

**Formulario di Fisica**  
**per le prove scritte degli studenti con DSA**

## 1 Vettori

**Funzioni goniometriche**  $\cos \theta = \frac{c_{adj}}{i}$        $\sin \theta = \frac{c_{opp}}{i}$        $\tan \theta = \frac{c_{opp}}{c_{adj}}$

**Scomposizione di un vettore**  $a_x = a \cos \theta$        $a_y = a \sin \theta$        $\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j}$

**Modulo di un vettore**  $a = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2}$

**Direzione di un vettore**  $\theta = \arccos\left(\frac{a_x}{a}\right) = \arcsin\left(\frac{a_y}{a}\right) = \arctan\left(\frac{a_y}{a_x}\right)$

### 1.1 Operazioni coi vettori

**Somma tra vettori**  $\vec{a} + \vec{b} = (a_x + b_x)\hat{i} + (a_y + b_y)\hat{j}$

**Differenza tra vettori**  $\vec{a} - \vec{b} = (a_x - b_x)\hat{i} + (a_y - b_y)\hat{j}$

**Prodotto di uno scalare per un vettore**  $k\vec{a} = (ka_x)\hat{i} + (ka_y)\hat{j}$

**Prodotto scalare**  $\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \theta$

**Prodotto vettoriale**  $|\vec{a} \times \vec{b}| = ab \sin \theta$

## 2 Misura

### Multipli e sottomultipli della unità di misura

Prefisso	Simbolo	Fattore di conversione
pico-	p-	$1/1\,000\,000\,000\,000 = 10^{-12}$
nano-	n-	$1/1\,000\,000\,000 = 10^{-9}$
micro-	$\mu$ -	$1/1\,000\,000 = 10^{-6}$
milli-	m-	$1/1\,000 = 10^{-3}$
centi-	c-	$1/100 = 10^{-2}$
deci-	d-	$1/10 = 10^{-1}$
deca-	da-	$10^1$
etto-	h-	$10^2$
kilo-	k-	$10^3$
mega-	M-	$10^6$
giga-	G-	$10^9$
tera-	T-	$10^{12}$

### Costanti fisiche fondamentali

Nome	Simbolo e valore
velocità della luce nel vuoto	$c = 299\,792\,458\text{ m/s} \simeq 3,0 \times 10^8\text{ m/s}$
costante dielettrica del vuoto	$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}\text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$
costante di Coulomb	$k_0 = 8,99 \times 10^9\text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$
permeabilità magnetica del vuoto	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{ N/A}^2$
costante di gravitazione universale	$G = 6,672 \times 10^{-11}\text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$
carica elementare	$e = 1,602 \times 10^{-19}\text{ C}$
massa dell'elettrone	$m_e = 9,109 \times 10^{-31}\text{ kg}$
massa del protone	$m_p = 1,673 \times 10^{-27}\text{ kg}$
massa del neutrone	$m_n = 1,675 \times 10^{-27}\text{ kg}$
numero di Avogadro	$N_A = 6,022 \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$
costante di Boltzmann	$k_B = 1,38 \times 10^{-23}\text{ J/K}$
costante dei gas	$R = 8,314\text{ J/mol} \cdot \text{K}$
costante di Planck	$h = 6,62607 \times 10^{-34}\text{ J} \cdot \text{s}$

Gradi e radianti  $\frac{\theta_{rad}}{\theta_{gradi}} = \frac{2\pi}{360}$

$\theta_{gradi}$	0	30	45	60	90	180	270	360
$\theta_{rad}$	0	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/2$	$\pi$	$3\pi/2$	$2\pi$

### 3 Meccanica

#### 3.1 Definizioni fondamentali

**Densità di un corpo**  $d = \frac{m}{V} \quad \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$

**Velocità media**  $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \left[ \frac{m}{s} \right]$

**Conversione tra m/s e km/h**  $\frac{km}{h} \xrightarrow{:3,6} \frac{m}{s} \quad \frac{m}{s} \xrightarrow{\cdot 3,6} \frac{km}{h}$

**Accelerazione media**  $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \left[ \frac{m}{s^2} \right]$

#### 3.2 Cinematica

##### 3.2.1 Moto rettilineo uniforme

**Legge oraria**  $s(t) = vt + s_0$

##### 3.2.2 Moto uniformemente accelerato

**Legge oraria**  $s(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + s_0 \quad v(t) = at + v_0$

**Moto parabolico**  $s = \begin{cases} x = v_{0x}t + x_0 \\ y = \frac{1}{2}gt^2 + v_{0y}t + y_0 \end{cases} \quad v = \begin{cases} v_x = v_{0x} \\ v_y = gt + v_{0y} \end{cases}$

##### 3.2.3 Moto circolare uniforme

**Velocità angolare (pulsazione)**  $\omega = \frac{\Delta \alpha}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad \left[ \frac{rad}{s} \right]$

**Velocità tangenziale**  $v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi rf = \omega r \quad \left[ \frac{m}{s} \right]$

**Accelerazione centripeta**  $a_c = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r \quad \left[ \frac{m}{s^2} \right]$

**Forza centripeta**  $F_c = ma_c = m \frac{v^2}{r} \quad [N]$

##### 3.2.4 Moto armonico

**Legge oraria**  $s(t) = r \cos(\omega t) \quad v(t) = -\omega r \sin(\omega t) \quad a(t) = -\omega^2 r \cos(\omega t)$

#### 3.3 Dinamica

**Secondo principio della dinamica (legge fondamentale della dinamica)**  $\vec{F} = m\vec{a} \quad [N]$

**Condizione di equilibrio per corpi puntiformi**  $\sum \vec{F} = 0$

**Forza peso**  $\vec{P} = m\vec{g}$

**Attrito statico**  $\vec{F}_{A\max} = \mu_s \vec{F}_\perp$

**Forza di richiamo di una molla (legge di Hooke)**  $\vec{F} = -k\vec{x}$

### 3.4 Lavoro ed energia meccanica

**Lavoro**  $L = \vec{F} \cdot \vec{s} = Fs \cos \theta$  [J]

**Potenza media**  $\bar{P} = \frac{L}{\Delta t}$  [W]

**Energia cinetica di traslazione**  $K = \frac{1}{2}mv^2$  [J]

**Energia potenziale gravitazionale**  $U_g = mgh$  [J]

**Energia potenziale elastica**  $U_{elastica} = \frac{1}{2}k(\Delta s)^2$  [J]

**Conservazione dell'energia meccanica totale**  $U_0 + K_0 = U_1 + K_1$

### 3.5 Quantità di moto e momento angolare

**Quantità di moto**  $\vec{p} = m\vec{v}$   $\left[ kg \cdot \frac{m}{s} \right]$

**Teorema dell'impulso**  $\Delta \vec{p} = \vec{I} = \vec{F}\Delta t$

**Urti su una retta**  $m_1v_0 + m_2w_0 = m_1v_1 + m_2w_1$

**Momento di una forza (momento torcente)**  $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$  [N · m]

**Condizioni di equilibrio per corpi rigidi**  $\sum \vec{F} = 0$  e  $\sum \vec{M} = 0$

**Momento angolare**  $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$   $L = rp \sin \theta$

**Variazione del momento angolare**  $\Delta \vec{L} = \vec{M}\Delta t$

**Momento d'inerzia**  $L = I\omega$   $\Delta L = I\Delta\omega = M\Delta t$

**Energia cinetica di un corpo in rotazione**  $K = \frac{1}{2}I\omega^2$

**Accelerazione angolare**  $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$   $\left[ \frac{rad}{s^2} \right]$

**Momento torcente e momento d'inerzia**  $M = I\alpha$

### 3.6 Gravitazione

**Legge di gravitazione universale**  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

**Accelerazione di gravità sulla superficie della Terra**  $g = 9,807 \frac{m}{s^2}$

**Campo gravitazionale di una massa puntiforme**  $g = G \frac{M}{r^2}$

**Energia potenziale gravitazionale di un sistema di due masse**  $U(r) = -G \frac{m_1 m_2}{r}$  [J]

### 3.7 Meccanica dei fluidi

**Pressione**  $p = \frac{F}{S}$  [Pa]

**Pressione atmosferica**  $1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$

**Legge di Stevino**  $p = dgh + p_{atm}$

**Principio di Archimede**  $S = g \cdot d_{fluido} \cdot V_{corpo}$  [N]

**Portata**  $q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = Sv$

## 4 Termologia e termodinamica

### 4.1 Temperatura e dilatazione termica

**Celsius e kelvin**  $T_K = T_{\circ C} + 273,15$        $T_{\circ C} = T_K - 273,15$        $\Delta T_K = \Delta T_{\circ C}$

**Dilatazione lineare dei solidi**  $\Delta \ell = \ell_0 \lambda \Delta T$        $\ell_1 = \ell_0(1 + \lambda \Delta T)$

**Dilatazione volumica dei solidi e dei liquidi**  $\Delta V = V_0 \alpha \Delta T$        $V_1 = V_0(1 + \alpha \Delta T)$

### 4.2 Gas perfetti

**Massa e moli**  $m_{[g]} = nM$

**Moli e numero di particelle**  $n = \frac{N}{N_A}$

**Formula dei gas perfetti**  $\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$

**Equazione di stato dei gas perfetti**  $pV = nRT$

### 4.3 Calore

**Joule e calorie**  $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$        $1 \text{ Cal} = 1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$

**Legge fondamentale della calorimetria**  $Q = cm\Delta T$

**Calore specifico dell'acqua**  $c_{H_2O} = 4,186 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

**Potere calorifico**  $P_c = \frac{Q}{m} \quad \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$

**Passaggi di stato**  $Q = L_f m$        $Q = L_v m$

### 4.4 Modello microscopico della materia

**Energia cinetica media di un gas**

- $\overline{K} = \frac{3}{2} k_B T$  per gas con tre gradi di libertà (monoatomici);
- $\overline{K} = \frac{5}{2} k_B T$  per gas con cinque gradi di libertà (biatomici);
- $\overline{K} = 6 k_B T$  per strutture molecolari non lineari.

**Energia interna di un gas perfetto**  $U = \frac{\ell}{2} N k_B T = \frac{\ell}{2} n R T$

#### 4.5 Primo principio della termodinamica

**Primo principio della termodinamica (PPT)**  $\Delta U = Q - L$

**Trasformazione isobara**  $\Delta U = Q - p\Delta V$

**Trasformazione isocora**  $\Delta U = Q$

**Trasformazione isoterma**  $Q = L$

**Trasformazione adiabatica**  $\Delta U = -L$

**Trasformazione ciclica**  $Q = L$

#### 4.6 Secondo principio della termodinamica

**Rendimento di una macchina termica**  $\eta = \frac{L}{Q_2} = 1 - \frac{|Q_1|}{Q_2}$

**Enunciato del rendimento**  $0 \leq \eta < 1$

**Teorema di Carnot**  $\eta_Q \leq \eta_R$

**Rendimento della macchina di Carnot**  $\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$

**Disuguaglianza di Clausius**  $\frac{\Delta Q_1}{T_1} + \frac{\Delta Q_2}{T_2} + \dots + \frac{\Delta Q_n}{T_n} \leq 0$

**Entropia**  $\Delta S = S(B) - S(A) = \left( \sum_i \frac{\Delta Q_i}{T_i} \right)_{A \rightarrow B}^{rev} \quad \left[ \frac{J}{K} \right]$

## 5 Onde

### 5.1 Onde elastiche

**Frequenza**  $f = \frac{1}{T}$   $[s^{-1}] = [Hz]$

**Pulsazione dell'onda**  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$   $\left[\frac{rad}{s}\right]$

**Velocità di propagazione dell'onda**  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$   $\left[\frac{m}{s}\right]$

**Legge oraria delle onde in un punto fissato**  $y = a \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right) = a \cos(\omega t + \varphi_0)$

**Legge delle onde in un istante fissato**  $y = a \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi_0\right)$

### 5.2 Suono

**Velocità del suono nell'aria**  $v = 340 \text{ m/s}$

**Intensità**  $I = \frac{E}{A\Delta t}$   $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

**Livello di intensità sonora**  $L_s = 10 \log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right)$   $[dB]$

**Effetto Doppler, sorgente ferma e ricevitore in moto**  $f' = \frac{v_s \pm v}{v_s} f$

**Effetto Doppler, sorgente in moto e ricevitore fermo**  $f' = \frac{v_s}{v_s \pm v} f$

### 5.3 Onde luminose e ottica geometrica

**Indice di rifrazione di un mezzo materiale**  $n = \frac{c}{v}$

**Legge della rifrazione (legge di Snell)**  $\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1}$

**Riflessione totale**  $\sin \hat{i}_{lim} = \frac{n_2}{n_1}$   $\hat{i}_{lim} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$

**Specchi sferici concavi**  $f = \frac{R}{2}$

**Formula dei punti coniugati per gli specchi**  $\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$

**Ingrandimento**  $M = \frac{i}{p}$

**Formula dei punti coniugati per le lenti sottili**  $\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$



## 6 Fenomeni elettrici e magnetici

### 6.1 Elettrostatica

**Legge di Coulomb**  $F = k_0 \frac{q_1 q_2}{r^2}$

**Costante elettrica del vuoto**  $k_0 = 8,99 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

**Costante dielettrica del vuoto**  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$   $k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

**Campo elettrico**  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_P} \quad \left[ \frac{N}{C} \right] \quad E = k_0 \frac{Q_S}{r^2}$

**Flusso del campo elettrico**  $\Phi_S(E) = \vec{E} \cdot \vec{S} = ES \cos \theta \quad \left[ \frac{N \cdot m^2}{C} \right]$

**Teorema di Gauss per il campo elettrico**  $\Phi_S(E) = \frac{Q_{tot}}{\epsilon_0}$

**Lavoro in un campo elettrico**  $L = \vec{F} \cdot \vec{s} = q\vec{E} \cdot \vec{s}$

**Energia potenziale elettrica in A (rispetto a B)**  $U_A = L_{B \rightarrow A}$

**Energia potenziale elettrica di un sistema di due cariche**  $\Delta U = k_0 \frac{q_1 q_2}{r}$

**Potenziale elettrico**  $V_A = \frac{U_A}{q_P} \quad [V] \quad \Delta U = q \cdot \Delta V$

**Differenza di potenziale (tensione) tra i punti A e B**  $\Delta V_{AB} = \frac{\Delta U_{AB}}{q_P} = \frac{L_{B \rightarrow A}}{q_P} = -\vec{E} \cdot \vec{s}$

**Potenziale elettrico generato da una carica Q a distanza r**  $V(r) = k_0 \frac{Q}{r}$

**Circuitazione del campo elettrico**  $\Gamma_{\mathcal{L}}(E) = \sum_i \vec{E}_i \cdot \Delta \vec{\ell}_i = \sum_i E_i \Delta \ell_i \cos \theta_i = -\sum_i \Delta V_i = 0$

**Teorema di Coulomb**  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

**Capacità di un condensatore**  $C = \frac{Q}{\Delta V} \quad [F]$

**Capacità di un condensatore piano**  $C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$

**Capacità totale per condensatori in parallelo**  $C_{tot} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

**Capacità totale per condensatori in serie**  $\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$

**Campo elettrico all'interno di un condensatore**  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

**Energia immagazzinata in un condensatore**  $E = L_{carica} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$

## 6.2 Corrente elettrica

**Intensità di corrente**  $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$  [A]  $i_{ist} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} = q'(t)$

**Prima legge di Ohm**  $i = \frac{\Delta V}{R}$

**Resistenza totale per resistori in parallelo**  $\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

**Resistenza totale per resistori in serie**  $R_{tot} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

**Potenza dissipata da una resistenza**  $P = \frac{L}{\Delta t} = i\Delta V = i^2 R = \frac{\Delta V^2}{R}$  [W]

**Effetto Joule**  $L = P\Delta t = i^2 R\Delta t$  [J]

**Kilowattora**  $1 kWh = 3,6 \times 10^6 J$

**Forza elettromotrice di un generatore di tensione**  $f_{em} = \frac{L}{q}$  [V]

**Resistenza interna e generatore reale**  $\Delta V = \frac{R}{R+r} f_{em}$   $i = \frac{f_{em}}{R+r}$

**Seconda legge di Ohm**  $R = \rho \frac{L}{S}$

**Dipendenza della resistività dalla temperatura**  $\Delta \rho = \alpha \rho_0 \Delta T$

**Elettronvolt**  $1 eV = 1,60 \times 10^{-19} J$

## 6.3 Elettromagnetismo

**Legge di Ampère**  $F = k \cdot \frac{i_1 i_2}{d} \cdot L = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 i_2}{d} \cdot L$

**Permeabilità magnetica del vuoto**  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{A^2}$

**Forza subita da un filo in un campo magnetico**  $F = Bi\ell$   $F = B_{\perp} i\ell = Bi\ell \sin \theta$

**Legge di Biot-Savart**  $B = \mu_0 \frac{i}{2\pi r}$  [T]

**Campo al centro di una spira**  $B = \mu_0 \frac{i}{2r}$

**Campo al centro di un solenoide lungo  $\ell$  con  $N$  spire**  $B = \mu_0 \frac{Ni}{\ell}$

**Forza di Lorentz**  $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

**Raggio della traiettoria della carica**  $r = \frac{mv}{qB}$

**Flusso del campo magnetico**  $\Phi_S(B) = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos \theta$  [Wb]

**Teorema di Gauss per il campo magnetico**  $\Phi_S(B) = 0$

**Circuitazione del campo magnetico**  $\Gamma_{\mathcal{L}}(B) = \sum_i \vec{B}_i \cdot \Delta \vec{\ell}_i = \sum_i B_i \Delta \ell_i \cos \theta_i$

**Teorema di Ampère**  $\Gamma_{\mathcal{L}}(B) = \mu_0 \sum_k i_k$

## 6.4 Induzione elettromagnetica

**Legge di Faraday-Neumann**  $f_{em ind} = -\frac{\Delta\Phi(B)}{\Delta t}$

**Fem indotta istantanea**  $f_{em ind ist} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} -\frac{\Delta\Phi(B)}{\Delta t} = -\frac{d\Phi(B)}{dt} = -\Phi'(t)$

**Induttanza**  $L = \frac{\Phi(B)}{i}$  [H]

**Autoinduzione**  $f_{em auto} = -\frac{\Delta\Phi(B)}{\Delta t} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$

**Circuito RL** Chiusura:  $i(t) = i_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$  Apertura:  $i(t) = i_0 \cdot e^{-\frac{R}{L}t}$

**Forza elettromotrice in corrente alternata**  $f_{em}(t) = f_{em0} \cdot \sin(\omega t)$

**Corrente in regime alternato**  $i(t) = i_0 \cdot \sin(\omega t)$

**Valori efficaci in corrente alternata**  $i_{efficace} = \frac{i_0}{\sqrt{2}}$   $f_{em efficace} = \frac{f_{em0}}{\sqrt{2}}$

**Circuito ohmico (resistivo)**  $i(t) = \frac{f_{em}(t)}{R}$   $i_0 = \frac{f_{em0}}{R}$

**Circuito induttivo**  $i(t) = \frac{f_{em0}}{\omega L} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$   $i_0 = \frac{f_{em0}}{\omega L}$

**Circuito capacitivo**  $i(t) = \omega C f_{em0} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$   $i_0 = \omega C f_{em0}$

**Circuito RLC**  $f_{em eff} = Z \cdot i_{eff}$

**Impedenza**  $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$  [ $\Omega$ ]

**Risonanza**  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

**Circuito LC**  $q(t) = Q_0 \cdot \cos(\omega t)$   $i(t) = \omega Q_0 \cdot \sin(\omega t)$

**Potenza media prodotta in corrente alternata**  $\bar{P} = f_{em eff} \cdot i_{eff}$

**Trasformatori**  $\frac{f_{em eff2}}{f_{em eff1}} = \frac{n_2}{n_1}$   $\bar{P}_1 = f_{em eff1} \cdot i_{eff1} = f_{em eff2} \cdot i_{eff2} = \bar{P}_2$

## 6.5 Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche

**Circuitazione del campo elettrico indotto**  $\Gamma_{\mathcal{L}}(E) = -\frac{\Delta\Phi_S(B)}{\Delta t}$

**Corrente di spostamento**  $i_s = \epsilon_0 \frac{\Delta\Phi_S(E)}{\Delta t}$  [A]

**Equazioni nel caso statico**  $\Phi_S(E) = \frac{Q}{\epsilon_0}$ ;  $\Phi_S(B) = 0$ ;  $\Gamma_{\mathcal{L}}(E) = 0$ ;  $\Gamma_{\mathcal{L}}(B) = \mu_0 i$ .

**Equazioni generali**  $\Phi_S(E) = \frac{Q}{\epsilon_0}$ ;  $\Phi_S(B) = 0$ ;  $\Gamma_{\mathcal{L}}(E) = -\frac{\Delta\Phi_S(B)}{\Delta t}$ ;  $\Gamma_{\mathcal{L}}(B) = \mu_0 (i + i_s)$ .

**Velocità di un'onda elettromagnetica nel vuoto**  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \simeq 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

**Frequenza e lunghezza d'onda**  $\lambda = cf$

**Ampiezze di  $E$  e di  $B$**   $E = cB$

**Densità media di energia di un'onda**  $\overline{W} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2$

**Irraggiamento di un'onda elettromagnetica**  $E_e = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E_0^2$

## 7 Fisica moderna

### 7.1 Relatività di spazio e tempo

**Coefficiente di dilatazione (fattore di Lorentz)**  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$  con  $\beta = \frac{v}{c}$

**Dilatazione dei tempi**  $\Delta t' = \gamma \Delta t$

**Contrazione delle lunghezze parallele al moto**  $\Delta x' = \frac{\Delta x}{\gamma}$

**Intervallo invariante tra due eventi**  $(\Delta s)^2 = (c\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2$

**Composizione relativistica delle velocità**  $u' = \frac{u - v}{1 - \frac{uv}{c^2}}$

**Effetto Doppler relativistico**  $f' = f \sqrt{\frac{1 \pm \beta}{1 \mp \beta}}$

**Redshift e blueshift**  $z = \frac{f}{f'} - 1$

**Equivalenza massa-energia**  $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$

**Energia di quiete**  $E = m_0 c^2$

**Massa relativistica**  $m = \gamma m_0$

**Energia totale di una particella relativistica (relazione di Einstein)**  $E = \gamma m_0 c^2 = mc^2$

**Energia cinetica relativistica**  $K_r = (\gamma - 1)m_0 c^2$

**Quantità di moto relativistica**  $\vec{p}_r = m\vec{v} = \gamma m_0 \vec{v}$

**Quantità di moto della luce**  $p = \frac{E}{c}$

**Quadrivettore energia-quantità di moto**  $\left( \frac{E}{c}; p_x; p_y; p_z \right)$

### 7.2 Fisica quantistica

**Legge di Wien**  $\lambda_{max} = \frac{0,2898}{T} \text{ cm}$

**Legge di Stefan-Boltzmann**  $R_{sp} = \sigma T^4$

**Costante di Planck**  $h = 6,62607 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

**Energia trasportata dal campo elettromagnetico**  $E = nhf$

**Energia e quantità di moto di un fotone**  $E = hf$   $p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c}$

**Raggi delle orbite di Bohr**  $r_n = n^2 \cdot \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m_e e^2} = (5,29 \times 10^{-11} \text{ m}) \cdot n^2$

**Relazione di De Broglie**  $\lambda = \frac{h}{p}$

**Costante di Planck ridotta**  $\hbar = \frac{h}{2\pi} \simeq 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

**Principio di indeterminazione di Heisenberg**  $\Delta x \Delta p \simeq \hbar$   $\Delta t \Delta E \simeq \hbar$

## 8 Derivate e integrali notevoli

**Derivate e cinematica**  $s'(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} = v(t)$        $s''(t) = v'(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = a(t)$

### Derivate notevoli

Funzione	Derivata di	Rispetto a	Formula
velocità	posizione	tempo	$v(t) = \frac{ds}{dt}$
accelerazione	velocità	tempo	$a(t) = \frac{dv}{dt}$
forza	quantità di moto	tempo	$F(t) = \frac{dp}{dt}$
forza	energia	posizione	$F(s) = \frac{dU}{ds}$
intensità di corrente	carica	tempo	$i(t) = \frac{dq}{dt}$
potenza	energia	tempo	$P(t) = \frac{dU}{dt}$
$f_{em}$	flusso di $B$	tempo	$f_{em}(t) = -\frac{d\Phi(B)}{dt}$
corrente di spostamento	flusso di $E$	tempo	$i_s(t) = \epsilon_0 \frac{d\Phi(E)}{dt}$

**Spazio percorso**  $\Delta s = \int_{t_0}^{t_1} v(t) dt$

**Lavoro di una forza**  $L = \Delta U = \int_{s_0}^{s_1} F(s) ds$

**Circuitazione**  $\Gamma_{\mathcal{L}}(E) = \oint_{\mathcal{L}} \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$        $\Gamma_{\mathcal{L}}(B) = \oint_{\mathcal{L}} \vec{B} \cdot d\vec{\ell}$

## 9 Tavola periodica degli elementi

[illegible]