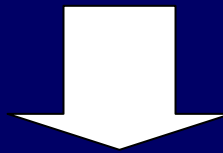


計測 = 信頼性, 精度, 整合性(無矛盾性)

時空全体に亘り

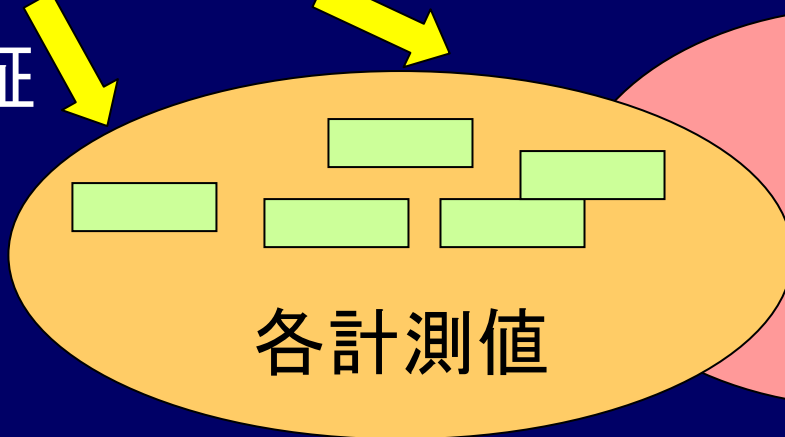


定義(国際的, 明確)

計測標準

国際単位(SI)系

保証



各計測値

トレーサビリティ

標準の必要性

測定目的	要求項目
実験データの信頼性	測定の単位, 標準, 測定方法が公認のものに準拠
工業製品の部品の互換性	設計, 製造, 試験時の測定の一貫性, 共通性
環境保全, 公害防止	大気, 水質, 振動, 騒音測定の公共的評価
商品売買	量, 質の公共的評価

科学技術の進展



標準の検討

電子工業,
宇宙関連工学

高周波, マイクロ波
その他の電気諸量

レーザー

通信, 計測, 加工 → 精密計測 → 新しい標準

+ 社会的要請

原子力利用

電離放射線と物質との
相互関連に関する標準

光, 騒音, 電子レンジの
マイクロ波

それらに対する生物の
感応に関連した標準

[物理量]

物理学における一定の理論体系のもとで次元が確定し、定められた単位の倍数として表すことができる量

一意性, 普遍性, 再帰性

[工業量]

複数の物理的性質に関係する量で、測定方法によって定義される工業的に有用な量、硬さ、表面粗さなど

互換性, 製品の一様性, 機能性などの特性確認

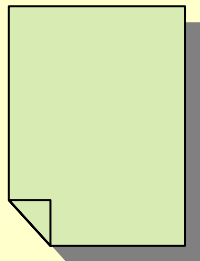
厳密

利便

(注) 公害, 環境問題 → [心理物理量]

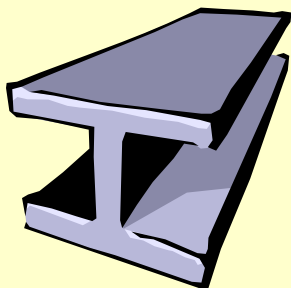
特定の条件のもとで感覚と1対1に対応して心理的に意味があり、かつ物理的に定義・測定できる量. 色の三刺激値, 音の大きさなど

[データ型]



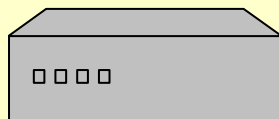
- 現象を特徴づけるデータで表示
- 量子標準
- 時間, 長さ, 磁気量子, 温度標準

[標準試料型]



- 多くの因子の影響を受ける. 定義に物理的明確さが欠ける.
- 工業上は重要
- 粘度の標準液, 硬さの標準試片

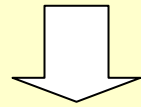
[計測器型]



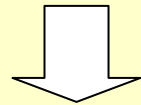
計測器に内蔵するスケールで読取る

物理量

物理法則による相互関連



各分野独自に単位を決めると相互間で矛盾

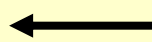


必要最小限の単位, 標準



国際単位 (SI)

(1) 物理量の標準



根源的な物理学 (量子力学) で
統一的に決める

(2) 物理量の関係



次元解析

次元解析

次元 (dimension)

- 物理学者が使う道具の中で最も重要なもの
- 方程式を丸暗記する必要はない
- 物理的世界を想像してみることができる

次元解析

- 究極の近似法
- この世界についての根本的な展望
- 自分の感覚や測定値などの情報を判断

$$X = n [U]$$

物理量
数值
単位

ある物理量： $Y = C X_1^{m_1} X_2^{m_2} \cdots X_k^{m_k}$

$$n_Y [U_Y] = C n_1^{m_1} [U_1^{m_1}] n_2^{m_2} [U_2^{m_2}] \cdots n_k^{m_k} [U_k^{m_k}]$$

$$[U_Y] = \frac{C n_1^{m_1} n_2^{m_2} \cdots n_k^{m_k}}{n_Y} [U_1^{m_1} U_2^{m_2} \cdots U_k^{m_k}]$$

$m_1, m_2, \cdots, m_k = Y$ の X_1, X_2, \cdots, X_k に関する次元

[電磁気単位の決め方]

電磁気学と力学を無矛盾に

(a) クーロンの法則

(静電気)

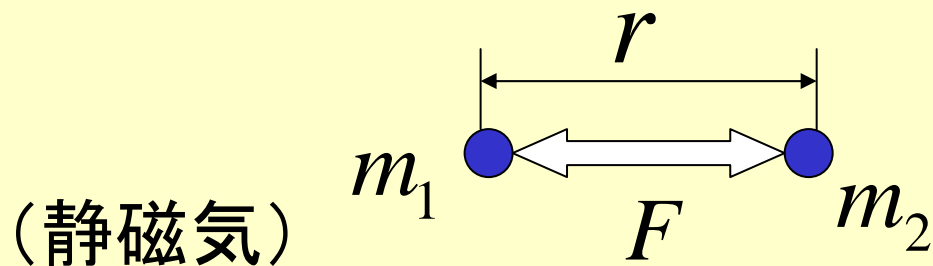
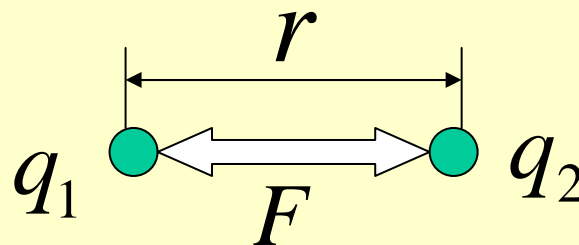
$$F = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1)$$

(b) ビオ・サバールの法則

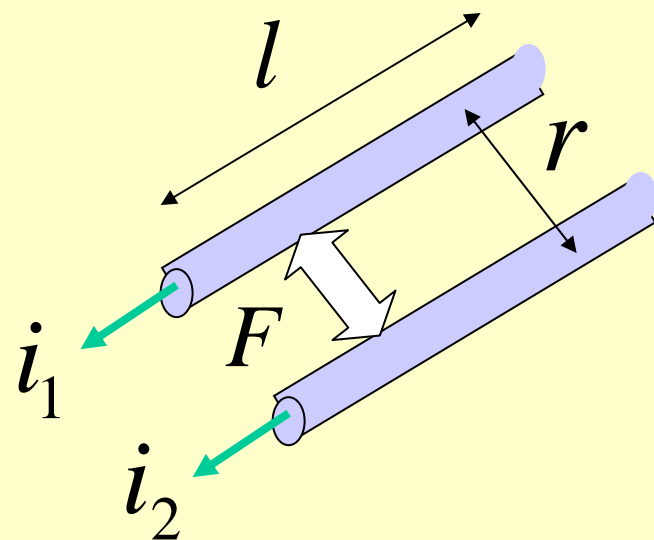
$$F = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{m \cdot i \cdot l}{r^2} \quad (3)$$

(c) 電流と電荷の関係

$$q = i \cdot t \quad (4)$$



$$F = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2)$$



物理量の数 = 3 (F, q, m) } 独立な物理量の数 = 2
式の数 = 4

→ α, β, γ のうち独立な係数 = 2

(1) × (2) / (3)² と (4) より $\frac{\gamma^2}{\alpha\beta} = \left(\frac{l}{t}\right)^2$ (5)

数量的関係: $\left\{\frac{\gamma^2}{\alpha\beta}\right\} = c_0^2, \quad c_0: \text{真空中の光速}$ (6)

次元関係: $\left[\frac{\gamma^2}{\alpha\beta}\right] = [m^2 \cdot \text{sec}^{-2}]$ (7)

一方, $\alpha \propto \varepsilon_0$ (真空中の誘電率)

$\beta \propto \mu_0$ (真空中の透磁率)

ここで, $\alpha = \varepsilon_0/u$, $\beta = \mu_0/u$, $\gamma = k/u$ とおくと

$$\left\{ \frac{k^2}{\varepsilon_0 \mu_0} \right\} = c_0^2, \quad \left[\frac{k^2}{\varepsilon_0 \mu_0} \right] = [m^2 \cdot \text{sec}^{-2}]$$

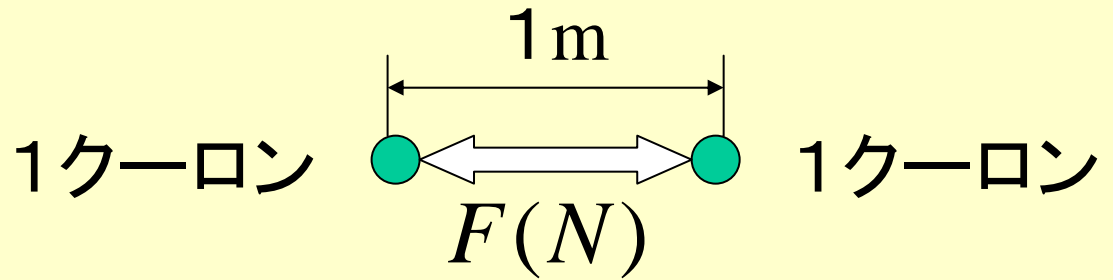
電磁気量の単位決定

(1) c_0 の基本単位: CGS単位系, MKS単位系

(2) 独立量の決定: 静電単位系 (ε_0, k), 電磁単位系
(μ_0, k), 対称単位系 (ε_0, μ_0)

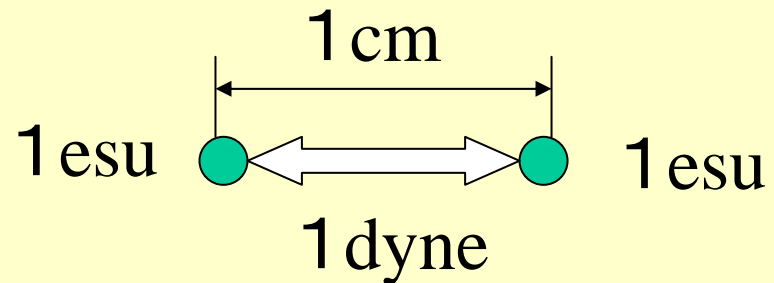
(3) 数の因子の決定: $u = 1$ or $1/4\pi$

MKS 単位系



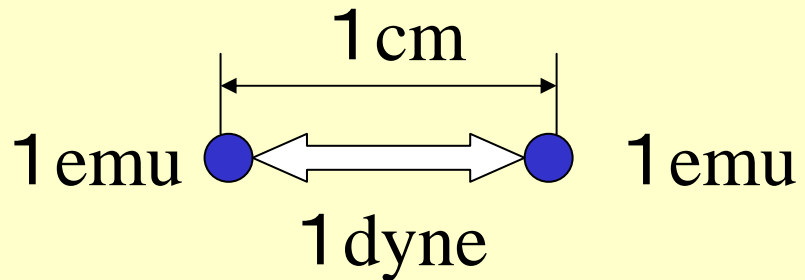
CGS 単位系

CGS 静電単位系



esu: electrostatic unit

CGS 電磁単位系



emu: electromagnetic unit

单位系	μ	ϵ_0	μ_0	k
MKS单位(非有理)	1	$10^7/c_0^2$	10^{-7}	1
CGS静電单位	$1/4\pi$	$10^7/4\pi c_0^2$	$4\pi \cdot 10^{-7}$	1
MKS靜電单位(有理)	1	1	$1/c_0^2$	1
CGS電磁单位	1	$1/c_0^2$	1	1
Gauss单位	1	1	1	c_0
Heaviside-Lorentz单位	$1/4\pi$	4π	4π	$4\pi c_0$

国際単位系 (SI)

International System of Units

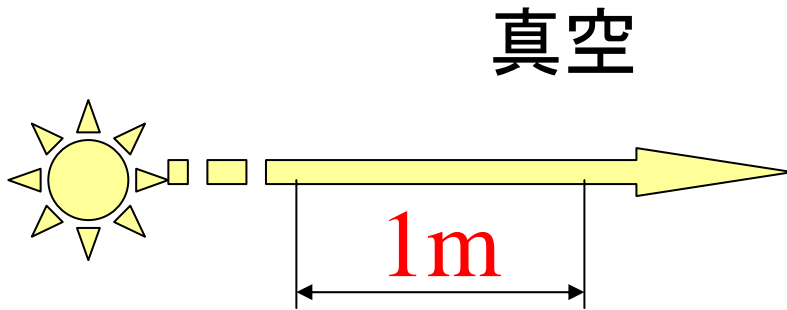
Systeme International d'Unites (フランス語)

- (1) 正確さ, (2) 不変性, (3) 再現性,
(4) 実用上の普及性, (5) 統一性

SIの 構成

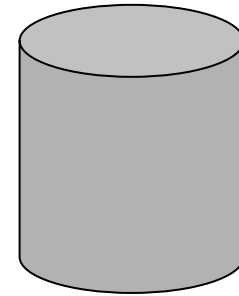
- 基本単位 (7): 長さ, 質量, 時間, 電流
熱力学温度, 物質質量, 光度
- 補助単位 (2): 平面角, 立体角
- 組立単位: 基本単位の組合せ (11)
単位に固有の名称 (16)
- 上記単位の10の整数乗倍

メートル



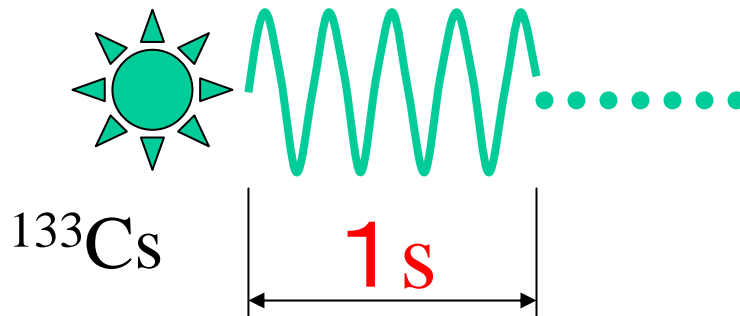
1/299792458秒間の行程

キログラム



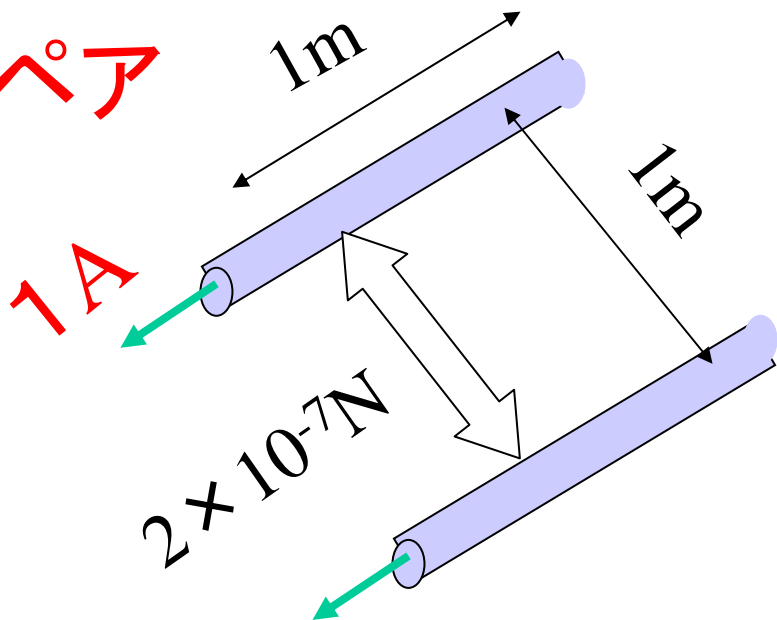
国際キログラム原器

秒



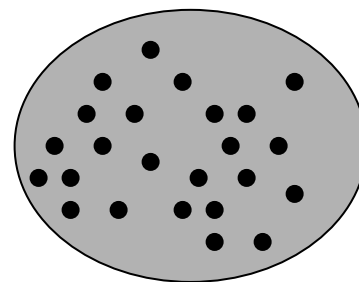
9192631770周期の継続時間

アンペア

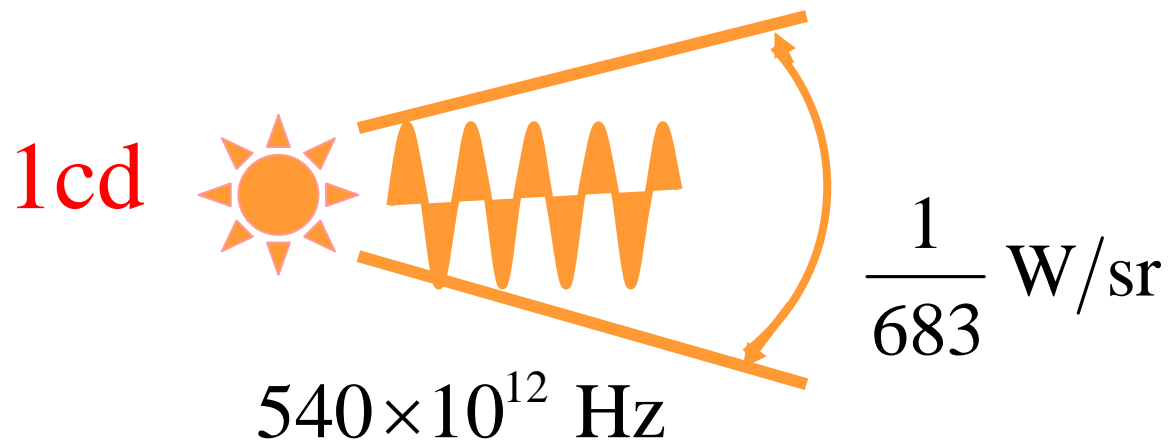


モル

^{12}C 0.012kg(=12g)
の原子数



カンデラ



$\cong 6.023 \times 10^{23}$ 個
の要素集合体

組立単位の基本単位表示(次元解析)

磁束密度の単位 [T] ?

ローレンツ力:

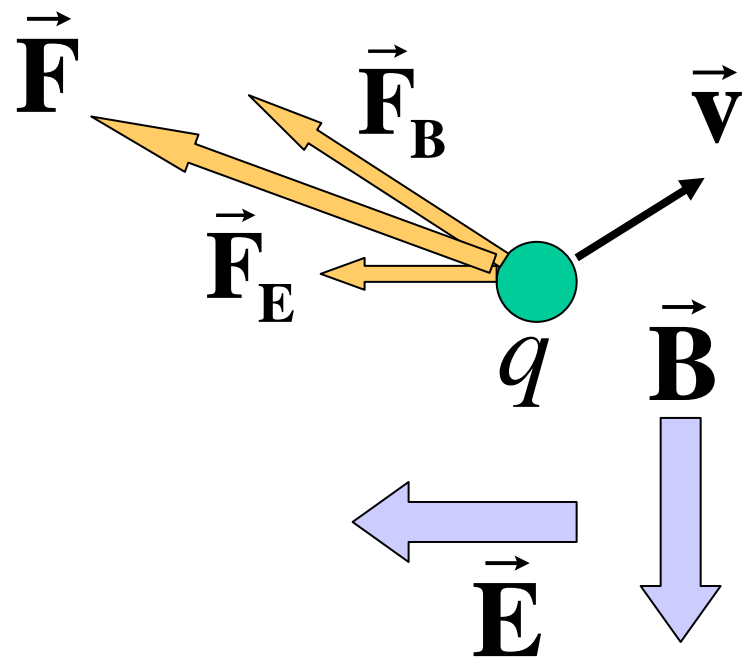
$$\vec{\mathbf{F}} = q(\vec{\mathbf{E}} + \vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}})$$

次元等式:

$$[\text{V} \cdot \text{m}^{-1}] = [\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{T}]$$

$$[\text{V}] = [\text{W} \cdot \text{A}^{-1}] = [\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}]$$

$$\therefore [\text{T}] = [\text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}]$$



計測値の表示法

計測値 = (小数を含む数値) × (桁数) (単位)



0.1 ~ 999

有効数字が分かる



(桁数を表す接頭語) (単位)

概略値が分かる

$$1.2 \times 10^4 \text{ N} \quad \rightarrow \quad 12 \text{ kN}$$

$$0.00394 \text{ m} \quad \rightarrow \quad 3.94 \text{ mm}$$

$$10^{-6} \text{ s} \quad \rightarrow \quad 1 \mu\text{s}$$