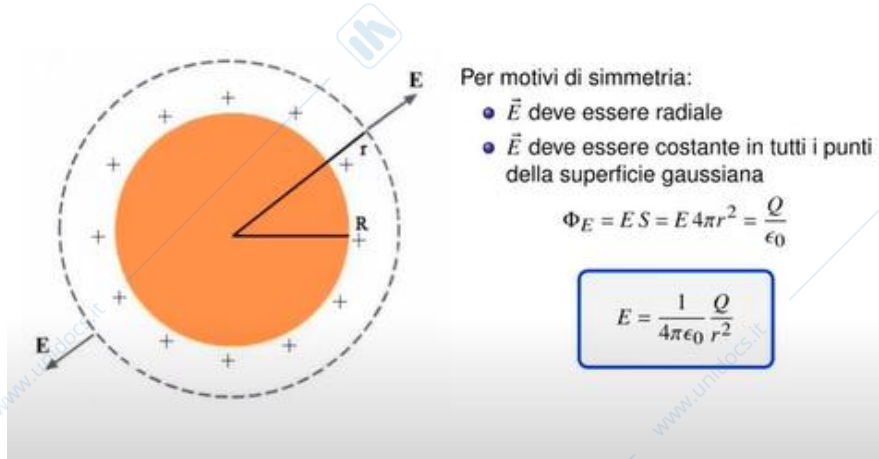


Continuazione campo elettrico potenziale.

17. potenziale sfera conduttrice:

Campo all'esterno di una sfera conduttrice carica



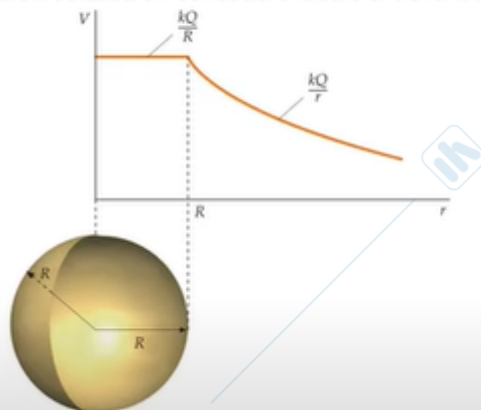
Le cariche si dispongono sulla superficie della sfera e all'interno il campo elettrico è zero, mentre all'esterno segue lo stesso andamento del campo di una carica puntiforme.

Se vogliamo trovare il potenziale di una sfera conduttrice carica, abbiamo bisogno di una funzione che una volta derivata mi dia zero per una distanza dal centro della sfera compresa tra 0 ed r . Quindi per avere $E=0$, V deve essere costante.

Esternamente, quale sarà il potenziale elettrostatico? Avrà lo stesso andamento della carica puntiforme, come il campo elettrico.

Potenziale di una sfera conduttrice carica

In elettrostatica un conduttore ideale si trova tutto allo stesso potenziale



- All'interno del conduttore $\vec{E} = 0$ e quindi $V = \text{costante}$
- All'esterno il campo elettrico è uguale a quello di una carica puntiforme e quindi:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} \quad r \geq R$$

e per continuità:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R} \quad r \leq R$$

Quindi nel caso di una sfera uniformemente carica abbiamo questo tipo di andamento.

Esternamente alla sfera dato dalla formula, cioè la carica depositata sulla superficie della sfera diviso r .

Se la carica è positiva risale fino ad arrivare ad un certo valore sulla superficie della sfera, cioè:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}$$

Poi dobbiamo proseguire con una funzione costante fino al centro della sfera, per cui:

all'interno rimane costante e per avere una funzione continua non possiamo fare altro che mantenerci a questo livello.

Quindi per tutti i punti all'interno della sfera fino alla superficie della sfera, il potenziale è costante.

Quindi possiamo affermare che la formula indichi il potenziale della sfera.

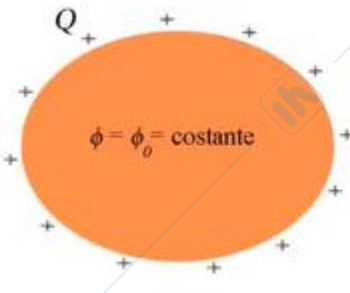
Per la geometria sferica esiste una proporzionalità sferica tra due quantità: la quantità di carica (sull'armatura) e il potenziale su cui si trova la sfera.

L'espressione dice che la carica sulla sfera è uguale a

$$Q = 4\pi\epsilon_0 R V$$

La carica che viene depositata sulla sfera è direttamente proporzionale al potenziale. Questa proprietà è tipica di molte situazioni, di tutti i conduttori e di altri tipi di elementi di un circuito che sono i condensatori.

Capacità elettrica



Corpo conduttore con carica Q

La carica sul conduttore è proporzionale al potenziale del conduttore

$$Q = C \phi_0$$

C = capacità del conduttore

Unità di misura nel SI:

$$\text{farad} = \text{coulomb/volt} \quad (F = CV^{-1})$$

Possiamo definire questa quantità come capacità elettrica.

Quanto le cariche sono infinite il potenziale è 0.

Se noi poniamo un corpo ad un certo potenziale V , rispetto al potenziale di riferimento quando le cariche sono molto lontane, sul corpo si deposita una carica Q , cioè la carica presente sul conduttore è direttamente proporzionale alla differenza di pressione.

Questo non è vero solo per la sfera ma anche per i conduttori con diversissime geometrie; questa caratteristica viene chiamata capacità del conduttore.

Capacità di una sfera conduttrice

Carica Q distribuita uniformemente sulla superficie di una sfera di raggio R

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} \quad \forall r \geq R$$

$$V(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R} \quad \Rightarrow \quad Q = 4\pi\epsilon_0 R V$$

$$C = 4\pi\epsilon_0 R$$

Esempio: $r = 1\text{m}$

$$C = \frac{1}{9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2} C^2 \cdot 1\text{m} = 0.1 \cdot 10^{-9} F = 0.1 \text{ nF}$$

Per la sfera uniformemente carica assume questo valore indicato dalla formula.

18. condensatori:

Condensatori

- Un condensatore è un sistema elettrico costituito da due conduttori isolati elettricamente sui quali si vengono a depositare cariche uguali ed opposte
- Se una carica elettrica $+Q$ viene posta su di una armatura questa induce una carica $-Q$ sull'altra
- Q è proporzionale alla caduta di potenziale tra i due conduttori (armature)

$$Q = C \Delta V$$

- Simbolo elettrico



il simbolo elettrico riportato ricorda uno delle rappresentazioni pratiche di questo elemento di circuito che è una configurazione in cui si ha un doppio piano di cariche che si trovano affacciate ad una distanza ravvicinata.

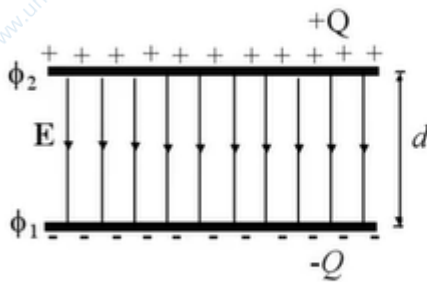
La piastra viene detta armatura del condensatore.

Per induzione la carica $+Q$ richiamerà cariche $-Q$

Quindi sul condensatore viene ad essere presente una differenza di potenziale (ΔV) e sulle armature è depositata una carica $+Q$ su un'armatura e $-Q$ sull'altra.

Capacità di un condensatore piano

$$Q = 4\pi\epsilon_0 R \Delta V$$



$$\Delta V = \phi_2 - \phi_1$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{A\epsilon_0}$$

$$\Delta V = Ed = \frac{Qd}{A\epsilon_0}$$

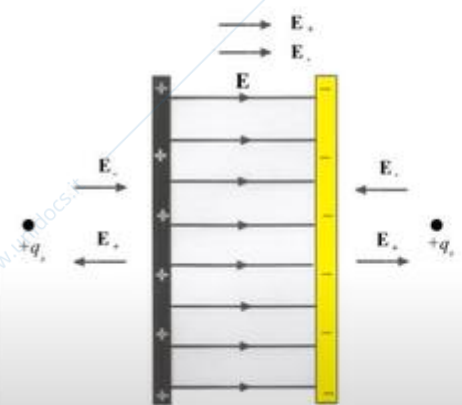
$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

In rosso c'è la formula della sfera carica.

La costante di proporzionalità per un condensatore piano si chiama capacità di un condensatore tra due armature molto grandi affacciate all'interno su uno spazio vuoto.

Doppio strato

Si sfrutta il principio di sovrapposizione e si considerano i campi elettrici generati dai due piani uniformemente carichi.



Nello spazio esterno ai piani i due campi hanno stesso modulo e direzione ma versi opposti per cui si elidono

$$E = 0$$

Nello spazio interno i campi si sommano:

$$E = 2 \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

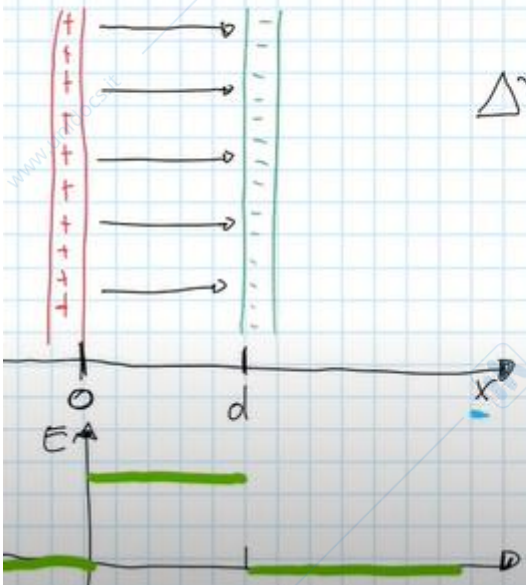
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

campo elettrico uniforme.

Tra questi due piano è presente un campo elettrico, mentre al di fuori il campo elettrico = 0.

La differenza di potenziale tra un campo con carica +Q e l'altra dove c'è -Q = E d.

$U = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$



$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

$\Delta V = E d$

$E = -\frac{dV}{dx}$

$\frac{dV}{dx} = -E \Rightarrow E = -\frac{dV}{dx}$

Quindi sostituendo abbiamo:

$$\Delta V = E d = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d$$

La sigma (densità superficiale di carica) è la carica per unità di superficie, unità di superficie che possiamo indicare con la lettera A.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad \sigma = \frac{Q}{A}$$

$$\Delta V = E d = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d = \frac{Q}{A \epsilon_0} d$$

$$Q = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Delta V$$

Da qui segue che la capacità del condensatore a facce piane e parallele è

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Per cui è direttamente proporzionale alla superficie del condensatore, cioè la capacità e la possibilità di immagazzinare carica è direttamente proporzionale alla superficie del condensatore A e inversamente proporzionale a d → + sono vicine le armature e + è grande la possibilità di immagazzinare carica.

Capacità di un condensatore

Dipende da:

- forma dei conduttori (armature)
- posizione relativa tra di esse
- mezzo in cui sono immersi. Ad esempio se tra le due armature del condensatore piano non c'è aria ma un dielettrico diverso si deve considerare la costante dielettrica del materiale $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = \epsilon \frac{A}{d}$$

Le unità di misura utilizzate in pratica sono sottomultipli del farad:

μF microfarad, $1 \mu F = 10^{-6} F$

nF nanofarad, $1 nF = 10^{-9} F$

pF picofarad, $1 pF = 10^{-12} F$

Quindi + i conduttori sono vicini, + è piccola la zona coinvolta nel campo elettrico e minore è la differenza di potenziale necessaria a depositare la stessa carica Q .

+ piccola è la zona dove presenta il campo elettrico e + grande è la capacità.

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = \epsilon \frac{A}{d} = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$\epsilon_r > 1$

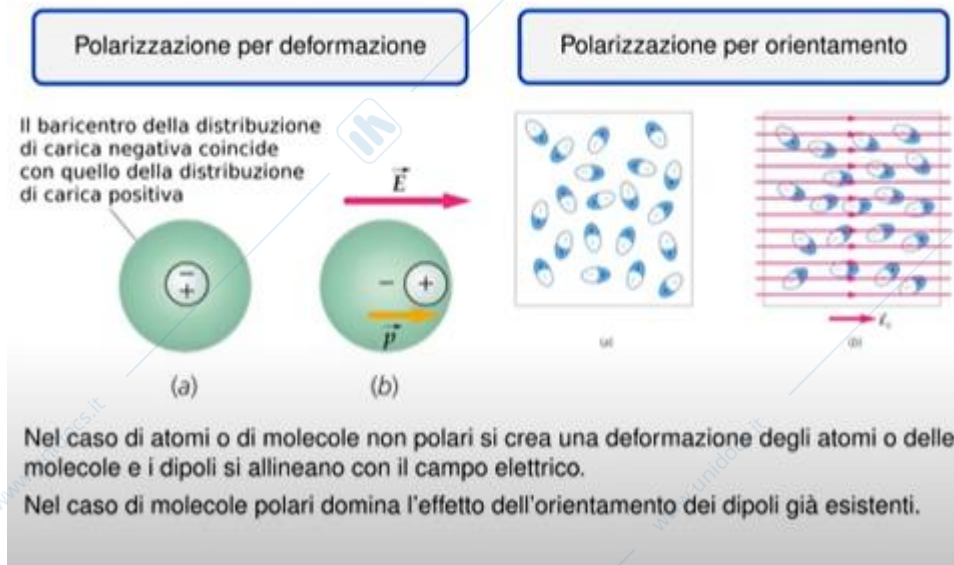
La capacità si misura in farad, che equivale a:

$$[C] = \frac{C}{V}$$

Il farad è una grandezza abbastanza grande rispetto a quelle che utilizziamo nella vita quotidiana, per cui si utilizzano i suoi sottomultipli.

19. dielettrici e capacità:

Effetto dei campi elettrici sugli atomi e sulle molecole



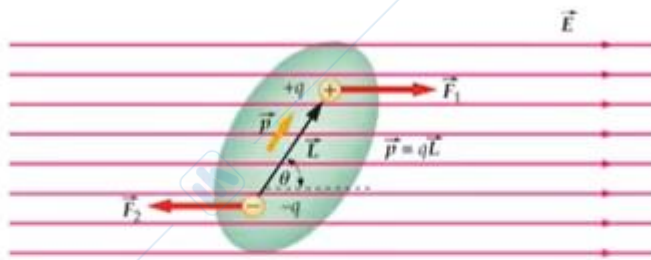
L'origine nasce dalla polarizzazione del materiale messo all'interno del condensatore.

Ci sono due tipi di deformazioni: si può avere un atomo oppure una molecola non polare, in cui cioè il baricentro della distribuzione della carica + coincide con il baricentro di distribuzione della carica -.

Nel condensatore le cariche positive vengono attratte dall'armatura negativa e viceversa. Quindi la molecola/atomo si polarizza per deformazione.

Se la molecola è polare allora sotto l'azione del campo elettrico tende ad orientarsi nella direzione del campo elettrico, cioè la parte + negativa viene attratta da quella positiva, quella + positiva viene attratta da quella negativa.

Dipolo elettrico in un campo elettrico uniforme



La carica positiva è attratta in una direzione e quella negativa nella direzione opposta:

$$F_1 = F_2 = F$$

- La risultante delle forze è nulla \Rightarrow non c'è un movimento del centro di massa
- Si genera un momento meccanico:

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$

$$\tau = F \cdot l \cdot \sin\theta = qE \cdot l \cdot \sin\theta = pE \sin\theta$$

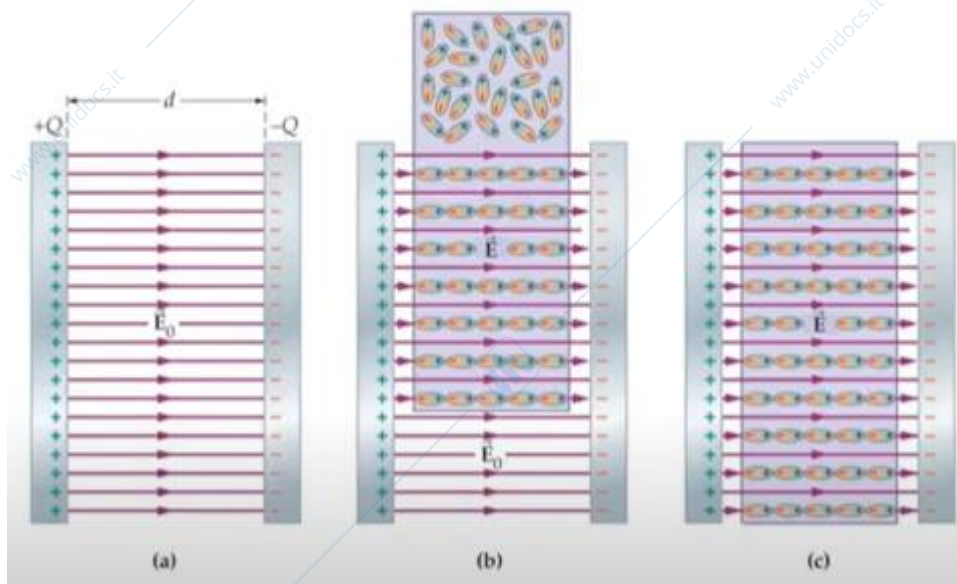
che nel caso riportato in figura è un vettore perpendicolare alla figura con direzione entrante. Il dipolo ruota per allinearsi nella direzione del campo elettrico

Questo avviene perché si genera un momento torcente, cioè un momento delle forze.

Se abbiamo una molecola neutra il cui baricentro della carica positiva è diverso da quello della carica negativa, allora questa si comporta come un dipolo elettrico.

Il momento della forza è diverso da zero.

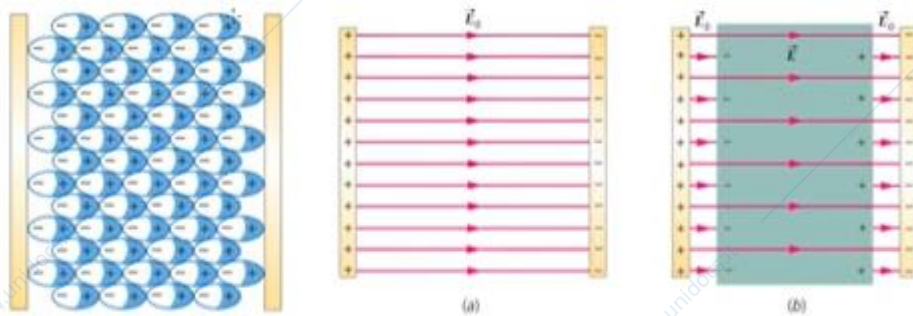
$ql = p \rightarrow$ momento di dipolo elettrico della molecola.



Conseguenze pratiche sulla capacità:

abbiamo un doppio strato di carica che è presente sulle armature del condensatore e all'interno abbiamo uno spazio vuoto in cui è presente un campo elettrico.

Se immaginiamo di introdurre un materiale che ha molecole polari, vediamo che questi dipoli si orientano nella direzione del campo.



Quando un dielettrico viene inserito tra le armature di un condensatore porta a una diminuzione del campo elettrico e quindi della differenza di potenziale a parità di carica, a causa della polarizzazione del materiale di cui è formato

- ⇒ possibilità di immagazzinare altra carica a parità di differenza di potenziale
- ⇒ aumento della capacità

$$C > C_0$$

Questa disposizione di cariche fa sì che dal lato dell'armatura positiva vi siano affacciate molte cariche negative dovute alla parte negativa del dipolo che è stata attratta dall'armatura positiva. Sull'armatura negativa si trovano affacciate le parti positive delle molecole.

All'interno, l'orientazione delle molecole, fa sì che siano affacciate in tutti questi strati, uguali quantità di cariche positive e cariche negative.

Quindi la polarizzazione fa sì che queste cariche si annullino tra di loro.

Il risultato quindi della presenza di queste cariche + e - sulla superficie del materiale, intercetta moltissime linee di campo elettrico; perché alcune linee di campo intercettano sull'armatura positiva e vanno a finire non sull'armatura negativa dall'altra parte ma su questa carica negativa che viene creata sulla superficie del materiale per effetto della polarizzazione.

Quindi il campo elettrico è presente in modo intenso tra l'armatura positiva e la superficie del materiale inserito; all'interno del materiale è presente un campo elettrico + ridotto perché molte linee di campo sono state intercettate.

Le linee di campo nascono di nuovo sull'altra faccia del materiale che è stato introdotto, perché qui sono state introdotte tutte queste cariche positive, da cui partono delle linee di campo che raggiungono l'armatura negativa.

Il risultato è che se noi andiamo a fare $E d$, allora per calcolare questo prodotto (=deltav) non abbiamo + un campo costante all'interno del condensatore, ma abbiamo un certo campo elettrico tra l'armatura e il materiale, un campo elettrico + piccolo all'interno del materiale e di nuovo il campo elettrico nominale nello spazio vuoto tra il materiale introdotto e l'armatura negativa.

Quindi alla fine la differenza di potenziale, a parità di carica che è stata messa sulle armature, la differenza di potenziale è minore.

Allora vuole dire che se si ha un diminuzione di potenziale alla quale corrisponde la stessa Q , allora vuol dire che questa C deve essere aumentata → la capacità del condensatore diventa + grande.

Esempio: condensatore piano

$$C = \epsilon_r C_0 = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d} = \epsilon \frac{A}{d}$$

- ϵ costante dielettrica
- ϵ_0 costante dielettrica del vuoto
- ϵ_r costante dielettrica relativa

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

Rigidità dielettrica

È anche importante considerare quale campo elettrico può sostenere un dielettrico

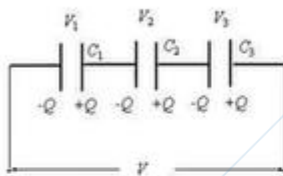
- Massimo campo elettrico sopportabile prima che un dielettrico si trasformi in un conduttore
- Il campo elettrico all'interno di un dielettrico diventa troppo intenso da strappare gli elettroni dagli atomi, trasformando il materiale in un conduttore: si parla di rottura del dielettrico.

Sostanza	Rigidità dielettrica (V/m)
Aria	$3,0 \cdot 10^6$
Neoprene	$12 \cdot 10^6$
Vetro pyrex	$14 \cdot 10^6$
Carta	$16 \cdot 10^6$
Teflon	$60 \cdot 10^6$
Mica	$100 \cdot 10^6$

La rigidità dielettrica esprime qual è il campo elettrico massimo che può essere applicato. Ha come unità di misura quella del campo elettrico.

20. condensatori in serie e in parallelo:

Capacità equivalente di condensatori in serie



La carica indotta sulle armature (in valore assoluto) è la stessa per tutti i condensatori

La differenza di potenziale totale è la somma delle differenze di potenziale sui singoli condensatori:

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \quad V_2 = \frac{Q}{C_2} \quad V_3 = \frac{Q}{C_3}$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_i \frac{1}{C_i}$$

La capacità equivalente è più piccola delle singole capacità³

³Per fissare le idee, è come se la distanza tra le armature venisse aumentata

I due condensatori possono essere collegati in serie oppure in parallelo. Qual è la differenza?

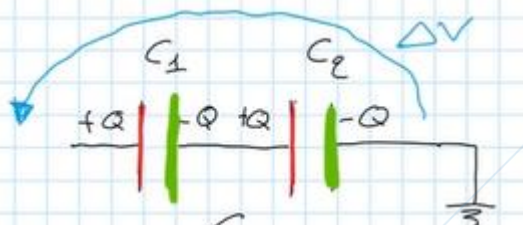
Due elementi circuitali si dicono collegati in serie quando sono attraversati dalla stessa corrente.



Durante questo processo di carica tutto il circuito sarà percorso dalla stessa corrente.

Il circuito si comporta come un condensatore, con capacità C_1 , C_2 → si comportano se collegati in serie come un condensatore equivalente di capacità C equivalente.

Noi andiamo a considerare la caduta di potenziale complessiva ai capi della serie dei due condensatori, cioè ΔV .

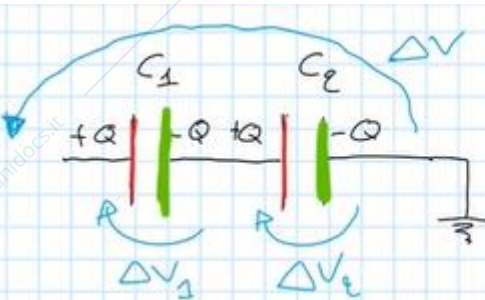


Andiamo a considerare il $U_{iniziale}$ - U_{finale} .

Si considera il lavoro della forza elettrica.

La caduta di potenziale ai capi del condensatore, viene data dalla somma delle cadute di potenziale ai capi dei condensatori singoli.

Quindi:



$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

Per il primo condensatore Q_1 .

$$Q_1 = C_1 \Delta V_1$$

$$Q_2 = C_2 \Delta V_2$$

Con la particolarità che $Q_1 = Q_2 = q$ perché queste cariche si sono distribuite per conduzione elettrostatica.

$$\Delta V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q}{C_1}$$

$$\Delta V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q}{C_2}$$

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) Q$$

Quindi raccogliamo ancora:

$$Q = \frac{\Delta V}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} =$$

Notiamo che questo sistema con i due condensatori in serie, si comporta come un condensatore che ha una capacità equivalente a quella dei due condensatori, che vale:

$$Q = \frac{\Delta V}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = C_{eq} \Delta V$$

$$C_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

La capacità equivalente della serie dei condensatori è minore della singola capacità.

Se noi consideriamo che i due condensatori sono identici.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{2}{C}$$

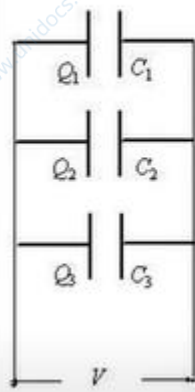
$$C_{eq} = \frac{C}{2}$$

Se ce ne fosse uno molto + piccolo dell'altro, allora vediamo che tra i due è dominante quello + piccolo.

$$C_2 \ll C_1 \quad C_{eq} \approx C_2$$

Quando andiamo a mettere i condensatori in serie è come se allontanassimo le armature de condensatore, quindi avessimo un condensatore con distanza d + grande \rightarrow capacità + piccola.

Capacità equivalente di condensatori in parallelo



La carica indotta sulle armature è la somma delle cariche indotte sui singoli i condensatori

La differenza di potenziale è la stessa per tutti i condensatori:

$$V = \frac{Q_1}{C_1} \quad V = \frac{Q_2}{C_2} \quad V = \frac{Q_3}{C_3}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = C_1V + C_2V + C_3V = V(C_1 + C_2 + C_3)$$

$$C_{eq} = \sum_i C_i$$

La capacità equivalente è la somma delle singole capacità⁴

Ai loro capi c'è la stessa caduta di potenziale Δv .

Quindi Δv è uguale, quindi la carica che si distribuisce in totale su tutti i condensatori è la somma di tutte le cariche. La carica equivalente corrisponderà alla sua capacità + grande.

21.energia accumulata in un condensatore:

Energia accumulata in un condensatore

Lavoro per portare una carica dq dall'armatura negativa all'armatura positiva (percorrendo il filo):

$$dW = V dq$$

$$W = \int_0^Q V dq = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \left[\frac{q^2}{2C} \right]_0^Q = \frac{Q^2}{2C} = \frac{C^2 V^2}{2C}$$

W immagazzinato nel condensatore (nel campo elettrico tra le armature) come energia potenziale elettrica:

$$U = \frac{1}{2} C V^2$$

Per esempio prendiamo una carica positiva sull'armatura negativa e le facciamo risalire e l'andiamo a depositare sull'armatura $q+$, dobbiamo compiere un lavoro perché qui è presente una caduta di potenziale v .

Se noi portiamo una carica positiva dall'armatura negativa (gialla) all'altra non solo l'abbiamo portata attraverso la differenza di potenziale, ma abbiamo anche cambiato la differenza di potenziale, perché abbiamo incrementato la carica sulle armature del condensatore.

➔ L'armatura positiva è diventata + positiva, l'armatura negativa è diventata + negativa.

C'è una relazione lineare tra la carica q e la differenza di potenziale.

Anziché fare l'integrale dell'area sotto la curva, possiamo fare base per altezza.

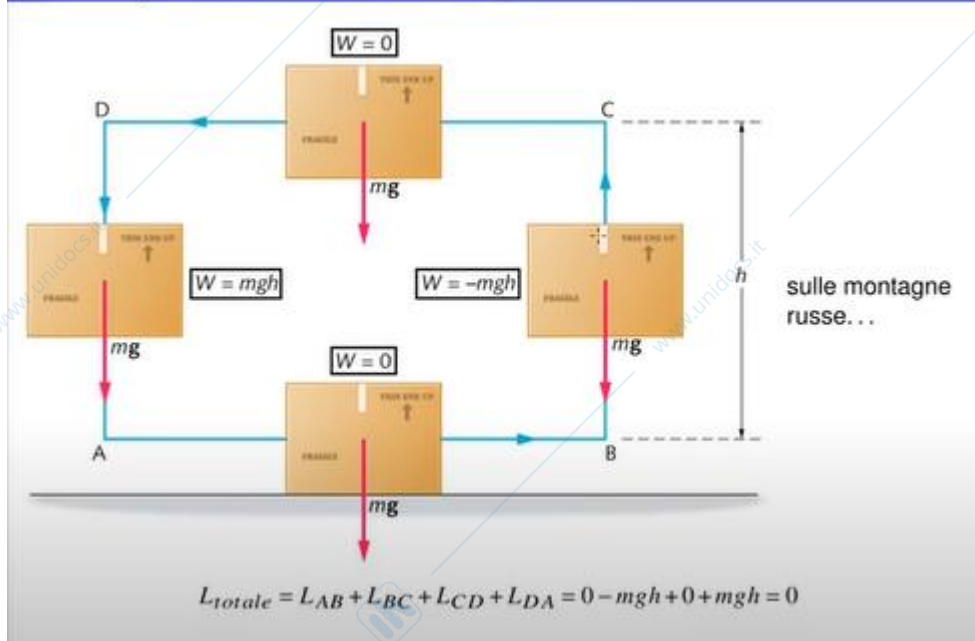
$$W = \frac{1}{2} Q \frac{Q}{C} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

$$\frac{1}{2} C V^2 \quad U = \frac{1}{2} C V^2$$

$$\frac{1}{2} Q V$$

Quindi un condensatore si comporta come un accumulatore, per caricarlo spendo energia e questa energia può essermi poi restituita. Quindi il condensatore è in grado di sostenere il moto delle cariche, perché ha accumulato energia al suo interno.

La forza gravitazionale è conservativa



Andando per esempio dal punto B al punto A stiamo facendo risalire una caduta di potenziale, stiamo facendo aumentare l'altezza di questa scatola, aumentiamo la sua energia potenziale e quindi dobbiamo compiere lavoro contro la forza di gravità.

$$U = \frac{1}{2} C V^2$$

Siamo in caso dove tra le due armature di area A con in mezzo il vuoto poste a distanza D .

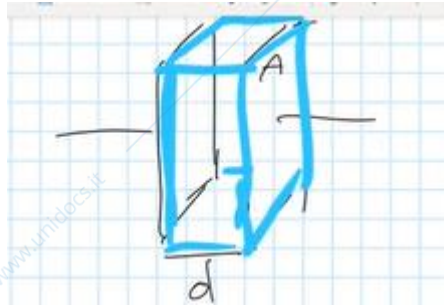
$$V = E d$$

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{A}{d} E^2 d =$$

$$= \frac{1}{2} \epsilon_0 \underline{Ad} E^2$$

Dove Ad è il volume interno del condensatore.



→ parallelepípedo.

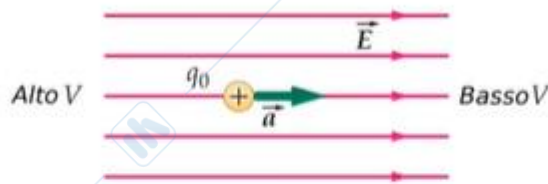
$$U \propto \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Quindi capiamo che l'energia immagazzinata nel condensatore dipende dal volume per questa quantità che rappresenta l'energia per questa unità di volume.

È importante dal punto di vista concettuale, perché quando pensiamo ad un'onda elettromagnetica fatta da campi elettrici e magnetici che si propagano nel vuoto, dobbiamo pensare che a quei campi elettrici/magnetici è associata un'energia. Quindi l'onda elettromagnetica trasporta energia.

22. moto di cariche in un campo elettrico uniforme:
riassumiamo

Movimento delle cariche in un campo elettrico

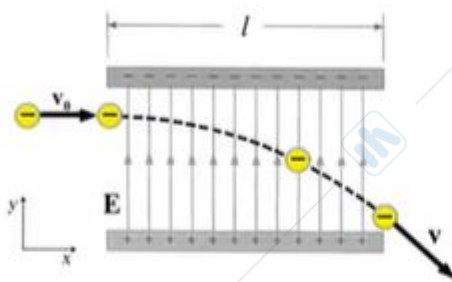


- Le cariche positive accelerano nella direzione del campo elettrico e quindi nella direzione in cui il potenziale elettrico diminuisce
- Le cariche negative accelerano nella direzione opposta in cui il potenziale elettrico aumenta

In entrambi i casi le cariche si muovono verso una regione di minore energia potenziale elettrica

In un campo elettrico uniforme il moto è uniformemente accelerato come il moto del proiettile [v. slides 02-3-forze.pdf, pagina 39](#)

Moto di una particella carica in un campo elettrico uniforme



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

$$q\vec{E} = m\vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$$

$$a_x = 0 \Rightarrow v_x = v_0 = \text{costante}$$

$$x = v_0 t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0} \quad \text{moto uniforme}$$

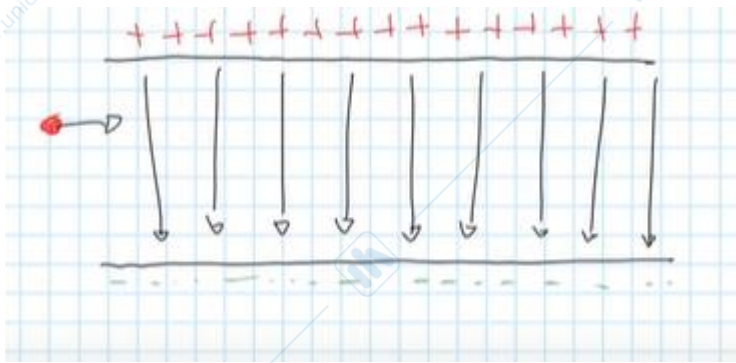
$$a_y = \frac{q}{m}E \Rightarrow v_y = \frac{q}{m}Et \Rightarrow y = \frac{1}{2} \frac{q}{m}Et^2 \quad \text{moto uniformemente accelerato}$$

$$y = \frac{1}{2} \frac{q}{m} E \frac{x^2}{v_0^2}$$

traiettoria parabolica

- L'effetto del campo elettrico è proporzionale al rapporto $\frac{q}{m}$

Abbiamo un condensatore e consideriamo una carica che entra nella zona del campo elettrico uniforme e consideriamo una particella carica che entra in modo perpendicolare rispetto al campo. Nel disegno è una carica negativa e quindi si muove verso la piastra carica negativamente. Fosse stata positiva, sarebbe successo l'opposto.



Consideriamo una carica positiva che entra in questo campo elettrico.

Questa particella carica ha una velocità iniziale v_0 , una carica $+q$ e una massa m .

Il moto di questa particella:

consideriamo l'equazione del moto scomponendolo nelle due componenti.

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

$F(x) = 0$ perché la forza è diretta in direzione y verticale.

Nella direzione x si ha un moto rettilineo uniforme.

$$F_y = qE$$

Questa formula è generale.

Quindi se abbiamo una carica $+q$ e il campo elettrico verso il basso come in questa situazione, $qE < 0$, QUINDI SI HA UN ACCELERAZIONE VERSO IL BASSO.

Il moto è rettilineo uniforme in x , mentre è un moto uniformemente accelerato in y , quindi:

$$x = v_0 t$$

$$y = \frac{1}{2} a t^2$$

A vale:

$$a_y = \frac{F_y}{m} = \frac{qE}{m}$$

Quindi possiamo scrivere:

$$y = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2$$

C'è una grande differenza rispetto la caduta del grave, cioè l'interazione elettrica dipende dalla carica, l'inerzia dipende dalla massa.

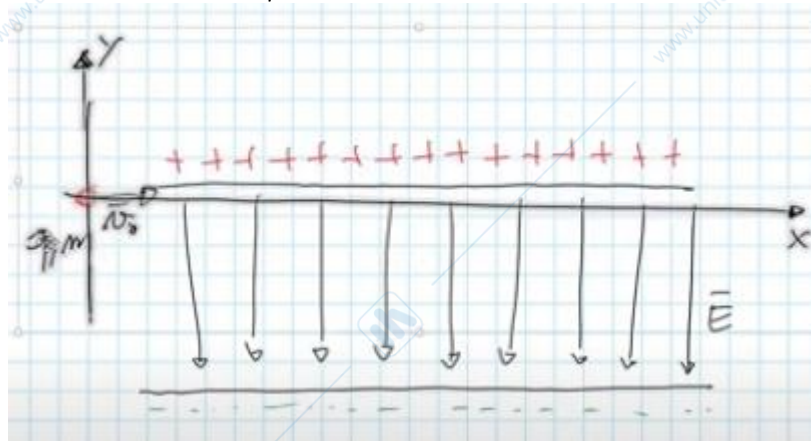
$$t = \frac{x}{v_0}$$

Otteniamo quindi che:

$$y = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} \frac{x^2}{v_0^2} = \frac{1}{2} \frac{qE}{m v_0^2} x^2$$

→ equazione di una parabola.

Possiamo adesso considerare il moto dal punto di vista energetico: quindi immaginiamo di lanciare questa particella in prossimità dell'armatura positiva:



Se agiscono solo forze conservative, si conserva l'energia meccanica.

Quindi possiamo descrivere questo moto imponendo la conservazione dell'energia meccanica.

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + U_i = \frac{1}{2} m v_f^2 + U_f$$

$$\Delta K = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = U_i - U_f = qV_i - qV_f = q \Delta V$$

Abbiamo una variazione di energia cinetica grazie al passaggio della particella carica attraverso questa caduta di potenziale.

In particolare $q \Delta V$ è l'origine dell'elettron volt.

Elettronvolt è un'unità di misura dell'energia che non fa parte del S.I. ma è importante per descrivere i fenomeni microscopici.

Elettronvolt

Energia acquisita da una particella con carica elementare e che attraversa (in discesa) una zona con differenza di potenziale di 1V

$$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{C} \cdot 1\text{V} = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

Unità di misura particolarmente adatta a descrivere le energie in gioco nei processi microscopici

Alcune energie in eV

- $T = 20^\circ\text{C} = 293^\circ\text{K}$

$$kT = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 293\text{K} = 4 \cdot 10^{-21}\text{J}$$

$$= \frac{4 \cdot 10^{-21}\text{J}}{1.6 \cdot 10^{-19}\text{eV/J}} = 2.5 \cdot 10^{-2}\text{eV} = 0.025\text{eV}$$

È anche interessante convertire la costante di Boltzmann in eV

$$k \approx 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} = 8.62 \cdot 10^{-5} \frac{\text{eV}}{\text{K}}$$

- luce visibile $1.65 \div 3.1\text{eV}$
- energia di ionizzazione dell'atomo di idrogeno: 13.6eV
- raggi X: $\text{KeV} = 10^3\text{eV}$
- raggi γ : $\text{MeV} = 10^6\text{eV}$
- acceleratori di particelle: dai keV ai $\text{GeV} = 10^9\text{eV}$, $\text{TeV} = 10^{12}\text{eV}$