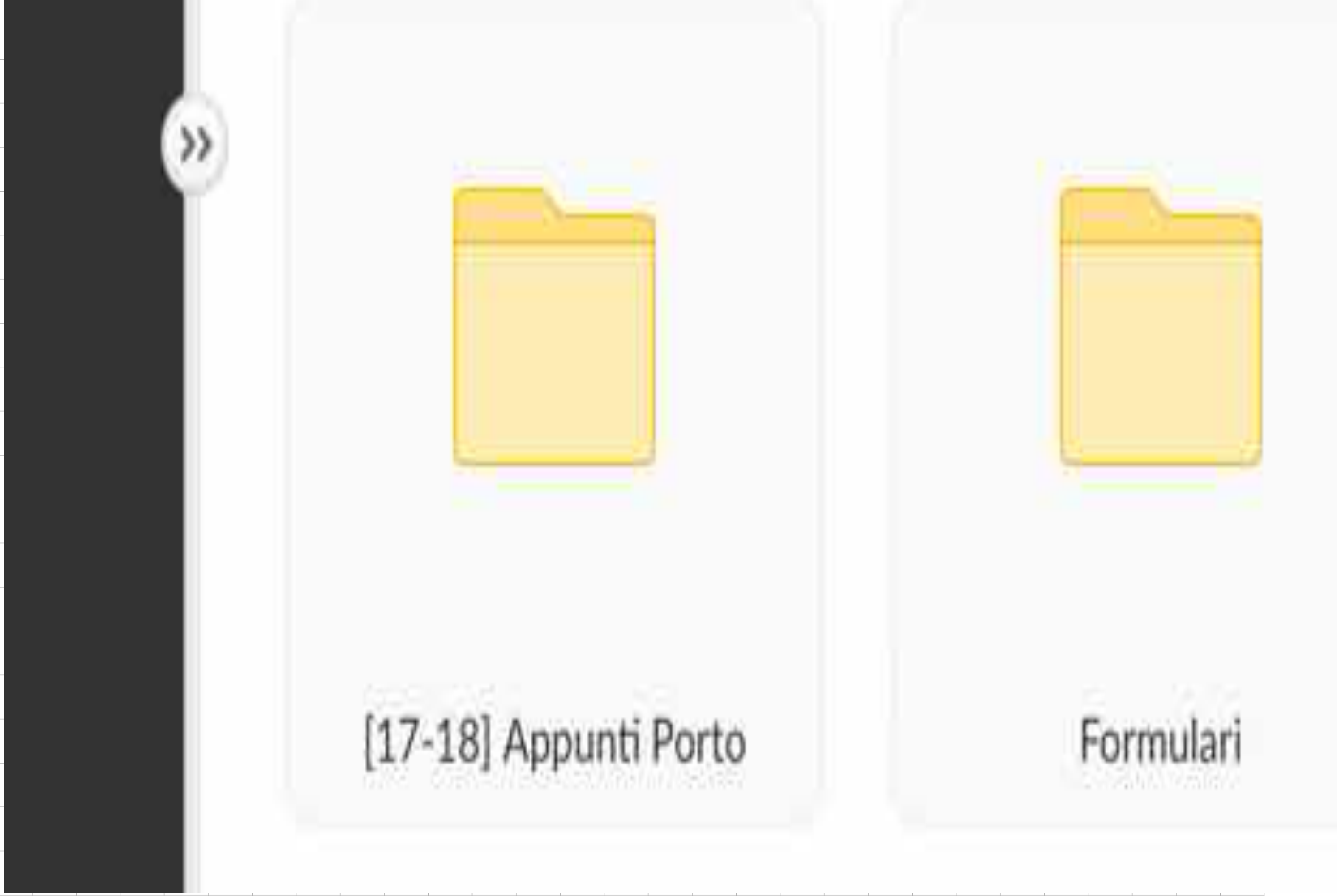

[17-18] Appunti Porto
Formulari

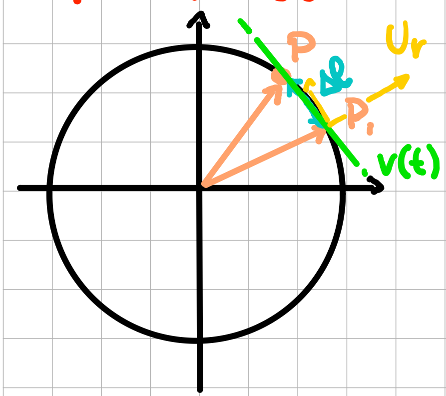
Ordini di grandezza

Descrivere le misure - precisione $\rightarrow$ misura accurata (errore metà/pollici)
misura precisa (fluttua. statistica)

Meccanica: capire i movimenti delle forze
- ↳ CINEMATICA: descrive il moto
- ↳ DINAMICA: influenza delle forze
- ↳ CONSERV. ENERGETICA
- ↳ X → CAUSE DEL MOTO: forze esterne
- ↳ SISTEMA DI RIFERIMENTO: uso assi ortogonali con radiante

Punti materiali × semplificare
- ↙ NO estensione
- ↘ massa totale macchina

Moto circolare



$P_x = P \cdot \cos\alpha \qquad P_y = P \cdot \operatorname{sen}\alpha$

Velocità angolare $\omega_m = \dfrac{\Delta\alpha}{\Delta t} \qquad \omega = \dfrac{d\alpha}{dt} = \dfrac{v}{R}$

Velocità $\vec{v}(t) = |\vec{v}(t)| = \omega(t) R$

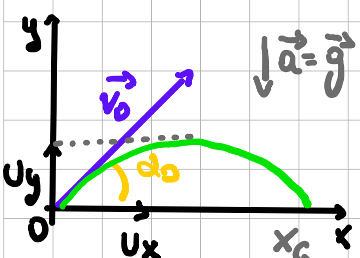
Accelerazione MCU $\vec{a} = \dfrac{v^2}{R}\vec{U_n} = \dfrac{v^2}{R} = \omega^2 R = \omega v \implies \begin{cases} s(t) = s_0 + vt \\ \alpha(t) = \alpha_0 + \omega t \end{cases}$

Periodo $T = \dfrac{2\pi R}{v} = \dfrac{2\pi}{\omega}$

Accelerazione angolare media $a_m = \dfrac{\Delta\omega}{\Delta t}$

Accelerazione angolare istantanea $a = \dfrac{d\omega}{dt} = \dfrac{1}{R} a_T \implies$ normale $= \omega^2 R$, tangenziale $= aR$

Moto parabolico



$\downarrow \vec{a} = \vec{g}$

$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos\alpha_0 \\ v_y = v_0 \operatorname{sen}\alpha_0 - gt \end{cases} \qquad \begin{cases} x = x(t) = (v_0 \cos\alpha_0)\, t \\ y = y(t) = (v_0 \operatorname{sen}\alpha_0)\, t - \tfrac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

Se lanciato da h:

$$\begin{matrix} x(0) = 0 \\ y(0) = h \\ v_x(0) = v_0 \\ v_y(0) = 0 \end{matrix} \qquad \begin{cases} x(t) = v_0 t \\ y(t) = h - \tfrac{1}{2} g t^2 \end{cases} \quad \begin{cases} v_x(t) = v_0 \\ v_y(t) = -gt \end{cases}$$

Moto rettilineo

Velocitá media $\vec{v_m} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{v_2} - \vec{v_1}}{2}$ | $v_m = \frac{d}{t}$

Velocitá istantanea $\vec{v}(t) = \frac{d\vec{x}(t)}{dt}$ | $v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{d\vec{x}(t)}{dt}$

Legge del moto $\vec{x}(t) = x_0 + v(t - t_0)$

Accelerazione media $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ $a(t) = \frac{d^2x}{dt^2}$ $\Rightarrow$
- $a = 0$ MRU
- $a > 0$ velocitá crescente
- $a < 0$ velocitá decrescente

Legge della velocitá $\vec{v}(t) = \vec{v_0} + a(t - t_0)$

Legge MRUA $\vec{x}(t) = x_0 + \vec{v_0}t + \frac{1}{2}at^2$ LEGGE MRU $v = v_0 + at$

Moto verticale $\rightarrow t = t_0 = 0 \,/\, x_0 = h \,/\, \vec{v_0} = 0$

$\vec{x}(t) = x_0 + \vec{v_0}t + \frac{1}{2}at^2 = h - \frac{1}{2}gt^2 - \vec{v_1}t$ | $\vec{v}(t) = \vec{v_0} + at = -\vec{v_1} - gt = \vec{v_2}t - \frac{1}{2}gt^2$

$v_c = v(t_c) = -gt_c = -\sqrt{2gh}$

Dinamica

1. Senza forze esterne (somma forze = 0), il corpo non cambia velocitá
: SISTEMA INERZIALE
Se si ha forze non apparenti nel sistema = SISTEMA NON INERZIALE

2. Si ha una relazione tra forza e accelerazione, con la massa

$\vec{F} = m\vec{a}$ $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$

3. Principio di azione - reazione

$N = kg\frac{m}{s^2}$

Trasformazioni di Galileo

Sistemi di riferimento => **solidale**: il corpo rimane fermo
assoluto: sia il corpo che il SR sono in movimento

↳ se S' si muove con velocità costante rispetto a S:

$x' = x - vt \quad v' = v \quad z' = z \quad t = t'$

Legge di composizione degli spostamenti $\Delta s = \Delta s_r + \Delta s_t$

Δs_r → spostamento punto materiale
Δs_t → spostamento inerziale

Legge di composizione delle velocità $v = v_r + v_t$ | **Legge di invarianza dell'accelerazione** $a = a_r$

Leggi per dimensioni

$$\begin{cases} x' = x - v_x t \\ y' = y - v_y t \end{cases} \qquad \begin{cases} x' = x - v_x t \\ y' = y - v_y t \\ z' = z - v_z t \end{cases}$$

Forza elastica

Legge di Hooke $\vec{F} = -k\Delta\vec{x} = m\vec{a} \Longrightarrow \vec{a} = -\frac{k(x - x_0)}{m}$ | estremità: moto armonico

↓ si oppone ad allungamento

Forze apparenti: osservato soltanto nei sistemi non inerziali

↳ un corpo soggetto ad una risultante di forze nulle (di massa) si muove comunque di moto non uniforme (accelerato

$F' = F - F_{app}$ => il 2° principio della dinamica varia rispetto ai sistemi inerziali a causa dell'accelerazione del sistema

Forza centrifuga: apparente | osservatori inerziali: centripeta

In sistemi non inerziali in moto rotatorio

$F_{cf} = m\omega^2 r \qquad \omega$ = velocità angolare

Lavoro

Rappresentazione di spostamento di un corpo causato da certa forza

$$L = \vec{F}_x \vec{\Delta x} \; [Nm] = |\vec{F}||\vec{\Delta x}|\cos\alpha = \vec{F}\vec{s} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

Se forza é ortogonale, il lavoro é nullo - Joule ($J = Nm$)

↳ no forze e spostamenti lineari

$$L = \int_{x_0}^{x} \vec{F}_x \cdot dx = \begin{cases} L_x = \vec{F}_x x \\ L_y = \vec{F}_y y \\ L_z = \vec{F}_z z \end{cases} \rightarrow L = L_x + L_y + L_z = \vec{F}\vec{s} = \int_a F\,ds$$

Energia

Lavoro anche trasferimento di energia che la forza fa su un punto materiale

$$E_k = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$ variazione energia cinetica

(1) Se corpo ha energia cinetica iniziale, forza effettua lavoro, si ha che energia cinetica finale = somma E_k iniziale + lavoro di forze risultanti

$$dW = F\,ds = mv\,dv \;\Big|\; W_{ab} = \int_{v_a}^{v_b} mv\,dv = E_{k,b} - E_{k,a} = \Delta E_k$$

Lavoro forza peso $$W_{AB} = mg(z_B - z_A) = -\Delta E_p \qquad E_p = mgh$$

Lavoro forza elastica $$W = -\left(\frac{1}{2}kx_B^2 - \frac{1}{2}kx_a^2\right) = -(E_{PB} - E_{PA}) = -\Delta E_p \qquad E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

↓ energia potenziale elastica

Forze conservative e non conservative

Forza di attrito dinamico $\vec{f}_{AD} = -\mu_D N$

↳ $W_{AD} = -\mu_D N \ell_{AB}$

Forza di attrito statico $\vec{f}_{AS} = -\mu_S N$

Conservative: il lavoro non dipende dal percorso $\Rightarrow E_p$

Conservazione energia meccanica: $E_{kB} + E_{pB} = E_{kA} + E_{pA}$

non conservative: il lavoro dipende dal percorso $\Rightarrow$ NO E_p

$$W = W_{cons} + W_{non\text{-}cons} = \Delta E_M = -\mu_D N \ell_{AB}$$

Gravitazione

Forza centrale, in qualsiasi punto $\rightarrow$ direzione $\overline{OP}$

1. Le orbite dei pianeti sono ellittiche e il fuoco occupa uno dei tre fuochi
2. Velocità areale del raggio che unisce il sole al pianeta è costante

$$V_{areale} = \frac{\Delta A}{\Delta t} = const \qquad dA = \frac{|\vec{r}||d\vec{r}|}{2} \qquad \frac{dA}{dt} = \frac{r}{2}\frac{dr}{dt}$$

3. quadrato periodo rivoluzione proporzionale al cubo del semiasse maggiore

$T^2 = k_s a^3$ Eccentricità $\varepsilon = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \leq 1$ Area ellisse: $A = \pi ab = \pi a^2 \sqrt{1 - \varepsilon^2}$

Orbita circolare $\frac{\Delta A}{\Delta t} = const = \frac{1}{2} r^2 \underbrace{\frac{d\theta}{dt}}_{const}$

Forza centripeta $F = m\omega^2 r = m\frac{4\pi^2}{T^2} r = \frac{4\pi^2}{k_s}\frac{m}{r^2}$

Forze sole $\rightarrow$ terra $F_{S,T} = \frac{4\pi^2}{k_s}\frac{m_T}{r^2}$

Legge di gravitazione universale $F = -G\frac{m_1 m_2}{r^2}\vec{u_r}$ $\qquad g = \frac{F m_T}{r_T^2}$

Costante Cavendish $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$ $6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^3}{s^2 kg}$

Campo gravitazionale $F = -G\frac{Mm}{R_2}\vec{U}_{Mm} = \left(-G\frac{M}{r^2}\right)m = \eta m$

$$\vec{\eta}(\vec{r}) = \left(-G\frac{M}{r^2}\vec{U_r}\right)$$

Energia potenziale gravitazionale $W = -GMm\left(-\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right) = \Delta E_p$

$$E_p = -G\frac{Mm}{r}$$

Velocità di fuga $v_f = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$

Fluidodinamica

Punto materiale → sistema continuo di punti

- ↳ proprietà estensive, additive → massa, volume, energia
- ↳ quantità intensive, non dipendono da quantità materiale → temperatura, densità
- ↳ pressione $p = \vec{F}/s$, scalare
- ↳ viscosità: attrito interno allo scorrimento (fluido ideale: nullo)

Forze

↳ volume (peso): $dF = g\,dm = g\rho\,dV$ | Pressione: $dF = p\,dS$

Legge di Stevino: $p(h) = p_0 + g\rho h$

Principio di Archimede

Isoliamo porzione generica di fluido, densità ρ → $F_{peso} = F_{pressione}$

↓

inserisco al posto di quella porzione un materiale di densità ρ_1

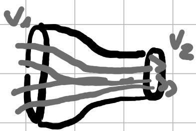
Non cambia azione forze di pressione, perde l'equilibrio

Spinta → $F_A = g\rho V$

Moto di un fluido

Moto in regime stazionario, velocità varia da punto a altro, no tempo
Linee di corrente: traiettorie di elementi flusso tangenti a Velocità

↳ insieme:
tubo di flusso



Portata: volume di fluido che attraversa in un secondo una sezione infinitesima di tubo:

$$dq = v\,dS$$

$$q = \int_S v\,dS = \langle v \rangle S = \text{costante}$$

Teorema di Bernoulli

Fluido ideale + incomprimibile $\quad dV_1 = S_1 dh_1 = dV_2 = S_2 dh_2$

Scorrimento $\quad dW = dW_{peso} + dW_{pressione} = dE_k$

Teorema $\quad p + \frac{1}{2}\rho v^2 + g\rho z = \text{costante}$

↳ fluido statico: $v=0$

$$p + g\rho z = \text{costante}$$
$$p(h) = p_0 + g\rho h$$

↳ condotto orizzontale: $p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{costante}$

Teorema di Torricelli

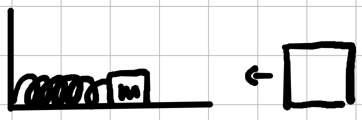
Recipiente con piccolo foro di superficie, velocità in uscita dal foro

$$\left(p + \frac{1}{2}\rho v^2 + g\rho z\right)_A = \left(p + \frac{1}{2}\rho v^2 + g\rho z\right)_B \rightarrow \begin{matrix} p_A = p_0 & z_A = h & v_A = v \\ v_A = 0 & p_A = p & z_A = 0 \end{matrix}$$

↳ $p_0 + g\rho h = p_0 + \frac{1}{2}\rho v^2 \Rightarrow 2gh = v^2 \rightarrow v = \sqrt{2gh}$

Moto armonico

Descrive moto molla e pendolo



$F_S = -kx$

ϕ: fase

$v(t) = -\omega A \cos(\omega t + \phi)$

$a(t) = -\omega^2 A \,\mathrm{sen}(\omega t + \phi)$

$E_m = \frac{1}{2} k A^2$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$T = 2\pi / \omega$

Pendolo

$F_p = -mg \,\mathrm{sen}\, \alpha$ $\quad F = -mg \,\mathrm{sen}\, \phi$ $\quad T = 2\pi \sqrt{L/g}$ $\quad \omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$

Termodinamica

Sistema termodinamico: porzione del mondo composta da una o più parti

Ambiente: ciò che interagisce col sistema termodinamico

- ↳ **aperto**: sistema ↔ ambiente si hanno scambi di energia e materia
- ↳ **chiuso**: sistema ↔ ambiente si hanno scambi di energia
- ↳ **isolato**: sistema ↔ ambiente non avvengono scambi
- ↳ descritto da **variabili termodinamiche**
  - ↳ **estensive**: globali, dimensione-estensione, additive
    massa, volume
  - ↳ **intensive**: locali, varia all'interno di sistema, no additive
    pressione, temperatura, densità
  - ↳ se le **variabili di stato** sono costanti si ha **equilibrio termodinamico**
    - ↳ **meccanico**: equilibrio di forze e momenti
    - ↳ **chimico**: assenza reazioni chimiche/trasferimenti interni
    - ↳ **termico**: temperatura costante $\quad f(P, V, T) =$
      temperatura = indice di eq. termico

↳ passaggio tra due stati: trasformazione termodinamica

Principio zero: due sistemi entrambi in equilibrio termico con un terzo sistema sono in equilibrio termico tra loro

↓

per portarli in equilibrio: contatto
se raggiungono: diatermica / adiabatica

↓

sistema adiabatico se circondato da pareti adiabatiche, no contatto termico

Temperatura: condizioni

↳ caratteristica termometrica: deve esistere X che caratterizza fenomeno fisico e varia con temperatura
↳ registrata da termometro
temp. funz. di $x = \theta(x)$ = funzione termometrica

↳ sistema in stato di equilibrio ben definito → punto fisso
$T = 273{,}15\ K$ (punto triplo dell'acqua)

↳ **Scale**

↳ celsius
$t(°C) = T(K) - 273{,}15$
$t(°C) = 5/9\,[T(°F) - 32]$

↳ Rankine
$t(°R) = 9/5\, T(K)$

↳ Fahrenheit
fusione: 32°F, ebollizione 212°F
$t(°F) = 9/5\, T(K) - 459{,}67$
$t(°F) = 9/5\, T(°C) + 32$

↳ Kelvin
Assoluta con zero assoluto

Gas perfetti: per descrivere gas si usano variabili termodinamiche della pressione, temperatura e volume

↓

gas scambia lavoro/calore

Legge isoterma di Boyle ⇒ pV = costante

Trasformazioni → isobara → $V = V_0(1 + \alpha t) = V_0 \alpha T$
α: coefficiente di dilatazione termica
Legge isobara di Volta-Gay Lussac

↳ isocora → $P = P_0(1+\beta t) = P_0 \alpha T$

β: costante

Legge isocora di Volta-Gay Lussac

Legge di Avogadro: volumi eguali di gas diversi (stessa T, stessa P), contengono stesso numero di molecole (gas ideali

$$N_{molecole} = \frac{M}{m} \qquad N_A = 6,0221 \times 10^{-23} \left[\frac{molecole}{mol}\right]$$

mole: quantità di materia che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi contenuti in 0,012kg dell'isotopo del carbonio ^{12}C

↓

a una data T e P, una mole occupa lo stesso V

Legge dei gas perfetti: $pV = nRT$ $= Nk_BT$

$$R = 8314 \frac{J}{kmol\,K}$$

$$k_B = 1,3807 \cdot 10^{-23}\ J/K$$

Un gas perfetto è un sistema le cui coordinate termodinamiche in uno stato di equilibrio rispondono alla legge dei gas perfetti

Teoria cinetica

Lavoro $W = \int_A^B p(V)\,dV$

↳ bisogna conoscere $p(V)$, la si conosce solo se la trasformazione è reversibile

↓

o è nota la pressione esterna e la trasformazione

↳ $p = \frac{nRT}{V}$ $\quad W = nRT \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$

isocora ⇒ $W = 0$

$V_F > V_I$ + gas compie lavoro su ambiente ⇒ W positivo

gas compresso ⇒ subisce $-W$ da ambiente

isobara ⇒ $W = p(V_B - V_A) = p\Delta V$

Primo principio

Lavoro indipendente da tipo di trasformazione tra due stati

$W_{ad} = -\Delta U = U_{in} - U_{fin}$ $\qquad Q = \Delta U = -W$

↓

equivalenza tra lavoro e calore

$$Q = \Delta U + W$$

1. Esiste funzione di stato chiamata energia interna le cui variazioni danno gli scambi energetici del sistema con l'esterno durante trasformazione
2. Energia fornita ad un sistema, immagazzinata come energia interna, può essere riutilizzata
3. Energia interna = energia legata alle proprietà interne del sistema come moto molecolare o forze intermolecolari che dipendono da temperatura, pressione e volume
4. si ha scambio di energia non esprimibile come scambio di lavoro macroscopico → calore
5. se un sistema esegue una trasformazione che lo riporta allo stato iniziale si ha trasformazione ciclica con: $\Delta U = 0 \Rightarrow Q = W$

   Se $Q > 0$, $W > 0$, fornisce lavoro ⇒ macchina termica
6. se si hanno trasformazioni infinitesime si ha: $dQ = dU + dW$

Elettrostatica

Tre costituenti: neutrone n: neutro, $m_n = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ ⇒ ionizzazione: sottrarre elettroni
protone p: positiva, $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$
elettrone e: negativa, $m_n = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ → la sua carica é la carica elementare

Principio conservazione della carica: in un sistema elettricamente isolato, la somma algebrica delle cariche rimane costante nel tempo e si conserva

Induzione elettrostatica: certa quantitá di elettroni liberi si sposti all'estremitá di un materiale se viene avvicinato un materiale carico

Legge di Coulomb

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

→ Forze esercitate da due cariche su terza carica, stessa distanza ⇒ $\frac{F_1}{F_2} = \frac{q_1}{q_2}$

→ due sfere con lo stesso raggio avranno la stessa metá carica ⇒ $\frac{q_1}{q_2} = \frac{R_1}{R_2}$

$$K = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi K} = 8{,}8542 \frac{C^2}{Nm^2} = \text{costante dielettrica nel vuoto}$$

$$F = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$e = 1{,}6022 \cdot 10^{-19}$

Campo elettrostatico: forza q_0 proporzionale a q_0 stessa

→ $E = \frac{F}{q_0} \left[\frac{N}{C}\right]$ = prodotto da una carica q_1 = $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1}{r_1^2}$

Linea di campo: presenza di una o piú cariche modifica lo spazio circostante.

Partendo da una generica posizione, e muovendosi per tratti infinitesimi successivi, ciascun parallelo e concorde al campo si ha una linea
Tangente al campo + verso del campo

Flusso del campo elettrico

Superficie $d\Sigma$ immersa in una regione in cui é definito campo E, e si orienta verso il versore della normale u_n

Flusso campo E, attraverso $d\Sigma$: $d\Phi(E) = E \cdot u_n d\Sigma = E\cos\alpha d\Sigma = E_n d\Sigma$

$\Downarrow$

$E>0$ uscente, $E<0$ entrante

$\Phi(E) = \int E_n d\Sigma \;\Big|\; \oint_\Sigma E_n d\Sigma$: chiusa

angolo solido: $d\Phi(E) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} d\Omega$

$\Downarrow$

$\int_\Sigma E \cdot u_n d\Sigma = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \int d\Omega = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \Omega$

Carica → interna: q/ε_0

↳ esterna: cono elementare sottende $d\Omega$ che stacca sulla superficie $d\Sigma_1$ e $d\Sigma_2$.

$d\Phi_1(E) = E_1 \cdot u_n d\Sigma_1 = -\frac{q}{4\pi\varepsilon_0} d\Omega$

$d\Phi_2(E) = E_2 \cdot u_n d\Sigma_2 = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} d\Omega = -d\Phi_1(E)$

Si ha flusso nullo

Legge di Gauss: il flusso del campo E attraverso una superficie chiusa é uguale alla somma algebrica delle cariche contenute entro la superficie, comunque siano distribuite, divisa per ε_0

Campo é costante nelle zone in cui E é parallelo a u_n

↳ $\Phi(E) = \oint E \cdot u_n d\Sigma = E\Sigma = q/\varepsilon_0$ campo: $E = \frac{q}{\varepsilon_0 \Sigma}$

- carica puntiforme: q_0 in un singolo punto dello spazio $\quad E = \frac{q_0}{4\pi r^2 \varepsilon_0}$

- filo carico infinito: $\Phi = E 2\pi R h$ $\quad E = \frac{1}{2\pi\varepsilon} \frac{\lambda}{r}$ $\quad \lambda = q/h$

filo infinito uniformemente carico da origine ad un campo elettrico il cui vettore di intensità é direttamente proporzionale alla densità di carica per unità di lunghezza e inversamente proporzionale alla distanza dal filo

▸ distribuzione planare: $\varepsilon_0 \oint E\,dA = q_{enc}$ $\varepsilon_0(EA+EA)=\sigma A$ $E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

Se si divide lo spazio omogeneo ed isotopo con un piano verticale, la condizione che zone a destra e sinistra del piano devono essere per simmetria indistinguibili impone che:

↳ le linee di campo devono essere perpendicolari al piano carico

↳ nei punti ad uguale distanza, a dx e sx del piano, il campo deve avere lo stesso valore

Lavoro elettrico/potenziale elettrostatico

↳ se q_0 subisce moto ⇒ causato da forza proporzionale a q_0 stessa
quando agisce una forza su una carica si ha campo elettrico (elettromotore)

↳ $E = F/q_0$ lavoro $= dW_1 = F\,ds = q_0 E\,ds = q_0 E \cos\alpha\,ds$ $\alpha = E$ e ds

Spostamento finito tra due punti: $W_1 = \int_A dW_1 = \int F\,ds = q_0 \int_A E\,ds$

Tensione elettrica tra due punti lungo A: $T_1 = \int_A E\,ds = \frac{W_1}{q_0}$

Potenziale elettrostatico: $V_A - V_B = \int_A^B E\,ds$

Differenza di potenziale: $W_{AB} = q_0(V_A - V_B) = q_0 \Delta V = -\Delta U_e \Rightarrow U_e = q_0 V$

Lavoro forza conservativa pari all'opposto della variazione di energia potenziale una carica in un campo elettrostatico possiede energia potenziale proporzionale al potenziale.

Una superficie dove i punti hanno lo stesso potenziale: equipotenziale, in un punto passa una e una sola superficie equipotenziale

$V(r) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ = costante → r = costante ⇒ superfici sferiche concentriche con centro nella carica

Conduttori: alcune cariche possono spostarsi al loro interno.

$E=0$ all'interno ; superficie equipotenziale

Teorema di Coulomb: $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} u_n$ verso: entrante → densità negativa
uscente → densità positiva

Condensatori: $C = q/V$ (capacità)

Sistema di due conduttori tra i quali c'è induzione completa si chiama condensatore. e i due conduttori sono le armature

↳ in parallelo: si comportano come un unico condensatore
capacità = somma delle capacità dei componenti

↳ in serie: capacità sempre minore alla capacità di ciascun condensatore

↳ $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$

Corrente elettrica e circuiti elettrici

Passaggio di elettroni da conduttore a potenziale minore rispetto ad uno a potenziale maggiore

↳ pila permette di creare corrente continua

densità di corrente: $i = J\Sigma = dq/dt \qquad J = n_+ e v_d \ \left(\frac{A}{m^2}\right)$

accelerazione elettroni: $a = F/m = -eE/m$

velocità di deriva: $v_d = -\frac{e\tau}{m} E$

conduttività: $J = \sigma E$ = legge di Ohm della conduzione elettrica

$E = \rho J \qquad \rho = 1/\sigma$ = resistività del conduttore

Resistenza del conduttore: $R = \rho \frac{h}{\Sigma}$

legge di Ohm per i conduttori metallici: $V = Ri$

Conduttanza: $G = 1/R$

Conduttori caratterizzati da una certa resistenza in circuiti ⇒ resistori

↳ resistori in serie: un estremo in comune. $V_1 = R_1 i \quad V_{TOT} = (R_1 + R_2) i = R_{eq} i$

R_{eq} ⇓ resistenza equivalente

→ resistori in parallelo: corrente entrante sia uguale a uscente

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Leggi di kirchhoff

In una rete ci sono nodi e rami.

Nodo: convergono almeno tre conduttori

Ramo: ciò che collega i nodi

Maglia: cammino chiuso costituito da più rami

→ legge dei nodi: somma algebrica delle correnti che confluiscono in un nodo è nulla

$$\sum_k i_k = 0$$

→ legge delle maglie: presa una maglia con il verso della corrente fissato

$$M = R - (N-1) \qquad \sum_k R_k i_k = \sum_k \mathcal{E}_k$$

Somma algebrica forze elettromotrici presenti nei rami della maglia uguale alla somma delle differenze di potenziale ai capi dei resistori situati nei rami della maglia

Campo magnetico

Azioni magnetiche non sono altro che la manifestazione dell'interazione tra cariche elettriche in movimento

Campo magnetico stazionario B può essere rappresentato con linee di forza $\left(T_{\text{tesla}} = \frac{N}{C\frac{m}{s}}\right)$

Perpendicolare alla velocità della particella

Somma delle masse magnetiche è sempre nulla $\oint B_{u_n} d\Sigma = 0$

→ flusso campo magnetico per superficie chiusa è nullo

→ particella in campo B: Forza di Lorentz $\Rightarrow F = qv \times B = qv \sin\alpha B$

Forza nulla se la velocità è parallela al campo, massima se ortogonale

→ $F = q(E + v \times B)$

Permeabilità magnetica nel vuoto: $\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i ds}{r^2} u_t \times u_r$ regola mano destra
↳ pollice: corrente

Legge di Ampère-Laplace → circuito chiuso $B = \frac{\mu_0 i}{4\pi}\oint \frac{ds \times u_r}{r^2}$

↳ filo rettilineo indefinito: filo conduttore 2a, punto P a distanza R dal filo

$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi}\frac{ds \operatorname{sen}\alpha}{r^2}$ Biot - Savart: $B = \frac{\mu_0 i u_\phi}{2\pi R}$

↳ due fili paralleli distanti R: $F_{ab} = i_b L \times B_a = i_b L \frac{\mu_0 i u_\phi}{4\pi R}$

↳ spira circolare nel centro: $B = \frac{\mu_0 i}{2R} u_n$

Equazioni di Maxwell nel vuoto per un campo statico (J: densità di corrente)

$$\oint F dA = \frac{Q}{\varepsilon_0} \qquad \oint B dA = 0 \qquad \oint E ds = 0 \qquad \oint B ds = \mu_0 J$$

Campo non statico

$$\oint E ds = \frac{-d\Phi_B}{dt} \qquad \oint B ds = \mu_0 J + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$$

Esami

Pendolo

seconda legge di Newton: $mL^2 \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -mgL \operatorname{sen}\alpha$

moto armonico: $\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -\frac{g}{L}\alpha$ $\alpha = A\cos(\omega t + \phi)$
A = ampiezza massima
ω = pulsazione angolare
ϕ = fase iniziale

periodo: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

Invece di una corda con massa ho una singola sbarra di lunghezza I?

momento inerzia $= mL^2 = m\frac{I^2}{3}$

equazione: $\frac{mI^2}{3}\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -mg\frac{I}{2}\operatorname{sen}\alpha$

piccole oscillazioni: $\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -\frac{3g}{2I}\alpha$

Periodo: $T = 2\pi\sqrt{\frac{2I}{3g}}$ Periodo aumenta

Teorema di Gauss: flusso del campo elettrico attraverso una superficie chiusa e' pari alla somma delle cariche elettriche interne divisa per la costante dielettrica

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

Φ_E: flusso campo elettrico
$\vec{E}$: campo elettrico
$d\vec{S}$: superficie orientata
Q_{int}: carica elettrica totale
ϵ_0: costante dielettrica nel vuoto

Forza di Lorentz: forza che si esercita su una carica elettrica in movimento in un campo elettromagnetico ($\vec{E}$ elettrico e $\vec{B}$ magnetico)

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

q: carica
$\vec{v}$: velocità
$\vec{B}$ ed $\vec{E}$: campi

$$F_L = |q|\sqrt{E^2 + v^2B^2 + 2EvB\sin\alpha}$$ α: angolo tra $\vec{E}$ e $\vec{v}$

$F_L = |q|vB\sin\alpha \Rightarrow$ **massimo**: $\alpha = \frac{\pi}{2}$

minimo: $\alpha = 0$, $\alpha = \pi$

Se particella entra in $\vec{B}$ con $\alpha = 90°$ rispetto a $\vec{B}$, il suo moto è una circonferenza
Agisce come forza centripeta

$$R = \frac{mv}{|q|B}$$