CURIOSITÀ:

16/05/2012

Alla $P_{atm}$, 1 mole in che volume stà?

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{1 \cdot 8{,}31 \cdot 300}{101 \cdot 10^3} = 0{,}0247 m^3 \rightarrow 24{,}7\ l$$

Questa dimensione è irrilevante per quanto riguarda il tipo di gas: qualsiasi sia il gas, il volume di 1 mole è sempre lo stesso!

# ELETTROMAGNETISMO

## COM'È FATTA LA MATERIA?

ATOMO: il più piccolo elemento di una sostanza che la caratterizza!


PROTONE: massa = $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ Kg carica = + carica elementare $(+q_e)$

NEUTRONE: massa ≅ " carica = 0

ELETTRONE: massa = $9{,}11 \cdot 10^{-31}$ Kg carica = - carica elementare $(-q_e)$

Se prendo 1g di sostanza ($10^{-3}$ Kg), quanti protoni ci sono?

$$\# Protoni = \frac{10^{-3}}{1{,}67 \cdot 10^{-27}} = 6 \cdot 10^{23} \rightarrow$$ NUMERO DI AVOGADRO!

OGNI ATOMO È DEFINITO DA Z e A

CARICA DEL NUCLEO (Z) = # Protoni (# di $q_e$ + nel nucleo)

MASSA (A) = # Protoni + # Neutroni

↓

ISOTOPI = stesse proprietà ma peso diverso!

Ogni atomo è tenuto 'fermo' da una FORZA, collegata alla CARICA

→ CARICA ELETTRICA : può essere positiva o negativa, ma rimane sempre la stessa!
CARICA PROTONI opposta alla CARICA ELETTRONI

Forza gravitazionale : $F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ → FORZA ATTRATIVA

$F_g$ tra 2 persone $= 6,27 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{70 \cdot 70}{1^2} = 3,07 \cdot 10^{-7}$ N → DEBOLE

FORZA DI COULOMB : $\boxed{F_{coulomb} = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}}$

DIFFERENZE CON LA FORZA DI GRAVITÀ

- CARICHE CON STESSO SEGNO (+;+), (-;-) → REPULSIVA
  CARICHE CON SEGNO OPPOSTO (+;-), (-;+) → ATTRATIVA
- $K = 8,98 \cdot 10^9 \frac{m^2 N}{c^2}$
- u.d.m carica = coulomb [c]
  ↓
  $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ c

Proviamo a prendere 1 g di protoni e 1 g di protoni e metterli a distanza di 1 m :

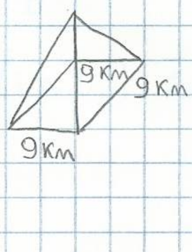
$F_c = K \cdot \frac{q_p \cdot q_p}{r^2}$ → $q_p = q_e \cdot N_A = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 96'000$ c

$= 8,98 \cdot 10^9 \cdot \frac{(9,6 \cdot 10^4)}{1^2} = 8,3 \cdot 10^{19}$ N → FORZA ENORME!

Per capire quanto è grande, proviamo a sollevare una montagna!

$F_{peso} = 8,3 \cdot 10^{19} / 9,8 = 8,5 \cdot 10^{18}$ Kg peso

granito = 2700 Kg/m³



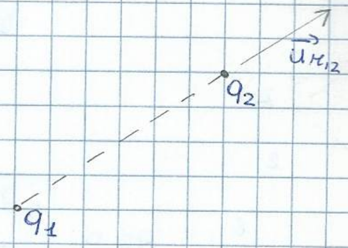

Everest → $V = \frac{1}{3} 9 \cdot 81 = 243$ Km³ $= 243 \cdot 10^9$ m³

Peso $= 243 \cdot 10^9 \cdot 2700 = 6,56 \cdot 10^{14}$

→ $\frac{8,5 \cdot 10^{18}}{6,56 \cdot 10^{14}} = 13'000$ RIESCO A SOLLEVARE L'EVEREST 13'000 VOLTE!

# IL CAMPO ELETTRICO

$$F_{coulomb} = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

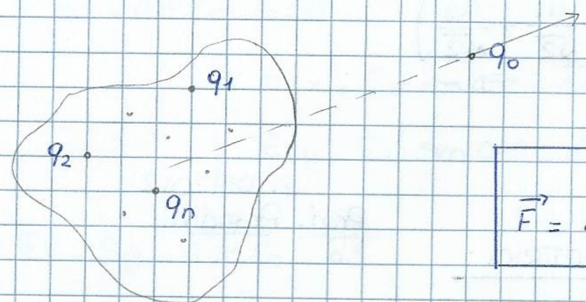



$$\vec{F}_c = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \vec{u}_{r_{12}} \rightarrow$$ FORMA VETTORIALE

$$K = 9{,}89 \cdot 10^9$$

$$K = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \qquad \varepsilon_0 = \text{costante} = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$$

$$\boxed{\vec{F}_c = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \vec{u}_{r_{12}}}$$ FORMA VETTORIALE FORZA DI COULOMB (Forza elettrica)




$$\boxed{\vec{F} = \Sigma \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_0 \cdot q_i}{r_i^2} \cdot \vec{u}_{r_i}}$$ quando ho più cariche!

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cong 8{,}99 \cdot 10^9 \ \frac{m^2 \cdot N}{C^2}$$

$$\boxed{\text{CAMPO ELETTRICO} = \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}}$$

il valore di F su una carica di prova diviso la carica di prova stessa

$\Downarrow$

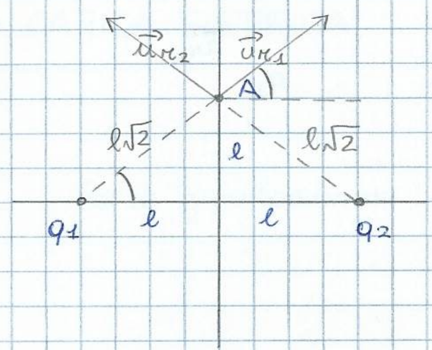
u.d.m. $\vec{E}$ $[N/C]$

$$\vec{E} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_i}{r_i^2} \cdot \vec{u}_{r_i} \Rightarrow \vec{E}(x;y;z)$$ è un campo ben definito


$$\boxed{\vec{E}(x;y;z) = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \Sigma \frac{q_i}{r_i^2} \cdot \vec{u}_{r_i}}$$

CAMPO RISULTANTE = SOMMA VETTORIALE DEI CAMPI ELEMENTARI

# Esempio:




Campo elettrico nel punto A = ?

$$\vec{E}(A) = ?$$

$$\vec{E}(A) = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r_1^2} \cdot \vec{u}_{r_1} \cdot \frac{q_2}{r_2^2} \cdot \vec{u}_{r_2}$$

$$r_1 = l\sqrt{2}$$

$$\vec{u}_{r_1} = \frac{1}{\sqrt{2}}\,\vec{u}_x + \frac{1}{\sqrt{2}}\,\vec{u}_y = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} ; \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

$$r_2 = l\sqrt{2}$$

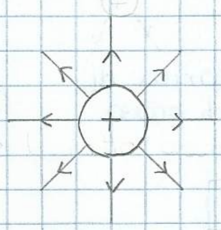
$$\vec{u}_{r_2} = -\frac{1}{\sqrt{2}}\,\vec{u}_x + \frac{1}{\sqrt{2}}\,\vec{u}_y = \left(-\frac{1}{\sqrt{2}} ; \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

$$\vec{E}(A) = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{2 \cdot l^2}\left(\frac{\vec{u}_x}{\sqrt{2}} + \frac{\vec{u}_y}{\sqrt{2}}\right) \cdot \frac{q_2}{2 \cdot l^2}\left(-\frac{\vec{u}_x}{\sqrt{2}} + \frac{\vec{u}_y}{\sqrt{2}}\right)$$

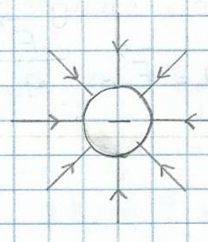
21/05/2012
Prof. Prandini

## CONVENZIONE USATA PER DISEGNARE CAMPI ELETTRICI:

Campo positivo:

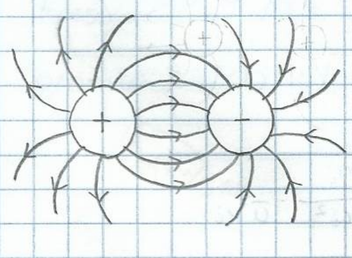



Campo negativo



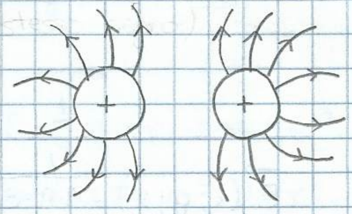

Messi assieme:

- Segno discorde:




DIPOLO ELETTRICO

- Stesso segno:




(Stessa cosa con carica negativa)

## Esercizio : (MOLTO IMPORTANTE X COMPITO)


$\vec{E}(P) = ?$

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$

$|\vec{E}| = F/q_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_0}{d^2} \cdot \frac{1}{q_0}$

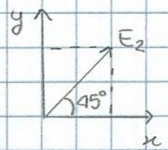
$E = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q}{d^2}$

Calcolo le componenti :

- $E_1 = E_x = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{a^2}$

- $\vec{E}_2 = \vec{E}_{2x} + \vec{E}_{2y}$

$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{(a\sqrt{2})^2}$




$E_{2x} = E_2 \cdot \cos 45° = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{(a\sqrt{2})^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{a^2 \cdot 2\sqrt{2}}$

$E_{2y} = E_2 \cdot \text{sen}\, 45° = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{a^2 \cdot 2\sqrt{2}}$

- $E_3 = E_y = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_3}{a^2}$

$\Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y$ PER CALCOLARE IL CAMPO RISULTANTE FACCIO LA SOMMA DELLE COMPONENTI !

$E_x = E_{1x} + E_{2x}$

$E_y = E_{2y} + E_{3y}$

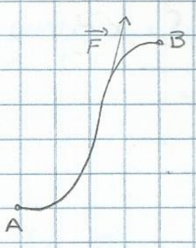
$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$

$E_x = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot a^2} \left( q_1 + \frac{q_2}{2\sqrt{2}} \right)$

$E_y = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot a^2} \left( \frac{q_2}{2\sqrt{2}} + q_3 \right)$

# ELETTROSTATICA

**CAMPO ELETTROMOTORE** : $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$

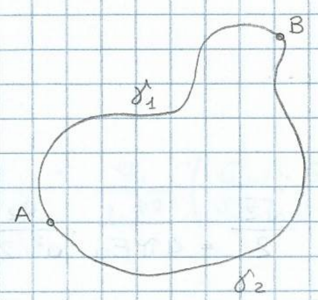



$$d\mathcal{L} = \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

$$\mathcal{L} = \Sigma F_i \cdot \Delta s_i$$

$$= \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_A^B q_0 \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

**TENSIONE** : $T = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$



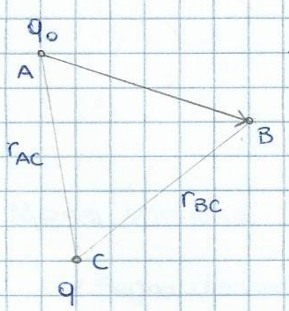

→ LA TENSIONE DIPENDEREBBE DAL PERCORSO

A noi interessa la tensione in "senso" conservativo !

UNA FORZA CONSERVATIVA È UNA FORZA IN CUI POSSO ESPRIMERE UN'ENERGIA POTENZIALE !

FORZA ELETTROSTATICA = FORZA CONSERVATIVA !

**Esempio :**




→ voglio spostare $q_0$ da A a B

$\mathcal{L}_{AB} = ?$

non mi interessa il percorso ma lo spostamento radiale

$$\mathcal{L}_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_{r_a}^{r_b} F \cdot dr$$

$$= \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_0}{r^2} \cdot dr$$

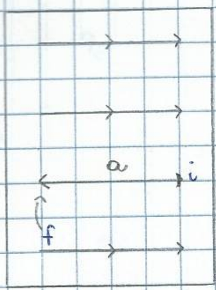
$$= \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot q \cdot q_0 \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{r^2} dr$$

$$= \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot q \cdot q_0 \left[ -\frac{1}{r} \right]_{r_a}^{r_b}$$

$$\boxed{\mathcal{L}_{AB} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot q q_0 \left[ \frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right]} = -\Delta U_{elettrica}$$

# Esempio :

Siamo in presenza di un campo uniforme e vogliamo portare una carica (per es. un protone) da un punto iniziale a un punto finale.




$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

$$\mathcal{L} = \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_i^f q_0 \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s} = -q_0 \cdot E \cdot \int_i^f ds = -q_0 \cdot E \cdot a$$

$\Delta U_{ele} = -\mathcal{L}$ PERCHÈ SIAMO IN UN CAMPO CONSERVATIVO

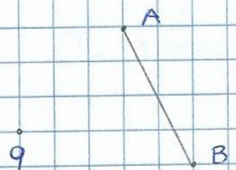
## POTENZIALE ELETTROSTATICO:

$$V_A - V_B = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

↳ DIFFERENZA DI POTENZIALE

$$\mathcal{L} = -\Delta U = \int \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int q_0 \cdot \vec{E} \cdot ds = q_0 (V_A - V_B)$$

DIFFERENZA DI POTENZIALE IN CARICHE PUNTIFORMI:




$$V_A - V_B = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} = \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} dr = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{r^2} dr = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \left[ -\frac{1}{r_b} + \frac{1}{r_a} \right]$$

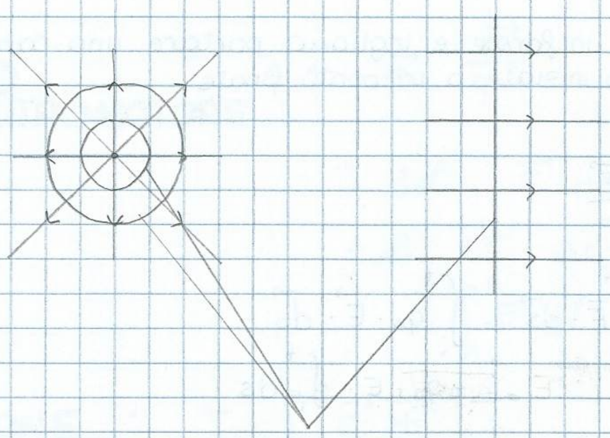
$$V_A = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{1}{r_a} + \boxed{C}$$

$$V_B = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{1}{r_a} + \boxed{C}$$

sono la stessa costante!
PER CONVENZIONE = 0

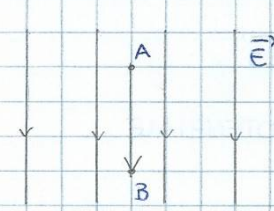
$$\boxed{\begin{array}{ll} \text{POTENZIALE}: & V(P) = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \quad [V] \\ \text{EN. POTENZIALE in un punto}: & U(P) = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_0}{r} \quad [J] \end{array}}$$

Come potremmo disegnare il potenziale?



SUPERFICI EQUIPOTENZIALI

**Esempio :**



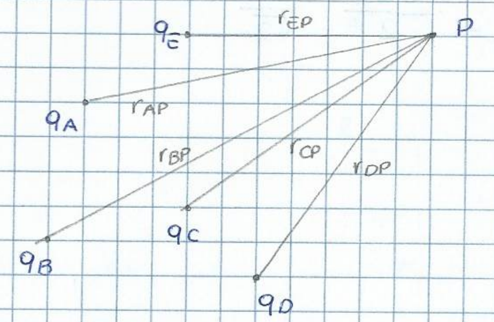

$V_A - V_B = ?$

$$V_A - V_B = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

I 2 VETTORI $\vec{E}$ e $d\vec{s}$ SONO CONCORDI

$$= E \int_A^B ds = E \cdot \Delta s$$

SE IO MI RITROVO AD AVERE MOLTE CARICHE :




$$V = \Sigma_i V_i$$

$$V_A = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_A}{r_{AP}}$$

$$V_B = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_B}{r_{BP}}$$

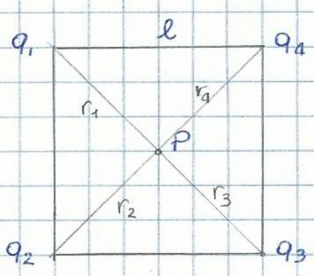
...

$$V = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0} \cdot \frac{q_i}{r_i}$$

**Riassumendo :**

| VETTORIALI | |
|---|---|
| $\vec{F}_{elettrica} = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_0}{r^2}$ | $\vec{E} = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$ |
| SCALARI | |
| $U = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_0}{r}$ | $V = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$ |

## Esercizio :




$V(P) = ?$

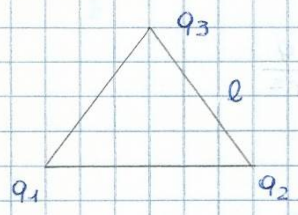
$l = 1{,}3\,m \longrightarrow r_i = \frac{l\sqrt{2}}{2} = \frac{l}{\sqrt{2}}$

$q_1 = 12\ nC$
$q_2 = -24\ nC$
$q_3 = 31\ nC$
$q_4 = 17\ nC$

$$V(P) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_i}{r_i} = \frac{\sqrt{2}}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot l} \cdot \Sigma q_i$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot l} \cdot 36\cdot 10^{-9}\,C = 352\ V$$

## Esercizio :




$q_1 = q = 150\ nC$

$q_2 = -4q = -600\ nC$

$q_3 = 2q = 300\ nC$

$l = 12\ cm = 0{,}12\,m$

Energia del sistema di cariche = ?

DEF : ENERGIA DI UN SISTEMA DI CARICHE : Lavoro fatto per portare una carica dall' infinito a un punto

$$\mathcal{L} = \sum_1^3 \mathcal{L}_i$$

$\mathcal{L}_1 = 0$

Lavoro per port. la carica 2 fino alla carica 1

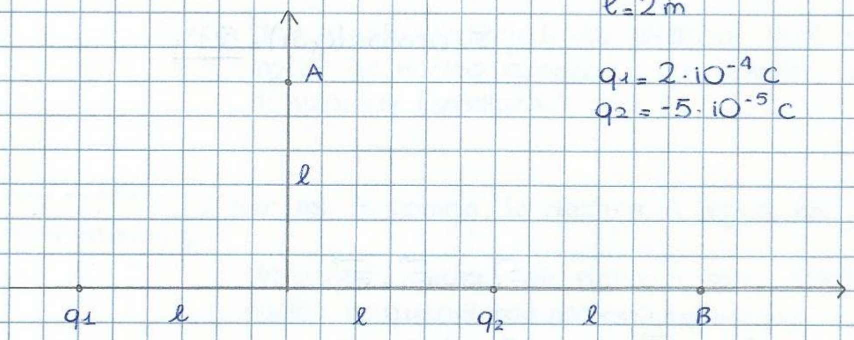
$\mathcal{L}_2 = U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{l}$

$\mathcal{L}_3 = \mathcal{L}_{31} + \mathcal{L}_{32}$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_3}{l} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2 \cdot q_3}{l}$$

22/05/2012
Prof. Prandini

## Esercizio tipo COMPITO :




$l = 2m$

$q_1 = 2 \cdot 10^{-4}$ C
$q_2 = -5 \cdot 10^{-5}$ C

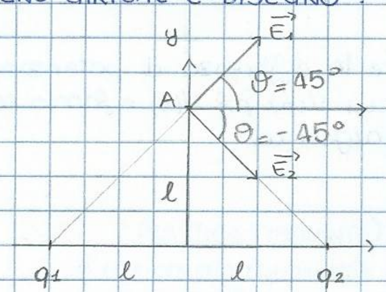
A(0; l)
B(2l; 0)

P.S. RICORDA CHE :
$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8,99 \cdot 10^9$

DOMANDE :

1) Modulo del campo elettrico in A
2) Angolo del campo elettrico in A rispetto l'asse y
3) Modulo del campo elettrico in B
4) Differenza di potenziale V(A) - V(B)

1 - SEGNO CARICHE E DISEGNO :




$\vec{E}(A) = \vec{E_1} + \vec{E_2}$

$$E_1 = \frac{|q| \xrightarrow{} \text{NO SEGNO!}}{4\pi\varepsilon_0 \cdot d^2} = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 \cdot (l\sqrt{2})^2} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 8,99 \cdot 10^9}{(2\sqrt{2})^2} = 224 \text{ KV/m}$$

$E_{1x} = E_1 \cdot \cos 45° = E_1/\sqrt{2} = 224/\sqrt{2} = 158$ KV/m

$E_{1y} = E_1 \cdot \text{sen}\, 45° = E_1/\sqrt{2} = 224/\sqrt{2} = 158$ KV/m

$$E_2 = \frac{|q|}{4\pi\varepsilon_0 \cdot d^2} = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 (l\sqrt{2})^2} = \frac{5 \cdot 10^{-5} \cdot 8,99 \cdot 10^9}{(2\sqrt{2})^2} = 56 \text{ KV/m}$$

$E_{2x} = E_2 \cdot \cos 45° = E_2/\sqrt{2} = 56/\sqrt{2} = 39$ KV/m

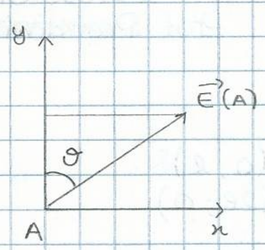
$E_{2y} = E_2 \cdot \text{sen}\, 45° = E_2/\sqrt{2} = -56/\sqrt{2} = -39$ KV/m

$E_x = E_{1x} + E_{2x} = 158 + 39 = 197$ KV/m

$E_y = E_{1y} + E_{2y} = 158 - 39 = 119$ KV/m

$\Rightarrow \boxed{E(A) = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{(119 \cdot 10^3)^2 + (197 \cdot 10^3)^2} = 230 \text{ KV/m}}$

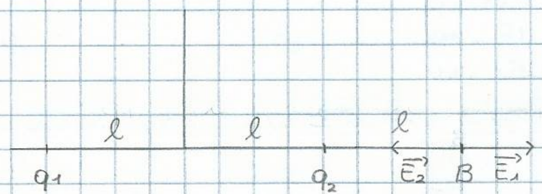
② 




$|E(A)| \cos\vartheta = |E_y| \rightarrow \cos\vartheta = \frac{|E_y|}{|E(A)|} = \frac{119}{230} = 0{,}51$

$\rightarrow \boxed{\vartheta = \arccos(0{,}51) = 59°}$

③ 




$\vec{E}(B) = \vec{E_1} + \vec{E_2}$

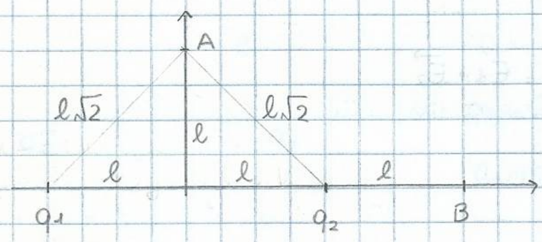
$|E(B)| = E_1 - E_2$

NO SEGNO!

$$\left.\begin{aligned} E_1 &= \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 (3\ell)^2} \\ E_2 &= \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 \cdot \ell^2} \end{aligned}\right\} \boxed{E(B)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 \ell^2}\left(\frac{|q_1|}{9} - |q_2|\right)$$

$$= \frac{8{,}99 \cdot 10^9}{4}\left(\frac{2 \cdot 10^{-4}}{9} - 5 \cdot 10^{-5}\right) = \boxed{62{,}4 \text{ KV/m}}$$

④ 




per calcolare la differenza di potenziale, calcolo prima V(A) poi V(B) e faccio la differenza algebrica!

$V(A) = V_1(A) + V_2(A)$ CON SEGNO!

$$\left.\begin{aligned} V_1(A) &= \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 \cdot d} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 8{,}99 \cdot 10^9}{2\sqrt{2}} = 636 \text{ KV} \\ V_2(B) &= \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 \cdot d} = \frac{-5 \cdot 10^{-5} \cdot 8{,}99 \cdot 10^9}{2\sqrt{2}} = -159 \text{ KV} \end{aligned}\right\} V(A) = 636 - 159 = 477 \text{ KV}$$

$V(B) = V_1(B) + V_2(B)$

$$\left.\begin{aligned} V_1(B) &= \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 \cdot d} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 8{,}99 \cdot 10^9}{3\ell} \\ V_2(B) &= \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 \cdot d} = \frac{-5 \cdot 10^{-5} \cdot 8{,}99 \cdot 10^9}{\ell} \end{aligned}\right\} V(B) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{3\ell} + \frac{q_2}{\ell}\right) = 75 \text{ KV}$$

$\boxed{V(A) - V(B) = 477 - 75 = \boxed{402 \text{ KV}}}$

# PROPRIETÀ dei MATERIALI

- CONDUTTORI → Metalli, per es. rame, oro, argento, ecc...

  Yn questi materiali gli elettroni NON sono strettamente legati al nucleo atomico: c'è almeno un elettrone in grado di muoversi (spostarsi)

- ISOLANTI (DIELETTRICI) → per es. la gomma, la plastica, il legno, ecc...

  Yn questi elementi gli elettroni sono strettamente legati al nucleo e, quindi non possono muoversi.

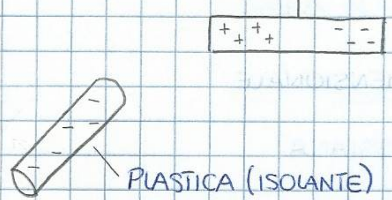
CURIOSITÀ:

- Yl RAME (CONDUTTORE) ha una densità elettronica $n$ pari a

$$n = \frac{N_A}{V} = 8{,}5 \cdot 10^{28} \; e^-/m^3$$

$N_A$ = n° avogadro
$V$ = volume molare

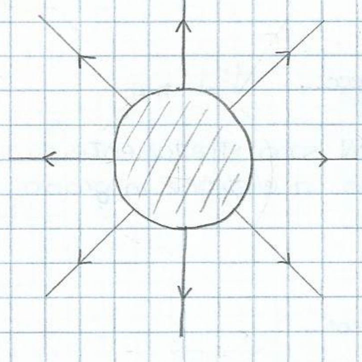
- Quando strofino una penna bic, per esempio, io la carico ed è per questo che il pezzettino di carta si attacca. Questo è il principio:



RAME (CONDUTTORE)
essendo legato ad un filo e quindi libero di muoversi, tenderà ad andare verso la plastica perchè tutte le sue cariche positive vengono attratte da quelle negative della plastica e tenderanno ad avvicinarsi

PLASTICA (ISOLANTE)
è carica negativamente perchè l'ho strofinata.

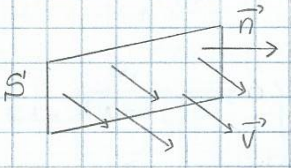
# Introduzione al Teorema di Gauss



Se non posso vedere la carica dentro ad una superficie, la posso dedurre guardando il campo magnetico attorno alla superficie stessa.

## IL FLUSSO ATTRAVERSO UNA SUPERFICIE ($\Phi$)

• NEL CASO DI UN CAMPO GENERICO (CAMPO DI VELOCITÀ):

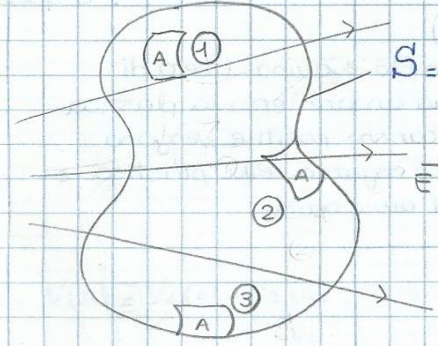



flusso di $\vec{v}$ attraverso $S$

$$\Phi = \vec{v} \cdot \vec{S} = \vec{v} \cdot \vec{n} \cdot S \rightarrow \Phi_S = v \cdot S \cdot \cos\theta$$

• NEL CASO DEL CAMPO ELETTRICO:

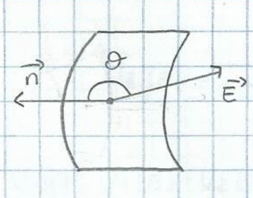
$$\Phi = \vec{E} \cdot \vec{S} = E \cdot S \cdot \cos\theta \rightarrow \theta = \text{angolo tra campo elettrico e superficie}$$




$S$ = superficie chiusa TRIDIMENSIONALE
↓
SUPERFICIE GAUSSIANA

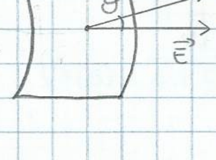
$$\Phi_S = \Sigma\, \vec{E} \cdot \Delta\vec{A} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

↳ $\oint$ = integrale su percorso chiuso

1 

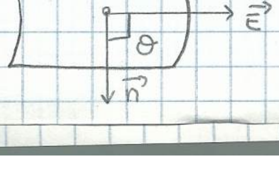

$\Phi = E \cdot S \cdot \cos\theta$

$\Phi < 0$ (perché $\theta > 90° \rightarrow \cos\theta < 0$)

2 


$\Phi = E \cdot S \cdot \cos\theta$

$\Phi > 0$ (perché $\theta < 90° \rightarrow 0 < \cos\theta < 1$)

3 


$\Phi = E \cdot S \cdot \cos\theta$

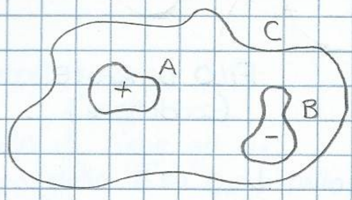
$\Phi = 0$ NULLO! (perché $\theta = 90° \rightarrow \cos\theta = 0$)

# TEOREMA DI GAUSS

Il flusso di un campo elettrico attraverso una superficie gaussiana è uguale alla carica contenuta all'interno della superficie stessa diviso $\varepsilon_0$.

$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{int.}}{\varepsilon_0}$$

ES. DIMOSTRATIVO:



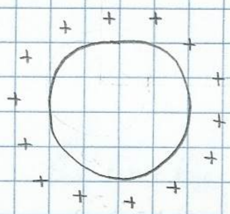

$\Phi(A) = \frac{q+}{\varepsilon_0}$

$\Phi(B) = \frac{q-}{\varepsilon_0}$

$\Phi(C) = 0$ perché cariche + e - si annullano!

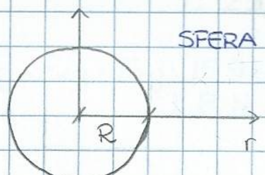
## CONSEGUENZE DEL TEOREMA DI GAUSS

① Le cariche in un CONDUTTORE ALL'EQUILIBRIO si distribuiscono solo sulla superficie



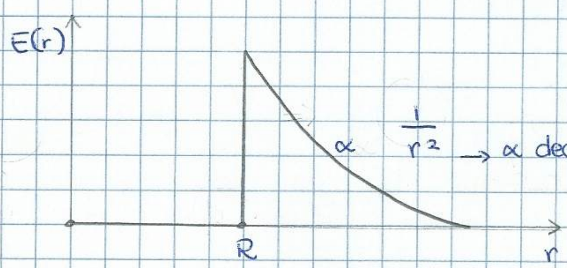
SFERA IN RAME: le cariche si dispongono in superficie anche se la sfera è piena di rame anche all'interno!

ES:




SFERA CONDUTTRICE

$\vec{E} = ?$ → $r < R \Rightarrow E = 0$
→ $r > R \Rightarrow E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 \cdot r^2}$
↓
la carica è uguale a quella generata da una carica puntiforme Q




$\propto \frac{1}{r^2}$ → $\propto$ decresce con questo criterio

② Il POTENZIALE di un CONDUTTORE CARICO È COSTANTE in tutti i punti del conduttore stesso

⟶ CONDUTTORE = SUPERFICIE EQUIPOTENZIALE (quando viene caricato)

ES:


$Q_1$ $V_1$ $R_1$

$Q_2$ $V_2$ $R_2$

↓

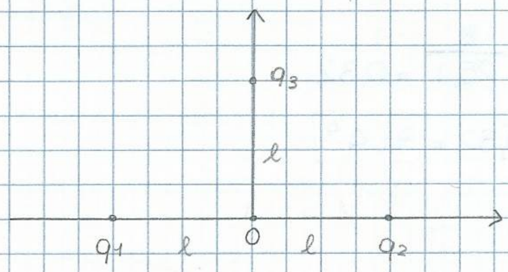
Il potenziale in questo sistema è uguale in tutti i punti

↓

SUPERFICIE EQUIPOTENZIALE

23/05/2012
Prof. Prandini

# Esercizio tipo compito (ES N°1 SU FOGLIO 2)



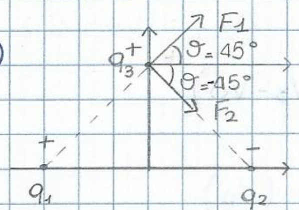

$q_1 = 10^{-4}\ C$
$q_2 = -5 \cdot 10^{-5}\ C$
$q_3 = 2 \cdot 10^{-4}\ C$

$l = 2\ m$

DOMANDE:

1) Modulo di $\vec{F}_{elett}$ ($\rightarrow \vec{F}_c$) su $q_3$
2) Angolo della $\vec{F}$ su $q_3$ rispetto all'asse y
3) Lavoro del campo elettrico per portare $q_3$ da $l$ a $0;0$

1




$$F_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$\vec{F}(q_3) = \vec{F_1} + \vec{F_2}$$

NO SEGNO!

$$\rightarrow F_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{(l\sqrt{2})^2} = \frac{8{,}99 \cdot 10^9 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{(2\sqrt{2})^2} = 22{,}5\ N$$

$\vartheta = 45°$

$$F_{1x} = F_1 \cdot \cos\vartheta = \frac{F_1}{\sqrt{2}} = 15{,}9\ N$$

$$F_{1y} = F_1 \cdot \text{sen}\,\vartheta = \frac{F_1}{\sqrt{2}} = 15{,}9\ N$$

$$\rightarrow F_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{|q_2||q_3|}{(l\sqrt{2})^2} = \frac{8{,}99 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{(2\sqrt{2})^2} = 11{,}2\ N$$

$\vartheta = -45°$

$$F_{2x} = F_2 \cdot \cos\vartheta = \frac{F_2}{\sqrt{2}} = 7{,}9\ N$$

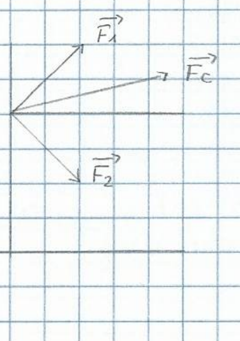
$$F_{2y} = F_2 \cdot \text{sen}\,\vartheta = -\frac{F_2}{\sqrt{2}} = -7{,}9\ N$$

$$\vec{F_c} = \vec{F_x} + \vec{F_y}$$

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} = 15{,}9 + 7{,}9 = 23{,}8\ N$$

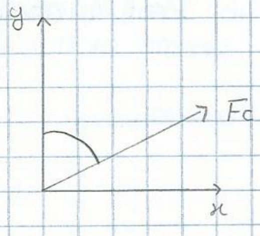
$$F_y = F_{1y} + F_{2y} = 15{,}9 - 7{,}9 = 8\ N$$

$$\boxed{F_c = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{23{,}8^2 + 8^2} = 25{,}1\ N}$$




la mia Fc sarà più o meno qui!

②

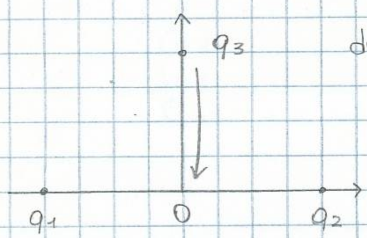



$F \cdot \cos\theta = F_y$

$\rightarrow \cos\theta = F_y / F = \frac{8}{25{,}1} = 0{,}32$

$\rightarrow \boxed{\theta = \arccos 0{,}32 = 71{,}4^\circ}$

③




devo spostare $q_3$ fino a 0

$\mathcal{L} = -q_3 \cdot \Delta V \qquad \mathcal{L} = q \cdot \Delta V$

$= -q_3 (V_F - V_i) \qquad \Delta V = -(V_F - V_i)$

$= q_3 (V_i - V_F) = q_3 (V_3 - V_0)$

$V_i$ è quello che ho su $q_3$ $(V_3)$ e $V_F$ quello nel punto 0 $(V_0)$

$V(3) = V_1(3) + V_2(3) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{(\ell\sqrt{2})} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{(\ell\sqrt{2})}$

$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 (2\sqrt{2})} \cdot (q_1 + q_2)$ CON SEGNO!

$= \frac{8{,}99 \cdot 10^9}{2\sqrt{2}} (5 \cdot 10^{-5}) = 159 \cdot 10^3\ V$

$q_1 = 1 \cdot 10^{-4} = 10 \cdot 10^{-5}$

$q_1 = 10 \cdot 10^{-5}$ +
$q_2 = -5 \cdot 10^{-5}$ =
$5 \cdot 10^{-5}$

$V(0) = V_1(0) + V_2(0) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{\ell} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{\ell}$

$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 \cdot \ell} (q_1 + q_2)$

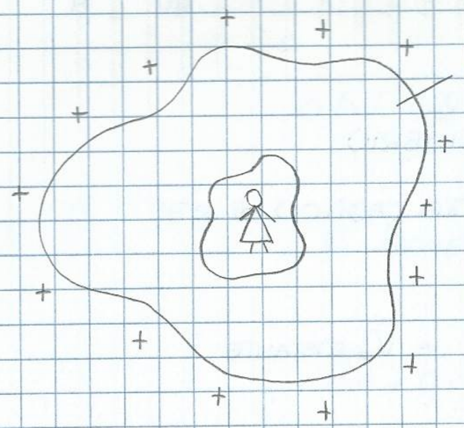
$= \frac{8{,}99 \cdot 10^9}{2} (5 \cdot 10^5) = 225 \cdot 10^3\ V$

$V_i - V_F = V_3 - V_0 = 159 \cdot 10^3 - 225 \cdot 10^3 = -66\ kV$

$\mathcal{L} = q_3 (V_i - V_F) = 2 \cdot 10^{-4} (-66 \cdot 10^{-3}) = -13{,}2\ J$

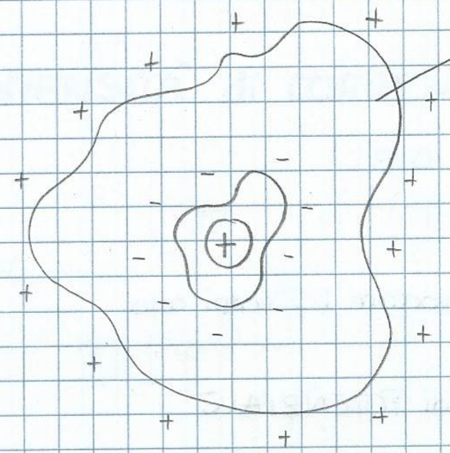
↳ in questa formula $\Delta V$ bisogna metterlo in Volt (non KV)

# IL CONDENSATORE




Se mi trovo all'interno di un conduttore (macchina) e mi colpisce una carica (fulmine) non sento nulla perché le cariche sono sulla superf

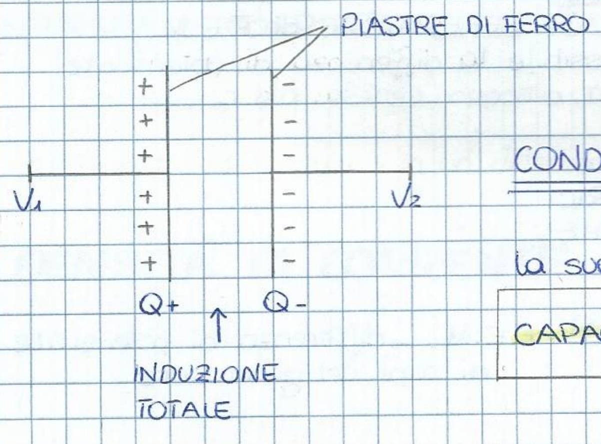
↳ SCHERMO ELETTROSTATICO




Se io, però, metto una carica + all'interno, le cariche negative si dispongono attorno al buco

$Q_+ (INT) + Q_- (INT) = 0$

↳ INDUZIONE TOTALE




## CONDENSATORE (⊣⊢)

la sua caratteristica principale è la

$$\boxed{\text{CAPACITÀ} \quad C = \frac{Q}{\Delta V}}$$

Il condensatore è quello che fa saltare la corrente in casa quando ci sono troppi apparecchi elettronici accesi!