1

Capitolo W74

prontuario: fenomeni ondulatori

Contenuti delle sezioni

13 pagine

W74 a. onde

W74 a.01 onde meccaniche: marine, sonore, sismiche - seguono le leggi di Newton
onde elettromagnetiche: raggi X, ultravioletti, luce visibile, microonde, onde radio - vibrazioni del campo elettromagnetico (em) - si muovono alla velocità della luce
onde intrinseche delle particelle atomiche e subatomiche (elettroni, protoni, neutroni, molecole) - rette dalla meccanica quantistica

onde trasverersali: corde tese, campo em   onde longitudinali: onde sonore

onde stazionarie e onde progressive $y = h(x,t)$

W74 b. acustica

W74 b.01 onde acustiche

onde meccaniche longitudinali che possono attraversare mezzi solidi, liquidi e gassosi

velocità di un'onda sonora in un mezzo con modulo di compressibilità B e massa volumica $\rho(P)$

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho(P)}}$$

velocità del suono nell'aria alla presione di 1 atmosfera e a 20°C: 343 m/s

onda sonora in un mezzo caratterizzata da lunghezza d'onda λ, frequenza f, $\omega = 2\pi f$ e $k = 2\pi/\lambda$;
spostamento longitudinale di un elemento del mezzo $s(x,t) = s_m \cos(k\,x - \omega\,t)$
dove s_m ampiezza di spostamento dall'equilibrio,
variazione (oscillatoria) della pressione rispetto alla pressione all'equilibrio
$\Delta p(x,t) = \Delta p_m \sin(k\,x - \omega\,t)$ dove Δp_m ampiezza della variazione della pressione

W74 b.02 interferenza acustica

onde sonore con la stessa lunghezza d'onda generate nei punti P_1 e P_2 con differenza di fase ϕ agenti su punto P del mezzo per il quale la differenza delle lunghezze dei percorsi è $\Delta L := |P - P_1| - (P - P_2|$
differenza di fase delle onde in P $\phi = \dfrac{\Delta L}{\lambda}\,2\,\pi$
interferenza totalmante costruttiva $\phi = 2\pi m$ per $m = 0, 1, 2, ...$. ossia $\dfrac{\Delta L}{\lambda} = 0, 1, 3, ...$
interferenza totalmente distruttiva $\phi = (2m+1)\pi m$ per $m = 0, 1, 2, ...$ ossia $\dfrac{\Delta L}{\lambda} = \dfrac{1}{2}, \dfrac{3}{2}, \dfrac{5}{2}, ...$

Intensità di un'onda sonora per una superficie di area A: potenza media che investe una unità della superficie $I = \dfrac{\overline{P}}{A}$ con $\overline{P}$ potenza mediata nel tempo

$$I = \frac{1}{2}\,\rho\,v\,\omega^2\,{x_m}^2$$

intensità sonora in un punto a distanza r dalla sorgente puntiforme che emette onde di potenza P_s

$$I = \frac{P_s}{4\pi r^2}$$

livello sonoro in bel (B) o decibel (dB) $\beta := \ln I\ I_0$ con $I_0 = 10^{-12}\,\mathrm{W/m^2}$ livello di riferimento convenzionale per le varie intensità che si incontrano nella pratica. L'aumento di 1 B corrisponde a una intensità decuplicata.

W74 b.03 uno strumento a fiato presenta una canna di lunghezza L nella quale l'aria si muove con velocità v ed è fatta risuonare.

uno strumento con due estremità aperte risuona alle frequenze $f = \dfrac{v}{\lambda} = n\,\dfrac{v}{2L}$ con $n = 1, 2, 3, ...$ uno strumento con una estremità chiusa frequenze $f = \dfrac{v}{\lambda} = n\,\dfrac{v}{4L}$ con $n = 1, 3, 5, ...$

battimenti: effetti che si osservano in un punto quando viene raggiunto da due onde sonore con frequenze f_1 e f_2 leggermente diverse; frequenza del battimento $|f_2 - f_1|$

effetto Doppler: effetto osservato quando una sorgente sonora e un rilevatore si muovono rispetto al mezzo; se la sorgente si muove con velocità v_s r il rilevatore con velocità v_R e se la frequenza della sorgente è f, la frequenza osservata dal rilevatore è $f_{oss} = \frac{v \pm v_R}{v \pm v_s}$ con i segni da determinare in modo che f_{oss} sia maggiore con l'avvicinamento e minore con l'allontanamento

onda d'urto: si osserva quando una possibile sorgente sonora si muove con velocità superiore a quella del suono nel mezzo, con velocità supersonica; la sorgente lascia dietro di se onde sferiche che risultanotangenti a un cosiddetto cono di Mach avente come semiangolo $\theta = \arcsin\left(\frac{v}{v_S}\right)$;
$\frac{v}{v_S}$ numero di Mach usato per esprimere le velocità supersoniche

W74 c. ottica geometrica

W74 c.01 velocitàdella luce nel vuoto: $c = 2,99792458 \mathrm{m/s}$
indice di rifrazione di un mezzo trasparente alla luce nel quale la luce si muove con velocità v: $n = \frac{c}{v}$
raggio incidente secondo angolo θ_1 su piano che separa mezzo 1 da mezzo 2 con indici di rifrazione n_1 e n_2 comporta riflessione con angolo θ_1 e rifrazione con angolo θ_2; legge di Snell: $n_2 \sin\theta_2 = n_1 \sin\theta_1$
riflessione totale interna possibile per $n_2 < n_1$ quando $\theta_2 = 90°$, ossia con angolo di incidenza critico $\theta_1 = \arcsin\frac{n_2}{n_1}$.

W74 c.02 specchio piano e immagine virtuale
specchio sferico di raggio r, se concavo $r > 0$, se convesso $r < 0$;
oggetto a distanza p dallo specchio ha inmmagine a distanza i tale che $\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$
ingrndimnto trasversale $m = -\frac{i}{p}$
superficie rifrangente sferica tra due mezzi con indici n_1 e n_2
per angolo di incidenza piccoli $\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{i} = \frac{n_2 - n_1}{r}$
lenti sottili e aggi parassiali; ancora $\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$
lente sottile con indice n con raggi di curvature r_1 r_2, il primo dalla parte dell'oggetto, immersa nell'aria (indice 1,0029 ≈ 1)

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)/4$$

W74 d. ottica ondulatoria

W74 d.01 principio di Huygens per la trasmissione 3D delle onde: in ogni istante t ogni punto del fronte d'onda si comporta da sorgente di onda sferica elementare e all'istante $t + \Delta t$ il fronte d'onda si ottiene come superficie tangente alle suddette sfere.
da esso scende la legge di diffrazione per la trasmissione della luce

La lunghezza d'onda λ_n del La radiazione luminosa avente la lunghezza d'onda Λ nel vuoto, in un mezzo avente indice di rifrazione $n = \dfrac{c}{v}$ presenta la lunghezza d'onda $\lambda_n = \dfrac{\lambda}{n}$

W74 d.02 Esperienza di Young: fonte luminosa, schermo B con due fenditure la cui distanza è d; schermo successivo C sul quale si osservano figure di diffrazione consistenti nelle differenze di illuminazione che si hanno nei diversi punti dovute ai diversi cammini percorsi dai raggi provenienti dalle due fenditure.
massimo di intensità nei punti con distanza dei percorsi $d\,\sin\theta = m\,\lambda$, per $m = 1, 2, 3, ...$ (interferenza costruttiva, onde in fase;
minimo di intensità nei punti con $d\,\sin\theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)$ per $m = 1, 2, 3, ...$, ossia interferenza distruttiva costruttiva, onde in opposizione di fase
θ angolo tra cammino luminoso e direzione fonte fenditure, caratterizza punto illuminato

Due onde luminose che si sovrappongono presentano interferenza osservabile solo se si mantengono coerenti nel tempo, ossia preentano differenza di fase costante nel tempo.
Due onde luminose coerenti con la stessa intensità I_0 sullo schermo C di osservazione producono un'onda avente intensità

$$I(\theta) = 4\,I_0\,\cos^2(\phi\ o2) \quad \text{con} \quad \phi = \frac{2\,\pi\,d}{\lambda}\,\sin\theta$$

W74 d.03 **interferenza su lamine sottili** raggio luminoso che incide quasi perpendicolarmente su lamina sottile provoca raggio riflesso da superficie frontale e raggio riflesso da superficie posteriore che interferiscono.
per pellicola di spessore L e indice di rifrazione n_p sospesa nell'aria su cui incide luce con lunghezza d'onda nell'aria λ si ha
luce riflessa di intensità massima per $2\,L = \left(m + \dfrac{1}{2}\right)\,\dfrac{\lambda}{n_p}$ per $m = 0, 1, 2, ...$
luce riflessa di intensità minima per $2\,L = m\,\dfrac{\lambda}{n_p}$ per $m = 0, 1, 2, ...$

Luce incidente su interfaccia tra mezzi con diversi indici di rifrazione;
se proviene da mezzo con indice di rifrazione minore la riflessione comporta cambiamento di fase di π radianti, ossia mezza fase
se viceversa nessun cambiamento di fase.
con la rifrazione nessun cambiamento di fase

W74 d.04 **interferometro di Michelson**
Apparecchi che consente di misurare lunghezze con grande accuratezza, ell'ordine delle lunghezze delle onde luminose.
Un fascio luminoso viene separato in due fasci che compiono due cammini diversi evengono riuniti, fatti interferire per formare una figure di interferenza che presenta frange ben osservabili; variando la lunghezza di uno dei due cammini dalle frange si ricava una distanza con grande precisione.

W74 d.05 **diffrazione**

Fenomeno che vede un'onda la cui propagazione si disperde quando incontra un bordo di superficie o un ostacolo opaco, oppure attraversa una aperture con estensione confrontabile con la sua lunghezzza d'onda e conseguentemente risulta soggetta a interferenza.,

Difrazione da stretta fenditura di larghezza a: la figura di diffrazione presenta un massimo centrale la cui intensità denotiamo con I_m, e minimi alternati a massimi tanto più piccoli quanto meno centrali. Minimi in relazione ad angolo di diffrazione θ tali che $a\sin\theta \;=\; m\,\lambda$ per $m = 1, 2, 3, ...$
intensità della luce rifratta $I(\theta) \;=\; I_m\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^{@}$ con $\alpha \;=\; \frac{\pi\,a}{\lambda}\sin\theta$

diffrazione da apertura circolare con diametro d; produce figura di diffrazione con simmetria circolare con un massimo assoluto centrale e massimi concentrici via via più ridotti che si alternano a minimi.
il primo minimo corrisponde ad angolo $\theta_1 = 1,22\,\frac{\lambda}{d}$

W74 d.06 **criterio di Rayleigh**: due oggetti osservati da microscopio o da telescopio sono distinguibili solo se producono figure di diffrazione comporta con distanze angolari tra i corrispondenti massimi assoluti superiori alla distanza d tra un massimo e il corrispondente primo minimo, ossia superiore a

$$\theta_R = \arcsin\left(\frac{1,22\lambda}{d}\right) \;\approx\; 1,22\,\frac{\lambda}{d}$$

diffrazione da doppia feditura: onde che attraversano due fenditure parallele entrambe di larghezza d e con distanza a producono onde diffratte la cui intensità al variare dell'angolo di diffrazione θ è
$I(\theta) = I_m\,\cos^2\beta\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2$ con $\beta = \frac{\pi d}{\lambda}\sin\theta$ e $\alpha = \frac{\pi\,a}{\lambda}\sin\theta$

W74 d.07 reticolo di diffrazione: sequenza di N fenditure che consentono di separare un'onda incidente nelle sue componenti relative a diverse lunghezze d'onda utilizzando le diverse separazioni angolari; questo reticolo alla distanza d produce massimi principali ad angoli $\theta(\lambda)$ tali che $d\sin\theta = m\,\lambda$ per $m = 1, 2, 3, ...$ aventi larghezze angolari massime $\Delta\theta(\lambda) = \frac{\lambda}{N\,d\,\cos\theta}$
tale reticolo è caratterizzato dalle dispersioni $D(m) := \frac{\Delta\theta(m)}{\lambda} = \frac{m}{d\,\cos\theta}$ e dai poteri risolutori $R(m) := \frac{\overline{\lambda}}{\mathrm{A}lt\lambda} = N\,m$
I cristalli, grazie ala disposizione regolare dei loro gruppi atomici, costituiscono reticoli di diffrazione tridimensionali per radiazioni con lunghezze d'onda confrontabili con le distanze interatomiche come i raggi X.
Un reticolo ideale ha gli atomi disposti su piani che presentano la stessa distanza d con i piani contigui; esso genera massimi di diffrazione dovuti a interferenze costruttive quando la direzione θ dell'onda incidente rispetto ai piani e la lunghezza d'onda λ sono tali da soddisfare la legge di Bragg $2\,d\sin\theta = m\,\lambda$ per $m = 1, 2, 3, ...$

W74 e. elettrostatica

W74 e.01 legge di Coulomb $\mathbf{F} \;=\; \mathcal{K}\,\frac{q_1\,q_2}{r^2}\,\frac{\mathbf{r}}{r} \;=\; \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\,\frac{q_1\,q_2}{r^2}\,\frac{\mathbf{r}}{r}$

costante elettrostatica o costante di Coulomb: $\mathcal{K} = 8,99\cdot 10^9\,\mathrm{N\,m^2/C^2} \;=\; 8,99\cdot 10^9\,\mathrm{kg\,m^3\,C^{-2}\,s^{-2}}$

costante dielettrica nel vuoto: $\epsilon_0 = 8,85\cdot 10^{-12}\,\mathrm{C^2/(N\,m^2)}$, $4\pi\epsilon_0 = 1,1121238\cdot 10^{-10}\,\mathrm{C^2/(N\,m^2)}$

$1\ \mathrm{J} = 1\ \mathrm{N\ m} = 1\ \mathrm{W\ s} = 1\ \mathrm{kg\ m^2/s^2} = 1CV$

elettrone e^- e β^- protone H^+

carica dell'elettrone: $-\mathsf{e} = -1,602\,176\,634\cdot 10^{-19}\mathrm{C}$ carica del protone : e

$\mathsf{e}^2 \;=\; 2,5604\cdot 10^{-38}\mathrm{C}^2$ $\mathcal{K}\,\mathsf{e}^2 \;=\; 2,3018\cdot 10^{-28}\,\mathrm{N\,m^2}$ quantizzazione delle cariche elettriche: $q = n\,\mathsf{e}$, $n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$.

massa dell'elettrone: $m_e = 9,1094\cdot 10^{-31}\mathrm{kg} \;=\; 0,511\cdot 10^{-4}\mathrm{MeV/c^2}$

massa del protone: $m_p = 1,6726\cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \;=\; 938,272\ \mathrm{MeV/c^2}$ $m_p/m_e = 1836,152\,673\,426$

$\frac{\mathsf{e}}{m_e} = 1,758\,8047\cdot 10^{11}\ \mathrm{C/kg}$, $\frac{\mathsf{e}}{m_p} = 9,578\,833\,1430\cdot 10^7\mathrm{C}/kgrm$

potenziale elettrico generato da carica Q a distanza r : $V = \mathcal{K}\,\frac{Q}{r}$ *quindi* $U = V\,q = \mathcal{K}\,\frac{q\,Q}{r}$

conservazione dell'energia : $U_1 + K_1 \;=\; U_2 + K_2$ i.e. $K_2 - K_1 \;=\; U_1 - U_2$

velocità di fuga v_f di particella con carica q e massa m, tale che $K_2 = U_2 = 0$ e quindi

$K_1 = \frac{1}{2} m {v_f}^2$ i.e. $v_f = \sqrt{\frac{2\,|U_1|}{m}}$

in generale $\frac{1}{2}\,M\,\left({v_f}^2 - {v_i}^2\right) \;=\; \mathcal{K}\,q\,Q\,\left(\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_f}\right)$

$\frac{\mathcal{K}\,\mathsf{e}^2}{m_e} \;=\; 2,52\,684\ \mathrm{m^3/s^2}$

W74 f. campi elettrici e legge di Gauss

W74 f.01
Ogni carica elettrica genera un campo vettoriale nello spazio che la circonda, il suo campo elettrico
I campi elettrici delle diverse cariche elettriche si sommano vettorialmente, principio di sovrapposizione
Per la forza $\mathbf{F}$ esercitata su ciascuna carica q_0 posta nella posizione $\mathbf{r}$ del campo elettrico $\mathbf{E}$ si ha $\mathbf{F} = q_0\,\mathbf{E}$

Il campo elettrico è rappresentato utilmente dalle linee di campo elettrico; ciascuna di tali linee ha in ciascun punto la dirazione del campo elettrico, le diverse linee si addensano nello spazio tanto più quanto più il campo è intenso e hanno l'orientazione che allontana dalle cariche negative e avvicina alle positive.

la carica puntiforme q (con segno) collocata nell'origine genera il campo $\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \dfrac{1}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{q}{r^2}\dfrac{\mathbf{r}}{r}$
se $q > 0$ campo diretto oppoostamente alla carica, se $Q < 0$ diretto verso la carica.

W74 f.02 dipolo elettrico: sistema costituito da due cariche opposte q positiva e $-q$ mantenute a una piccola distanza fissa d
asse del dipolo: retta orientata passante per le due cariche diretta dalla carica negativa alla positiva; spesso viene fatta coincidere con l'asse Oz
momento del dipolo $\mathbf{p}$, vettore diretto come l'asse di dipolo (da $-q$ a q) e di intensità $q\,d$
genera campo elettrico che in un punto dell'asse di dipolo Oz vale $\mathbf{E}(z) = \dfrac{1}{2\pi\epsilon_0}\dfrac{p}{z}\mathbf{e}_z$ (—z— distanza del punto dal [centro del] dipolo)

W74 f.03 Una distribuzione continua di cariche $\rho(\mathbf{r})$ genera un campo elettrico $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ ottenuto considerando mediante integrazione vettoriale tutti i campi elettrici generati dagli elementi infinitesimi di cariche elettriche rappresentati da $\rho(\mathbf{r})$. unità debye $1D = 3,34 \cdot 10^{-39}\mathrm{C\,m}$

intensità del campo elettrico generato da un disco di raggio R uniformemente carico con densità areale di carica σ in un punt dell'asse del disco a distanza $z > 0$ dal centro del disco

$$E \;=\; \frac{\sigma}{e\epsilon_0}\left(1 - \frac{z}{\sqrt{z^2+R^2}}\right)$$

un campo elettrico $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ sopra un dipolo elettrico con momento di dipolo $\mathbf{p}$ esercita un momento torcente $\overline{\tau} = \mathbf{p} \times \mathbf{E}(\mathbf{r})$
il dipolo possiede una energia potenziale $U(\mathbf{r}) = -\mathbf{p}\cdot\mathbf{E}$ fortemente dipendente dalla sua orientazione; energia nulla sse $\mathbf{p}$ è perpendicolare a $\mathbf{E}$, energia minima pari a $-p\,E$ sse $\mathbf{p}$ ed $\mathbf{E}$ sono equiorientati, energia massima uguale a $p\,E$ sse $\mathbf{p}$ ed $\mathbf{E}$ hanno orientazioni opposte.

W74 f.04 **legge di Gauss**:
data una regione R connessa dello spazio, denotiamo con Σ la superficie chiusa che la delimita, denotiamo con q_{int} la carica elettrica complessiva che si trova in R e denotiamo con $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ il campo elettrico che essa genera; consideriamo σ una delle porzioni infinitesime nelle quali si può ripartire la superficie Σ caratterizzata da un suo punto $\mathbf{r}$ da pensare variabile $\mathbf{r} \in \Sigma$, o più compiutamente da $\mathrm{d}\mathbf{A}(\mathbf{r})$, vettore applicato in $\mathbf{r}$, ortogonale alla superficie, rivolto verso l'esterno della regione R e avente il modulo uguale all'area della σ e quindi vettore applicato infinitesimo;
definiamo come flusso netto di $\mathbf{E}$ attraverso Σ $\Phi \;:=\; \displaystyle\iint_\Sigma \mathbf{E}\cdot\mathrm{d}\mathbf{A}$,
dove l'integrale doppio va pensato come limite della somma di prodotti scalari $\Delta\Phi := \mathbf{E}\cdot\Delta\mathbf{A}$ associati ad approssimazioni della Σ con superfici piane sempre più piccole.

La legge di Gauss afferma $\epsilon_0\,\Phi \;=\; q_{int}$

legge fondamentale dell'elettrostatica equivalente alla legge di Coulomb che consente di ottenere con semplicità molti utili risultati

W74 f.05 in un corpo conduttore isolato una carica in eccesso si colloca interamente sula sua superficie

il campo elettrico vicino alla superficie di un conduttore carico isolato è perpendicolare alla superficie e la sua intensità vale $E = \dfrac{q_a}{\epsilon_0}$ dove q_a esprime la densità di carica superficiale (o areale); all'interno del conduttore il campo elettrico è nullo.

Consideriamo una carica lineare distribuita su una retta con densità lineare uniforme q_l, quindi carica ideale infinita; il campo elettrico che genera in ogni punto è diretto perpendicolarmente alla retta e ha intensità costante $E = \dfrac{q_a}{2\epsilon_0}$.

Consideriamo una carica superficiale distribuita su un piano con densità areale uniforme q_a, quindi carica ideale infinita; il campo elettrico che genera in ogni punto è diretto perpendicolarmente al piano e ha intensità $E = \dfrac{q_l}{2\pi\epsilon_0 r}$, dove r è la distanza del punto dalla retta.

W74 f.06 Consideriamo un guscio sferico conduttore isolato carico di raggio R che porta una carica totale q; il campo elettrico che genera in un punto **r** esterno ($r > R$) è diretto radialmente ed ha intensità $E = \dfrac{1}{4\pi\epsilon_0}\,\dfrac{q}{r^2}$; La carica agisce su tutti i punti esterni come se fosse concentrata tutta nel centro del guscio; all'interno del guscio conduttore il campo è nullo.

Consideriamo una sfera di raggio R uniformmente carica (quindi costituita da materiale non conduttore) che porta una carica totale q; in ogni punto interno distante r dal suo centro ($r \le R$) si ha il campo elettrico diretto radialmente e con intensità $E \;=\; \dfrac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}\,\dfrac{r}{R}$

W74 g. potenziale elettrico

W74 g.01 campo elettrico $\mathbf{E}(P)$ conservativo

potenziale elettrico nel punto P di un campo elettrico: $V(P) = \frac{-L}{q_0} = \frac{U(P)}{q_0}$ con L lavoro per portare carica q_0 dall'infinito in P e $U(P)$ energia potenziale immagazzinata da q_0; è indipendente da q_0

$U(P) = qV(P)$ per spostare q da P_i a P_f: $\Delta U = q\big(V(P_f) - V(P_i)\big)$

in assenza di forze non di campo elettrico $\Delta K = -q\Delta V$

in presenza di forza esterna che compie su q lavoro L_e: $\Delta K = -q\Delta V + L_e$

se non cambia la velocità della q: $L_e = q\Delta V$

superficie equipotenziale: in tutti i suoi punti il campo elettrico è ortogonale

differenza di potenziale $V(P_f) - V(P_i) = -\int_{P_i}^{P_f} \mathbf{E} \cdot \mathrm{d}\mathbf{S}$

per campo elettrico uniforme E: $\Delta V = -E\,\Delta x$

potenziale da carica puntiforme in punto distante r $V\mathcal{K}\,\frac{q}{r}$

potenziale da n cariche puntiforme q_i distanti r_i $V\mathcal{K}\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_i}$

W74 g.02 potenziale di dipolo elettrico avente momento di dipolo $p = q\,d$: $V = \mathcal{K}\,\frac{p\,\cos\theta}{r^2}$ se $r >> d$

potenziale generato da distribuzione continua di cariche nella regione R: $V(P) = \mathcal{K}\int_R \frac{\mathrm{d}q(Q)}{|P-Q|}$

componente del campo elettrico nella direzione s $E_s = \frac{\partial V}{\partial s}$

per campo uniforme $E = \frac{\Delta V}{\Delta s}$

energia potenziale elettrica di cariche q_1 e q_2 distanti r e lavoro per avvcinarle: $U = L = \mathcal{K}\,\frac{q_1\,q_2}{r}$

la carica su un conduttore si dispone sulla sua superficie e i suoi punti si trovano allo stesso potenziale, come tutti i punti interni.

W74 h. capacità elettrica

W74 h.01 condensatore: dispositivo costituito da due corpi conduttori isolati che, quando il condensatore si dice carico portano cariche di segno opposto $+q$ e $-q$ dette piatti (anche se molti condensatori hanno forme molto diverse dalle piastre); viene caratterizzato dalla capacità $C = \frac{q}{V}$, dove V è la differenza di potenziale tra i due piatti, grandezza indipendente dalla carica q.

nel sistema **S.I.** l'unità di misura delle capacità è il farad definito come 1 coulomb / 1 volt e che si scrive $1\ \mathrm{F} := \frac{1\ \mathrm{C}}{1\ \mathrm{V}}$

La carica di un condensatore si può cercare di misurare caricandolo con una carica q e la sua opposta, valutando il campo elettrico generato (ricorrendo alla legge di Gauss), misurando la differenza di potenziale che si è stabilita e applicando la definizione;

W74 h.02 condensatore piano con piatti piani paralleli di area A posti a distanza d: $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$

condensatore cilindrico formato da due lunghi cilindri coassiali aventi raggi a e b con $a < b$ ed estensione assiale L: $C = 2\pi\epsilon_0 \frac{L}{\ln(b/a}$

condensatore sferico i cui piatti sono due gusci sferici concentrici con raggi a e b con $a < b$: $C = 4\pi\epsilon_0 \frac{a\,b}{b-a}$

condensatore costituito da una sfera di raggio R e da una sfera ipotetica di raggio infinito (caso limite del precedente): $C = 4\pi\epsilon_0\, R$

W74 h.03 connettendo diversi condensatori si ottiene un dispositivo che si può assimilare ad un unico condensatore al quale si associa una capacità da considerare capacità equivalente del dispositivo reale, grandezza che denotiamo con C_{eqv};

condensatori aventi capacità C_1, ... C_n collegati in parallelo: $C_{eqv} = \sum_{i=1}^{n} C_i$

condensatori aventi capacità C_1, ... C_n collegati in serie: $\frac{1}{C_{eqv}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}$

Possono essere interessanti anche combinazioni in parallelo e in serie di dispositivi qa loro volta ottenuti con questi tipi di composizioni e con le capacità equivalenti ottenute estendendo opportunamente le formule precedenti.

W74 h.04 Un condensatore caricato con cariche elettriche $\pm q$ e capacità C possiede una energia potenziale elettrica $U = \frac{q^2}{2\,C} = \frac{1}{2}\,C\,V^2$;
questa corrisponde al lavoro richiesto per trasferire sui piatti le due cariche inizialmente separate e a distanza infinita;
si può attribuire questa energia al campo elettrico interno e, si può generalizzare attribuendo una energia potenziale ad ogni campo elettrico, quale che sia la sua costituzione;
è utile definire come densità di energia di un campo elettrico $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ la sua energia potenziale per unità di volume $U(\mathbf{r}) = \frac{1}{2}\,\epsilon_0\,E(\mathbf{r})^2$

W74 h.05 può esere conveniente riempire completamente lo spazio tra i due piatti di un condensatore con un dielettrico, ossia con materiale isolante; infatti in tal modo si aumente la capacità del condenzatore di un fattore ϵ_r detto costante dielettrica relativa, caratteristica del materiale introdotto;

nella regione occupata dal dielettrico tutte le equazioni dell'elettrostatica contenenti ϵ_0 devono essere modificate sostituendo questa costante con $\epsilon := \epsilon_r\, \epsilon_0$;
l'effetto dovuto all'introduzione di un dielettrico si spiega fisicamente considerando che il campo elettrico agisce sui dipoli permanenti o indotti nello strato di materiale dielettrico portando alla formazione di cariche superficiali che causano una riduzione del campo elettrico all'interno dello strato stesso.

La legge di Gauss è stata stabilita per un campo elettrico nel vuoto; all'interno di un dielettrico deve essere riscritta nella forma più generale $\epsilon_0 \iint_\Sigma \epsilon_r \mathsf{E}(\mathsf{r}) \cdot \mathrm{d}\mathsf{A}(\mathsf{r}) \;=\; q$, nella quale q include solo le cariche libere nel campo, le cariche indotte essendo state tenute in conto dal fattore ϵ_r