RELAZIONE DI LABORATORIO

EQUILIBRIO TRA LE FORZE

Scopo

In laboratorio è stata provata sperimentalmente l'equilibrio tra le forze, in particolare l'equilibrio indifferente e quello stabile.

MATERIALE

I materiali utilizzati durante l'esperienza sono stati riportati qui di seguito:

- Telaio ⇒ Composto da una base, a qui sono state fissate 2 piantane, collegate ad una asta orizzontale da 2 morsetti. L'asta fa da supporto per 2 pulegge, nonché per uno schermo realizzato in plexiglass.

- Porta masse e masse ⇒ Sono stati utilizzati 3 steli porta masse, ciascuno dei quali aveva una massa di 25 g, ai quali sono state aggiunte masse diverse, in combinazioni diverse. Le masse utilizzate avevano le seguenti masse: 50 g e 25 g

- Filo ⇒ Il filo utilizzato aveva 3 nodi per appenderci le masse.

- Goniometro ⇒ È stato utilizzato un goniometro che riportava per 4 volte l'angolo retto, stampato su carta e appeso allo schermo del telaio con del nastro adesivo.

Premessa teorica

Una forza è una grandezza vettoriale, ovvero una grandezza caratterizzata da una direzione, un verso e un'intensità, capace di modificare lo stato di quiete o di moto di un corpo. Si dice che 2 o più forze sono in equilibrio tra loro se la loro risultante, ovvero la somma di queste forze, è nulla, il ché implica che il corpo è in uno stato di quiete.

Le masse utilizzate producevano una forza peso, ovvero una forza che agisce su qualsiasi corpo avente una massa presente in un campo gravitazionale (un campo di forze attrattive generato da un corpo dotato di massa). Per calcolare il modulo della forza peso è sufficiente moltiplicare la massa del corpo in questione *m* per l'accelerazione gravitazionale *g* del sistema di riferimento, che sulla Terra ha un valore approssimato ad 9,8 *N/kg.* La formula quindi è: $F_P = m \cdot g$

Il filo, invece, è un dispositivo che trasmette le forze tangenzialmente e che tira ma non spinge

Per sommare i vettori delle forze è possibile usare il metodo del parallelogramma o quello del punta a coda, tuttavia è più semplice utilizzare le componenti di questi ultimi. Di seguito quindi verrà spiegato come ricavare le componenti di un vettore e come utilizzare queste per eseguire la somma di 2 o più vettori.

segue ⇒

Per verificare l'equilibrio tra le forze sono stati misurati gli angoli che formava il filo con gli assi ortogonali di un fittizio piano cartesiano che passava per il nodo centrale del filo. È stata poi usata la trigonometria per ricavare le componenti dei vari vettori (il modulo delle proiezioni* del vettore sugli assi *x* e *y* del piano cartesiano) delle diverse forze. Sono state poi sommate le diverse componenti per ricavare le componenti del vettore della forza risultante.

Se questi valori approssimano allo zero allora si sarà dimostrato che le diverse forze sono in equilibrio reciproco.

La trigonometria ha il compito di studiare le misure e le correlazioni tra i vari elementi che concernono un triangolo. Allo scopo di questa esperienza, ci è utile conoscere il seno e il coseno.

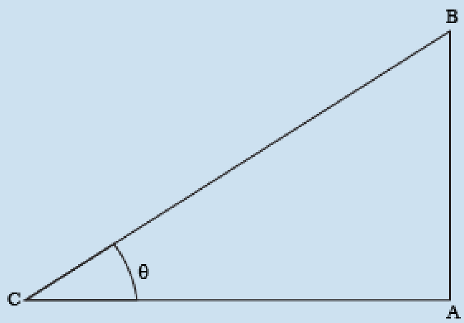
In un triangolo rettangolo, il seno è il rapporto tra il cateto opposto all'angolo preso in considerazione e l'ipotenusa, mentre il coseno è il rapporto tra il cateto adiacente all'angolo preso in considerazione e l'ipotenusa.

$$\sin(\boldsymbol{\theta}) = \frac{Cateto\ opposto}{Ipotenusa} = \frac{AB}{CB}$$

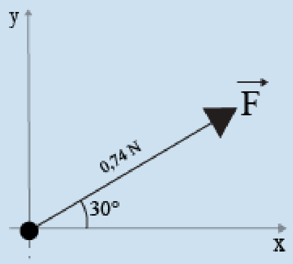
$$\cos(\boldsymbol{\theta}) = \frac{Cateto\ adiacente}{Ipotenusa} = \frac{CA}{CB}$$

↓ da cui segue ↓

$AB = \sin(\boldsymbol{\theta}) \cdot CB$
$CA = \cos(\boldsymbol{\theta}) \cdot CB$



Di seguito segue un esempio di come ricavare le componenti di un vettore, dato il suo argomento e il suo modulo.



$F_x = 0{,}74\ N \cdot \cos(30°) = 0{,}64\ N$
$F_y = 0{,}74\ N \cdot \sin(30°) = 0{,}37\ N$

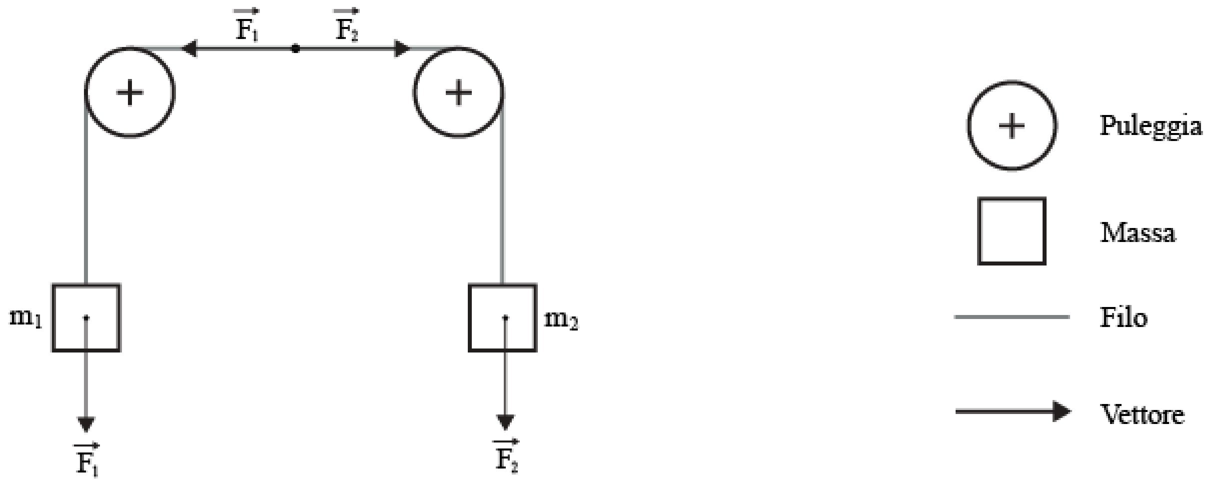
$\vec{F}\ (0{,}64\ ;\ 0{,}37)\ N$

*La scomposizione di un vettore è l'operazione opposta alla somma vettoriale. Se le due direzioni su cui vogliamo scomporre il vettore coincidono con gli assi di un piano cartesiano allora i componenti del nostro vettore verranno chiamati componenti cartesiani. A queste componenti cartesiane, dato che insieme al vettore stesso formano un triangolo rettangolo, è possibile applicarvi Pitagora e le regole trigonometriche viste in precedenza.

ESPERIENZA 1

EQUILIBRIO INDIFFERENTE

Il seguente schema raffigura la situazione finale dopo aver sospeso le masse attraverso i nodi.



ESECUZIONE

Con precisione adagiare il filo in modo che passi per l'incavo delle 2 pulegge. Successivamente appendere i 2 steli portamasse ai nodi alle estremità del filo. Aggiungere ad entrambi i steli una massa da 50 g, in modo da avere la stessa massa di 75 g (lo stelo ha una massa di 25 g) a entrambe le estremità.

DATI ED ELABORAZIONE

La massa m_1, uguale alla massa m_2, è di 75 g che, convertito in chilogrammi, equivale a 0,075 kg. Per trovare l'intensità della forza peso prodotta dalle masse, seguendo la formula $F_P = m \cdot g$, si moltiplica 0,075 kg per 9,8 N/kg si ottiene approssimativamente 0,74N. In sintesi:

$$F_p = m \cdot g = 0{,}075 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ N/kg} \simeq 0{,}74 \text{ N}$$

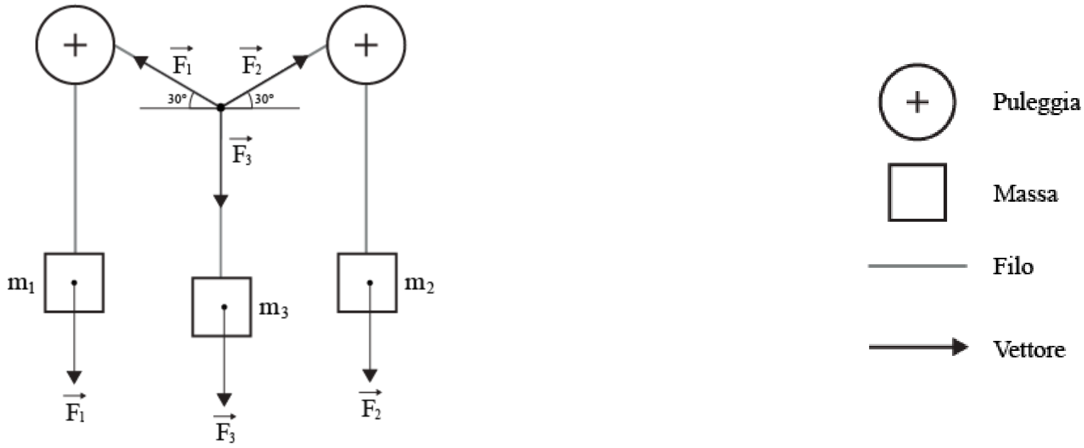
Data la definizione di filo come un dispositivo che trasmette le forze tangenzialmente, possiamo traslare i vettori delle forze peso lungo in filo e farne combaciare i punti di applicazione. Chiamando i 2 vettori traslati sempre $F_1^{\rightarrow}$ ed $F_2^{\rightarrow}$ (impropriamente dato che sono vettori con direzione diverse e dunque dovrebbero avere nomi diversi) si può notare che sono opposti, ovvero che giaciono sulla stessa direzione ma hanno verso opposto. Avendo inoltre lo stesso modulo si può affermare che la somma tra i due vettori è nulla e quindi le forze si annullano l'un l'altra.

Possiamo quindi concludere che il sistema è in equilibrio dato che la somma tra le forze da 0 e quindi non è possibile notare uno spostamento di alcun tipo. Inoltre in questo caso l'equilibrio è definito indifferente dato che per qualsiasi piccolo spostamento della sua posizione di equilibrio, cioè lo spostamento dei pesi, rimane stabilmente nella nuova posizione, senza tornare a quella iniziale e senza allontanarsi ulteriormente.

ESPERIENZA 2

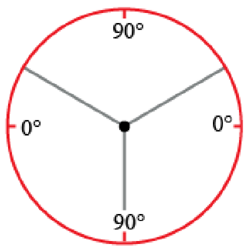
EQUILIBRIO STABILE

Il seguente schema raffigura la situazione finale dopo aver sospeso le masse attraverso i nodi.

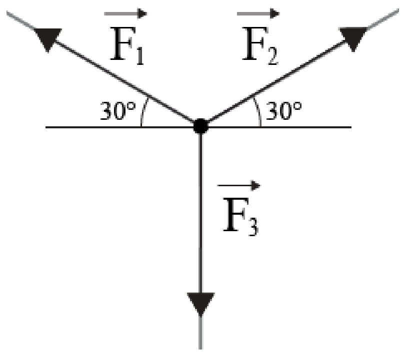


ESECUZIONE

Dalla situazione dell'esperienza 1, sospendere un terzo stelo porta masse tramite il nodo centrale e aggiungerci un'ulteriore massa da 50 g, in modo che $m_1 \simeq m_2 \simeq m_3 \simeq 75$ g.
Fissare sullo schermo di plexiglass il goniometro di carta con del nastro adesivo, facendo attenzione a mettersi allo stesso livello e perpendicolarmente al nodo centrale per evitare l'errore di parallasse e rivolgendo l'angolo 90° verso l'alto, come nella raffigurazione.



DATI ED ELABORAZIONE



Sono stati misurati i seguenti angoli:

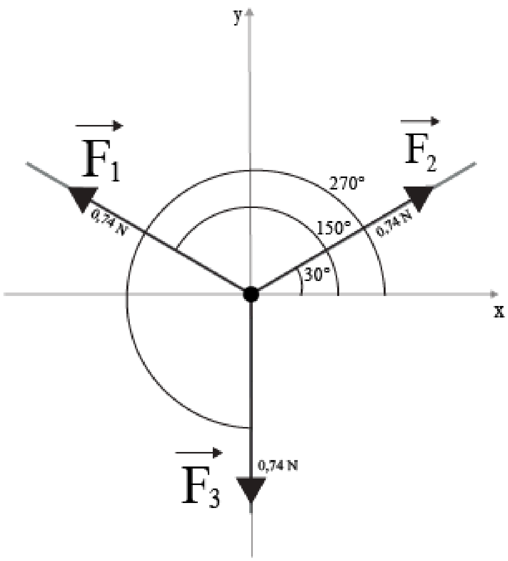
Argomento di $\vec{F_1}$ = 150° (30° rispetto all'asse negativo di x)
Argomento di $\vec{F_2}$ = 30°
Argomento di $\vec{F_3}$ = 270°

Sono state calcolate le seguenti forze peso:

$\vec{F_1} \simeq \vec{F_2} \simeq \vec{F_3} \simeq 0{,}075 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ N/kg} \simeq 0{,}74 \text{ N}$

La seguente tabella racchiude tutti i dati:

VETTORE	MODULO	ARGOMENTO
F_1	0,74 N	150°
F_2	0,74 N	30°
F_3	0,74 N	270°



$F_{1x} = 0{,}74\ \text{N} \bullet \cos(150°) \simeq -0{,}64\ \text{N}$
$F_{1y} = 0{,}74\ \text{N} \bullet \sin(150°) \simeq 0{,}37\ \text{N}$

$F_{2x} = 0{,}74\ \text{N} \bullet \cos(30°) \simeq 0{,}64\ \text{N}$
$F_{2y} = 0{,}74\ \text{N} \bullet \sin(30°) \simeq 0{,}37\ \text{N}$

$F_{3x} = 0{,}74\ \text{N} \bullet \cos(270°) \simeq 0\ \text{N}$
$F_{3y} = 0{,}74\ \text{N} \bullet \sin(270°) \simeq -0{,}74\ \text{N}$

Trovate ora le componenti dei vari vettori delle diverse forze, sommandole si potrà ricavare le componenti del vettore della forza risultante

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = -0{,}64\ \text{N} + 0{,}64\ \text{N} + 0\ \text{N} = 0\ \text{N}$$
$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0{,}37\ \text{N} + 0{,}37\ \text{N} + -0{,}74\ \text{N} = 0\ \text{N}$$

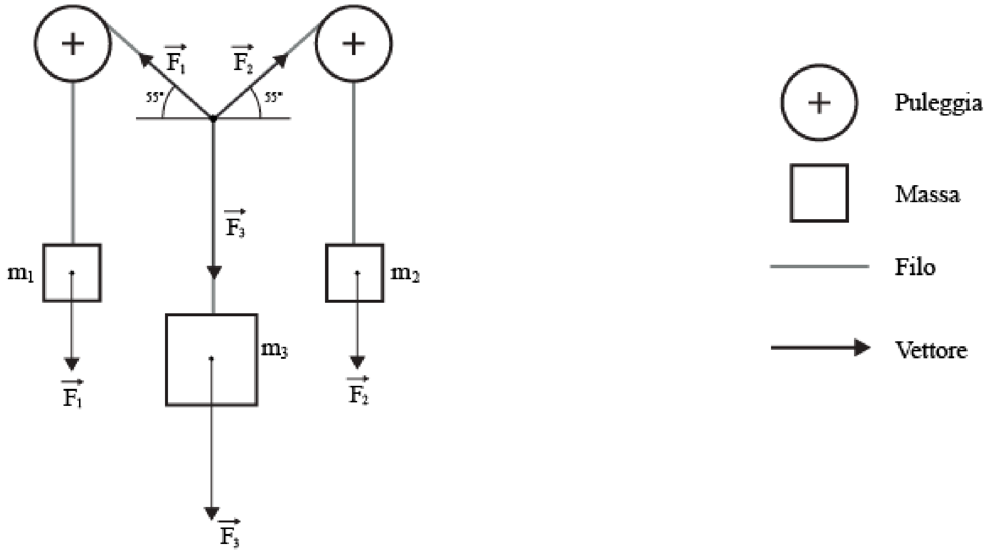
$$F_R^{\rightarrow}(0\ ;\ 0)\ \text{N}$$

Dunque è stato correttamente dimostrato l'equilibrio del sistema raffigurato nello schema alla pagina precedente, dato che la somma dei vettori delle forze dà come risultato un vettore nullo.

ESPERIENZA 3

EQUILIBRIO STABILE

Il seguente schema raffigura la situazione finale dopo aver sospeso le masse attraverso i nodi.

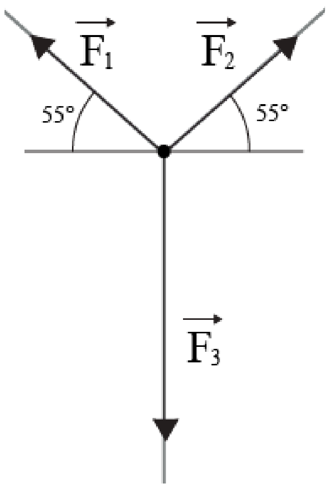


ESECUZIONE

Dalla situazione dell'esperienza 2, aggiungere un'ulteriore massa da 50g allo stelo porta masse centrale, in modo da avere la seguente configurazione: $m_1 \simeq m_3 \simeq 75$ g | $m_2 \simeq 125$ g.

Come per l'esperienza 2, fissare il goniometro e prendere nota delle ampiezze degli angoli formatesi.

DATI ED ELABORAZIONE



Sono stati misurati i seguenti angoli:

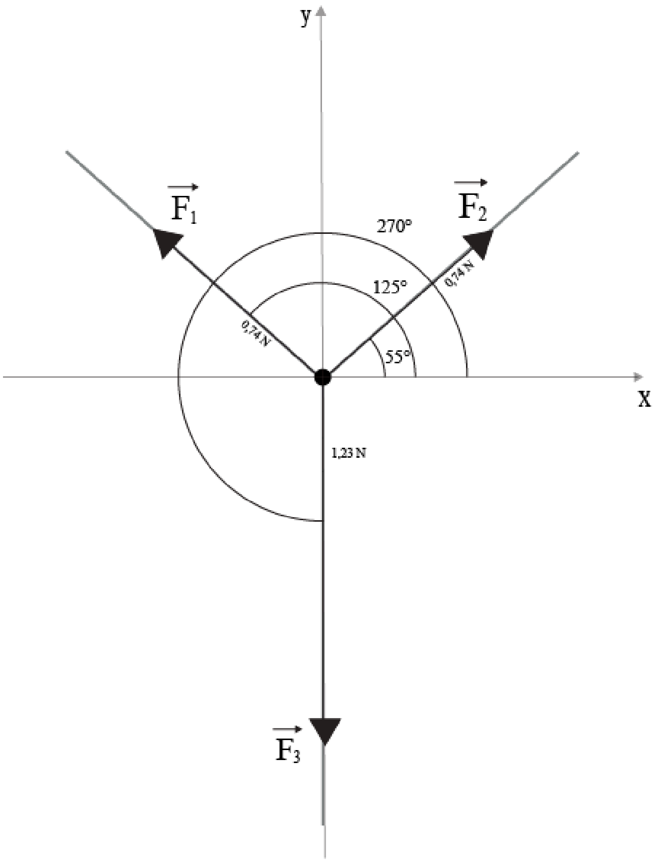
Argomento di $\vec{F}_1$ = 125° (55° rispetto all'asse negativo di x)
Argomento di $\vec{F}_2$ = 55°
Argomento di $\vec{F}_3$ = 270°

Sono state calcolate le seguenti forze peso:

$\vec{F}_1 \simeq \vec{F}_2 \simeq 0,075$ kg • 9,8 N/kg $\simeq$ 0,74 N
$\vec{F}_3 \simeq 0,125$ kg • 9,8 N/kg $\simeq$ 1,23 N

La seguente tabella racchiude tutti i dati:

VETTORE	MODULO	ARGOMENTO
F_1	0,74 N	125°
F_2	0,74 N	55°
F_3	1,23 N	270°



$$F_{1x} = 0{,}74\ \text{N} \bullet \cos(125°) \simeq -0{,}42\ \text{N}$$
$$F_{1y} = 0{,}74\ \text{N} \bullet \sin(125°) \simeq 0{,}61\ \text{N}$$

$$F_{2x} = 0{,}74\ \text{N} \bullet \cos(55°) \simeq 0{,}42\ \text{N}$$
$$F_{2y} = 0{,}74\ \text{N} \bullet \sin(55°) \simeq 0{,}61\ \text{N}$$

$$F_{3x} = 1{,}23\ \text{N} \bullet \cos(270°) \simeq 0\ \text{N}$$
$$F_{3y} = 1{,}23\ \text{N} \bullet \sin(270°) \simeq -1{,}23\ \text{N}$$

Trovate ora le componenti dei vari vettori delle diverse forze, sommandole si potrà ricavare le componenti del vettore della forza risultante

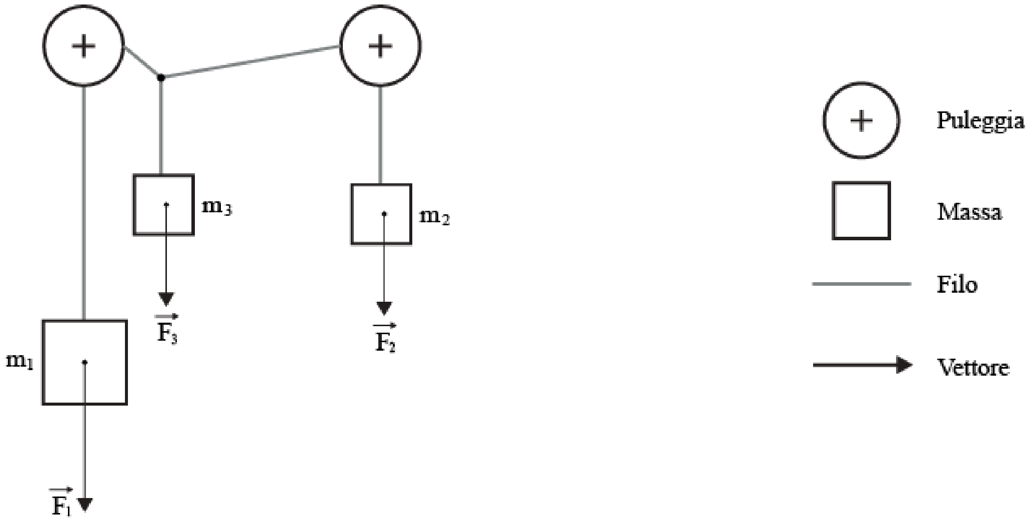
$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = -0{,}42\ \text{N} + 0{,}42\ \text{N} + 0\ \text{N} = 0\ \text{N}$$
$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0{,}61\ \text{N} + 0{,}61\ \text{N} - 1{,}23\ \text{N} = -0{,}01\ \text{N}$$

$$\vec{F_R}(0\ ;\ 0{,}01)\ \text{N}$$

È stato riscontrato un valore diverso da zero nella componente *y* del vettore risultante ma è comunque approssimabile a 0 ed è dovuto ad arrotondamenti. È stata quindi correttamente provato l'equilibrio del sistema

ESPERIENZA 4
EQUILIBRIO STABILE

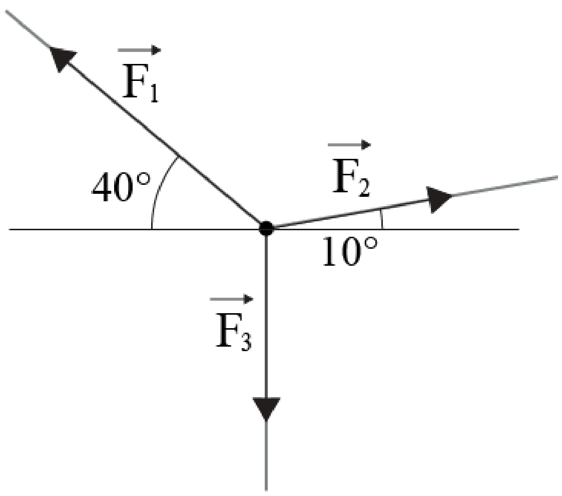
Il seguente schema raffigura la situazione finale dopo aver sospeso le masse attraverso i nodi.



ESECUZIONE

Dalla situazione dell'esperienza 3, rimuovere una massa da 50 g dallo stelo centrale, e aggiungerne uno da 25 g a quello di sinistra, in modo tale che: $m_2 \simeq m_3 \simeq 75$ g | $m_1 \simeq 100$ g.
Come per le esperienze precedenti, fissare il goniometro e prendere nota delle ampiezze degli angoli formatesi.

DATI ED ELABORAZIONE



Sono stati misurati i seguenti angoli:

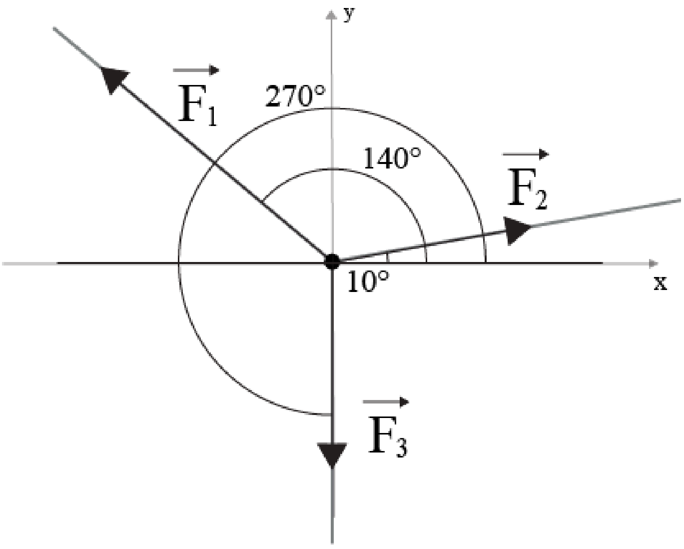
Argomento di $\vec{F_1}$ = 140° (40° rispetto all'asse negativo di x)
Argomento di $\vec{F_2}$ = 10°
Argomento di $\vec{F_3}$ = 270°

Sono state calcolate le seguenti forze peso:

$\vec{F_2} \simeq \vec{F_3} \simeq 0{,}075 \text{ kg} \bullet 9{,}8 \text{ N/kg} \simeq 0{,}74 \text{ N}$
$\vec{F_1} \simeq 0{,}1 \text{ kg} \bullet 9{,}8 \text{ N/kg} \simeq 0{,}98 \text{ N}$

La seguente tabella racchiude tutti i dati:

VETTORE	MODULO	ARGOMENTO
F_1	0,98 N	140°
F_2	0,74 N	10°
F_3	0,74 N	270°



F_{1x} = 0,98 N • cos(140°) ≃ -0,75 N
F_{1y} = 0,98 N • sin(140°) ≃ 0,63 N

F_{2x} = 0,74 N • cos(10°) ≃ 0,73 N
F_{2y} = 0,74 N • sin(10°) ≃ 0,13 N

F_{3x} = 0,74 N • cos(270°) ≃ 0 N
F_{3y} = 0,74 N • sin(270°) ≃ -0,74 N

Trovate ora le componenti dei vari vettori delle diverse forze, sommandole si potrà ricavare le componenti del vettore della forza risultante

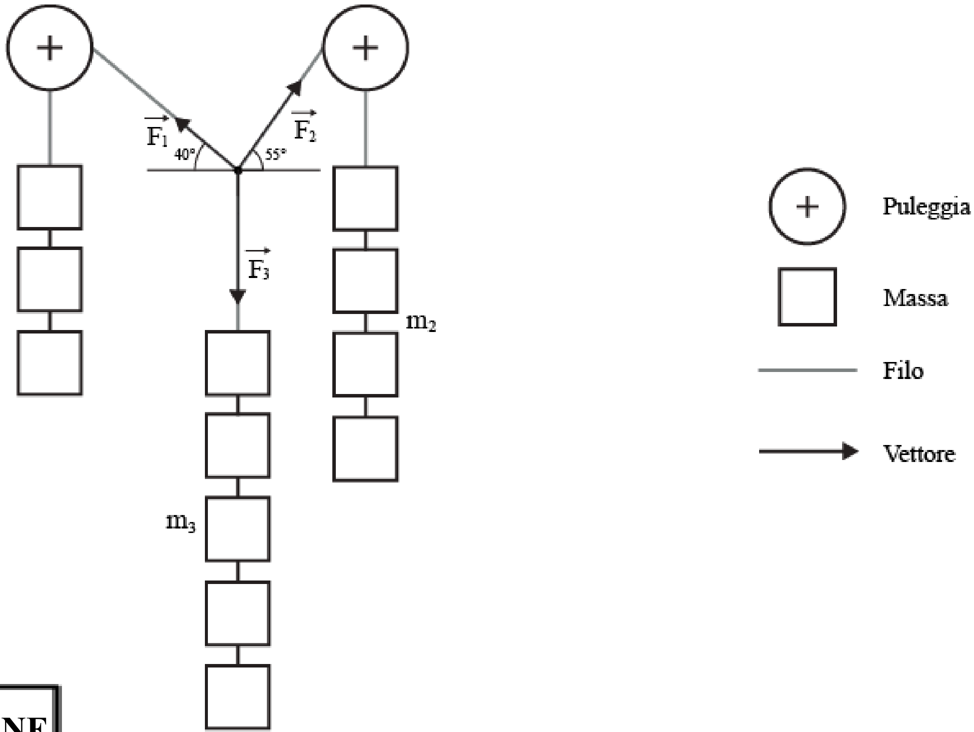
$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = -0{,}75\ N + 0{,}73\ N + 0\ N = -0{,}02\ N$$
$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0{,}63\ N + 0{,}13\ N - 0{,}74\ N = 0{,}02\ N$$

$$F_R{}^{\rightarrow}(-0{,}02\ ;\ 0{,}02)\ N$$

È stato riscontrato un valore diverso da zero nelle componenti *x* e *y* del vettore risultante ma sono comunque approssimabili a 0 e sono dovuti ad arrotondamenti. È stata quindi correttamente provato l’equilibrio del sistema

ESPERIENZA 4
EQUILIBRIO STABILE

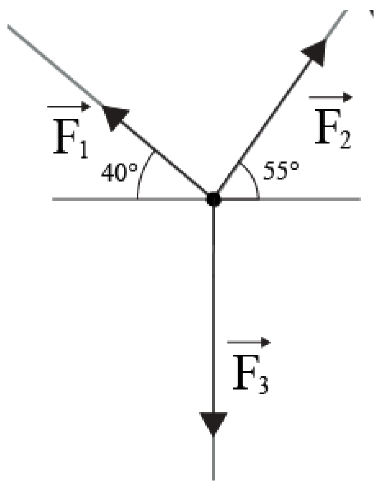
Il seguente schema raffigura la situazione finale dopo aver sospeso le masse attraverso i nodi.



ESECUZIONE

Dalla situazione dell'esperienza 4, rimuovere tutte le masse e con cautela sospendere le masse da 50 g con 2 gancetti all'estremità in modo da da averne 3 a sinistra, 5 al centro e 4 a destra, nella seguente configurazione: $m_1 \simeq 150$ g | $m_2 \simeq 200$ g | $m_2 \simeq 250$ g. Come per le esperienze precedenti, fissare il goniometro e prendere nota delle ampiezze degli angoli formatesi.

DATI ED ELABORAZIONE



Sono stati misurati i seguenti angoli:

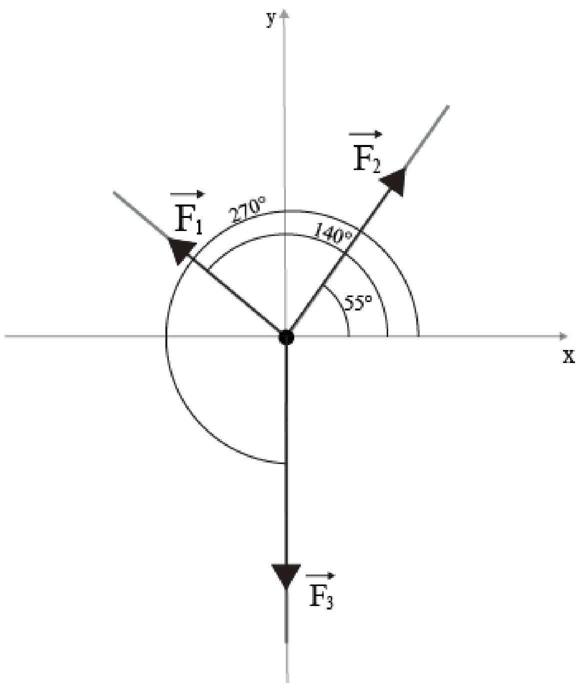
Argomento di $\vec{F_1} = 140°$ (40° rispetto all'asse negativo di x)
Argomento di $\vec{F_2} = 55°$
Argomento di $\vec{F_3} = 270°$

Sono state calcolate le seguenti intensità delle forze peso:

$\vec{F_1} \simeq 0{,}150 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ N/kg} \simeq 1{,}47 \text{ N}$
$\vec{F_2} \simeq 0{,}200 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ N/kg} \simeq 1{,}96 \text{ N}$
$\vec{F_3} \simeq 0{,}250 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ N/kg} \simeq 2{,}45 \text{ N}$

La seguente tabella racchiude tutti i dati:

VETTORE	MODULO	ARGOMENTO
F_1	1,47 N	140°
F_2	1,96 N	55°
F_3	2,45 N	270°



F_{1x} = 1,47 N • cos(140°) ≃ -1,13 N
F_{1y} = 1,47 N • sin(140°) ≃ 0,94 N

F_{2x} = 1,96 N • cos(55°) ≃ 1,12 N
F_{2y} = 1,96 N • sin(55°) ≃ 1,60N

F_{3x} = 2,45 N • cos(270°) ≃ 0 N
F_{3y} = 2,45 N • sin(270°) ≃ -2,45 N

Trovate ora le componenti dei vari vettori delle diverse forze, sommandole si potrà ricavare le componenti del vettore della forza risultante

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = -1,13\text{ N} + 1,12\text{ N} + 0\text{ N} = -0,01\text{ N}$$
$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0,94\text{ N} + 1,60\text{ N} - 2,45\text{ N} = 0,09\text{ N}$$

$$F_R{}^{\rightarrow}(-0,01\ ;\ 0,09)\text{ N}$$

È stato riscontrato un valore diverso da zero nelle componenti *x* e *y* del vettore risultante ma sono comunque approssimabili a 0 e sono dovuti ad arrotondamenti. È stata quindi correttamente provato l’equilibrio del sistema

Tuttavia ci si poteva aspettare che l’argomento di $F_1{}^{\rightarrow}$ fosse di 50°, e non 55° come riscontrato.

Questo perché, seguendo la terna pitagorica 3,4,5, ci si aspettava che l'angolo convesso che ha come lati le direzioni di $\vec{F_1}$ e $\vec{F_2}$, fosse retto.

L'errore è probabilmente dato da una obsolescenza del materiale.

CONCLUSIONI

Alla luce delle esperienze fatte in laboratorio, è possibile affermare che la somma dei vettori delle forze peso nelle diverse situazioni analizzate dà 0 o comunque un valore molto vicino ad esso. Quindi si può concludere che le forze sono in equilibrio tra loro.

Gli errori riscontrati sono dovuti ad errori nella lettura degli angoli col goniometro e ad obsolescenze del materiale.