にする。必要に応じ上付き、下付き添え字をつけることができる。添え字は原則ローマン体だが、添え字自体が物理量を表すときはイタリック体。

例

C_P	定圧熱容量
p_i	i 番目の物質の分圧
C_B	物質 B の熱容量
E_k	運動エネルギー(kinetic energy)

例外

π（円周率)、e（自然対数の底）は数学記号扱いなので、イタリックではなくローマン。なお 数学記号 exp や ln もローマンで書く。

単位はローマン体で書く。数値と単位の間にはスペースを入れる。単位同士の積を表すときは間にスペース、または中点(·)を入れる。大文字、小文字は変更してはならない。

割り算を表すスラッシュ(/) は、一つの計算単位で 1 回しか使ってはいけない。
($a/b/c$ と書くのは禁止)

Δ と d

[ルール8]

2 つの状態の「差」を議論することがよくある。２つの状態間の物理量の差(変化)を Δ をつけて表す。差は「新しいほう」から「古いほう」の値を引く。

状態 1 から状態 2 へと変化した時のエネルギー差なら

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

となる。

d は Δと同様に「差」を表すのに使うが、無限小の変化の時に使われる。例えば 20 ℃ と 20.00001 ℃ でのエネルギー差のような場合である。

$$\mathrm{d}U = U_2 - U_1$$

(ちなみにdは数学記号なのでローマン体)

この $\mathrm{d}U$ はほぼ 0 だが、この時の温度差 $\mathrm{d}T$(これもほぼ 0)との「比」は 0 ではなく、意味のある値～熱容量になる。

$$\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}T} = C_V$$

注意

(例題) 鉄 1 mol を 300 K から 400 K にするために必要なエネルギーを計算せよ。鉄のモル熱容量を $\overline{C_P} = 25.1\ \mathrm{J\,K^{-1}\,mol^{-1}}$とする。

(解答) 式 $E = n\,\overline{C_P}\,\Delta T$を使えばよい（熱容量× 温度差)。このとき$\Delta T$には温度差 = 100 K を入れなくてはならない。300 K や 400 K を入れてしまうと、単位は合うが数値は間違った値になる。(2.51 kJ)