prof. Penco penco@df.unipi.it

Introduzione al concetto di Forze:

NATURA
- peso
- elettrica (Coulomb)
- magnetica (Lorentz)
- elastica
- attrito
- archimede
- di pressione
- di contatto

NATURA "PROFONDA"
- gravitazionale
- elettromagnetica
- nucleare forte
- nucleare debole

ATTRIBUTI
- azione / reazione
- (non) conservativa
- centripeta
- resistenza
- motrice
- vincolare

attributi di qualità, dicono come si comporta la "F", non la sua natura

FORZA APPARENTI
- centrifuga
- inerziale
- coriolis

• dipendono dal sistema di riferimento
• termini che si aggiungono per far valere $\underline{F} = m \cdot \underline{a}$ in un sistema di riferimento non inerziale

<u>differenza essenziale</u> (tra forze apparenti e forze reali)

→ Le forze reali descrivono un'interazione reciproca tra due masse, le apparenti <u>NO!</u>

<u>ex</u>:
La forza centrifuga che sento in curva è apparente: non è esercitata da nessun corpo!
Nel SDR dell'auto le devo considerare, altrimenti non saprei spiegare perché in quel sistema di riferimento l'auto è ferma.
<u>cioè</u> > Per far valere ancora $\underline{F} = m \cdot \underline{a}$.

NON SONO INTERAZIONI ≡ NON SONO DOVUTE AD UN OGGETTO ESTERNO

INTERAZIONI FONDAMENTALI Qualsiasi forza si riconduce ad una di queste categorie. Analizzando quelle di natura elettromagnetica, posso dire:

Le particelle interessate sono quelle dotate di carica elettrica:
- protoni; - elettroni entrambe dotate di massa.

Tra queste ∃ l'attrazione elettromagnetica. Cosa le fa scattare? Una certa proprietà della materia che ha evidenze sperimentale:
<u>ovvero</u> > La reciproca attrazione o repulsione.

MASTER COPY
Tel. 388/9837745

Se metto assieme tanti protoni ed elettroni

⇒ otteniamo un oggetto complesso che si comporta come avente una **carica** pari alla **somma algebrica** delle cariche che contiene.



3 cariche positive e 4 negative. $3^+, 4^-$

La natura corpuscolare delle cariche ⇒ LA QUANTIZZAZIONE

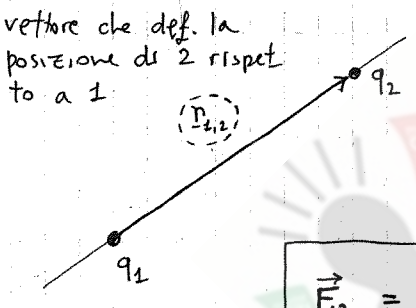
Consente di dire che esistono quantità che sono unità minime delle loro proprietà.

Per il principio di sovrapposizione so che le cariche possono essere solo multiple delle singole cariche elementari di protoni e elettroni. (principio di additività)

Dal principio di conservazione so che il numero delle cariche + e delle cariche − si conserva in un sistema isolato.

LEGGE DI COULOMB

def CARICA PUNTIFORME: particelle di dimensione ø me avente una certa carica, indipendente dalle loro natura.



Qual'è l'**interazione** tra q_1 e q_2?

è una $\vec{F}$
- **ATTRATTIVA** (segno opposto)
- **REPULSIVA** (segno uguale)

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^3} \vec{r}_{12}$$

forza tra due cariche puntiformi

dove $\hat{r}_{12} = \vec{r}_{12} / r_{12}$

La presenza della costante k, dipende da come son state definite le unità di misura.

$k = 8{,}9876 \cdot 10^9 \ Nm^2/C^2$

$\varepsilon_0 = 8{,}8542 \cdot 10^{-18} \ C^2/Nm^2$

$k = 1/4\pi\varepsilon_0$

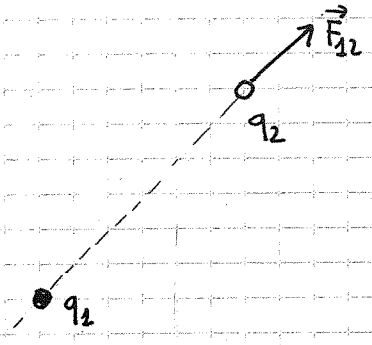
$e = 1{,}602 \cdot 10^{-19} \ C$

$m_p = 1{,}673 \cdot 10^{-27} \ kg \simeq m_N$

$m_e \cong \frac{1}{1837} m_p = 9{,}109 \ 10^{-31} \ kg$

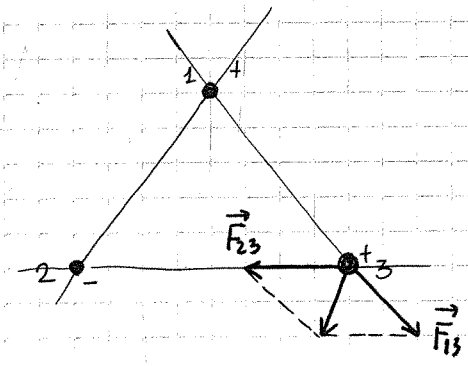
MASTER COPY
Tel. 388/9837745

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{12}^3} \vec{r}_{12}$$



Queste formule contiene i casi in cui le due cariche sono uguali o opposte, il segno è dato dal versore. Ovviamente per il terzo principio

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$



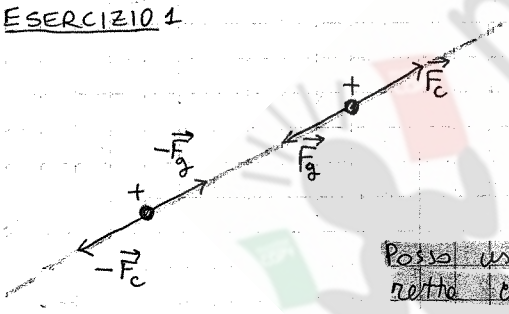
Che forze sente la carica 3? Se ci fosse solo la carica 1, la 3 sentirebbe $\vec{F}_{13}$; se ci fosse solo la 2 sentirebbe $\vec{F}_{23}$. Sperimentalmente è verificato che ~~le cariche~~ forze sentita dalla carica 3 è la somma vettoriale delle due forze

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$ non è banale!

Essendo il sistema isolato è implicito pensare che la risultante $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$

Le forze si elidono a coppie per il terzo principio.

ESERCIZIO 1



Forze agenti tra i 2 protoni?

nb

I protoni hanno una massa. C'è la forze gravitazionale $\vec{F}_g$ che è attrattiva, mentre la forza di Coulomb $\vec{F}_c$ è repulsiva. Che succede?

Posso usare i moduli perché le $\vec{F}$ agenti vivono sulla retta congiungente le 2 cariche.

$$|F_c| = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad |F_g| = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad \vec{F}_g = (-)G\frac{m_1 m_2}{r_{12}^2}\hat{r}_{12}$$

(−) perché sempre attrattiva

STIMA DELL'ORDINE DI GRANDEZZA:

rapporto dei moduli:

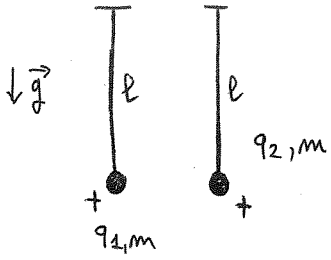
$$\frac{F_c}{F_g} = \frac{k}{G}\left(\frac{q}{m}\right)^2 = \frac{9\cdot 10^9}{7\cdot 10^{-11}}\left(\frac{1{,}6\cdot 10^{-19}}{1{,}6\cdot 10^{-27}}\right)^2 \simeq 10^{36}$$

$F_g \simeq F_c\, 10^{-36}$ perciò la F_g è trascurabile!! A meno che non sia espressamente specificato

MASTER COPY

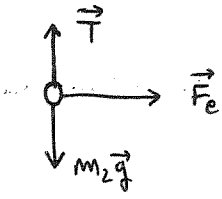
Tel. 388/9837745

ESERCIZIO 2



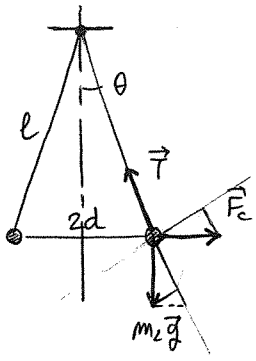
2 cariche appese a 2 fili di lunghezza L

⇒ Qui la gravità conta e la configurazione non è d'equilibrio perché c'è la $\vec{F}_c$ repulsiva.



Che relazione sussiste tra tutte le grandezze in gioco nelle condizione di equilibrio.

Togliamo una variabile per semplicità: attacchiamo i due fili allo stesso punto.



$2d = 2l \sin\theta$

$tg\,\theta = F_c/F_g = k\,q^2/4d^2 mg$ inoltre so che:

$tg\,\theta = d/l$, la relazione che voglio è quindi:

$$\frac{kq^2}{4d^3} \cdot \frac{l}{mg} = 1$$

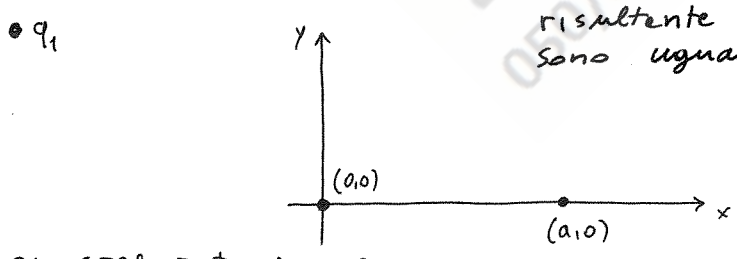
ESERCIZIO 3 Date le posizioni di 3 cariche "q" determinare le forze vincolari necessarie per mantenere la configurazione.

1. posso risolvere normalmente



<u>oppure</u> 2. Trovare date 2 cariche poste a distanza "a", la posizione che può occupare una terza carica affinché sussista l'equilibrio senza vincoli.

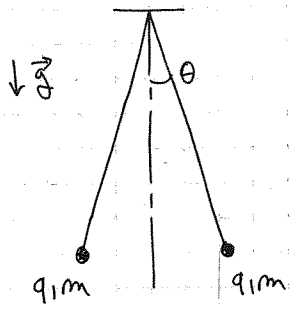
E' ovvio che **se ho solo 2 forze la risultante è nulla solo se esse sono uguali e discordi**



SIMMETRIA ≡ trasformazione in genere geometrica che lascia tutto immutato

Fuori dal piano xy è la stessa cosa per questioni di simmetria

Se non esistono punti di simmetria sul piano xy allora non ne esistono neanche in tutto lo spazio.



nell'esercizio abbiamo sottointeso che i 2 angoli fossero uguali.

Era lecito? Si per SIMMETRIA infatti le particelle sono uguali; avrei la stessa configurazione invertendo le. ma sulle due particelle avevano carica diversa?

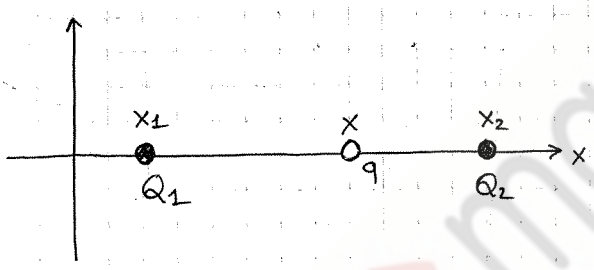
⇒ Avrei ottenuto lo stesso due angoli uguali poiché: $|F_e|$ è la stessa indipendentemente dai segni.

Se $m_1 \neq m_2$? No perché avrei diversi pesi, e questo rompe la simmetria.

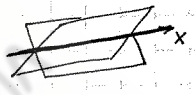
[N.B La simmetria era rotta anche con segni opposti]

ESERCIZIO 3.2 Trovare date due cariche fisse, dove posso mettere una 3ª carica affinché sussista l'equilibrio in assenza di reazioni vincolari.

cioè ⟩ ∃ un punto con $\vec{R} = 0$?



Il problema è invariante rispetto all'asse x



POSSO PARLARE DIRETTAMENTE DI COMPONENTI POICHÉ SONO FORZE AGENTI LUNGO "X".

$$F(x) = k\frac{q Q_1 (x-x_1)}{|x-x_1|^3} + k\frac{q Q_2 (x-x_2)}{|x-x_2|^3} \quad (*)$$

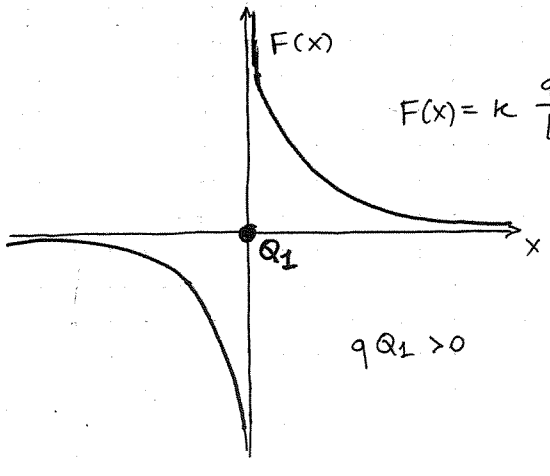
↓ di Q_1 su q ; ↓ di Q_2 su q

Visto che ci sono i moduli dovrò distinguere 3 casi:

- $x_1 < x < x_2$
- $x < x_1$
- $x > x_2$

A questo punto vorrei tracciare un grafico spaziale che descriva la posizione delle cariche nello spazio

→ Metto in 0 la posizione della carica Q_1 ⇒ $x_1 = 0$



$$F(x) = k\frac{q Q_1}{|x|^3}x$$

$q Q_1 > 0$

N.B Per la carica "Q_2" il grafico della forza agente sulla carica "q" sarà lo stesso ma traslato della distanza $(x_2 - x_1)$.