Constantes Físicas

massa do electrão	m_e	$9,10 \times 10^{-31}$ kg
massa do protão	m_p	$1,67 \times 10^{-27}$ kg
carga elementar	e	$1,6 \times 10^{-19}$ C
permitividade eléctrica do vácuo	$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$	9×10^{9} N.m^2.C^{-2}
permitividade magnética do vácuo	$\frac{\mu_0}{4\pi}$	10^{-7} N.A^{-2}
constante de Planck	h	$6,6 \times 10^{-34}$ J.s
número de Avogadro	N_A	$6,022 \times 10^{23}$
velocidade da luz no vácuo	c	3×10^{8} m.s^{-1}
raio médio da Terra	R_T	**6371 km**
constante gravítica	G	$6,67 \times 10^{-11}$ N. m^{-2}. kg^{-2}

Formulário matemático

Algumas Primitivas

$$\int \frac{dx}{(x^2+b)^{3/2}} = \frac{1}{b}\frac{x}{\sqrt{x^2+b}} \qquad \int \frac{xdx}{(x^2+b)^{3/2}} = -\frac{1}{\sqrt{x^2+b}}$$

$$\int \frac{xdx}{\sqrt{x^2+b}} = \sqrt{x^2+b} \qquad \int \frac{dx}{\sqrt{x^2+b}} = \ln\left(x+\sqrt{x^2+b}\right)$$

$$\int \frac{dx}{x(x+a)} = \frac{1}{a}\ln(\frac{x}{x+a})$$

Para o cálculo analítico de integrais pode ser consultado o endereço web: http://integrals.wolfram.com

Coordenadas cartesianas (x, y, z)

$$d\vec{s} = dx\ \vec{u}_x\ +\ dy\ \vec{u}_y +\ dz\ \vec{u}_z$$
$$dS = dx\ dy$$
$$dV = dx\ dy\ dz$$
$$\vec{\nabla} F = \left(\frac{\partial F}{\partial x}, \frac{\partial F}{\partial y}, \frac{\partial F}{\partial z}\right)$$
$$\vec{\nabla}\cdot\vec{F} = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z}$$
$$\vec{\nabla}\times\vec{F} = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right) \times (F_x, F_y, F_z)$$

Coordenadas polares (r, θ)

$$d\vec{s} = dr\ \vec{u}_r + r\ d\theta\ \vec{u}_\theta$$
$$dA = r\ dr\ d\theta$$

Coordenadas cilíndricas (r, θ, z)

$$d\vec{s} = dr\ \vec{u}_r + r\ d\theta\ \vec{u}_\theta + dz\ \vec{u}_z$$
$$dV = r\ dr\ d\theta\ dz$$
$$\vec{\nabla} F = \left(\frac{\partial F}{\partial r}, \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial \theta}, \frac{\partial F}{\partial z}\right)$$
$$\vec{\nabla}\cdot\vec{F} = \frac{1}{r}\frac{\partial (r\ F_r)}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial F_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial F_z}{\partial z}$$
$$\vec{\nabla}\times\vec{F} = \left(\frac{1}{r}\frac{\partial F_z}{\partial \theta} - \frac{\partial F_\theta}{\partial z}\right)\vec{u}_r + \left(\frac{\partial F_r}{\partial z} - \frac{\partial F_z}{\partial r}\right)\vec{u}_\theta + \left(\frac{1}{r}\frac{\partial (r\ F_\theta)}{\partial r} - \frac{1}{r}\frac{\partial F_r}{\partial \theta}\right)\vec{u}_z$$

Coordenadas esféricas (r, θ, ϕ)

$$d\vec{s} = dr\ \vec{u}_r + r\ d\theta\ \vec{u}_\theta + r\ sen\theta\ d\phi\ \vec{u}_\phi$$
$$dV = r^2\ dr\ sen\theta\ d\theta\ d\phi$$
$$\vec{\nabla} F = \left(\frac{\partial F}{\partial r}, \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial \theta}, \frac{1}{rsen\theta}\frac{\partial F}{\partial \phi}\right)$$
$$\vec{\nabla}\cdot\vec{F} = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2 F_r\right) + \frac{1}{rsen\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(sen\theta F_\theta\right) + \frac{1}{rsen\theta}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(F_\phi\right)$$
$$\vec{\nabla}\times\vec{F} = \left[\frac{1}{rsen\theta}\frac{\partial (sen\theta F_\phi)}{\partial \theta} - \frac{\partial (sen\theta F_\theta)}{\partial \phi}\right]\vec{u}_r + \frac{1}{r}\left[\frac{1}{sen\theta}\frac{\partial F_r}{\partial \phi} - \frac{\partial (rF_\phi)}{\partial r}\right]\vec{u}_\theta + \frac{1}{r}\left[\frac{\partial (rF_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial F_r}{\partial \theta}\right]\vec{u}_\phi$$

Teorema da Divergência

$$\int_V \vec{\nabla}\cdot\vec{F}\ dV = \oint_S \vec{F}\cdot\vec{n}\ dA$$

Teorema da Stokes

$$\int_S \vec{\nabla}\times\vec{F}\ \cdot\ d\vec{A} = \oint_\Gamma \vec{A}\cdot d\vec{s}$$

Identidades vectoriais

$$\vec{\nabla}\cdot(\vec{A}\times\vec{B}) = \vec{B}\cdot(\vec{\nabla}\times\vec{A}) - \vec{A}\cdot(\vec{\nabla}\times\vec{B})$$
$$\vec{\nabla}\cdot(\vec{\nabla}\times\vec{A}) = 0$$
$$\vec{\nabla}\times(\vec{\nabla}\times\vec{A}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla}\cdot\vec{A}) - \nabla^2\vec{A}$$

Formulário de Eletromagnetismo e Óptica

Electrostática

- $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\vec{u}_r$
- $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 N.m^2.C^{-2}$
- $\oint_\Gamma \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = 0$

  $\nabla \times \vec{E} = 0$
- $\oint_S \vec{D} \cdot \vec{n}\ dS = \int_v \rho_{liv}\ dv$

  $\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_{liv}$
- $V_P = \int_P^{Ref} \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$

  $\vec{E} = -\vec{\nabla}V$
- $\vec{D} = \vec{P} + \varepsilon_0\vec{E}$

  $\vec{D} = \varepsilon_0(1+\chi_E)\vec{E} = \varepsilon\vec{E}$
- $Q = CV$
- $U_E = \left[\frac{1}{2}\right]\sum_i q_i\ V_i$
- $u_E = \frac{1}{2}\varepsilon E^2$

  $U_E = \int_v u_E dv$
- $\vec{F}_s = \pm\frac{dU_E}{ds}\vec{u}_s$

Corrente eléctrica estacionária

- $\vec{J} = Nq\vec{v}$
- $\vec{J} = \sigma_c\vec{E}$
- $I = \int_S \vec{J} \cdot \vec{n}\ dS$
- $p = \vec{J} \cdot \vec{E}$
- $\oint_S \vec{J} \cdot \vec{n}\ dS = -\frac{d}{dt}\int_v \rho dv$

  $\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = -\frac{d\rho}{dt}$

Ondas electromagnéticas

- $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$
- $\vec{u}_k = \frac{\vec{E}}{E} \times \frac{\vec{B}}{B}$
- $\frac{E}{B} = v$
- $v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$
- $u = u_E + u_M$
- $I = \ <S>$

  $I = v <u>$

Magnetostática

- $\vec{B} = \int_\Gamma \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{\ell} \times \vec{u}_r}{r^2}$

  $\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} H/m$
- $d\vec{F} = Id\vec{\ell} \times \vec{B}$
- $\oint_S \vec{B} \cdot \vec{n}\ dS = 0$

  $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$
- $\oint_\Gamma \vec{H} \cdot d\vec{\ell} = \int_S \vec{J} \cdot \vec{n}\ dS$

  $\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J}$
- $\vec{B} = \mu_0(\vec{M} + \vec{H})$

  $\vec{B} = \mu_0(1+\chi_m)\vec{H} = \mu\vec{H}$

Interacção de partículas e campos

- $\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right)$

Campos variáveis e indução

- $\oint_\Gamma \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{d}{dt}\int_S \vec{B} \cdot \vec{n}\ dS$

  $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$
- $\Phi_i = L_i I_i + M_{ij} I_j$
- $U_M = \left[\frac{1}{2}\right]\sum_i \Phi_i I_i$
- $u_M = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu}$

  $U_M = \int_v u_M dv$
- $\vec{F}_s = \pm\frac{dU_M}{ds}\vec{u}_s$
- $\oint_\Gamma \vec{H} \cdot d\vec{\ell} = \int_S \vec{J} \cdot \vec{n}\ dS + \frac{d}{dt}\int_S \vec{D} \cdot \vec{n}\ dS$

  $\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$

Propriedades de materiais

- **Resistividade a 20º C e coeficiente de temperatura**

Material	Resistividade ρ (Ω.m)		Coeficiente de temperatura α (ºC^{-1})
Prata	1,59	x10^{-8}	0,0038
Cobre	1,68	x10^{-8}	0,00386
Alumínio	2,65	x10^{-8}	0,00429
Tungsténio	5,6	x10^{-8}	0,0045
Ferro	9,71	x10^{-8}	0,00651
Platina	10,6	x10^{-8}	0,003927
Manganina	48,2	x10^{-8}	0,000002
Chumbo	22	x10^{-8}	...
Mercúrio	98	x10^{-8}	0,0009
Nicrome	100	x10^{-8}	0,0004
Constantan	49	x10^{-8}	0,00001
Carbono (grafite)	3 - 60	x10^{-5}	- 0,0005
Germânio*	1 - 500	x10^{-3}	- 0,05
Silício*	0,1 - 60	...	- 0,07
Vidro	1 - 10000	x10^{9}	...
Quartzo (fundido)	7,5	x10^{17}	...
Borracha endurecida	1 - 100	x10^{13}	...

* A resistividade dos semicondutores depende fortemente da presença de impurezas, o que os torna muito úteis em eletrónica

(Adaptado de http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu em 29/10/2014)

- **Permitividade elétrica relativa de alguns materiais à temperatura ambiente e 1 kHz**

Material	$\boldsymbol{\varepsilon_r}$
Vácuo	1
Ar (a PTN, 0,9 MHz)	1,00058986±0,00000050
Teflon	2,1
Polyethylene	2,25
Papel de impressão, 200 kHz,	1,4
Mica	3–6[2]
Safira	8,9–11,1
Betão	4,5
Pyrex	3,7–10
Neoprene	6,7
Borracha	7
Diamante	5,5–10
Sal	3–15
Grafite	10–15
Metanol	30
Água	87,9, 80,2, 55,5 (0, 20, 100 °C) Para luz visível: 1,77
Ácido sulfúrico	84–100 (20–25 °C)
Titanato de Estrôncio	310
Titanato de Bário	1200–10.000 (20–120 °C)
Polímeros conjugados	1.8–6 up to 100.000
Titanato de Cálcio e Cobre	>250.000

(Adaptado de https://en.wikipedia.org/wiki/Relative_permittivity em 13/02/2019)

- **Permeabilidade magnética relativa de alguns materiais**

Material	Permeabilidade relativa μ/μ0
supercondutores	0
Água	0,999992
Cobre	0,999994
Vácuo	1
Hidrogénio	1,0000000
Teflon	1,0000
Ar	1,00000037
Madeira	1,00000043
Alumínio	1,000022
Aço inox (austenítico)	1,003 – 7
Íman de Neodímio	1,05
Aço inox (martensítico endurecido)	40 – 95
Aço carbono	100
Níquel	100 – 600
Aço elétrico	4000
Ferro (99.8% puro)	5000
Permalloy	8000
Ferro (99.95% puro recozido em H)	200000
Metglas	1000000

(Adaptado de http://en.wikipedia.org/wiki/Permeability_(electromagnetism) em 12/11/2014)