MKS 単位系について

基本単位

・距離　m　(メートル)
・質量　kg　(キロ・グラム)
・時間　s　(秒、セカンド)

・電流　A　(アンペア)

速度　$v\,[\mathrm{m/s}]$

加速度　$a\,[\mathrm{m/s^2}]$

力　$F\,[\mathrm{N}]$

$1\,\mathrm{N} = 1\ \mathrm{J/m} = 1\ \mathrm{kg\cdot m/s^2}$

$\because\ F = ma$

エネルギー　$W\,[\mathrm{J}]$

$1\,\mathrm{J} = 1\ \mathrm{N\cdot m}$

$\because\ W = Fs$
（仕事量=力×距離）

$= 1\ \mathrm{V\cdot C} = 1\ \mathrm{Wb\cdot A}$
$= 1\ \mathrm{V\cdot A\cdot s}$

$\because\ W = IVt$
（電力量=電流×電圧×時間）

$= 1\ \mathrm{kg\cdot m^2/s^2}$

$$\because\ W = \frac{1}{2}mv^2$$

運動量　$p\,[\mathrm{kg\cdot m/s}]$

$p = mv$

$1\ \mathrm{kg\cdot m/s} = 1\ \mathrm{N\cdot s}$

$\because\ p = F\cdot\Delta t$

角度　$\theta\,[\,rad\,]$ or $[\,deg\,]$

$2\pi = 180^\circ$

※ 一般に 角度の単位 *rad* はつけない

角運動量　$l\,[\mathrm{J\cdot s}]$

$l = mvr$

$1\ \mathrm{kg\cdot m^2/s} = 1\ \mathrm{J\cdot s}$
$= 1\ \mathrm{Wb\cdot C}$（磁極電極積）

電極（電荷）　$q\,[\mathrm{C}]$

$1\,\mathrm{C} = 1\ \mathrm{A\cdot s}$
$= 1\ \mathrm{F\cdot V}$

$\because\ \mathrm{Q}[C] = \mathrm{C}[F]\,\mathrm{V}[\mathrm{V}]$

電流　$I\,[\mathrm{A}]$

$1\ \mathrm{A} = 1\ C/s$

電束密度（電界）　$D\,[\mathrm{C/m^2}]$

$D = \varepsilon_0 E$
$[\mathrm{F/m}][\mathrm{V/m}]$

$1\ \mathrm{C/m^2} = 1\ \mathrm{s\cdot A/m^2}$

Gauss's Law: $div\ \boldsymbol{D} = \rho\ \ [\mathrm{C/m^3}]$

電場　$E\,[\mathrm{V/m}]$

$1\ \mathrm{V}/m = 1\ \mathrm{N/C}$

$\because\ F\,[\mathrm{N}] = q\,[\mathrm{C}]\,E\,[\mathrm{V/m}]$

$$= 1\ \frac{\mathrm{kg\cdot m}}{\mathrm{s^2\cdot C}} = 1\ \frac{\mathrm{kg\cdot m}}{\mathrm{s^3\cdot A}}$$

電位（電圧）　$\mathrm{V}\,[\mathrm{V}]$

$\phi\,[\mathrm{V}]$（スカラー・ポテンシャル）

$E\,[\mathrm{V/m}] = -grad\ \phi$

$$div\cdot grad\ \phi = \nabla^2\phi = \Delta\phi = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

$1\ \mathrm{V} = 1\ \mathrm{J/C}$

$W\,[\mathrm{J}] = q\,[\mathrm{C}]\ \phi\,[\mathrm{V}]$

$= 1\ \mathrm{Wb/s}$

$$= 1\ \frac{\mathrm{kg\cdot m^2}}{\mathrm{s^2\cdot C}} = 1\ \frac{\mathrm{kg\cdot m^2}}{\mathrm{s^3\cdot A}}$$

電気モーメント　$p\,[\mathrm{C\cdot m}]$

$p = q\,d$

$1\ \mathrm{C\cdot m} = 1\ \mathrm{m\cdot s\cdot A}$

電気分極　$P\,[\mathrm{C/m^2}]$

$P = \sum p_i / V$

$$1\ \mathrm{C/m^2} = 1\ \frac{\mathrm{s\cdot A}}{\mathrm{m^2}}$$

（電束密度と同じ単位）

磁極（磁荷）　$q_m\,[\mathrm{Wb}]$

$1\ \mathrm{Wb} = 1\ \mathrm{V\cdot s}$

$\because$ *Faraday's Law*:

$$\phi_V\,[\mathrm{V}] = -\frac{d(B\cdot S)}{dt}\,[\mathrm{Wb/s}]$$

$$or\quad rot\ \boldsymbol{E} = -\frac{d\boldsymbol{B}}{dt}$$

$= 1\ \mathrm{H\cdot A}$

$\because$ *Lentz's Law*:

$$\phi_V\,[\mathrm{V}] = -L\,[H]\ \frac{dI}{dt}\,[\mathrm{A}/s]$$

$= 1 \ \dfrac{kg \cdot m^2}{s^2 \cdot A}$

磁束密度（磁界）　B [Wb / m^2]

$$B = \mu_0 H$$

[H / m][A / m]

1 Wb / m^2 = 1 s·V / m^2

$= 1 \ \dfrac{kg}{s^2 \cdot A}$

Gauss's Law: div $B = 0$ [Wb/m^3]

注意： [Wb / m^2] = [T] tesla

磁場　H [A / m]

Ampère's Law: $rot\, \boldsymbol{H} = \boldsymbol{i}$

直線電流周りの磁場 $H = \dfrac{I\,[\mathrm{A}]}{2\pi r\,[m]}$

磁位　ϕ_m [A] （磁気ポテンシャル）

$$H\,[\mathrm{A/m}] = -grad\ \phi_m$$

1 A = 1 J / A

$$W\,[\mathrm{J}] = q_m[\mathrm{Wb}]\ \phi_m\,[\mathrm{A}]$$

$\boldsymbol{A}$ [H·A / m] （ベクトル・ポテンシャル）

$$div \cdot grad\ \boldsymbol{A} = \nabla^2 \boldsymbol{A} = \Delta \boldsymbol{A} = -\mu_0 \boldsymbol{i}$$

1 H·A / m = 1 Wb / m $= 1 \ \dfrac{kg \cdot m}{s^2 \cdot A}$

$$\boldsymbol{B} = rot\ \boldsymbol{A}$$

$$rot\ \boldsymbol{B} = rot\,rot\ \boldsymbol{A} = grad\ div\ \boldsymbol{A} - \nabla^2 \boldsymbol{A} = -\nabla^2 \boldsymbol{A} = \mu_0 \boldsymbol{i}$$

すなはち、$rot\ \boldsymbol{H} = \boldsymbol{i}$

磁気モーメント　μ [Wb·m]

$$\mu = q_m d$$

1 Wb·m = 1 m·s·V

$= 1 \ \dfrac{kg \cdot m^3}{s^2 \cdot A}$

磁気モーメント：磁場形式　m [J / T]

$$\mu = \mu_o m$$

[Wb·m] = [H / m][A m^2]

1 J / T = 1 A m^2

Zeeman's Law :

$$U = -\boldsymbol{m} \cdot \boldsymbol{B} = -\mu_0 \boldsymbol{m} \cdot \boldsymbol{H} = -\mu \cdot \boldsymbol{H}$$

磁気分極（磁化）　I [Wb/m^2]

$$I = \sum \mu_i \big/ V$$

1 Wb/m^2 $= 1 \ \dfrac{s \cdot V}{m^2} = 1 \ \dfrac{kg}{s^2 \cdot A}$

（磁束密度と同じ単位）

磁気分極（磁化）：磁場形式　M [A/m]

$$M = \sum m_i \big/ V$$

$$B = \mu_0 H + I = \mu_0 (H + M) = \mu_0 (1 + x) H$$

電気容量　C [F]

$$C = \varepsilon_0 \frac{S\,[\mathrm{m^2}]}{d\,[\mathrm{m}]}$$

1 F = 1 C / V

∵ Q [C] = C [F] V [V]

$= 1 \ \dfrac{s^4 \cdot A^2}{kg \cdot m^2}$ $= 1 \ H^{-1} \cdot s^2$

インダクタンス　L [H]

1 H = 1 V·s / A

∵ *Lentz's Law*:

$$\phi_V\,[\mathrm{V}] = -L\,[\mathrm{H}]\ \frac{dI}{dt}[\mathrm{A}/s]$$

= 1 Wb / A

$= 1 \ \dfrac{kg \cdot m}{s^2 \cdot A^2}$ $= 1 \ F^{-1}$

注意： [H][F] = [s^2]

誘電率　ε [F / m]

$$\mathrm{C}\,[\mathrm{F}] = \varepsilon \ \frac{S\,[\mathrm{m^2}]}{d\,[\mathrm{m}]}$$

1 F / m = 1 C / V·m

$$D\ [\mathrm{C/m^2}] = \varepsilon \mathrm{E}\ [\mathrm{V/m}]$$

$= 1 \ \dfrac{s^4 \cdot A^2}{kg \cdot m^3}$

透磁率　μ [H / m]

$$B\,[Wb/m^2] = \mu H\,[\mathrm{A}/m]$$

1 H / m = 1 Wb / A·m

$= 1$ N / A^2 $= 1 \ \dfrac{kg \cdot m}{C^2} = 1 \ \dfrac{kg \cdot m}{s^2 A^2}$

２本の直流電流間の引力　F [N/m] $= \dfrac{\mu_0}{2\pi d} I_1 I_2$

光速との関係　$\varepsilon_0 \cdot \mu_0 = \dfrac{1}{C^2}$ [s^2/m^2]

真空誘電率 permittivity of free space

$$\varepsilon_0 = 10^7 / 4\pi C^2 \quad \mathrm{m/H}$$

真空透磁率 permeability of free space

$$\mu_0 = 4\pi / 10^7 \quad \mathrm{H/m}$$