

Meccanica su lavagne magnetiche 1000735

Istruzioni per l'uso

06/15 ALF



1. Descrizione

Il kit di montaggio meccanica-statica permette di eseguire tutti gli esperimenti fondamentali sulla statica. La peculiarità sta nel fatto che tutte le strutture sperimentali vengono eseguite per mezzo dei componenti sperimentali, provvisti di dischi magnetici, su una lavagna magnetica disposta in verticale. In tal modo i potenti magneti di contatto garantiscono una tenuta sicura di tutti i componenti. Il vantaggio offerto da questa tecnica sperimentale consiste da un lato nella possibilità di fare a meno di qualsiasi stativo, dall'altro lato nella semplice mobilità di tutti i componenti sperimentali. In tal modo sono possibili un rapido montaggio della relativa disposizione sperimentale e una semplice regolazione. La disposizione verticale e le grandi dimensioni di tutti i componenti garantiscono una buona visibilità di tutte le strutture sperimentali. Grazie all'assenza dello stativo viene meno il relativo influsso di disturbo. Inoltre l'utilizzo della lavagna magnetica permette di scrivere direttamente sulla

disposizione sperimentale. Da un lato, se necessario, è possibile denominare i componenti. Dall'altro lato è possibile inserire le corrispondenti grandezze fisiche, che vengono modificate o misurate, come ad es. le lunghezze e le forze nella loro relativa posizione. Infine, oltre alla disposizione sperimentale, è possibile realizzare direttamente uno schizzo dell'esperimento contenente il principio della disposizione sperimentale. Questo schizzo può essere realizzato prima della struttura sperimentale in modo tale che la disposizione sperimentale venga composta in base allo schizzo. Lo schizzo può essere comunque sviluppato anche dopo la struttura sperimentale: in questo caso vengono rimossi i componenti essenziali della disposizione sperimentale. In questo modo risulta possibile ad es. rappresentare le forze e i parallelogrammi delle forze. Nella realizzazione degli esperimenti è compreso, oltre al kit di montaggio, anche una lavagna magnetica delle dimensioni minime di 100 cm x 100 cm.

2. Fornitura

N.	Componente	Quantità
1.	Dinamometro 5 N	2
2.	Piano inclinato con puleggia fissa e goniometro	1
3.	Rullo 5 N	1
4.	Parallelepipedo di alluminio con 2 ganci 2 N	1
5.	Corpo con gancio 1 N	6
6.	Puleggia, piccola	1
7.	Puleggia, grande	1
8.	Paranco con 2 pulegge	1
9.	Leva	1
10.	Asta di acciaio con filettatura	1
11.	Contrappeso con vite di bloccaggio	1
12.	Molle ad elica	3
13.	Disco del baricentro	1
14.	Piombo	1
15.	Supporto	3
16.	Manicotti in gomma	3
17.	Gancio in ottone	3
18.	Staffa in ottone	1
19.	Scala magnetica	1
20.	Frecce magnetiche	4
21.	Triangolo magnetico	1
22.	Filo di nylon con occhielli	4

3. Esperimenti con il kit

Caratteristiche di una forza , composizione e scomposizione di forze

1. Misurazione della forza con un dinamometro a molla – forza come grandezza vettoriale
2. Spostamento di una forza lungo la sua linea di azione
3. Legge di Hooke
4. Somma di forze con una linea di azione comune
5. Azione uguale a reazione
6. Somma di forze con diverse direzioni – utilizzo di dinamometri
7. Somma di forze con diverse direzioni – utilizzo di corpi con ganci
8. Scomposizione di una forza in due componenti perpendicolari una rispetto all'altra
9. Scomposizione di una forza in due forze parallele

Baricentro e posizione di equilibrio

10. Assi baricentro e baricentro di un disco di plastica
11. Posizioni di equilibrio di un corpo sospeso
12. Posizioni di equilibrio – baricentro fuori dalla leva

Dispositivi di trasformazione della forza

13. Equilibrio delle forze sulla leva bilaterale
14. Equilibrio delle forze sulla leva unilaterale
15. Momento torcente
16. Forze sulla puleggia fissa
17. Forze sulla puleggia mobile
18. Forze sul paranco
19. Forze sul piano inclinato – verifica con il dinamometro
20. Forze sul piano inclinato – verifica con corpi con gancio
21. Attrito radente - verifica con il dinamometro
22. Attrito radente – verifica con pesi
23. Attrito statico
24. Attrito volvente

Vibrazioni

25. Periodo di un pendolo a filo
26. Periodo di un oscillatore a molla verticale
27. Risonanza di due oscillatori a molla

4. Note su alcuni componenti

1. Dinamometro a molla

I dinamometri a molla possono essere utilizzati in qualsiasi posizione. Eventualmente si deve prendere in considerazione soltanto il peso proprio dei fili, dei ganci ecc. Utilizzando le forze più grandi possibili, il loro influsso è tuttavia ridotto. L'indicatore viene azzerato ruotando il quadrante. Il filo deve essere posizionato in senso orario sul disco della corda.

2. Piano inclinato

Il piano inclinato può essere facilmente fissato con diverse inclinazioni sulla lavagna magnetica. Il piombo sospeso indica il relativo angolo di inclinazione.

3. Paranco/bottiglia/flacone con 2 pulegge

Il paranco con 2 pulegge può essere utilizzato anche come puleggia mobile. A tale scopo è opportuno svitare una puleggia. In tal modo la

disposizione sperimentale diventa più chiara e la forza del peso del paranco diminuisce.

4. Freccette magnetiche e triangolo magnetico

È possibile marcare le direzioni delle forze o dei movimenti nelle disposizioni sperimentali mediante le freccette magnetiche. Tuttavia a causa della stessa lunghezza delle freccette magnetiche, in presenza di forze di grandezza diversa, si dovrebbe indicare che le freccette non rispecchiano correttamente i valori delle forze.

Con il triangolo magnetico è possibile contrassegnare perfettamente la posizione del punto di rotazione.

5. Esecuzione degli esperimenti

1. Misurazione della forza con un dinamometro a molla – forza come grandezza vettoriale

Apparecchi

1. Dinamometro
2. Rullo
3. Parallelepipedo di alluminio con 2 ganci
4. Corpo con gancio
5. Gancio in ottone
6. 3 fili con occhielli di diversa lunghezza

Struttura sperimentale

- Applicare il dinamometro nella parte superiore della lavagna magnetica.
- Fissarvi il filo con gli occhielli, alla cui estremità viene fissato il gancio in ottone.

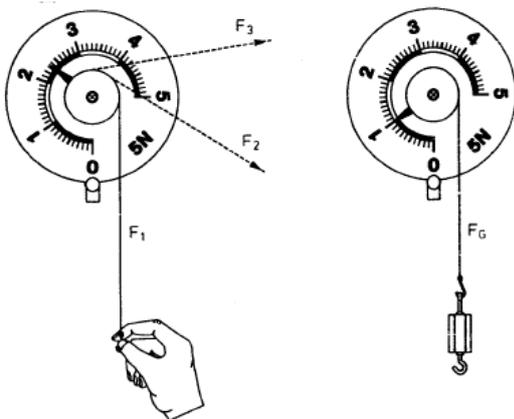


Fig. 1

Esperimento

- Con la mano esercitare una forza gradualmente maggiore sul dinamometro a molla.
- Lasciare agire la forza in diverse direzioni consecutive.
- Infine appendere il corpo a gancio, il parallelepipedo di alluminio e il rullo, uno dopo l'altro, al dinamometro a molla.

Risultato

Le forze hanno valori diversi e possono agire in direzioni diverse. La forza del peso è orientata verticalmente verso il basso. Per contrassegnare una forza è necessaria l'indicazione del valore e della direzione.

2. Spostamento di una forza lungo la sua linea di azione

Apparecchi

1. Dinamometro
2. 3 corpi con gancio
3. Gancio in ottone
4. 3 fili con occhielli

Struttura sperimentale

- Fissare il dinamometro a molla nella parte superiore della lavagna magnetica.
- Appendere al suo punto di misurazione i 3 fili con occhielli.

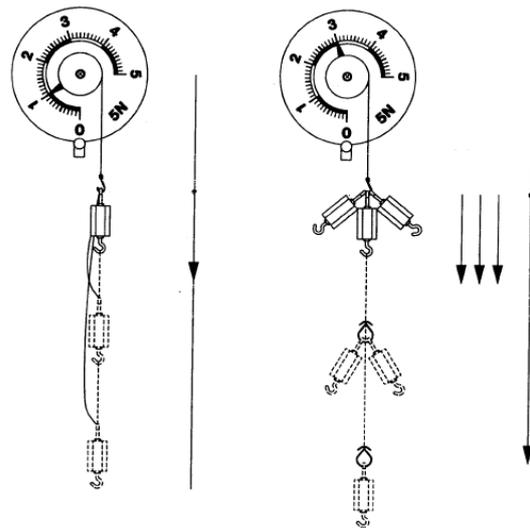


Fig. 2

Esperimento

- Innanzitutto agganciare un corpo con gancio nel gancio del dinamometro a molla e determinare la forza indicata.

- Quindi agganciare questo corpo con gancio scendendo gradualmente da un occhiello all'altro.
- Successivamente fissare al dinamometro a molla i 3 corpi con gancio.
- Infine collocare scendendo gradualmente verso il basso prima uno, poi gli altri due corpi con gancio occhiello dopo occhiello.
- Determinare ogni volta la forza indicata.

Risultato

È possibile spostare una forza lungo la sua linea di azione.

3. Legge di Hooke

Apparecchi

1. 3 corpi con gancio
2. 2 molle ad elica
3. Supporto
4. Manicotto in gomma
5. Scala magnetica

Struttura sperimentale

- Applicare la scala magnetica verticalmente sulla lavagna magnetica.
- Sulla sua estremità superiore fissare il supporto.
- Appendervi una molla e assicurarla con un manicotto in gomma.

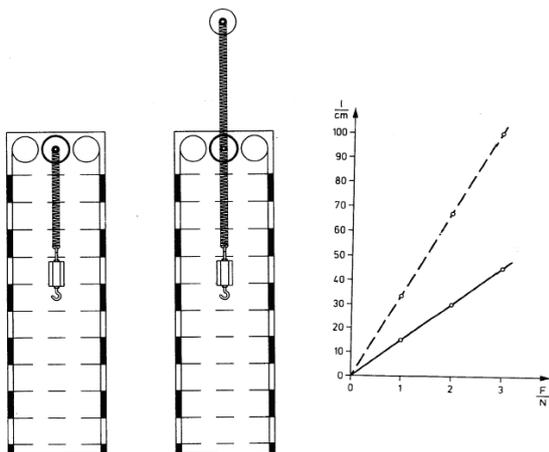


Fig. 3

Esperimento

- Determinare la posizione dell'estremità inferiore della molla.
- Quindi fissare alla molla un corpo con gancio, determinare l'allungamento e registrarlo nella tabella.

- Successivamente appendere alla molla 2 e 3 corpi con gancio e determinare ogni volta l'allungamento.
- Ripetere l'esperimento con 2 molle appese una sotto l'altra. Durante questa operazione è opportuno applicare il supporto per le molle sopra la scala magnetica.
- Inserire di nuovo nella tabella il relativo allungamento e la forza del peso agente.
- Rappresentare graficamente l'allungamento in base alla forza.

Tabella:

Forza del peso dei corpi con gancio F_G in N	Allungamento di una molla Δl in cm	Allungamento di due molle Δl in cm
0		
1		
2		
3		

Risultato

Tanto maggiore è la forza agente, quanto maggiore è anche l'allungamento. Vale la legge di Hooke: $\Delta l \sim F$. L'allungamento per una determinata forza dipende dalle caratteristiche della molla.

4. Somma di forze con una linea di azione comune

Apparecchi

1. Dinamometro
2. 5 corpi con gancio
3. 2 fili con occhielli

Struttura sperimentale

- Fissare il dinamometro a molla nella parte superiore della lavagna magnetica.
- Applicare al diametro a molla i due fili con occhielli.

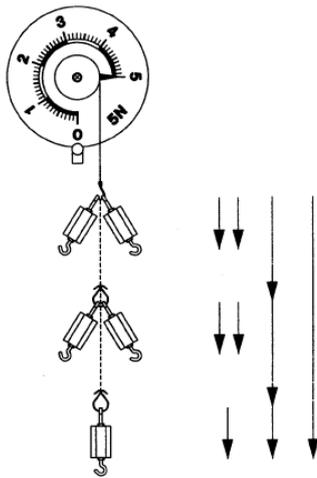


Fig. 4

Esperimento

- Fissare al dinamometro a molla prima un corpo con gancio, quindi gradualmente i restanti, a scelta al dinamometro a molla o ai fili.
- Ogni volta leggere la forza indicata.

Risultato

Se tutte le forze agiscono lungo una linea di azione, la forza totale si ottiene sommando le forze parziali. La direzione della forza totale è uguale alla direzione delle forze parziali.

5. Azione uguale a reazione

Apparecchi

1. 2 dinamometri
2. Filo con occhielli

Struttura sperimentale

- Applicare i due dinamometri a molla sui due lati della lavagna magnetica in modo tale che tra di loro si trovi il filo corto con gli occhielli. Inizialmente non è teso.

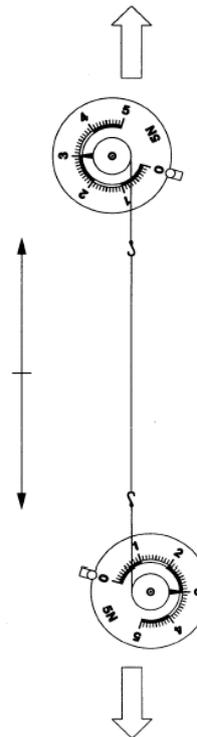


Fig. 5

Esperimento

- Spostare gradualmente sempre più verso sinistra il dinamometro a molla sinistro.
- Quando il filo è teso, i due dinamometri a molla indicano una forza. Spostando il dinamometro le forze aumentano. In ogni caso sono della stessa grandezza.
- Riportare il dinamometro a molla sinistro nella posizione iniziale e spostare gradualmente sempre più verso l'esterno il dinamometro destro.

Aumentando la distanza tra i dinamometri compaiono sempre due forze della stessa grandezza.

Risultato

Se su un corpo agisce una forza, il corpo oppone sempre a questa forza una forza della stessa grandezza ma con direzione opposta: azione uguale a reazione

6. Somma di forze con diverse direzioni – utilizzo di dinamometri

Apparecchi

1. 2 dinamometri
2. Molla
3. Disco del baricentro
4. 3 supporti
5. 3 manicotti in gomma

- 6. Gancio
- 7. Filo con occhielli

Struttura sperimentale

- Fissare i due dinamometri a molla nella parte superiore della lavagna magnetica sui due lati e collegarli con un filo con occhielli.
- A questo filo agganciare il gancio.
- Fissare al gancio la molla ad elica. Tendere la molla verso il basso e fissarla a un supporto con manicotto in gomma.
- Applicare nel punto in cui si trova il gancio un altro supporto.
- Fissare il disco del baricentro a un supporto a monte della molla ad elica in modo tale che la molla risulti coperta e che rimanga visibile soltanto il gancio con il supporto.

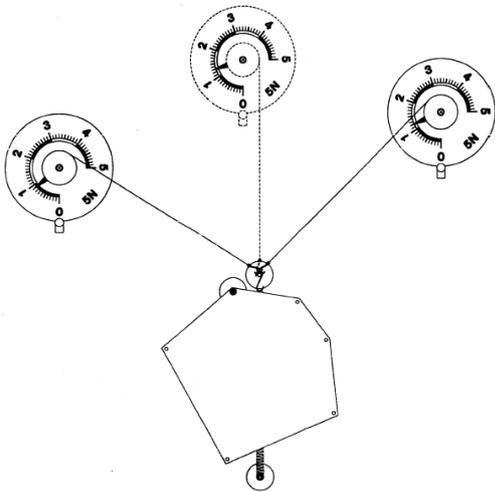


Fig. 6

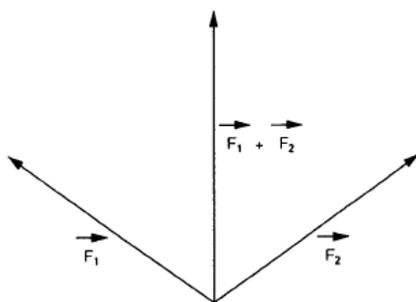


Fig. 6 a

Esperimento

- Spostare i due dinamometri a molla in modo tale che il gancio non si trovi più sul supporto.

In questa posizione agiscono sul gancio due forze che si trovano in equilibrio con la forza della molla.

- Segnare sulla lavagna la direzione e il valore delle due forze dei dinamometri a molla.
- Quindi estrarre un dinamometro a molla dalla disposizione e agganciare l'occhiello ora libero del filo nel punto di misurazione del restante dinamometro a molla.
- Spostare ora questo dinamometro fino a quando il gancio di nuovo non è più a contatto con il supporto.

In questo caso la forza messa a disposizione dal dinamometro ha lo stesso effetto sul gancio esercitato in precedenza dalle due forze singole.

- Trasferire sulla lavagna anche il valore e la direzione anche di questa forza.

Questa forza rappresenta la diagonale nel parallelogramma delle forze.

Risultato

Se su un corpo agiscono due forze in direzioni diverse, esse possono essere sostituite da un'unica forza. Il valore e la direzione di questa forza si ottengono dalla diagonale nel parallelogramma delle forze.

7. Somma di forze con diverse direzioni – utilizzo di corpi con ganci

Apparecchi

1. Dinamometro
2. Puleggia, grande
3. Puleggia, piccola
4. 6 corpi con gancio
5. Molla ad elica
6. Disco del baricentro
7. 3 supporti
8. 3 manicotti in gomma
9. Gancio in ottone
10. Filo con occhielli, lungo

Struttura sperimentale

- Fissare le due pulegge sui due lati nella parte superiore della lavagna magnetica.
- Collocare il filo sulle pulegge e appendere a ogni occhiello 2 corpi con gancio.
- Fissare a un supporto la molla nella parte inferiore della lavagna magnetica mediante un manicotto.
- Collegare al filo l'altra estremità della molla mediante un gancio.

- Spostare il supporto verso il basso fino a quando tra le due forze orientate obliquamente verso l'alto compare l'angolo desiderato.
- Successivamente applicare un supporto al punto del gancio senza toccarlo.
- Con un ulteriore supporto fissare il disco del baricentro in modo tale che copra la molla e che rimanga visibile soltanto il gancio con il supporto.

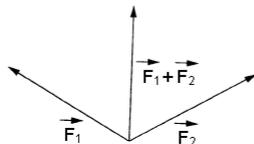
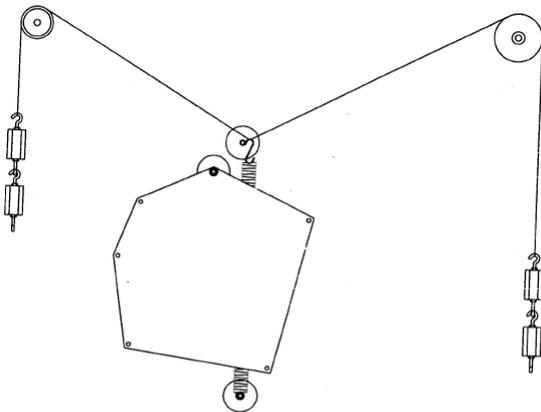


Fig. 7

Esperimento

Ciascuno dei due corpi con gancio esercita sul gancio una forza tale per cui il gancio rimane in questa posizione.

- Marcare sulla lavagna le due direzioni delle forze e dotarle di punte di freccia in modo tale che la lunghezza dei vettori corrisponda alle forze.

L'obiettivo consiste ora nel sostituire queste due forze con una sola in modo tale che l'effetto sia lo stesso.

- A tale scopo fissare sul gancio, anziché il filo con il corpo con gancio, il dinamometro a molla e spostarlo verso l'alto o di lato in modo tale che il gancio oscilli di nuovo liberamente.

Ora il dinamometro a molla esercita sul gancio la stessa forza esercitata in precedenza dai due corpi con gancio.

- Sulla lavagna eseguire lo schizzo del valore e della direzione della forza del dinamometro a molla.

Dopo avere rimosso il dinamometro è possibile notare che la forza risultante è uguale alla

diagonale nel parallelogramma delle forze creato dalle due forze singole.

Risultato

Se su un corpo agiscono due forze in direzioni diverse, esse possono essere sostituite da un'unica forza. La diagonale nel parallelogramma delle forze, che parte dal punto di applicazione delle due forze, corrisponde per quanto riguarda il valore e la direzione alla somma delle due forze singole.

8. Scomposizione di una forza in due componenti perpendicolari una rispetto all'altra

Apparecchi

1. 2 dinamometri
2. 5 corpi con gancio
3. Puleggia
4. Supporto
5. Manicotto in gomma
6. Gancio in ottone
7. 2 fili con occhielli

Struttura sperimentale

- Fissare un dinamometro a molla a metà altezza nel campo sinistro della lavagna magnetica e l'altro al centro dell'area superiore.
- Collegare i due dinamometri a molla con un filo corto con occhielli.
- Agganciare il gancio di ottone a questo filo e dotarlo di un ulteriore filo con occhielli.
- Agganciare i 5 pesi all'occhiello libero e collocare il filo su una puleggia in modo tale che tiri obliquamente verso il basso a destra.
- Modificare la posizione del dinamometro a molla superiore in modo tale che tra le due forze in uscita dai dinamometri a molla sia presente un angolo retto.
- Applicare il supporto nel punto del gancio in ottone in modo tale che non vi sia contatto.

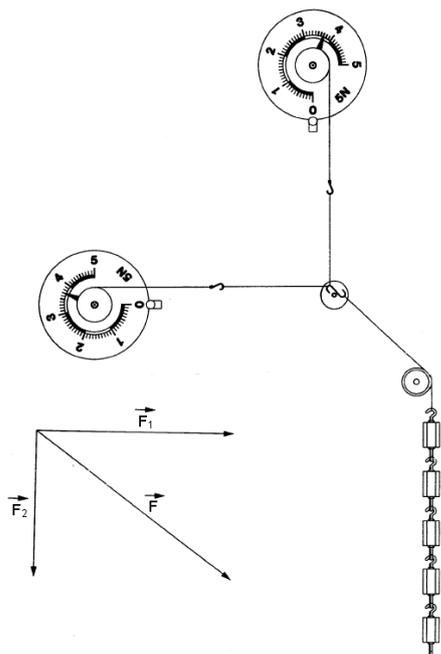


Fig. 8

Esperimento

I corpi con gancio esercitano sul gancio in ottone una forza orientata obliquamente verso il basso. Questa forza viene scomposta sul gancio in due componenti che corrono perpendicolarmente una rispetto all'altra. Una forza è orientata verticalmente e l'altra orizzontalmente. Le due forze indicate dai dinamometri a molla rappresentano ciascuna la forza opposta rispetto alle due componenti parziali della forza scomposta.

- Inserire nel parallelogramma delle forze il valore e la direzione innanzitutto della forza orientata obliquamente verso il basso F dei corpi con gancio.
- Quindi dal punto di partenza di questa forza tracciare una linea orizzontale e una linea verticale.
- Ora costruire un parallelogramma in modo tale che la forza dei corpi con gancio costituisca la diagonale nel rettangolo.

Il valore delle due forze parziali che partono dal punto di applicazione della forza può essere letto nel parallelogramma. Questi valori corrispondono ai valori indicati dai due dinamometri a molla. La direzione delle forze parziali da applicare ai dinamometri a molla è tuttavia opposta a queste forze parziali poiché rappresentano le forze opposte.

Risultato

Ogni forza può essere scomposta in due forze parziali orientate perpendicolarmente una rispetto all'altra. I valori delle due forze parziali

corrispondono alle lunghezze dei due lati del rettangolo nel quale la forza scomposta costituisce la diagonale. Ciascuna delle due forze parziali è inferiore alla forza scomposta.

9. Scomposizione di una forza in due forze parallele

Apparecchi

1. 2 dinamometri
2. Leva
3. 4 corpi con gancio

Struttura sperimentale

- Fissare i due dinamometri a molla alla stessa altezza nella parte destra e sinistra della lavagna magnetica.
- Agganciare la leva nel dinamometro a molla in modo tale che i punti di applicazione della forza si trovino di volta in volta nell'ultimo foro esterno della leva.
- Ora modificare la posizione dei dinamometri a molla in modo tale che le forze agiscano verticalmente verso l'alto e che la leva sia in posizione orizzontale.

Le deviazioni causate dalla forza del peso della leva sui dinamometri vengono corrette ruotando il quadrante.

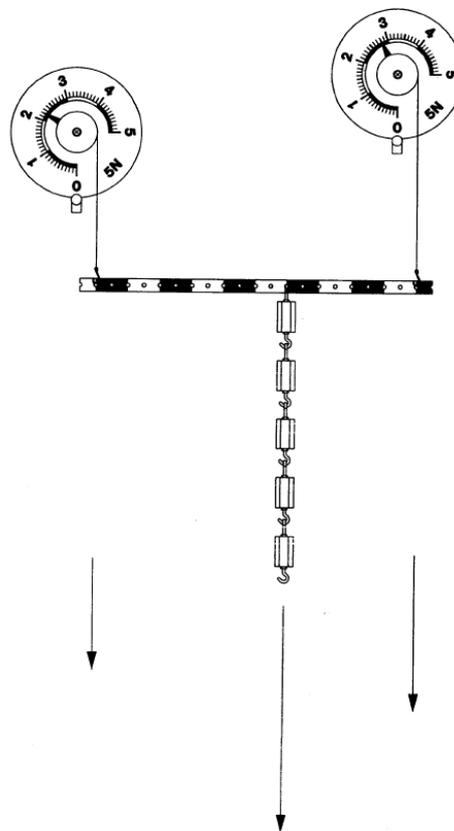


Fig. 9

Esperimento

- Determinare innanzitutto la (stessa) forza del peso che viene indicata dai due dinamometri a molla.
- Quindi appendere uno all'altro tutti e 4 i corpi con gancio inizialmente al centro della leva e determinare le forze parziali indicate dai dinamometri a molla.
- Quindi spostare il punto di sospensione sempre più verso l'esterno e determinare di volta in volta le forze parziali. A tale scopo, prima della lettura, è necessario orientare di nuovo orizzontalmente la leva spostando verticalmente i dinamometri.
- Inserire nella tabella le forze parziali F_1 e F_2 e le distanze a_1 e a_2 .

La somma delle forze parziali indicate dai dinamometri è uguale alla forza del peso dei corpi con gancio.

Tabella:

Forza F_1 in N	Forza F_2 in N	Distanza a_1 in cm	Distanza a_2 in cm

Risultato

Una forza può essere scomposta in due forze parziali che corrono parallele ad essa. La somma dei valori delle forze parziali è uguale al valore della forza totale. Le forze parziali al contrario si comportano come le distanze dei punti di applicazione delle forze parziali dal punto di applicazione della forza totale.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

10. Assi baricentro e baricentro di un disco di plastica

Apparecchi

1. Disco del baricentro
2. Piombo
3. Supporto
4. Manicotto in gomma

Struttura sperimentale

- Fissare il supporto al centro della parte superiore della lavagna magnetica e inserire in uno dei suoi fori il disco del baricentro.

- Quindi fissare il piombo al supporto e assicurarlo con il manicotto in gomma.

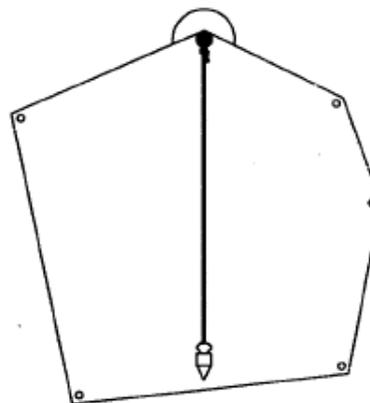


Fig. 10

Esperimento

- Longitudinalmente al piombo tracciare una sottile linea di matita.
- Quindi appendere il disco del baricentro a uno dei loro fori, fissare di nuovo il piombo al supporto e tracciare un'altra linea con la matita longitudinalmente al piombo.
- Procedere allo stesso modo con i restanti fori nel disco del baricentro.

Risultato

Tutti i cosiddetti assi baricentro si incrociano nello stesso punto. Si tratta del baricentro del disco di plastica.

- Per verificarlo, rimuovere il disco dal supporto, portarlo nella posizione orizzontale e supportarlo nel baricentro con una matita appuntita.

Il disco supportato nel baricentro non cambia posizione.

Nota

A rigore di termini il baricentro del disco si trova all'interno. Pertanto, se supportato nel punto determinato, il disco non rimane a riposo in qualsiasi posizione.

11. Posizioni di equilibrio di un corpo sospeso

Apparecchi

1. Leva
2. Asta di acciaio con filettatura
3. Supporto
4. Manicotto in gomma

Struttura sperimentale

- Fissare il supporto nella parte superiore della lavagna, inserire la leva nel suo foro centrale e assicurarla con un manicotto di gomma.

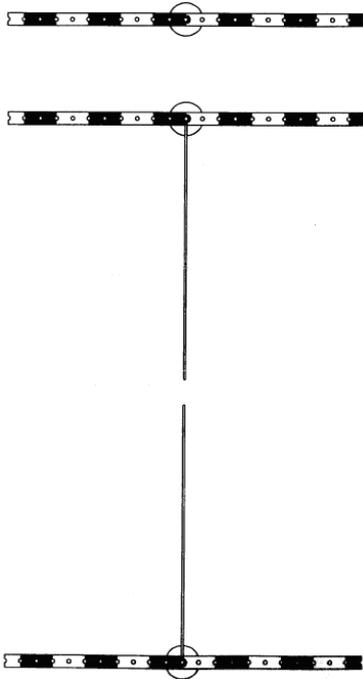


Fig. 11

Esperimento

- Portare la leva in diverse posizioni e ogni volta rilasciarla.
- Quindi fissare l'asta di acciaio con la filettatura nella parte centrale della leva in modo tale che l'asta sia rivolta verso il basso.
- Portare di nuovo la leva in diverse posizioni con l'asta di acciaio sotto il punto di sospensione e rilasciarla.
- Infine ruotare la leva di 180° in modo tale che l'asta di acciaio sia rivolta verticalmente verso l'alto.
- Rilasciare la leva anche in questa posizione.

Risultato

Nel primo caso la leva si trova in equilibrio indifferente. In ogni posizione in cui viene portata rimane a riposo.

Nel secondo caso la leva si trova in equilibrio stabile. Se la si sposta dalla sua posizione di equilibrio, ritorna sempre in questa posizione.

Nel terzo caso la leva si trova in equilibrio labile. Rimane ferma in questa posizione solo per un breve intervallo. Qualsiasi scostamento anche se minimo da questa posizione fa sì che la leva

si allontani sempre di più da questa posizione e che passi nella posizione di equilibrio stabile.

12. Posizioni di equilibrio – baricentro fuori dalla leva

Apparecchi

1. Leva
2. Asta di acciaio con filettatura
3. Contrappeso con vite di bloccaggio
4. Piombo
5. Supporto
6. Manicotto in gomma

Struttura sperimentale

- Avvitare l'asta di acciaio con la filettatura al centro della leva.
- In prossimità dell'estremità inferiore dell'asta di acciaio fissare il contrappeso con la vite di bloccaggio.
- Applicare il supporto nella parte superiore centrale della lavagna magnetica e spostare il piombo sul supporto fino alla piastra di base.
- Inserire la leva in un foro qualsiasi sul supporto e arrestarla con il manicotto in gomma.

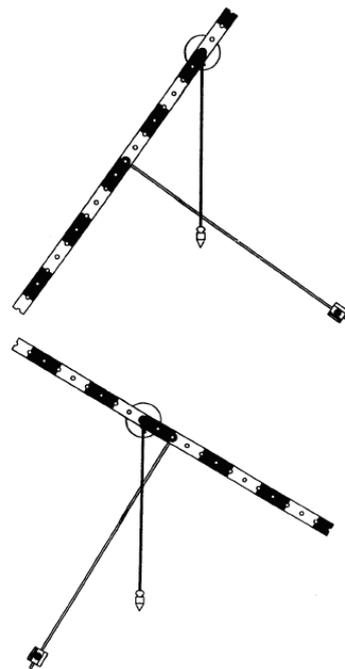


Fig. 12

Esperimento

- Marcare ad es. con un pezzetto di nastro adesivo il punto in cui il piombo incrocia l'asta di acciaio.

- Quindi inserire la leva in un altro foro sul supporto e determinare il punto d'incontro del piombo con l'asta di acciaio.
- Ripetere l'esperimento con due fori che, rispetto all'asta di acciaio, si trovano sull'altro lato della leva.
- Infine rimuovere la leva e il piombo dal supporto e porre l'asta di acciaio su un polpastrello in modo tale che il punto di supporto si trovi nel punto marcato dell'asta di acciaio.

Risultato

In tutti i casi il punto d'incontro del piombo con l'asta di acciaio si trova nello stesso punto. Questo punto si trova fuori dalla leva. Si tratta del baricentro della disposizione.

13. Equilibrio delle forze sulla leva bilaterale

Apparecchi

1. 6 corpi con gancio
2. Leva
3. Asta di acciaio con filettatura
4. Contrappeso con vite di bloccaggio
5. Supporto
6. Manicotto in gomma
7. Triangolo magnetico

Struttura sperimentale

- Fissare il supporto nella parte centrale superiore della lavagna magnetica, inserire la leva nel suo foro centrale sul supporto e proteggerla dallo scivolamento verso il basso con un manicotto in gomma.
- Avvitare alla leva l'asta di acciaio con la filettatura sotto il supporto e fissarvi a metà altezza il contrappeso con la vite di bloccaggio.

Tanto più in alto viene applicata la massa di compensazione, quanto maggiore è la sensibilità della leva.

- Con il triangolo magnetico marcare il punto di rotazione della leva.

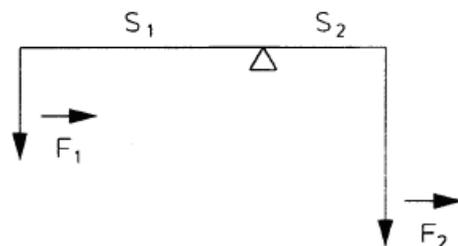
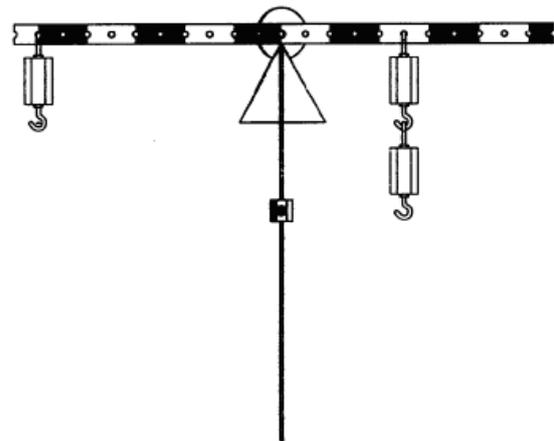


Fig. 13

Esperimento

- Agganciare un corpo con gancio nel foro sinistro esterno della leva.
- Quindi cercare il foro sul lato destro della leva in cui ugualmente deve essere agganciato un corpo con gancio, così che la leva si trova in equilibrio.
- È possibile marcare i punti in cui hanno effetto le forze con le frecce delle forze.
- Misurare la distanza dei due punti di applicazione dal punto di rotazione e inserirla nella tabella assieme alle forze del peso dei due corpi con gancio.
- Quindi appendere un altro corpo al corpo con gancio destro e cercare il foro in cui devono essere agganciati i due corpi con gancio affinché vi sia equilibrio.
- Inserire nella tabella le forze e i bracci di forza. Ora agganciare il corpo con gancio sinistro due fori ancora più verso l'interno (8° foro dal punto di rotazione).
- Per creare equilibrio, portare innanzitutto a destra uno, poi due e infine 4 corpi con gancio nel punto corrispondente.
- Inserire di nuovo nella tabella la lunghezza dei bracci di forza e i valori delle forze.

Tabella:

Braccio di leva sinistro s_1 in cm	Forza agente a sinistra F_1 in N	Braccio di leva destro s_2 in cm	Forza agente a destra F_2 in N	$F_1 \cdot s_1$ in Ncm	$F_2 \cdot s_2$ in Ncm

Risultato

Tanto più in una leva la forza agisce lontano dal punto di rotazione, quanto più ridotta deve essere affinché vi sia equilibrio tra le forze. Per l'analisi matematica i prodotti vengono ricavati dalla forza e dal braccio di forza per i due bracci di leva (le ultime due colonne nella tabella). Ossia:

$$F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2.$$

14. Equilibrio delle forze sulla leva unilaterale

Apparecchi

1. Dinamometro
2. 6 corpi con gancio
3. Leva
4. Supporto
5. Manicotto in gomma
6. Triangolo magnetico

Struttura sperimentale

- Fissare il supporto nella parte superiore centrale della lavagna magnetica.
- Inserire la leva (ultimo foro sinistro) sul supporto e agganciare nell'ultimo foro destro della leva il componente di misurazione del dinamometro a molla.
- Fissare il dinamometro a molla alla lavagna magnetica in modo tale che la leva si trovi in posizione orizzontale e che la linea d'azione delle forze corra perpendicolarmente verso il basso.

La deviazione del dinamometro causata dal peso proprio della leva può essere corretta ruotando il quadrante in modo tale che l'indicatore si trovi sullo zero.

- Con il triangolo magnetico marcare il punto di rotazione della leva.

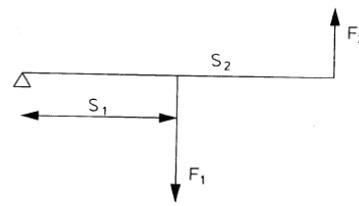
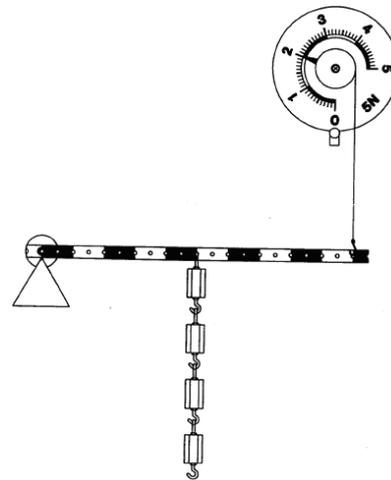


Fig. 14

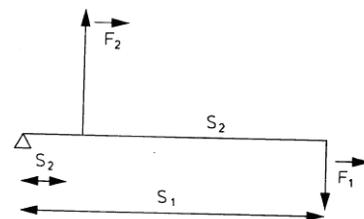
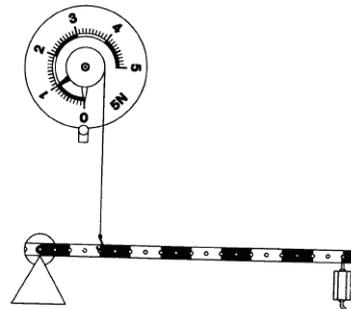


Fig. 14 a

Esperimento

- Agganciare uno all'altro 4 corpi con gancio e fissarli innanzitutto a metà lunghezza della leva.
- Inserire di nuovo nella tabella dei valori misurati la lunghezza dei bracci di leva e i valori delle forze.
- Agganciare innanzitutto i corpi con gancio in un foro rivolto verso il punto di rotazione, successivamente in un foro distante da esso. Inserire nella tabella anche i valori delle grandezze fisiche.

- Staccare il dinamometro a molla dalla leva e agganciarlo nel 4° foro, contando dal punto di rotazione.
- Eseguire questa operazione di nuovo in modo tale che la leva corra orizzontalmente e la linea d'azione verticalmente verso l'alto.
- Eseguire una nuova correzione del punto zero del dinamometro a molla.
- Ora applicare un corpo con gancio ai tre punti consecutivi della leva che si trovano a destra del punto di misurazione della forza.
- Inserire nella tabella i valori di volta in volta misurati delle grandezze fisiche.

Tabella:

Braccio di leva s_1 in cm	Forza che agisce verso il basso F_1 in N	Braccio di leva s_2 in cm	Forza che agisce verso l'alto F_2 in N	$F_1 \cdot s_1$ in Ncm	$F_2 \cdot s_2$ in Ncm

Risultato

Tanto maggiore è la distanza del punto di applicazione della forza dal punto di rotazione, quanto minore deve essere la forza affinché vi sia equilibrio tra le forze. Per l'analisi matematica i prodotti vengono ricavati dal relativo braccio di leva e dalla corrispondente forza (le ultime due colonne nella tabella). Per la leva unilaterale:

$$F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2.$$

15. Momento torcente

Apparecchi

1. 2 dinamometri
2. Leva
3. Supporto
4. Manicotto in gomma
5. Triangolo magnetico

Struttura sperimentale

- Fissare il supporto al centro della lavagna magnetica.
- Inserire la leva nel suo foro centrale sul supporto e proteggerla dallo scivolamento

verso il basso applicando il manicotto in gomma.

- Applicare un dinamometro a molla sopra il braccio destro della leva, l'altro sotto.
- Con il triangolo magnetico marcare il punto di rotazione della leva.

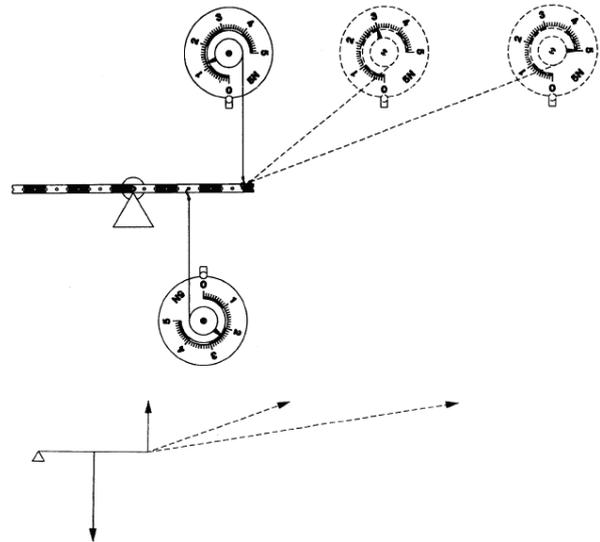


Fig. 15

Esperimento

- Agganciare il punto di misurazione del dinamometro a molla superiore inizialmente nell'ultimo foro della leva.
- Agganciare il punto di misurazione del dinamometro a molla inferiore nel quinto foro dal punto di rotazione.
- Modificare la posizione dei dinamometri a molla in modo tale che la leva si trovi in posizione orizzontale e che i fili siano rivolti verticalmente verso l'alto e verso il basso.
- Durante questa operazione impostare su un dinamometro una forza di alcuni Newton.
- Inserire la relativa distanza del punto di applicazione della forza dal punto di rotazione della leva nonché le relative forze nella tabella dei valori misurati.
- Quindi variare inizialmente per due volte il punto di applicazione del dinamometro a molla inferiore, infine anche il punto di applicazione del dinamometro a molla superiore.
- In ogni caso impostare una posizione orizzontale della leva e fare attenzione alle forze che corrono verticali ad essa.
- Trasferire di nuovo nella tabella le distanze dal punto di rotazione e le forze.
- Infine modificare la posizione del dinamometro a molla inferiore in modo tale che sulla leva la direzione della forza si

discosti sempre più dalla verticale. Tuttavia durante questa operazione la leva deve continuare a rimanere in posizione orizzontale.

Tabella:

Distanza della 1 ^a forza dal punto di rotazione s_1 in cm	1 ^a forza F_1 in N	Distanza della 2 ^a forza dal punto di rotazione s_2 in cm	2 ^a forza F_2 in N	Momento torcente 1 $F_1 \cdot s_1$ in Ncm	Momento torcente 2 $F_2 \cdot s_2$ in Ncm

Risultato

Per descrivere l'equilibrio di un corpo montato in modo girevole è possibile utilizzare il momento torcente. Si tratta del prodotto ottenuto dalla relativa distanza del punto di applicazione della forza dal punto di rotazione e dalla forza ad essa perpendicolare. In caso di equilibrio il valore del momento torcente che ruota verso destra è pari al valore del momento torcente che ruota verso sinistra

$$F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2.$$

Tanto più la forza si discosta dalla direzione perpendicolare rispetto al braccio di leva, quanto maggiore deve essere tale forza affinché venga conservato l'equilibrio. Questo risultato dimostra che è opportuno stabilire il momento torcente come prodotto della distanza del punto di applicazione della forza dal punto di rotazione e della forza ad essa perpendicolare. Tanto maggiore è lo scostamento della forza da questa direzione, quanto maggiore deve essere il suo valore affinché si ottenga lo stesso momento torcente.

16. Forze sulla puleggia fissa

Apparecchi

1. 6 corpi con gancio
2. Puleggia, grande
3. Supporto
4. Manicotto in gomma
5. Scala magnetica
6. Filo di nylon con occhielli

Struttura sperimentale

- Fissare la scala magnetica verticalmente sulla lavagna magnetica.
- Applicare la puleggia grande sull'estremità superiore della scala magnetica al centro.
- Collocare il filo con gli occhielli sulla puleggia. In ogni occhiello fissare un corpo con gancio.

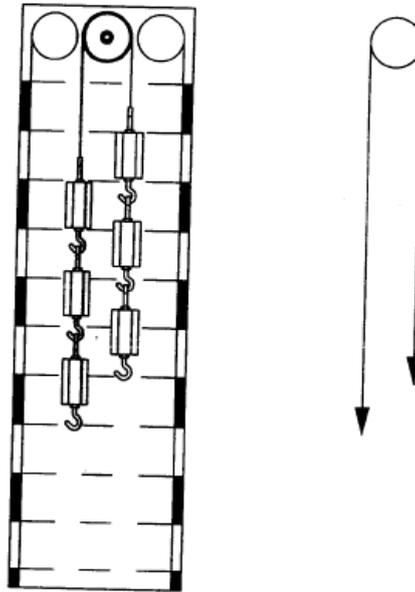


Fig. 16

Esperimento

- Aumentare il numero dei corpi con gancio innanzitutto di due per ogni occhiello, quindi di tre per ogni occhiello.
- Ogni volta i corpi con gancio vengono portati in diverse posizioni e viene osservato il comportamento dell'intera disposizione.

Risultato

La puleggia fissa è in equilibrio, se su ogni lato agisce la stessa forza.

17. Forze sulla puleggia mobile

Apparecchi

1. Dinamometro
2. Puleggia, grande
3. Paranco con 2 pulegge
4. 6 corpi con gancio
5. Contrappeso con vite di bloccaggio
6. Supporto
7. Manicotto in gomma
8. Scala magnetica
9. Filo di nylon con occhielli

Struttura sperimentale

- Fissare la scala magnetica verticalmente sulla lavagna magnetica.
- Fissare il supporto sull'estremità superiore della scala magnetica al suo centro.
- Subito sopra collocare la puleggia grande.
- Agganciare un occhiello del filo al supporto e bloccarlo con il manicotto in gomma.
- Quindi portare il filo verso il basso e qui agganciarvi il paranco con le pulegge. Riportare il filo verso l'alto e collocarlo sulla puleggia fissa sull'estremità superiore della scala magnetica.
- Agganciare all'occhiello all'estremità del filo un corpo con gancio e caricare il paranco con due corpi con gancio.
- Come compensazione per la forza del peso del paranco con pulegge applicare, oltre al corpo con gancio, il contrappeso con vite di bloccaggio ed eventualmente aggiungere un po' di plastilina.

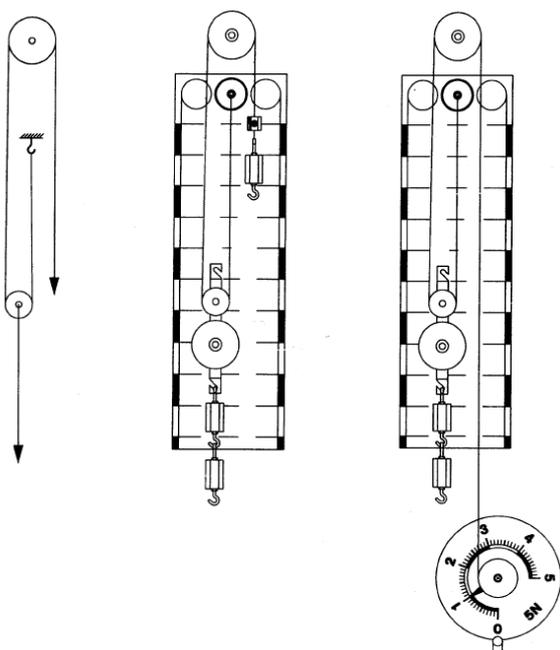


Fig. 17

Fig. 17 a

Fig. 17 b

Esperimento 1

- Portare il corpo con gancio longitudinalmente alla scala in diverse posizioni e ogni volta rilasciarlo.
- Successivamente agganciare un secondo corpo con gancio al paranco e applicare all'occhiello altri corpi con gancio fino al raggiungimento dell'equilibrio.

Esperimento 2

- Sostituire la puleggia fissa con un dinamometro a molla e agganciare al suo

punto di misurazione il filo con occhiello sul quale si trovava il corpo con gancio con il contrappeso con la vite di bloccaggio.

- Rimuovere i corpi con gancio presenti sul paranco.
- Innanzitutto azzerare la deviazione dell'indicatore del dinamometro a molla, causata dal peso proprio della puleggia mobile con il paranco, ruotando il quadrante.
- Quindi appendere al paranco uno dopo l'altro i corpi con gancio e ogni volta determinare la forza visualizzata dal dinamometro a molla.

Risultato

La puleggia mobile si trova in equilibrio, se la forza sul filo è uguale alla metà della forza sulla puleggia.

Nota

Per eseguire gli esperimenti è opportuno svitare dal paranco la puleggia grande. In tal modo aumenta la chiarezza e diminuisce la forza del peso del paranco che agisce come fonte di disturbo.

18. Forze sul paranco

Apparecchi

1. 6 corpi con gancio
2. Puleggia, piccola
3. Puleggia, grande
4. Paranco con 2 pulegge
5. Contrappeso con vite di bloccaggio
6. Supporto
7. Manicotto in gomma
8. Scala magnetica
9. Filo di nylon con occhielli, lungo

Struttura sperimentale

- Applicare la scala magnetica verticalmente sulla lavagna magnetica.
- Applicare la puleggia grande sopra il centro della scala, sotto nella parte superiore della scala la puleggia piccola e ancora più in basso il supporto.
- Agganciare nel supporto un occhiello del filo, arrestarlo con il manicotto di gomma e quindi portarlo sulla puleggia piccola del paranco. Il paranco viene tenuto in modo tale che la puleggia piccola si trovi in alto.
- Quindi portare il filo verso l'alto e qui collocarlo sulla puleggia piccola, quindi di

nuovo verso il basso sulla puleggia grande del paranco e infine sulla puleggia grande.

- Agganciare il contrappeso con la vite di bloccaggio ed eventualmente un po' di plastilina per compensare la forza del peso del paranco.

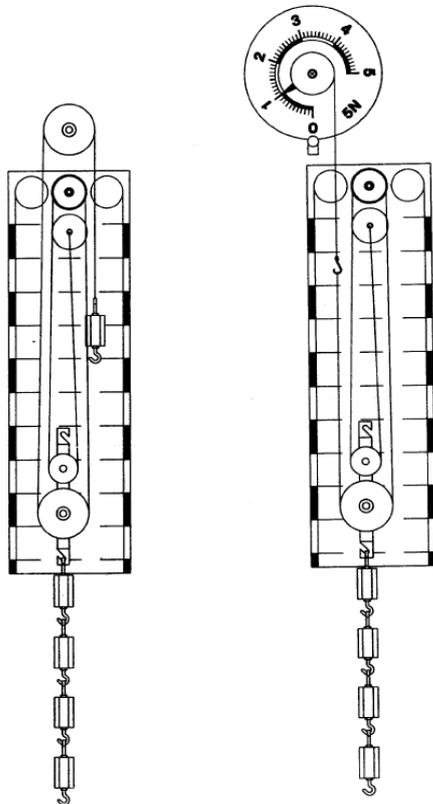


Fig. 18

Fig. 18 a

Esperimento

- Agganciare un corpo con gancio nell'occhiello libero.
- Agganciare al paranco tanti corpi con gancio fino a quando il paranco si trova in equilibrio.

Spostando verso il basso e verso l'alto il paranco è possibile verificare se il paranco si trova in equilibrio in qualsiasi posizione.

Risultato

Il paranco con complessivamente 4 pulegge si trova in equilibrio se la forza sul paranco è quattro volte tanto la forza sull'estremità del filo.

Nota

Anziché la puleggia grande superiore può essere utilizzato anche un dinamometro a molla (fig. 18b). Viene applicato ad esempio al posto della puleggia grande sull'estremità superiore della lavagna magnetica. In questo caso la forza, determinata dal peso proprio del paranco, viene innanzitutto compensata ruotando la

scala. Continuando ad agganciare, ad ogni corpo con gancio la forza indicata aumenta di 0,25 N.

19. Forze sul piano inclinato – verifica con il dinamometro

Apparecchi

1. Dinamometro
2. Piano inclinato
3. Rullo
4. Leva
5. 2 supporti
6. Piombo
7. 2 manicotti in gomma
8. Filo di nylon con occhielli

Struttura sperimentale

- Applicare il piano inclinato alla lavagna magnetica verticale e agganciare il piombo alla parte superiore del goniometro.
- Impostare l'angolo rispetto alla linea orizzontale inizialmente su 10° .
- Collocare il rullo sul piano in modo tale che si trovi subito a monte della lavagna.
- Agganciare il rullo a un occhiello del filo e portare il filo sopra la puleggia verticalmente verso il basso al dinamometro a molla.
- Partendo dall'estremità inferiore sinistra del piano inclinato fissare la leva orizzontalmente a due supporti nella 5° e 10° apertura partendo da sinistra mediante manicotti in gomma.

È possibile determinare l'altezza del piano inclinato di volta in volta come distanza verticale della leva che si trova in orizzontale dall'estremità inferiore destra del piano inclinato.

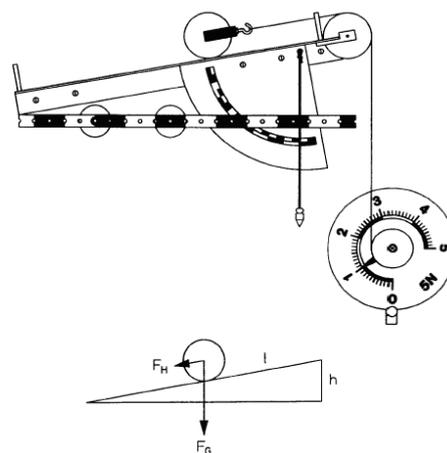


Fig. 19

Esperimento

- Aumentare l'angolo tra il piano inclinato e la linea orizzontale da 10° a 40°.
- Ogni volta misurare l'altezza del piano inclinato e la forza di trazione indicata dal dinamometro a molla e inserirla nella tabella.

Tabella:

Altezza h in cm	Lunghezza l in cm	Forza di trazione F_H in N	Forza del peso F_G in N	$\frac{h}{l}$	$\frac{F_H}{F_G}$

Risultato

Tanto maggiore è l'altezza del piano inclinato, quanto maggiore è anche la forza di trazione. Per l'analisi matematica i quozienti vengono ricavati dalla forza di trazione F_H e dalla forza del peso F_G nonché dall'altezza h e dalla lunghezza l del piano inclinato (ultime due colonne della tabella). Il confronto dei quozienti indica che vale:

$$\frac{F_H}{F_G} = \frac{h}{l}$$

Note

1. Il filo teso che va dalla puleggia fissa al dinamometro a molla può anche correre dietro la puleggia orizzontalmente o con un qualsiasi altro angolo. L'unico presupposto è che si trovi in prossimità del rullo parallelamente al piano inclinato. La disposizione risulta estremamente comprensibile, se il filo corre dal rullo fino al dinamometro a molla parallelamente al piano inclinato. Quindi ad ogni modifica dell'inclinazione del piano deve tuttavia essere modificata anche la posizione del dinamometro a molla.
2. È possibile mettere in equilibrio il piano inclinato anche applicando all'estremità del filo pesi anziché il dinamometro a molla, la cui forza del peso è pari alla forza di trazione.
3. Se vi sono i presupposti matematici, anziché l'altezza e la lunghezza, è possibile includere nell'analisi anche l'angolo ($F_H = F_G \cdot \sin \alpha$).

20. Forze sul piano inclinato – verifica con corpi con gancio

Apparecchi

1. Piano inclinato

2. Rullo

3. 4 corpi con gancio

4. Leva

5. 2 supporti

6. Piombo

7. 2 manicotti in gomma

8. Filo di nylon con occhielli

Struttura sperimentale

- Applicare il piano inclinato alla lavagna magnetica verticale e agganciare il piombo alla parte superiore del goniometro.
- Inizialmente allineare orizzontalmente il piano inclinato.
- Collocare il rullo sul piano in modo tale che si trovi subito a monte della lavagna.
- Agganciare il rullo a un occhiello del filo e portare il filo sopra la puleggia verticalmente verso il basso al dinamometro a molla.
- Fissare proprio sotto il piano inclinato la leva a 2 supporti orizzontalmente nella 5° e 10° apertura partendo da sinistra e assicurarla contro lo scivolamento con manicotti in gomma.

È possibile determinare l'altezza del piano inclinato di volta in volta come distanza verticale della leva che si trova in orizzontale dall'estremità inferiore destra del piano inclinato.

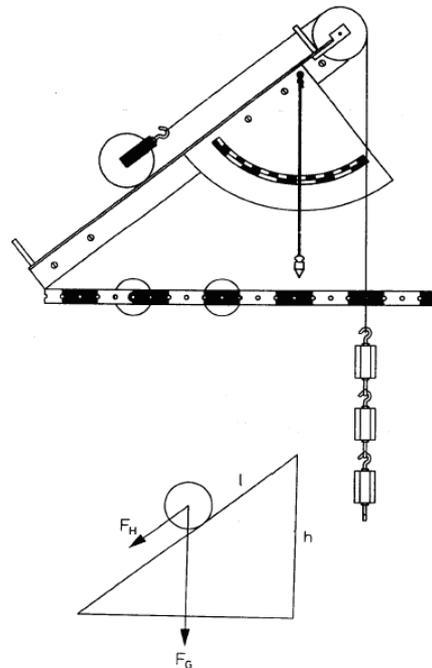


Fig. 20

Esperimento

- Agganciare al secondo occhiello del gancio un corpo con gancio.
- Inizialmente tenere saldamente il rullo e

aumentare l'inclinazione del piano fino a quando il corpo con gancio compensa la forza di trazione del rullo.

- Misurare l'altezza del piano inclinato e inserirla nella tabella assieme alla lunghezza del piano, alla forza del peso del rullo e alla forza del peso del corpo con gancio.
- Successivamente fissare due corpi con gancio all'occhiello e continuare ad aumentare l'inclinazione del piano fino a quando la forza del peso delle masse compensa di nuovo la forza di trazione del rullo.
- Ripetere l'esperimento con 3 e 4 corpi con gancio.

Tabella:

Altezza h in cm	Lunghezza l in cm	Forza di trazione F_H in N	Forza del peso del corpo con gancio F_G in N	$\frac{h}{l}$	$\frac{F_H}{F_G}$

Risultato

Tanto maggiore è l'altezza del piano inclinato, quanto maggiore è anche la forza di trazione. Per l'analisi matematica i quozienti vengono ricavati dalla forza di trazione F_H e dalla forza del peso F_G nonché dall'altezza h e dalla lunghezza l del piano inclinato (ultime due colonne della tabella). I quozienti sono uguali:

$$\frac{F_H}{F_G} = \frac{h}{l}$$

Nota

Aniché i corpi con gancio è possibile utilizzare un piatto della bilancia estremamente leggero e piccolo. Pertanto è possibile preimpostare qualsiasi angolo del piano inclinato. La forza di trazione viene determinata posizionando pesi sul piatto della bilancia.

21. Attrito radente - verifica con il dinamometro

Apparecchi

1. Dinamometro
2. Piano inclinato
3. Parallelepipedo di alluminio con 2 ganci
4. 6 corpi con gancio
5. Filo di nylon con occhielli

Struttura sperimentale

- Applicare il piano inclinato orizzontalmente sul lato sinistro della lavagna magnetica.
- Collocare il parallelepipedo di alluminio con 2 ganci sull'estremità sinistra del piano inclinato in modo tale che appoggi sulla sua superficie maggiore.
- Fissare il filo con occhielli al gancio. Portare il filo sulla puleggia fissa in modo tale che corra il più possibile parallelamente al piano inclinato.
- Agganciare il secondo occhiello nel punto di misurazione del dinamometro a molla.

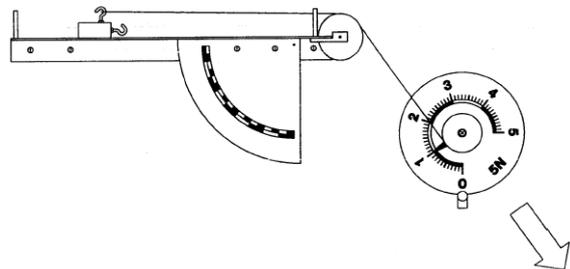


Fig. 21

Esperimento

- Portare lentamente il dinamometro orizzontalmente od obliquamente verso il basso in modo tale che il parallelepipedo in alluminio si sposti in modo uniforme.
- Durante lo spostamento leggere la forza di attrito sul dinamometro a molla.
- Successivamente collocare il parallelepipedo di alluminio sulla superficie più piccola con la stessa struttura superficiale e ripetere l'esperimento.

Mediante il posizionamento di corpi con gancio è possibile aumentare gradualmente la forza del peso efficace.

- Quindi rivestire il piano inclinato con strisce di diversi materiali (ad es. legno, cartone, carta, plastica) ed eseguire gli esperimenti allo stesso modo.

Risultato

L'attrito radente dipende dal tipo di materiali che si sfregano uno sull'altro. Esso aumenta in modo proporzionale rispetto alla forza del peso del corpo che scorre. Non dipende dalle dimensioni della superficie di sfregamento.

Nota

Il coefficiente dell'attrito radente può essere facilmente determinato ottenendo il quoziente dalla forza dell'attrito radente e dalla forza del peso del parallelepipedo. Il lato piccolo del parallelepipedo è rivestito con uno strato di gomma. Il confronto delle forze per le superfici

di attrito con le stesse dimensioni ma con una composizione diversa indica in modo particolarmente chiaro la dipendenza dell'attrito dal tipo dei materiali che scorrono uno sull'altro .

22. Attrito radente – verifica con pesi

Apparecchi

1. Piano inclinato
2. Parallelepipedo di alluminio con 2 ganci
3. 2 corpi con gancio
4. Piombo
5. Filo di nylon con occhielli

Struttura sperimentale

- Fissare il piano inclinato con una leggera inclinazione nella parte superiore della lavagna magnetica.
- Agganciare il piombo nella parte superiore del goniometro.
- Collocare il parallelepipedo di alluminio con 2 ganci sull'estremità sinistra del piano inclinato in modo tale che appoggi sulla superficie più grande.
- Agganciare l'occhiello del filo nel gancio rivolto verso la puleggia.
- Portare il filo il più parallelamente possibile al piano inclinato sulla puleggia fissa e sulla sua altra estremità caricarlo con un corpo con gancio.

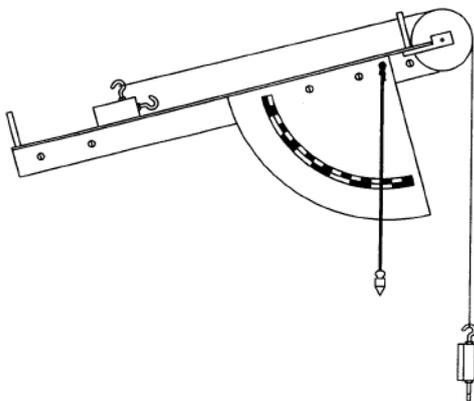


Fig. 22

Esperimento

- Ripetere gli esperimenti dopo avere collocato strati di materiali diversi (ad es. legno, carta, plastica) sul piano inclinato.
- Ridurre l'inclinazione del piano fino a quando il parallelepipedo di alluminio dopo una leggera eccitazione scorre sul piano con una velocità costante.
- Come misura per la forza necessaria a tale scopo determinare l'inclinazione del piano.

- Ripetere l'esperimento allo stesso modo, dopo avere collocato il parallelepipedo di alluminio su una delle sue superfici piccole.
- Infine aumentare la forza con la quale il parallelepipedo di alluminio preme sulla base collocando gradualmente corpi con gancio.
- Collocare strisce di diversi materiali (ad es. legno, cartone, carta, plastica) sul piano inclinato e ripetere gli esperimenti.

Risultato

L'attrito radente è tanto maggiore quanto maggiore è la pressione con cui il corpo agisce sulla base. Dipende da quali materiali sono costituite le superficie di scorrimento. In presenza della stessa forza del peso l'attrito radente non dipende dalle dimensioni della superficie di scorrimento.

Note

1. È possibile determinare la forza dell'attrito radente stabilendo quale deve essere l'inclinazione del piano in modo tale che il corpo con gancio sollevi il parallelepipedo di alluminio sopra il piano. Può essere comunque determinata anche impostando il piano con un'inclinazione sempre maggiore e determinando l'angolo in base al quale il blocco di alluminio tira verso l'alto il corpo con gancio.
2. È possibile anche fare a meno del corpo con gancio e del filo. Si porta il parallelepipedo di alluminio sull'estremità superiore del piano inclinato e si aumenta l'inclinazione del piano fino a quando il blocco di alluminio dopo una leggera eccitazione scorre verso il basso con velocità costante.
3. Inclinando il piano cambia anche la forza con la quale il corpo preme verticalmente sulla base. Soltanto nel caso in cui il piano sia orizzontale, tale forza è uguale alla forza del peso. Se l'inclinazione aumenta, questa forza diminuisce. Nell'analisi si parte comunque da una forza costante. Pertanto con l'esperimento viene eseguita soltanto una valutazione delle dipendenze della forza di attrito.

23. Attrito statico

Apparecchi

1. Dinamometro
2. Piano inclinato
3. Parallelepipedo di alluminio con 2 ganci
4. 6 corpi con gancio
5. Filo di nylon con occhielli

Struttura sperimentale

- Applicare il piano inclinato orizzontalmente sul lato sinistro nella parte superiore della lavagna magnetica.
- Sull'estremità sinistra collocare il parallelepipedo di alluminio. Fissare il filo a uno dei ganci e portarlo sulla puleggia fissa in modo tale che corra praticamente parallelo al piano inclinato.
- Applicare l'altra estremità del filo al punto di misurazione del dinamometro.

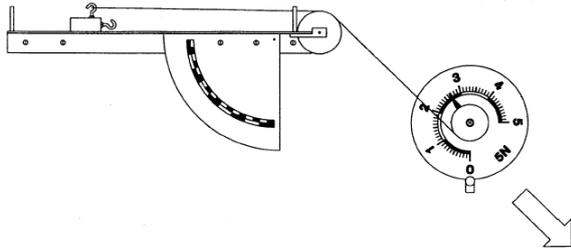


Fig. 23

Esperimento

- Portare il dinamometro a molla lentamente e obliquamente verso il basso a destra. Durante questa operazione determinare la forza che è necessaria per mettere in movimento il blocco di alluminio.
- Ripetere l'esperimento dopo avere collocato il blocco di alluminio su una delle sue superfici piccole.
- Infine rivestire il piano inclinato con strisce di diversi materiali (ad es. legno, metallo, cartone, carta, plastica) e ripetere l'esperimento.
- Successivamente caricare gradualmente il blocco di alluminio con corpi con gancio e ogni volta determinare la forza per mettere in movimento il blocco.

Risultato

L'attrito statico dipende dal tipo dei materiali che scorrono uno sull'altro. Aumenta in modo proporzionale alla pressione. La forza dell'attrito statico è, a parità di pressione, tanto maggiore quanto maggiore è la superficie di scorrimento.

In tutti i casi la forza dell'attrito statico è maggiore della forza dell'attrito radente determinata nell'esperimento 21.

Nota

Anziché il dinamometro a molla, è possibile fissare all'estremità del filo anche un corpo con gancio. Sono quindi possibili indicazioni sulle dimensioni della forza di attrito inclinando il piano (cfr. esperimento 21). È tuttavia possibile

anche fare a meno del filo selezionando un'inclinazione del piano tale per cui il parallelepipedo di alluminio inizia a scivolare. In merito vale la nota 3 relativa all'esperimento 22.

24. Attrito volvente

Apparecchi

1. Dinamometro
2. Piano inclinato
3. Rullo
4. Parallelepipedo di alluminio con 2 ganci
5. 3 corpi con gancio
6. Filo di nylon con occhielli

Struttura sperimentale

- Fissare il piano inclinato nella parte superiore sinistra orizzontalmente alla lavagna magnetica.
- Collocare il rullo sull'estremità sinistra del piano inclinato e fissarvi un'estremità del filo.
- Portare il filo sulla puleggia fissa e fissarlo sul dinamometro a molla che si trova sul lato destro della lavagna magnetica sotto il piano.

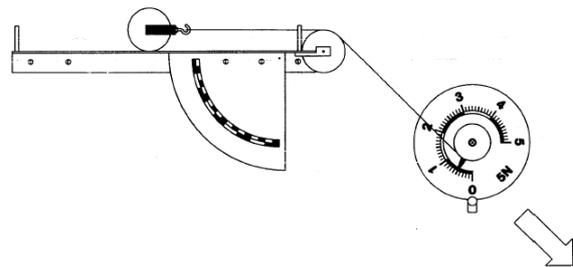


Fig. 24

Esperimento

- Spostare il dinamometro a molla lentamente verso il basso a destra. Durante questa operazione determinare la forza che è necessaria per mantenere in movimento il rullo.
- Quindi sostituire il rullo con il parallelepipedo di alluminio che è stato caricato con 3 corpi con gancio. In tal modo la sua forza del peso corrisponde a quella del rullo.
- Con la stessa disposizione determinare la forza che è necessaria per mantenere costante il movimento del parallelepipedo.

Risultato

Rispetto all'attrito radente e all'attrito statico, l'attrito volvente è notevolmente minore.

25. Periodo di un pendolo a filo

Apparecchi

1. 3 corpi con gancio
2. Supporto
3. Manicotto in gomma
4. Staffa in ottone
5. Scala magnetica
6. Filo di nylon con occhielli, lungo
7. Cronometro

Struttura sperimentale

- Fissare la scala magnetica verticalmente sulla lavagna magnetica.
- Collocare il supporto sul cerchio centrale dell'estremità superiore della scala e dotare la sua estremità anteriore con un manicotto in gomma.
- Collocare la staffa di ottone sul supporto.
- Agganciare a ciascuna delle estremità uno degli occhielli dei fili e fissarvi un corpo con gancio.

È possibile leggere la relativa lunghezza direttamente sulla scala. L'estremità superiore efficace del pendolo si trova al centro della staffa di ottone all'inizio della scala, l'estremità inferiore al centro del peso.

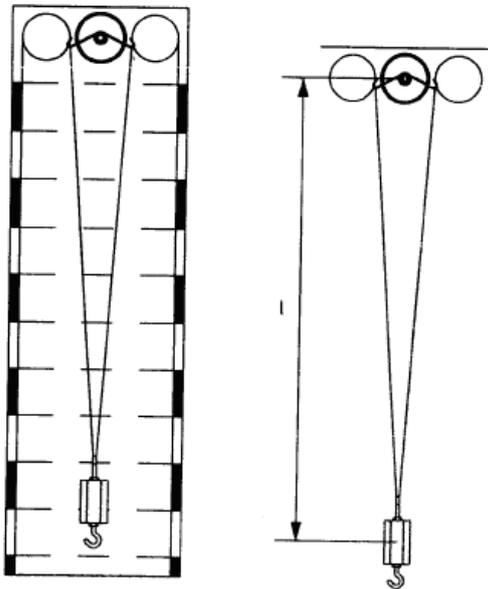


Fig. 25

Esperimento 1

Correlazione tra periodo e peso del pendolo a filo

- Spostare la massa lateralmente fino al bordo della scala circa e rilasciarla.
- Con il cronometro determinare il tempo per 10 periodi e inserirlo nella tabella.

- Anziché un corpo con gancio, fissare sul filo successivamente due e infine tre corpi con gancio uno accanto all'altro.
- In ogni caso determinare il periodo per 10 oscillazioni.
- Ripetere le analisi con una seconda lunghezza del pendolo (filo di un'altra lunghezza).

Tabella:

Lunghezza l in cm	Peso m in g	Tempo per 10 periodi t in s	Periodo T in s

Risultato

Il periodo di un pendolo a filo è indipendente dal peso.

Esperimento 2

Correlazione tra periodo e lunghezza del pendolo

Come peso del pendolo viene utilizzato un corpo con gancio. La lunghezza del pendolo deve essere di circa 50 cm.

- Spostare il corpo con gancio fino al bordo della scala e rilasciarlo. Determinare il tempo per 10 periodi e inserirlo nella tabella.
- Ridurre la lunghezza del pendolo a 40 cm. A tale scopo fissare il filo con un occhiello che può essere facilmente staccato di nuovo su un lato della staffa di ottone.
- Determinare il tempo per 10 periodi e inserirlo nella tabella.
- Successivamente ridurre di nuovo gradualmente la lunghezza del pendolo.
- Dal tempo delle 10 oscillazioni determinare il periodo.
- Infine calcolare il quadrato del periodo e inserirlo nell'ultima colonna.

Tabella:

Lunghezza l in cm	Tempo per 10 periodi t in s	Periodo T in s	Quadrato del periodo T^2 in s ²

Risultato

Tanto maggiore è la lunghezza del pendolo a filo, quanto maggiore è anche il periodo. Vale:

$$T^2 \sim l$$

Note

1. Nel primo esperimento in seguito all'aggancio reciproco di due o più corpi con gancio il baricentro si sposta leggermente verso l'alto. Affinché la lunghezza del pendolo rimanga inalterata da esperimento a esperimento, deve eventualmente essere applicato un pezzetto di filo metallico (ad es. di una graffetta metallica) tra il filo e il corpo del pendolo.

2. Il secondo esperimento può essere utilizzato anche per confermare l'equazione per il periodo di oscillazione di un pendolo a filo:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Inserendo la relativa lunghezza del pendolo impostata l e l'accelerazione di caduta g viene determinato il periodo. Per ogni esperimento parziale corrisponde al periodo misurato.

26. Periodo di un oscillatore a molla verticale

Apparecchi

- 3 corpi con gancio
- 3 molle ad elica
- Supporto
- Manicotto in gomma
- Scala magnetica
- Cronometro

Struttura sperimentale

- Fissare la scala magnetica verticalmente alla lavagna magnetica e applicare un supporto sulla sua sommità superiore.
- Agganciare la molla e assicurarla con un manicotto di gomma.
- Agganciare un corpo con gancio all'estremità inferiore della molla.

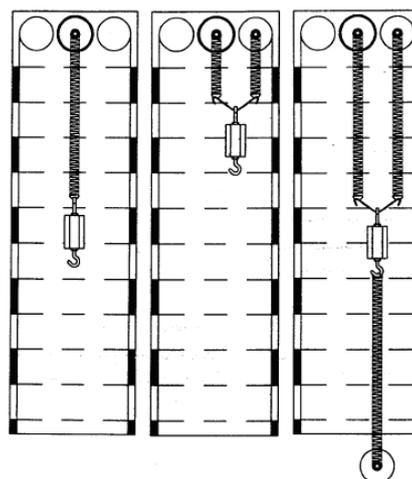


Fig. 26 a

Fig. 26 b

Esperimento 1

Correlazione tra periodo e peso dell'oscillatore a molla

- Spostare il corpo con gancio verticalmente di circa 5 centimetri e rilasciarlo.
- Con il cronometro determinare il tempo per 10 periodi e inserirlo nella tabella.
- Anziché un corpo con gancio, successivamente fissare alla molla ad elica 2 e 3 corpi con gancio uno sotto l'altro.
- In ogni caso determinare il periodo per 10 oscillazioni e inserirlo nella tabella.
- Rappresentare graficamente il quadrato del periodo come funzione del peso.

Tabella:

Peso m in g	Tempo per 10 periodi t in s	Periodo T in s	Quadrato del periodo T^2 in s ²

Risultato

Il periodo di un oscillatore a molla aumenta con il peso. Vale:

$$T^2 \sim m.$$

Esperimento 2

Correlazione tra periodo e indice di rigidità

- Agganciare al supporto inizialmente una molla e determinare la posizione della sua estremità inferiore.
- Quindi agganciare un corpo con gancio alla molla e determinarne l'allungamento.
- Successivamente agganciare al supporto 2 molle una sotto l'altra e determinarne di

- nuovo l'allungamento agganciando un corpo con gancio.
- Ripetere l'esperimento con 3 molle.
- Per tutti e tre i casi ricavare il quoziente dall'allungamento e dalla forza agente e inserirlo nella tabella.
- Nel caso di una molla con corpo con gancio si verifica uno spostamento verticale di circa 5 cm, quindi rilasciare il corpo con gancio e determinare il tempo per 10 periodi.
- Ripetere l'esperimento per le altre due disposizioni (2 molle e 3 molle).
- Inserire i tempi nella tabella.
- Rappresentare graficamente il quadrato del periodo mediante il quoziente ricavato dalla variazione di lunghezza e dalla forza.

Tabella:

Numero delle molle n	Forza F in N	Indice di rigidità k in N/cm	Tempo per 10 periodi t in s	Periodo T in s	Variazione di lunghezza l in cm
1	100				
2	100				
3	100				

Risultato

Il quoziente ricavato dalla forza e dall'allungamento di una molla definisce la sua rigidità (indice di rigidità $k = F/l$). Tanto maggiore è l'indice di rigidità, quanto minore è il periodo.

Vale:

$$T^2 \sim \frac{l}{k}$$

Note

1. Per una determinazione precisa della proporzionalità tra T^2 e l/k fare attenzione alle forze del peso delle molle agganciate e alle variazioni di lunghezza connesse!
2. Nel 2° esperimento è possibile anche disporre più molle una accanto all'altra. In tal modo diminuisce l'indice di rigidità. È possibile fissare facilmente due molle una accanto all'altra applicando due supporti uno accanto all'altro, a ciascuno dei quali è fissata una molla. Collegare l'estremità inferiore delle due molle con una staffa di ottone alla quale vengono fissati i corpi con gancio (ved. fig. 26a).
3. I due esperimenti possono essere utilizzati anche per confermare l'equazione per il periodo

di un oscillatore a molla

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

In questo caso il peso m e l'indice di rigidità k vengono inseriti nell'equazione e da ciò viene calcolato il periodo. Per ogni esperimento parziale il periodo corrisponde al periodo misurato.

4. L'indice di rigidità può essere modificato anche agganciando al gancio inferiore del corpo con gancio un'ulteriore molla ad elica la cui estremità inferiore viene applicata a un ulteriore supporto (ved. fig. 26b).

27. Risonanza di due oscillatori a molla

Apparecchi

1. 4 corpi con gancio
2. Leva
3. 2 molle ad elica
4. 2 supporti
5. 2 manicotti in gomma
6. Scala magnetica
7. 2 ganci in ottone

Struttura sperimentale

- Fissare la scala magnetica verticalmente alla lavagna magnetica e all'altezza della sua estremità superiore a destra e a sinistra applicare un supporto.
- Assicurare ciascun supporto con un manicotto in gomma e collocarvi sopra in piano la leva. Scegliere la distanza dei supporti in modo tale che l'intera lunghezza della leva possa essere utilizzata.
- Fissare con l'ausilio dei ganci in ottone le due molle ad elica al centro della leva distanziate dalle 2 aperture e a ciascuna appendere 2 corpi con gancio.

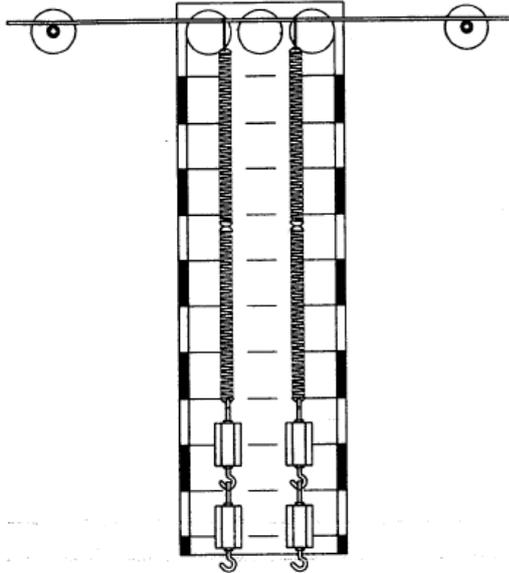


Fig. 27

Esperimento

- Spostare l'estremità inferiore di una delle due molle di circa 5 centimetri verticalmente verso il basso e rilasciarla.

Oscillando trasmette la sua energia gradualmente al secondo oscillatore che inizia a oscillare con un'ampiezza sempre maggiore. Infine il primo oscillatore si ferma. Successivamente l'energia viene ritrasmessa al primo oscillatore.

Risultato

In caso di oscillatori accoppiati con la stessa frequenza propria, si verifica di nuovo una trasmissione completa dell'energia da un oscillatore all'altro.