

SISTEMA

MECCANICA 1

NTP9900-4B

MODULARE

SCHEDE GUIDA STATICA DEI SOLIDI E DEI LIQUIDI

MECCANICA 1

NTP9160-4B

CONTENUTO DEL MODULO : MECCANICA 1 P9160 – 4BI

MODULO : MECCANICA 1 STATICA DEI SOLIDI E DEI FLUIDI M 1**P9160 – 4BI**

- 1M1** 2 Piattelli per bilancia
- 2M1** 1 Massiera
- 3M1** 1 Asta per leva
- 4M1** 1 Indice per bilancia
- 5M1** 1 Scala su piastrina
- 6M1** 1 cursore di taratura
- 7M1** 2 Piattelli portamasse
- 8M1** 4 Masse con intaglio 50 g
- 9M1** 4 Masse con intaglio 10 g
- 10M1** 1 Tubo in plastica 120 x 20 mm
- 11M1** 1 Bicchiere in plastica 100 ml
- 12M1** 2 Tubo in plastica 200 x 8 mm
- 13M1** 1 Idem 80 x 8 mm
- 14M1** 1 Serie di 3 tubicini capillari
- 15M1** 1 Cilindro in plastica 100 ml
- 16M1** 1 Molla in acciaio armonico 3N/m
- 17M1** 1 Molla in acciaio armonico 20N/m
- 18M1** 1 Bandella elastica
- 19M1** 1 Parallelepipedo cavo
- 20M1** 1 Parallelepipedo in alluminio
- 21M1** 1 Parallelepipedo in ferro
- 22M1** 1 Idem, piccolo
- 23M1** 2 Dinamometri 2 N
- 24M1** 1 Carrello sperimentale
- 25M1** 1 Serie di carrucole in plastica, 2 con gambo e 2 libere
- 26M1** 1 Calibro
- 27M1** 1 Metro a nastro
- 28M1** 1 Serie di 2 sonde per immersione

inoltre, senza illustrazione:

- 29M1** 2 Aste da stativo 50 cm
- 30M1** 1 Provetta in vetro 160 x 16
- 31M1** 1 Tubo PVC 16 cm
- 32M1** 1 Tappo di gomma con foro
- 33M1** 1 Pallini di taratura in barattolo contenitore

Attenzione: il numero progressivo e la lettera che precedono la descrizione costituiscono la cosiddetta "posizione" dell'elemento che lo contraddistingue nelle schede di sperimentazione.

MECCANICA 1 Statica dei solidi e dei fluidi**Elenco delle esperienze**

- M 1.1.** Misure di lunghezze
M 1.2. Volume di solidi, liquidi e gas
M 1.3. Misura del tempo
M 1.4. Misura di massa
M 1.5. Massa volumica di solidi
M 1.6. Massa volumica di liquidi
M 1.7. Massa volumica di liquidi con il tubo ad U
- M2** **La Forza**
M 2.1. La forza peso
M 2.2. La forza dal punto di vista statico
M 2.3. Caratteristiche della forza
M 2.4. Forze agenti lungo la stessa retta
M 2.5. Il parallelogramma delle forze
M 2.6. Momento di una forza
M 2.7. Equilibrio di momenti
M 2.8. Corpo girevole attorno ad un asse
M 2.9. Composizione di due forze parallele
M 2.10. Baricentro di un corpo
M 2.11. Posizione del baricentro ed equilibrio dei corpi sospesi
M 2.12 Stabilità dei corpi appoggiati
M 2.13 Le forze di attrito
M 2.14 Determinazione del coefficiente di attrito
- M 3** **Le macchine semplici**
M 3.1. Leva di primo genere
M 3.2. La bilancia a bracci uguali
M 3.3. Leva di 2° e 3° genere
M 3.4. La carrucola fissa e la carrucola mobile
M 3.5. Il paranco semplice ed il paranco composto
M 3.6. Il piano inclinato
M 3.7. Scomposizione di una forza con il piano inclinato
M 3.8. Il lavoro meccanico
M 3.9. Il lavoro con il piano inclinato
M 3.10. Il rendimento delle macchine
M 3.11. Il principio dei lavori virtuali
- M 4** **Statica dei fluidi**
M 4.1. La pressione idrostatica
M 4.2. Il principio di Archimede
M 4.3. Spinta nei liquidi e galleggiamento
M 4.4. L'Areometro
M 4.5. La capillarità

INDICAZIONI PER IL MONTAGGIO DEGLI ELEMENTI COMPRESI NEL MODULO STATIVI

Base di appoggio in profilato di alluminio anodizzato – lunghezza cm 30

Fori con viti di fissaggio per accogliere le aste

Nella cavità della base è disponibile una vite per il fissaggio della morsa da tavolo.

Vite per fissare l'asta trasversale da cm 25 destinata ad aumentare l'appoggio della base; l'asta va munita dei due terminali di gomma.

Asta da cm 25 con i terminali (mobili) di gomma.

Elemento di congiunzione per unire due basi ed ottenere un appoggio lungo complessivamente cm 60.

Allineamento fra le due parti e solidità del montaggio sono garantiti dalle due viti da avvitarsi negli appositi fori entrambe dallo stesso lato, come nella figura.

Morsa da tavolo

Morsa da tavolo con fenditura.

Nella parte inferiore della guida è prevista una vite da infilare nell'apposita fenditura della morsa, la quale, in tal modo, può essere fissata al bordo del tavolo.

Cavaliere per aste

Utile per fissare verticalmente aste da stativo sulle basi in posizione regolabile (il cavaliere può infatti scorrere nella guida).

Cavaliere con fenditura

Per montare e fissare sulle basi elementi piatti come scale, schermi, piastrine ecc...

Morsetto

Fori con viti di fissaggio per aste

Fori con viti di fissaggio per aste da stativo ed anelli di supporto

Fenditura per accogliere lamine elastiche, lamine bimetalliche ecc...

Piccolo foro per accogliere carrucole con staffa ed astine con spina (6S)

Astina con spina (6S)

Per il montaggio di molle a spirale, carrucola (carrucola fissa), asta per leva

Supporto per dinamometri (11S)

Da innestarsi nel cavaliere per aste onde disporre il dinamometro nella posizione voluta sulle guide

Morsetto rotondo – manicotto di prolungamento (10S)

Da usarsi come morsetto di prolungamento per unire lungo lo stesso asse due aste da stativo.

Come sostegno per tubicini (montaggio del manometro ad U)

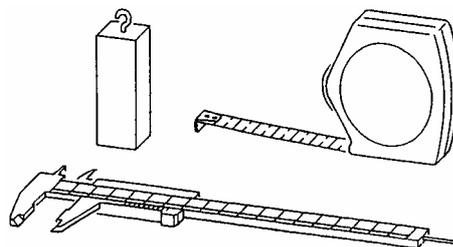
Come piede per l'asta di supporto del piano inclinato

MISURE DI LUNGHEZZE

M 1.1.

Elementi occorrenti:

27M1	Metro a nastro	1
26M1	Calibro	1
20M1	Parallelepipedo di alluminio	1



Questo primo ciclo di esperimenti affronta il problema della misurazione di alcune grandezze fondamentali (lunghezza, massa e tempo) attraverso l'applicazione delle corrispondenti definizioni operative.

Per prendere familiarità con le unità di misura è conveniente procedere dapprima alla valutazione, ad occhio, dell'ordine di grandezza e poi effettuare la misurazione con lo strumento; infine confrontare i due valori per verificare il significato della stima.

La presente prova ha lo scopo di far determinare le dimensioni di oggetti diversi e di guidare nella scelta dello strumento più adatto ad ogni misurazione.

Esperimento 1: determinare la lunghezza dei lati del tavolo da sperimentazione. Ogni allievo del gruppo esprima ed annoti i valori stimati della lunghezza e della larghezza del piano (in metri e centimetri) e poi li annoti su un foglio di carta qualsiasi.

Misurare con il metro a nastro le stesse dimensioni, precedentemente valutato ad occhio, degli stessi oggetti ed annotarle.

Esperimento 2: misurare la lunghezza dei lati del parallelepipedo di alluminio prima con il metro a nastro e poi con il calibro.

Con il metro a nastro la precisione nelle letture è di 1 millimetro, con il calibro, usando il nonio, la precisione è di 1/10 di millimetro.

Con i valori tabulati calcolare il volume del solido in esame.

Conclusioni: l'uso del metro a nastro per determinare la lunghezza dei lati del tavolo porta ad un'ottima precisione nelle misure; la precisione è ancora buona nel caso del foglio di carta, ma, se si vuole misurare gli spigoli del parallelepipedo con la stessa precisione ottenuta nelle misure dei lati del tavolo, non si può utilizzare il metro a nastro, bensì occorre il calibro.

Dalle misure di lunghezza, applicando le regole della geometria, si può ricavare l'area di figure regolari ed il volume di solidi regolari.

VOLUME DI SOLIDI; LIQUIDI E GAS

M 1.2.

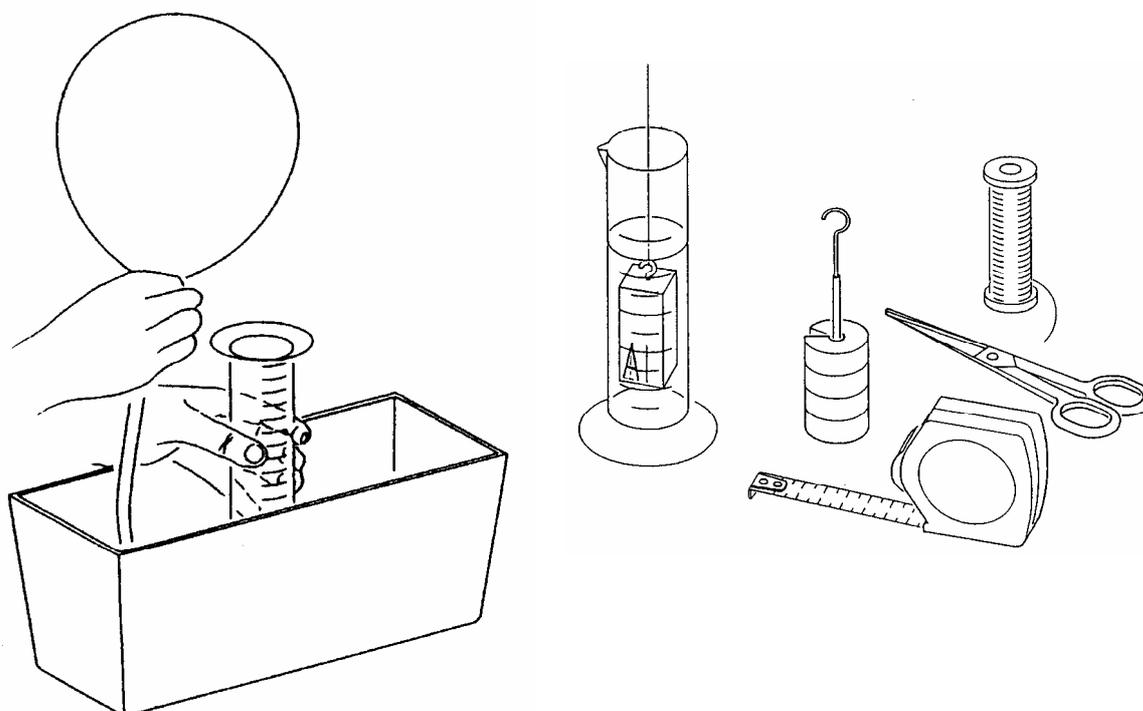
Elementi occorrenti:

7M1	Piattello portapesi	1
8M1	Massa con intaglio g 50	4
15M1	Cilindro in plastica, ml 100	1
11M1	Bicchiere in plastica, ml 100	1
20M1	Parallelepipedo di alluminio	1
26M1	Calibro	1
27M1	Metro a nastro	1
12M1	Tubo in PVC	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1

Acqua

Palloncino di gomma

Vaschetta di plastica



Nell'esperimento M 1.1. si è visto che il volume di solidi regolari può essere determinato con il calcolo da misure di lunghezza. Se il solido è irregolare il suo volume può essere misurato direttamente in un recipiente graduato, sfruttando il fatto che ogni corpo solido immerso in un liquido ne sposta un volume uguale al proprio. Inoltre, poiché i liquidi assumono la forma del recipiente che li contiene, se questo è graduato, si può leggere direttamente il volume dei liquidi. Infine, per spostamento di liquido, si può determinare il volume di gas non solubili nel liquido usato. Nel presente esperimento verranno affrontate le tre misurazioni suddette.

Montaggio: seguire le illustrazioni.

Esperimento 1: misurare il diametro interno del cilindro graduato e l'altezza dal fondo alla divisione ml 100; calcolare il volume interno della suddetta parte del cilindro ed osservare che ml 100 equivalgono a cm^3 100 (cioè $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$). Per misurare il volume incognito di un liquido è sufficiente versarlo nel cilindro graduato e leggerne direttamente il valore in corrispondenza del livello raggiunto.

Esperimento 2: legare un filo al parallelepipedo di alluminio, dopo averne determinato il volume geometricamente. Versare ml 80 di acqua nel cilindro graduato, immergervi il parallelepipedo di alluminio ed osservare che esso sposta un volume di acqua pari al suo volume precedentemente calcolato (infatti il livello dell'acqua si è innalzato di un identico numero di ml). Usando lo stesso metodo si può misurare il volume incognito di un solido irregolare, ad es., del piattello con alcune masse ad intaglio; si può verificare che ciascuna massa ad intaglio da g 50 ha lo stesso volume.

Esperimento 3: riempire d'acqua la vaschetta fino a circa cm 2 dal bordo, capovolgere il cilindro graduato ed immergerlo: l'acqua non entra nel cilindro, poiché in esso vi è l'aria. Riempire il cilindro di acqua, tapparlo con una mano, capovolgerlo ed immergerlo di alcuni centimetri nell'acqua della vaschetta; togliere la mano ed osservare che il cilindro resta piano (per effetto della pressione atmosferica).

Fissare il palloncino di gomma al tubo di plastica lungo cm 40 mediante un filo; gonfiare leggermente il palloncino e, tenendo chiusa con un dito l'estremità libera del tubo, introdurla attraverso l'imboccatura del cilindro capovolto, immersa nell'acqua della vaschetta. Togliere il dito ed osservare che l'aria, gorgogliando, sale nel cilindro e va ad occupare lo spazio alto dello stesso, dal quale l'acqua viene spostata: il volume liberato, chiaramente leggibile sulla scala del cilindro, misura il volume d'aria trasferito. In tal modo con successivi trasferimenti è possibile misurare, alla pressione ambiente, il volume di aria contenuto nel palloncino di gomma.

Conclusioni: l'esperimento mostra che il volume dei liquidi può essere misurato direttamente in unità di volume mediante recipienti graduati (bicchiere e cilindri graduati, burette, pipette ecc.); la precisione delle misure è strettamente legata alla quantità complessiva di liquido da misurare, che può essere contenuta negli strumenti indicati.

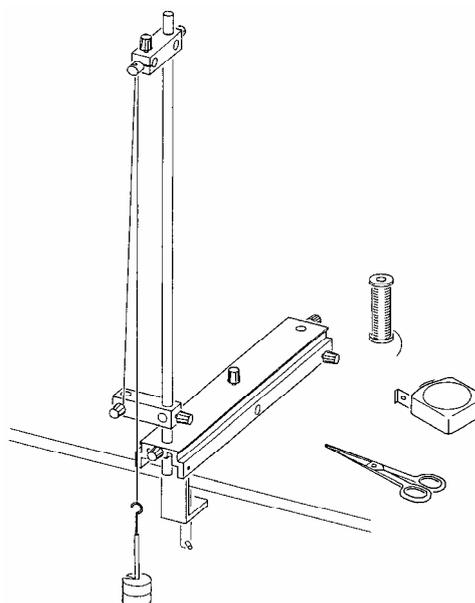
Gli esperimenti 2 e 3 indicano che il metodo dello spostamento di acqua può essere usato proficuamente per misurare in modo diretto il volume di solidi irregolari, non determinabile per via geometrica, ed il volume di gas, purché non siano solubili in acqua.

MISURA DEL TEMPO

M 1.3.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
5S	Morsa da tavolo	1
12S	Morsetto doppio	2
6S	Perno con astina	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
7M1	Piattello portapesi	1
8M1	Massa con intaglio g 50	2
29M1	Asta cm 50	1
27M1	Metro a nastro	1



Il tempo è un concetto fondamentale nelle scienze, che può essere compreso attraverso la constatazione che esso è strettamente legato al concetto di **fenomeno**, cioè alla trasformazione, istante per istante (nel tempo quindi), di ciò che si sta osservando. In molti fenomeni fisici, ad esempio il moto di un corpo, il tempo è la dimensione, che deve essere necessariamente aggiunta a quella dello spazio (o di altre grandezze fisiche) per poterli descrivere. Come per tutte le altre grandezze fisiche la definizione operativa dell'unità di misura del tempo deve garantire l'invariabilità e la riproducibilità del campione, indispensabile per poter misurare intervalli di tempo con il metodo del confronto. La difficoltà risiede nella caratteristica intrinseca del tempo, che non è ripercorribile dopo essere trascorso. Pertanto la definizione operativa deve basarsi su un fenomeno periodico (oscillazioni meccaniche od elettromagnetiche), che si riproduca spontaneamente, ininterrottamente ed invariabilmente: in tal modo si potrà fissare come unità di misura del tempo la durata di un ciclo (o di più cicli) del fenomeno scelto.

L'esperimento ha lo scopo di far confrontare le oscillazioni di un pendolo (strumento di misura) con un certo numero di divisioni percorse dalla lancetta di un orologio sul quadrante (intervallo di tempo da misurare).

Montaggio: seguendo l'illustrazione, fissare al bordo del tavolo la morsa (montata secondo le istruzioni fornite con il modulo "stativi") ed innestare nel suo foro anteriore l'asta da cm 50; montare sull'asta i due morsetti e fissare nel foro longitudinale del morsetto superiore il perno con astina. Tagliare un filo lungo circa cm 130, annodare un'estremità ad occhiello e legare l'altro capo alla vite esterna del morsetto inferiore; far passare il filo sull'astina di piccolo diametro ed infine sospendere all'occhiello il piattello portapesi con 2 pesi da g 50.

Esperimento: mediante il metro a nastro, e facendo scorrere opportunamente il morsetto inferiore sull'asta, regolare la lunghezza del pendolo a cm 99,5 (la misura deve essere effettuata dall'astina di sospensione alla linea di separazione tra i due pesi ad intaglio).

Porre in oscillazione il pendolo, spostando lateralmente di cm 10 la massa pendolare, quindi osservarlo con attenzione, per seguirne il moto, e contare 3..2..1..0..1..2.....20, in sincronismo con il movimento a destra ed a sinistra del pendolo stesso. Poiché l'oscillazione completa

comprende l'andata ed il ritorno al punto di partenza, con il procedimento indicato verranno contate 20 semi-oscillazioni. Esattamente al punto più alto (ad es., di sinistra) dell'oscillazione far partire il cronometro a mano ed arrestarlo, quando il pendolo raggiunge lo stesso punto della ventesima semi-oscillazione. Annotare l'indicazione t_1 del cronometro, poi ripetere la prova altre 5 volte onde ottenere quattro ulteriori valori; calcolare t_m :

$$t_m = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5}$$

Tempo di 20 semi-oscillazioni : $t_m = \dots$ secondi

Tempo di 1 semi-oscillazione : $T = \dots$ secondi

Conclusioni: il risultato mostra che, entro i limiti degli errori sperimentali la durata di una semi-oscillazione di un pendolo a filo lungo cm 99,5 è di 1 secondo (unità di misura SI utilizzata dal cronometro).

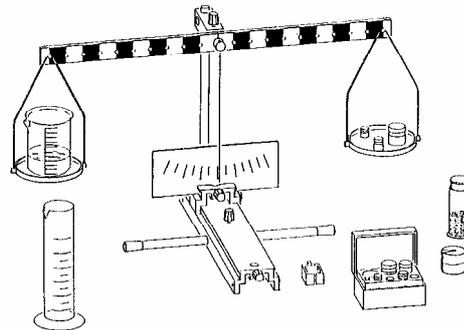
Operando nello stesso luogo, il pendolo a filo può essere usato come strumento di misura di piccoli intervalli di tempo. Si vedrà negli esperimenti di dinamica che l'oscillazione del pendolo a filo dipende dalla gravità terrestre e che, pertanto, questo tipo di pendolo non assicura l'invariabilità da luogo a luogo.

Negli orologi meccanici viene usato un pendolo elastico (bilancere), la cui oscillazione è indipendente dal luogo; negli orologi elettronici sono impiegati particolari circuiti elettrici, le oscillazioni dei quali sono stabilizzate da un quarzo.

MISURE DI MASSA

M 1.4.

11M1	Bicchieri in plastica 100 ml	1
15M1	Cilindro in plastica 100 ml	1
33M1	Pallini di taratura	1
	Acqua	



Il concetto di massa non è ancora completamente chiarito e, pertanto, non è possibile dare di essa una definizione inequivocabile; tuttavia l'importanza di questa grandezza nelle scienze è tale da rendere necessario l'approfondimento sperimentale sia dal punto di vista della statica che della dinamica.

In questo primo gruppo di esperimenti, dedicati allo studio dei metodi di misurazione, la massa viene considerata unicamente attraverso la sua definizione operativa: la massa è quella grandezza che viene misurata sulla bilancia, confrontandola con il chilogrammo (unità di misura fondamentale del sistema SI).

Il procedimento diretto è molto semplice: il corpo, del quale si vuole misurare la massa, viene posto su un piattello della bilancia e sull'altro vengono poste delle masse note (masse campione) fino a portare lo strumento in equilibrio. L'entità delle masse note, in questa condizione, equivale alla massa del corpo.

Montaggio: la bilancia va montata secondo la figura.

Il piede di appoggio è costituito dal profilato di alluminio, nel cui foro centrale deve essere innestata l'asta da cm 25; per rendere stabile il montaggio fissare i due cappucci di plastica alle estremità dell'asta suddetta. Innestare la seconda asta da cm 25 nel piede di appoggio in modo da avere la colonna verticale di supporto della bilancia. All'estremità superiore di questa montare il morsetto, al quale, tramite il perno con astina viene assicurata la sbarra per la leva (giogo); l'astina deve essere infilata nel foro superiore della sbarra per leva, mentre nel foro filettato inferiore va avvitato l'indice. La scala, disposta fra l'indice e la colonna, va sorretta verticalmente nella fenditura di un cavaliere. Alle due estremità del giogo agganciare le staffe con i piattelli.

Esperimento 1: appoggiare sul piattello di sinistra il bicchiere di vetro e, sostenendo il piattello con una mano per evitare di squilibrare troppo la bilancia, porre sul piattello di destra tante masse campione da ristabilire l'equilibrio del giogo. Prendere nota delle masse campione usate.

Esperimento 2: mantenendo invariate le condizioni dell'esperimento 1, aggiungere sul piattello di destra due masse con intaglio da g 50, poi versare nel bicchiere una quantità di acqua tale da riportare la bilancia in equilibrio. A questo punto togliere il bicchiere con l'acqua e scaricare le masse dal piattello di destra; infine versare l'acqua nel cilindro graduato per determinarne il volume.

Conclusioni: il procedimento indicato nell'esperimento 1 consente di misurare la massa incognita di qualsiasi corpo mediante la bilancia e delle masse campione.

L'esperimento 2 porta a due conclusioni: conoscendo la massa del contenitore è possibile ricavare la massa del contenuto (liquido o polvere) dalla massa complessiva; la massa di 100cm^3 (o 100 ml) di acqua è uguale a 100g.

Pertanto 1 litro di acqua ha la massa di 1 chilogrammo e, quindi 1 ml (o 1cm^3) di acqua ha la massa di 1 grammo.

Riunire i dati in una tabella:

Corpo	Massa	Volume	Densità
Parallelepipedo di alluminio	..... g	.....cm ³	.....g/cm ³
Parallelepipedo grande di ferro	..... g	.....cm ³	.....g/cm ³
Parallelepipedo piccolo di ferro	..... g	.....cm ³	.....g/cm ³

Conclusioni: corpi costituiti della medesima sostanza (ad es. il ferro) pur di dimensioni diverse, hanno la stessa densità. Corpi aventi lo stesso volume, ma costituiti da sostanze diverse, hanno diversa massa e quindi diversa densità.

La densità è una caratteristica tipica di ogni sostanza solida.

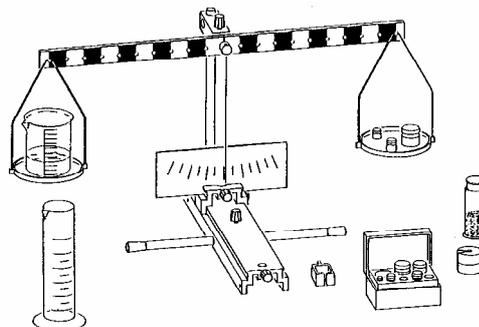
MASSA VOLUMICA DEI LIQUIDI

M 1.6.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	2
3S	Terminali di gomma	2
6S	Perno con astina	1
12S	Morsetto doppio	1
13S	Cavaliere con fenditura	1
1M1	Piattelli per bilancia	1
2M1	Massiera	1
3M1	Asta per leva - giogo	1
4M1	Indice per bilancia	1
5M1	Scala per bilancia	1
6M1	Cursore di taratura	1
8M1	Massa con intaglio, g 50	2
11M1	Bicchiere in plastica 100 ml	1
15M1	Cilindro in plastica, ml 100	1
33M1	Pallini di taratura	1

Acqua, Alcool denaturato,
Zucchero, Sale da cucina



La massa volumica, come è noto, è il rapporto fra la massa di un corpo ed il suo volume; anche per i liquidi la massa volumica viene determinata nello stesso modo. La massa di una certa quantità del liquido, del quale si vuole determinare la densità, viene misurata con il metodo della tara mediante la bilancia; il volume della stessa quantità di liquido viene misurato con un recipiente graduato.

Montaggio: montare la bilancia secondo l'illustrazione.

La base che sorregge lo strumenti è costituita dal profilato di alluminio, nel cui foro centrale viene infilata l'asta da cm 25 munita dei due terminali di gomma. Fissare la seconda asta da cm 25 nella base in modo da avere la colonna verticale di supporto della bilancia. All'estremità superiore di questa montare il morsetto, al quale, tramite il perno con astina, viene assicurata la sbarra per la leva (giogo); l'astina deve essere infilata nel foro centrale superiore della sbarra per leva, mentre nel foro filettato inferiore va avvitato l'indice. La scala, disposta fra l'indice e l'asta verticale, deve essere sorretta in posizione centrale nella fenditura dell'apposito cavaliere. Agganciare le staffe con i piattelli alle estremità del giogo. Tarare la bilancia in modo che il giogo sia in equilibrio e l'indice sullo zero della scala.

Per misurare il volume del liquido viene utilizzato il cilindro graduato da ml 100, la cui divisione elementare è di 1 ml.

Esperimento: equilibrare la bilancia con il bicchiere da 100 ml sul piattello di sinistra (in tal modo la massa del bicchiere verrà esclusa e la successiva misurazione darà la masse netta del liquido, che sarà posto in esso); è conveniente prendere nota della massa del bicchiere, anche se ciò non è essenziale ai fini dell'esperimento, per evitare confusioni con le masse campione che verranno poste sul piattello di destra.

Misurare con il cilindro graduato m 100 di alcool denaturato e versarli, tenendo fermo il piattello, nel bicchiere; equilibrare la bilancia con le masse campione ed infine annotare il valore della massa dell'alcool.

Ripetere l'esperimento con ml 100 di acqua e successivamente con ml 100 di una soluzione di zucchero in acqua e con una soluzione di sale da cucina in acqua.

Riportare i dati in una tabella ed infine calcolare la massa volumica di ogni liquido usato.

Liquido	Massa	Volume	Massa volumica
Alcool denaturato	..... g	100ml=100cm ³	.....g/cm ³
Acqua di rubinetto	..... g	100ml=100cm ³	.....g/cm ³
Soluzione acqua-zucchero	..... g	100ml=100cm ³	.....g/cm ³
Soluzione acqua-sale	..... g	100ml=100cm ³	.....g/cm ³

Conclusioni: la densità dei liquidi può essere determinata con la bilancia ed un cilindro graduato. La massa volumica determinata dal rapporto fra la massa di una certa quantità di liquido ed il suo volume è detta "**massa volumica assoluta**".

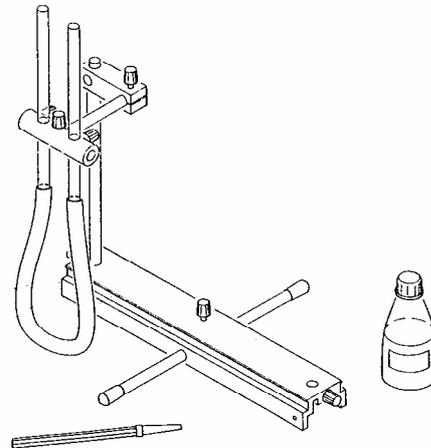
Considerato che la massa volumica dell'acqua è 1 g/cm³, si usa spesso determinare la massa volumica di un liquido per confronto con quella dell'acqua: in tal caso si ha la **massa volumica relativa**.

MASSA VOLUMICA DI LIQUIDI CON IL TUBO AD U

M 1.7.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	2
3S	Terminali di gomma	2
7S	Asta cm 10	1
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	1
12M1	Tubo in plexiglass cm 20	2
31M1	Tubo in PVC	1
30C	Essenza di petrolio	1
31C	Matita vetrografica	1
	Acqua	



La massa volumica di un liquido può essere misurata per confronto con un altro liquido di densità nota: il risultato che si ottiene è la massa volumica relativa. Se i due liquidi non sono miscibili fra loro (ad esempio olio ed acqua) si può usare il metodo del tubo ad U.

Montaggio: realizzare l'apparecchiatura rappresentata nell'illustrazione.

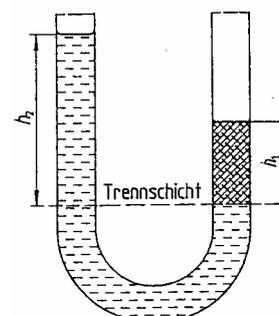
Il supporto è costituito dal profilato di alluminio, nel cui foro centrale va infilata l'asta da cm 25; per rendere stabile il montaggio munire le due estremità dell'asta degli appositi terminali di gomma. All'asta verticale da cm 25, montata nel piede di supporto, fissare un morsetto in modo da sorreggere, tramite l'asta da cm 10 ed il manicotto di prolungamento, i due tubi di plexiglass da cm 20; collegare inferiormente i due tubi con un pezzo di tubo di PVC onde ottenere un tubo ad U, nel quale verranno versati i due liquidi non miscibili (uno di massa volumica nota, l'altro da determinare). Non stringere le viti di bloccaggio dei due tubi di plexiglass per non romperli. Versare acqua nel tubo ad U fino a che il livello nei due rami sia di circa 3-4 cm superiore alla giunzione.

Eperimento: versare in un ramo del tubo ad U un po' di essenza di petrolio ed osservare come l'altezza delle due colonne fluide, misurata dalla linea di separazione acqua/petrolio, sia diversa. Quando la differenza fra l'altezza delle due colonne è di circa cm 2, non aggiungere altra essenza di petrolio.

Segnare con il pennarello sui due tubi la linea di separazione fra i due liquidi e su ciascun tubo l'altezza raggiunta dalla corrispondente colonna. Poiché in queste condizioni il sistema è in equilibrio, il peso delle due colonne, che grava sulla superficie **A** di separazione fra i due liquidi, è uguale.

Pertanto dette

d_1 e d_2	le masse volumiche dei due liquidi
h_1 e h_2	l'altezza delle due colonne
g	l'accelerazione di gravità



si avrà

$$d_1 \times g \times h_1 \times A = d_2 \times g \times h_2 \times A$$

$$d_1 \times h_1 = d_2 \times h_2$$

e quindi:

$$d_2 = d_1 \frac{h_1}{h_2}$$

ovvero:

$$d_1 : d_2 = h_2 : h_1$$

Preparare una tabella, nella quale riunire i dati sperimentali e quelli calcolati, per esperimento eseguito con l'acqua e l'essenza del petrolio:

$$d_1 = \dots \text{ g/cm}^3$$

$$d_2 = \dots \text{ g/cm}^3$$

$$h_1 = \dots \text{ cm}$$

$$h_2 = \dots \text{ cm}$$

Conclusioni: operando con liquidi non miscibili, il tubo ad U consente di determinare la massa volumica relativa di un liquido rispetto ad un altro liquido di massa volumica nota.

Il lavoro è semplificato, se si usa l'acqua, poiché, come è noto, la sua massa volumica è :

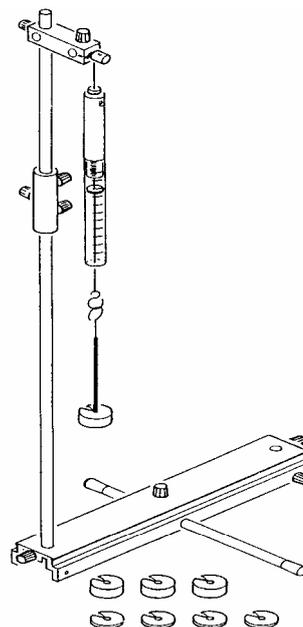
$$d = 1 \text{ g/cm}^3$$

LA FORZA PESO

M 2.1.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	2
3S	Terminali di gomma	2
6S	Perno con astina	1
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	1
7M1	Piattello portapesi	1
8M1	Masse g 50	4
9M1	Masse g 10	4
23M1	Dinamometro 2N	1



L'esperienza quotidiana dimostra che sulla terra ogni massa ha anche un peso; infatti per sollevare o spostare un oggetto qualsiasi, piccolo o grande che sia, è necessario compiere uno sforzo muscolare più o meno intenso e prolungato, del quale si ha perfetta sensazione. Da queste osservazioni ha origine il concetto di forza e la forza-peso ne è l'esempio più comune.

L'esperimento ha lo scopo di studiare la relazione fra la massa ed il peso dei corpi; nel suo corso verrà impiegato lo strumento tipico per misurare le forze, il dinamometro, il cui principio di funzionamento sarà esaminato nella prova M 2.2.

Montaggio: realizzare lo stativo verticale illustrato in figura.

Il piede di sostegno è costituito dal profilato di alluminio, nel cui foro centrale deve essere infilata l'asta da cm 25; per rendere più stabile in montaggio munire le due estremità della suddetta asta degli appositi terminali di gomma. Montare verticalmente nel piede di sostegno l'asta da cm 50 e prolungarne l'altezza mediante il manicotto cilindrico e la seconda asta ca cm 25; all'estremità superiore di questa fissare il morsetto doppio, nel cui foro va innestato il perno con astina onde poter sospendere il dinamometro da 2 N; controllare ed eventualmente azzerare lo strumento, tramite la vite di regolazione superiore, prima delle misurazioni.

Esperimento: agganciare al dinamometro il piattello portapesi con un peso ad intaglio da g 10 (massa complessiva g 20). Leggere ed annotare il valore della forza-peso indicata dallo strumento, la cui scala è tarata in Newton, cioè nell'unità di misura della forza secondo il sistema SI.

Aggiungere sul piattello le altre 3 masse da g 10 (massa complessiva g 50); leggere e prendere nota del nuovo valore segnato dal dinamometro. Ripetere l'operazione con un carico di g 100 e poi di g 200.

Riportare i dati in tabella:

Massa	g 20	g 50	g 100	g 200
Peso	..... N	..... N	..... N	..... N

Calcolare in base all'esame dei valori sperimentali il peso della massa di 1 kg.

Conclusioni: il peso di un corpo è proporzionale alla sua massa come le misurazioni eseguite chiaramente dimostrano; il peso della massa di g 100 è circa 1 N, il peso della massa di kg 1 è circa 10 N (esattamente 9,81 N al livello del mare ed alla latitudine di 45°).

Il peso è l'effetto dell'attrazione della massa della terra sulla massa di ogni corpo. La massa di kg 1 sulla luna ha un peso di 1,63 N, su Giove di 26,5 N.

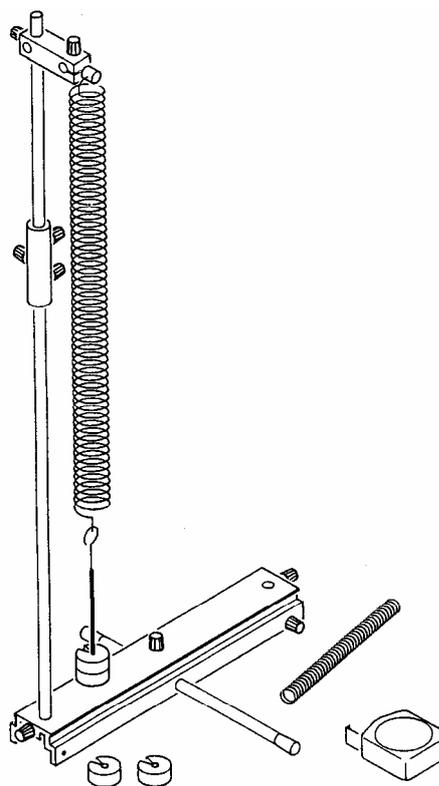
Nota: poiché in tutti gli esperimenti dei moduli NTL vengono utilizzate masse non superiori a g 200, quando, per ragioni di semplicità nei calcoli, si indica che g 10 equivalgono in peso a 0,1 N e g 100 a 1 N si commette un piccolo errore. Importante è ricordare di averlo commesso ed altrettanto importante è rammentare il motivo dell'errore.

LA FORZA DAL PUNTO DI VISTA STATICO

M 2.2.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	2
3S	Terminali di gomma	2
6S	Perno con astina	1
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	2
7M1	Piattello portapesi	1
8M1	Massa g 50	2
9M1	Massa g 10	2
16M1	Molla in acciaio 3N/m	1
17M1	Molla in acciaio 20N/m	1
27M1	Metro a nastro	1



L'applicazione di una forza ad un corpo può dar luogo a due effetti a seconda che il corpo sia libero oppure no. Quando il corpo è libero, la forza lo pone in movimento (effetto dinamico che verrà esaminato in esperimenti del Modulo Meccanica 2), quando il corpo non è libero, la forza ne causa la deformazione (effetto statico). Se il corpo, al cessare dell'azione di forza, resta deformato, si parla di **deformazione permanente** se, invece, ritorna alle dimensioni e forma iniziale, si dice che la deformazione è **elastica**.

Scopo dell'esperimento è studiare la relazione intercorrente tra la deformazione elastica di una molla elicoidale di acciaio e la forza che la ha prodotta.

Montaggio: realizzare lo stativo verticale illustrato in figura.

Il piede di sostegno è costituito dal profilato di alluminio, nel cui foro centrale deve essere inserita l'asta da cm 25; maggiore stabilità viene conferita al montaggio, innestando gli appositi terminali di gomma alle estremità dell'asta.

Montare verticalmente nel piede di sostegno l'asta da cm 50 e prolungarne l'altezza mediante il morsetto cilindrico e la seconda asta da cm 25. All'estremità superiore di quest'ultima fissare il morsetto doppio, munito, come nell'esperimento M 2.1., del perno con astina, alla quale dovrà essere agganciata la molla da 3 N e successivamente la molla da 20 N.

Esperimento: misurare la lunghezza x_0 della molla da 3N, quindi appendere il piattello portapesi scarico e misurare la nuova lunghezza x_1 assunta dalla molla per effetto del piattello. La differenza fra questo valore ed il precedente misura l'allungamento della molla ($x_1 - x_0 = \Delta x$). Aggiungere una massa con intaglio da g 10 (il peso è ... N), misurare la lunghezza x_2 della molla e calcolare il nuovo valore dell'allungamento.

Proseguire con le altre masse da g 10 e con una da g 50 (in passi di g 10 ogni volta) fino a complessivi g 100, misurando ad ogni passo il corrispondente allungamento della molla.

Riunire tutti i valori della forza applicata **F** e dell'allungamento **Δx** in tabella:

Molla da 3 N/m

Forza applicata F (in N)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1
Allungamento Δx (in m)	...	...	...	...	...	...
Rapporto F/Δx (in N/m)	...	...	...	...	...	...

Ripetere l'esperimento con la molla da 20 N, usando come forza traente, in passi di 0,5 N, il peso di tutte le masse con intaglio (g 250).

Conclusioni: le molle elicoidali sono solidi elastici che si allungano per trazione; l'allungamento è direttamente proporzionale al valore della forza applicata come appare dalla costanza del rapporto **F/ Δx** .

Questa costante, che rappresenta le proprietà elastiche di ogni molla, è definita **costante di elasticità**.

Si può esprimere questo risultato (noto come **legge di Hooke**) con la relazione:

$$F = K \times \Delta x$$

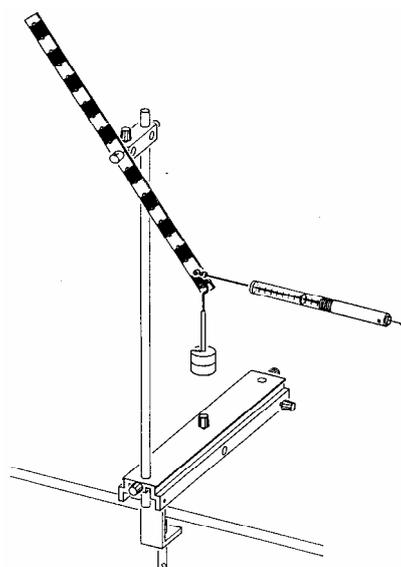
Sulla proporzionalità diretta fra l'allungamento delle molle elicoidali e la forza che lo produce si basa il metodo statico di misurazione delle forze, il cui strumento tipico è il dinamometro.

CARATTERISTICHE DELLA FORZA

M 2.3.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali di gomma	2
5S	Morsa da tavolo	1
6S	Perno con astina	1
12S	Morsetto doppio	1
3M1	Asta per leva	1
7M1	Piattello portapesi	1
8M1	Massa g 50	2
23M1	Dinamometro 2N	1
29M1	Asta da stativo cm 50	1



L'esperimento M 2.2. ha portato alla conclusione che l'effetto prodotto dall'applicazione di una forza ad un corpo dipende dal valore (intensità) della forza stessa.

Scopo di questo esperimento è verificare se tale caratteristica descrive completamente l'azione di una forza o se sono necessari altri elementi non considerati nella prova suddetta.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Mediante la morsa fissare la base di alluminio al bordo del tavolo, poi inserire in essa l'asta da cm 50, quindi montare alla sua estremità il morsetto doppio. Allo stativo verticale, così costituito, sospendere la sbarra per leva tramite il perno con astina inserito nel suo foro centrale: in tal modo essa potrà ruotare liberamente ed assumere qualsiasi posizione. Applicare all'ultimo piolino della leva la forza peso del piattello con due masse ad intaglio da g 50 ($F = 1,1$ N circa); come effetto dell'azione di questa forza la leva si dispone verticalmente. Agganciare allo stesso piolino il dinamometro da 2 N, preventivamente azzerato.

Esperimento 1: tirare il dinamometro verso il basso, perpendicolarmente alla base, fino al valore 1 N. Osservare quale effetto viene prodotto sulla leva da questa forza.

Tirare ora il dinamometro orizzontalmente verso destra (come nella figura) fino a raggiungere lo stesso valore 1 N della precedente prova.

Ripetere l'esperimento, nello stesso modo, ma tirando lo strumento verso sinistra. Osservare l'effetto che la forza produce nei due casi e confrontarli con quello riscontrato nella prima misurazione.

Esperimento 2: agganciare il dinamometro al primo piolino sotto il punto di sospensione della leva, poi tirarlo in direzione orizzontale fino al valore, ormai consueto, 1 N. Ripetere la prova, agganciando il dinamometro ad altri pioli ed osservare, in ogni caso, l'effetto che la forza provoca. E' bene annotare le condizioni di ogni esperimento e le relative osservazioni.

Conclusioni: l'effetto prodotto da una forza su un corpo dipende dai seguenti elementi: l'intensità (o modulo), la direzione ed il verso, il punto di applicazione.

Pertanto, per descrivere le caratteristiche di una forza non è sufficiente indicarne l'intensità in Newton, ma occorre indicare anche la direzione, lungo la quale la forza agisce, il verso dell'azione ed il punto di applicazione della forza stessa al corpo. L'insieme delle quattro suddette informazioni è sintetizzato nel simbolo grafico **vettore**, il cui uso è necessario per rappresentare grandezze fisiche come la forza.

Queste grandezze, per tale ragione, sono definite **grandezze vettoriali**.

FORZE AGENTI LUNGO LA STESSA RETTA

M 2.4.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	2
3S	Terminali di gomma	2
6S	Perno con astina	1
8S	Filo inestensibile	1
9S	Forbici	1
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	2
7M1	Piattello portapesi	1
8M1	Massa g 50	2
9M1	Massa g 10	2
21M1	Parallelepipedo di ferro	1
23M1	Dinamometro 2N	1
25M1	Carrucola	1

Quando ad un corpo si applicano due forze operanti lungo la stessa retta di azione, le forze possono agire nello stesso verso oppure avere verso opposto.

Scopo dell'esperimento è determinare il valore della risultante in entrambi i casi indicati.

Montaggio: realizzare lo stativo verticale presentato nell'illustrazione.

Il piede di sostegno è costituito dal profilato di alluminio, nel cui foro centrale deve essere infilata l'asta da cm 25; per rendere più stabile il montaggio, munire le due estremità della stessa degli appositi terminali di gomma.

Montare verticalmente nel piede di sostegno l'asta da cm 50 e prolungarne l'altezza mediante il morsetto cilindrico e la seconda asta da cm 25. Inserire sull'asta i due morsetti: l'uno in basso, l'altro all'estremità superiore della stessa, quindi innestare nel foro longitudinale di quest'ultimo il perno con astina, ad essa sospendere il dinamometro e controllarne l'azzeramento in questa posizione.

Tagliare due funicelle lunghe rispettivamente cm 20 e cm 40 circa.

Esperimento 1: sospendere al dinamometro il piattello portapesi con una massa ad intaglio da g 50 (peso circa 0,5 N): questo carico, di circa 0,6 N sarà la forza F_1 diretta verticalmente verso il basso. Aggiungere un altro peso da 0,5 N (forza F_2 anch'essa diretta verso il basso) : la molla del dinamometro si estende ulteriormente e sulla scala si può leggere il valore della forza F_r , risultante della composizione di F_1 con F_2 (in realtà il dinamometro indica il valore della forza F_e , che la molla oppone e che, nelle condizioni di equilibrio, è uguale a F_r ma di segno opposto).

Ripetere la prova con altre F_1 ed F_2 ed annotarne i valori unitamente a F_r .

Forza F_1	Forza F_2	Risultante F_r
..... N	..... N	..... N
.... N	..... N	..... N

Esperimento 2: mediante un perno con astina montare la carrucola al morsetto inferiore dello stativo. Con il filo lungo cm 5 sospendere il parallelepipedo di ferro al dinamometro: leggere il valore di F_1 che lo strumento indica e prenderne nota. Annodare il filo lungo cm 40 al parallelepipedo, legare l'estremità opposta ad occhiello in modo da potervi sospendere il piattello porta-pesi, quindi far passare il filo nella gola della carrucola; infine regolare la posizione di quest'ultima, agendo sul morsetto, onde disporre i due fili molto vicini e quasi paralleli.

Con questo montaggio la forza F_1 risulta diretta verso il basso, mentre la forza F_2 applicata al parallelepipedo risulta diretta verso l'alto.

Aggiungere sul piattello porta-pesi un peso ad intaglio da 0,5 N circa e leggere sulla scala il valore di F_r indicato dal dinamometro.

Ripetere la prova con altri valori di F_1 e di F_2 annotando ogni volta le letture.

Forza F_1	Forza F_2	Risultante F_r
..... N	..... N	..... N
.... N	..... N	..... N

Conclusioni: se le forze agiscono nello stesso verso, come nell'esperimento 1, l'intensità della risultante vale la somma delle singole intensità:

$$F_r = F_1 + F_2$$

ed il verso di F_r è lo stesso delle due forze componenti.

Se le forze agiscono in direzioni opposte, come nell'esperimento 2, l'intensità è data dalla differenza fra le intensità delle due componenti ed il verso è quello della forza maggiore:

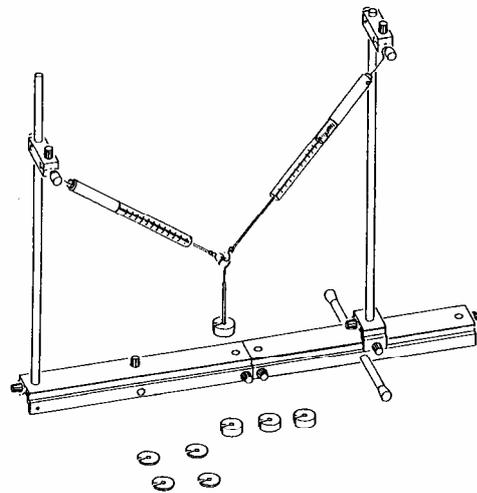
$$F_r = F_1 - F_2$$

IL PARALLELOGRAMMA DELLE FORZE

M 2.5.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	2
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali di gomma	2
4S	Elemento di congiunzione	1
6S	Perno con astina	2
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
12S	Morsetto doppio	2
14S	Cavaliere con foro	1
7M1	Piattello portapesi	1
8M1	Massa g 50	4
9M1	Massa g 10	4
23M1	Dinamometro 2N	2
29M1	Asta cm 50	2



Squadra o goniometro

L'azione di due forze, applicate in uno stesso punto di un corpo rigido ed agenti secondo direzioni qualsiasi, equivale all'azione di una sola forza, detta **risultante**, applicata nel medesimo punto. L'intensità, la direzione ed il verso della risultante possono essere determinate con un metodo grafico conosciuto come "**regola del parallelogramma delle forze**".

L'azione delle due forze può essere annullata, applicando al corpo, nello stesso punto delle prime due, una forza uguale alla risultante, agente lungo la stessa retta, ma di verso opposto: poiché in queste condizioni il sistema è in equilibrio, tale forza è detta **equilibrante**.

Nella realtà sperimentale della statica, quando si studia la composizione di due forze concorrenti, si ricava l'equilibrante e, da questa, si ottiene la risultante; con il metodo grafico si ottiene direttamente quest'ultima.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Unire le due basi di alluminio con l'apposito elemento di congiunzione in modo da ottenere una base di appoggio lunga cm 60, resa stabile dall'asta da cm 25 innestata in uno dei due fori centrali. Ad un'estremità del profilato infilare un'asta da cm 50 e montare la seconda con un cavaliere: in tal modo, spostando quest'ultimo, si potrà variare a piacere la distanza fra le due aste. Fissare all'estremità di entrambe un morsetto doppio munito del perno con astina ed agganciare ad ognuna un dinamometro. Legare con un pezzetto di spago i ganci dei due dinamometri ed osservarne l'indicazione: questo valore "vuoto", diverso per ogni angolo, dovrà essere controllato in ogni prova ed essere sottratto dalle successive misurazioni delle forze F_1 ed F_2 .

Agganciare nel punto di unione degli strumenti il piattello portapesi con una massa con intaglio da g 50.

Esperimento: spostare il cavaliere lungo la base fino a che l'angolo compreso fra i dinamometri sia di 90° (controllare con un goniometro o con una squadra).

Leggere ed annotare i valori di F_1 e di F_2 , quindi staccare il piattello e rilevare l'indicazione dei dinamometri a vuoto. La forza agente verso il basso è 0,6 N (piattello + massa con intaglio).

Ripetere il procedimento con altri carichi e con altri angoli α , annotando ogni volta il valore delle tre forze:

Angolo α in gradi	F_1 in Newton	F_2 in Newton	R in Newton

Stabilito che al valore 0,2 N corrisponde, ad esempio, un segmento orientato lungo cm 1, disegnare il parallelogramma delle Forze con i dati sperimentali di ciascuna prova: le forze F_1 e F_2 , fra le quali è compreso l'angolo α , costituiscono due lati del parallelogramma; il loro vertice comune è il punto di applicazione, al quale è applicata anche la loro risultante (diagonale del parallelogramma). Confrontare la diagonale con la forza diretta verso il basso di ogni prova e concludere.

Conclusioni: due forze concorrenti secondo angoli qualsiasi possono essere composte in una forza, detta risultante, ottenibile graficamente con il parallelogramma delle forze, nel quale la risultante è rappresentata dalla diagonale. La forza E_1 , che mantiene l'equilibrio in tutte le prove eseguite, ha direzione e modulo uguali alla risultante, ma verso opposto.

Il parallelogramma delle forze è un metodo generale che consente di scomporre una forza in due componenti orientate secondo angoli qualsiasi: basta considerare la diagonale come forza da scomporre, per ottenere, con il procedimento inverso, le due componenti F_1 e F_2 .

MOMENTO DI UNA FORZA

M 2.6.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
5S	Morsa da tavolo	1
6S	Perno con astina	2
7S	Asta cm 10	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	2
3M1	Asta per leva – giogo	1
7M1	Piattello portapesi	1
8M1	Massa g 50	1
21M1	Parallelepipedo di ferro	1
23M1	Dinamometro 2N	1
25M1	Carrucola	1
29M1	Asta cm 50	1

Un corpo libero può muoversi in qualsiasi direzione nello spazio e ritornare su se stesso, mentre un corpo vincolato può compiere solo i movimenti che il vincolo gli consente. Numerosi sono i tipi di vincoli: in questo esperimento verrà esaminato il caso di un corpo girevole attorno ad un asse, che consente al corpo le sole rotazioni attorno all'asse medesimo.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Mediante la morsa fissare la base di alluminio al bordo del tavolo ed inserire nel suo foro verticale l'asta da cm 50, sulla quale si deve montare, in prossimità della base, un morsetto doppio ed all'estremità superiore un morsetto cilindrico. Infilare l'asta da cm 10 nel morsetto doppio e disporla parallelamente al bordo del tavolo, quindi fissare alla sua estremità il secondo morsetto doppio al quale, tramite il perno con astina, va montata la carrucola.

Utilizzando un secondo perno con astina, inserito nel foro anteriore del morsetto in alto, sospendere la sbarra per leve nel suo foro centrale in modo che possa ruotare liberamente.

Preparare una funicella lunga circa cm 40 con occhiello ad entrambe le estremità.

Esperimento 1: agganciare il piattello portapesi con un peso ad intaglio da g 50 ($F = 0,6 \text{ N}$ circa) ad un piolino qualsiasi della sbarra per leve ed osservarne l'effetto. Ripetere la prova, applicando la forza ad altri piolini della sbarra disposta in diverse posizioni iniziali.

Esperimento 2: sospendere la leva allo stativo, usando un foro esterno, quindi agganciare la funicella all'ultimo piolino in basso e farla passare nella gola della carrucola, agganciare infine al suo occhiello libero il parallelepipedo di ferro (che deve essere considerato un vincolo della sbarra).

Agganciare allo stesso piolino in basso il dinamometro; arretrare lo strumento, mantenendolo parallelo al bordo del tavolo, fino a portare la sbarra in posizione verticale (sbarra e dinamometro, in questa posizione, devono essere ortogonali).

Prendere nota del valore della forza **F** applicata al corpo, della distanza **d** del punto di applicazione dall'asse di rotazione della sbarra.

Agganciare il dinamometro ad altri piolini, rilevando ogni volta il valore di **F** e di **d**:

F	d	Fxd = M
..... N	..... N	..... N x m
..... N	..... N	..... N x m
..... N	..... N	..... N x m

Calcolare per ciascuna prova il prodotto **F x d** e riportarne i risultati in tabella.

Conclusioni: quando si applica una forza **F** in un punto di un corpo rigido vincolato ad un punto fisso (il centro di rotazione) non appartenente alla retta di azione della forza stessa e lontano **d** da essa, il corpo viene posto in rotazione fino a ridurre **d** a zero (esperimento 1).

Per descrivere l'effetto osservato si introduce una grandezza vettoriale detta **momento della forza**, la cui intensità vale : **M = f x d** ; la distanza **d** è detta **braccio della forza**.

L'esperimento 2, oltre ad introdurre sperimentalmente il concetto di momento di una forza rispetto ad un punto, mostra che l'effetto non varia se resta invariato il momento, cioè il prodotto della forza per il braccio.

EQUILIBRIO DI MOMENTI

M 2.7.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
5S	Morsa da tavolo	1
6S	Perno con astina	2
7S	Asta cm 10	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	2
3M1	Asta per leva – giogo	1
7M1	Piattello portapesi	1
8M1	Massa g 50	1
23M1	Dinamometro 2N	1
29M1	Asta cm 50	1

Quando ad un corpo rigido vincolato in un punto, che gli consente la rotazione, vengono applicate due forze contrastanti, il sistema risulta in equilibrio, se i due momenti rispetto al punto fisso sono uguali.

Scopo dell'esperimento è studiare le condizioni di equilibrio del sistema costituito dalla sbarra per leva, imperniata al centro, e da due forze contrastanti applicate in punti qualsiasi della leva stessa.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Mediante la morsa fissare la base di alluminio al bordo del tavolo ed inserire nel suo foro verticale l'asta da cm 50, all'estremità della quale si deve montare il morsetto cilindrico ed a circa metà altezza un morsetto doppio. Infilare l'asta da cm 10 nel morsetto doppio e disporla parallelamente al bordo del tavolo, quindi fissare alla sua estremità il secondo morsetto doppio, al quale, tramite il perno con astina, va montata la carrucola. Utilizzando un secondo perno con astina, inserito nel foro anteriore del morsetto in alto, sospendere la sbarra per leva nel suo foro centrale in modo che possa ruotare liberamente.

Preparare una funicella lunga circa cm 30 con occhiello ad entrambe le estremità ed un piattello portapesi con una massa ad intaglio da g 50.

Esperimento 1: disporre la leva verticalmente poi regolare la posizione della carrucola in modo che la porzione superiore della sua gola sia alla stessa altezza dell'ultimo piolino della sbarra; agganciare a questo piolino la funicella, farla passare nella gola, quindi sospendere all'occhiello il piattello carico (forza $F_1 = 0,6$ N, la cui retta d'azione è materializzata dal tratto orizzontale della funicella); mantenere la sbarra per leva verticale, applicando il dinamometro ad uno qualsiasi dei piolini compresi fra il centro di rotazione ed il punto di applicazione di F_1 . Misurare le distanze a e b dei punti di applicazione rispettivamente di F_1 e di F_2 dal punto di sospensione della leva e prenderne nota (dinamometro e funicella sempre orizzontali).

F_1 in N	a in m	$M_1 = F_1 \times a$ in N x m	F_2 in N	b in m	$M_2 = F_2 \times b$ in N x m

Esperimento 2: utilizzando lo stesso montaggio, spostare il punto di applicazione di F_1 ad uno qualsiasi dei piolini situati nella parte della leva superiore al punto di rotazione. Osservare anzitutto che, per mantenere la leva superiore in posizione verticale come nelle precedenti prove, il dinamometro (forza F_2) deve essere ancora orizzontale, ma deve agire in direzione opposta, cioè nello stesso verso di F_1 .

Annotare il valore di F_1 , di F_2 e delle distanze a e b , poi eseguire i prodotti $F_1 \times a$ ed $F_2 \times b$ ed inserirli nella tabella.

Conclusioni: notare che il sistema di ciascuna prova è in equilibrio, quando $F_1 \times a = M_1$ ed $F_2 \times b = M_2$ sono uguali, ma di segno opposto, cioè $M_1 = - M_2$.

Nel primo esperimento la differenza di segno deriva dal fatto che F_2 ha verso opposto ad F_1 , nel secondo caso F_1 e F_2 hanno lo stesso verso, ma b ha segno diverso da a , essendo misurati dall'origine comune nelle due opposte direzioni.

Da $M_1 = - M_2$ si ottiene $M_1 + M_2 = 0$, cioè un corpo girevole attorno ad un asse è in equilibrio, se la somma algebrica dei momenti delle forze applicate è uguale a zero.

CORPO GIREVOLE ATTORNO AD UN ASSE

M 2.8.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
5S	Morsa da tavolo	1
6S	Perno con astina	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
12S	Morsetto doppio	1
3M1	Asta per leva – giogo	1
7M1	Piattello portapesi	2
8M1	Massa g 50	3
23M1	Dinamometro 2N	1
29M1	Asta cm 50	1

Tra i vincoli, ai quali un corpo rigido può essere soggetto, importanza particolare riveste quello che consente al corpo le sole rotazioni attorno al vincolo medesimo. Verrà considerato il caso di una sbarra, vincolata ad un asse passante per il baricentro, che le consente di ruotare sia in senso orario che in senso antiorario.

Scopo dell'esperimento è trovare le condizioni di equilibrio della sbarra, quando questa sia sottoposta all'azione contemporanea di più forze.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Fissare la base di alluminio al bordo del tavolo mediante l'apposita morsa, secondo le istruzioni riportate nel modulo stativi. Nel piede di sostegno così costituito montare verticalmente l'asta da cm 50, alla cui estremità superiore deve essere fissato il morsetto doppio con il perno con astina; allo stativo verticale, sospendere la sbarra per leva, infilando il perno con astina nel suo foro centrale in modo che essa possa ruotare liberamente.

Dallo stesso lato della sbarra applicare due forze F_1 ed F_2 , rappresentate rispettivamente dal peso di un piattello con 1 massa da g 50 e dal peso del secondo piattello con 2 masse da g 50; all'estremità opposta della sbarra agganciare il dinamometro, preventivamente azzerato in posizione rovesciata, in modo da poter mantenere la sbarra stessa orizzontale, tirandolo verso il basso.

Esperimento :scelti due piolini qualsiasi come punti di applicazione di F_1 e di F_2 , tirare il dinamometro verso il basso (forza F_3) fino a portare la sbarra orizzontale. Prendere nota di F_1 , F_2 , e di F_3 nonché delle distanze l_1 , l_2 ed l_3 del punto di applicazione di ciascuna dall'asse di rotazione (ricordare che la distanza di un piolo dall'altro è di cm 2).

Ripetere la prova con valori diversi di I_1 , I_2 e di I_3 , annotando in tabella i dati sperimentali:

$F_1 \times I_1$,	$F_2 \times I_2$	$F_3 \times I_3$
0,6N x ... cm = ...	1,2N x ... cm = ...	... N x ... cm = ...

Eeguire i prodotti $M_1 = F_1 \times I_1$ ed $M_2 = F_2 \times I_2$, sommarli e confrontare il risultato con $M_3 = F_3 \times I_3$.

Conclusioni: un corpo rigido, girevole attorno ad un asse, é in condizioni di equilibrio quando la somma dei momenti, che provocano la rotazione antioraria del corpo è uguale al momento (o alla somma dei momenti), che producono la rotazione oraria del corpo stesso, ovvero quando:

$$M_1 + M_2 - M_3 = 0$$

COMPOSIZIONE DI DUE FORZE PARALLELE

M 2.9.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	2
2S	Asta cm 25	2
4S	Elemento di congiunzione	1
5S	Morsa da tavolo	1
6S	Perno con astina	2
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	3
14S	Cavaliere per basi con foro	1
3M1	Asta per leva – giogo	1
7M1	Piattello portapesi	2
8M1	Massa g 50	4
9M1	Massa g 10	4
23M1	Dinamometro 2N	2
29M1	Asta cm 50	2

Due forze parallele applicate in due punti distinti di un corpo rigido libero possono essere sostituite da una risultante, la cui azione sia identica a quella delle forze date?
Quali sono il modulo, la direzione, il verso ed il punto di applicazione di tale forza?

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Unire le due basi di alluminio con l'apposito elemento di congiunzione in modo da ottenere una base di appoggio lunga cm 60, che dovrà essere fissata al bordo del tavolo con la morsa di dotazione. Infilare ad un'estremità del profilato un'asta da cm 50 e montare la seconda in un cavaliere: in tal modo, spostando quest'ultimo, si potrà regolare secondo la necessità la distanza fra le aste. Mediante il morsetto cilindrico, un morsetto doppio e le due aste da cm 25 aumentare l'altezza delle due aste verticali, quindi, facendo uso dei due morsetti doppi restanti e dei due perni con astina, sospendere a circa metà altezza delle aste da cm 25 i due dinamometri. Agganciare questi ultimi ai fori esterni della sbarra per leve, quindi regolare la distanza fra le aste verticali in modo che i due dinamometri siano paralleli ed infine regolarne l'altezza per avere la leva orizzontale.

Esperimento: annotare l'indicazione dei due strumenti, in quanto dovrà essere sottratta dalle successive letture delle forze F_1 ed F_2 . Agganciare ad un piolino qualsiasi della leva il piattello portapesi con una massa ad intaglio da g 50. Riportare la leva in posizione orizzontale, sollevando il dinamometro dalla cui parte la leva si è inclinata.

Leggere ed annotare il valore di F_1 ed F_2 , della forza diretta verso il basso (0,6 N) e della distanza rispettivamente del punto **A** di applicazione di F_1 dal piolino di sospensione del carico (punto **C**) e di quest'ultimo dal punto **B** di applicazione di F_2 . In questo caso F_1 ed F_2 sono le forze parallele concordi da comporre, la forza diretta verso il basso e l'equilibrante $E = -R$, il cui punto di applicazione è interno al segmento **AB**.

Se si considera come forze da comporre F_1 e la forza diretta verso il basso (che in questo caso diventa F_2), la forza equilibrante $E = -R$ viene ora ad essere quella indicata dal secondo dinamometro. F_1 ed F_2 sono ancora parallele, ma discordi ed il punto di applicazione C della risultante viene essere esterno al segmento AB .

Conclusioni: la risultante di due forze F_1 ed F_2 parallele e concordi, applicate rispettivamente nei punti A e B distinti di un corpo rigido, ha per intensità la somma delle loro intensità, è parallela ad esse, ha il loro verso ed è applicata in un punto C del corpo, la cui posizione è individuabile mediante la proporzione:

$$F_1 : F_2 = BC : AC$$

Se F_1 ed F_2 sono parallele ma discordi, la risultante ha come intensità la differenza $F_1 - F_2$, è parallela ad esse, ha verso concorde con la maggiore delle due ed è applicata in un punto C esterno ad AB e che si allontana man mano, che la differenza $F_1 - F_2$ tende a 0.

Il caso particolare in cui $F_1 = F_2$ è definito "**coppia di forze**": questo sistema non ha risultante, in quanto essa avrebbe intensità nulla e punto di applicazione a distanza non finita. Pertanto l'applicazione di una coppia di forze ad un corpo rigido provoca una rotazione del corpo stesso.

BARICENTRO DI UN CORPO

M 2.10.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	2
2S	Asta cm 25	2
4S	Elemento di congiunzione	1
5S	Morsa da tavolo	1
6S	Perno con astina	2
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	2
14S	Cavaliere per basi con foro	1
3M1	Asta per leva	1
23M1	Dinamometro 2N	1
29M1	Asta cm 50	1

Se si immagina che ogni corpo sia formato da tante piccole particelle aggregate le une alle altre, ognuna di massa m e peso p , ne consegue che il peso P di ciascun corpo è la somma di tutti i pesi infinitesimi delle singole particelle. Dal punto di vista vettoriale esso è la risultante di tutte le forze p parallele applicate in un punto G detto **baricentro**, nel quale si può pensare sia concentrata tutta la massa M del corpo.

Scopo dell'esperimento è determinare il baricentro di un corpo mediante un metodo di carattere generale, sebbene nella pratica non sia facile trovare il baricentro di corpi non regolari e con massa non uniformemente distribuita.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Unire le due basi di alluminio con l'apposito elemento di congiunzione in modo da ottenere una base di appoggio lunga cm 60, che dovrà essere fissata al bordo del tavolo mediante la morsa di dotazione. Infilare ad un'estremità del profilato l'asta da cm 50 e montare quella da cm 25 con un cavaliere: in tal modo, spostando quest'ultimo, si potrà regolare a piacere la distanza fra le due aste. Allungare l'asta da cm 50 con una da cm 25, unendole tramite il morsetto cilindrico. Montare un morsetto doppio all'estremità superiore dell'asta da cm 75, ed un secondo morsetto a circa cm 5 dalla sommità dell'asta da cm 25, quindi, tramite due perni con astina, sospendere da un lato il dinamometro e, dall'altro la leva (mediante un piccolo cappio realizzato con una funicella legata ad anello); agganciare con un secondo cappio la leva al dinamometro e regolare l'altezza di quest'ultimo onde rendere la leva stessa orizzontale.

Esperimento: togliere la leva ed il dinamometro dal montaggio, senza spostare i morsetti, poi misurare il peso P della leva; annotarne il valore, poi rimontare il tutto. Leggere sul dinamometro la forza F che mantiene in equilibrio orizzontale la leva ed infine misurare la distanza d del punto di applicazione di F dal punto di sospensione della leva.

Detta x la distanza del baricentro G della leva dal suo punto di sospensione, si può scrivere che il sistema è in equilibrio, quando:

$$P \cdot x - F \cdot d = 0$$

Poiché P , F e d sono noti, si avrà:

$$x = \frac{F \cdot d}{P}$$

Conclusioni: il metodo applicato nell'esperimento consente di ricavare in modo semplice il baricentro di una sbarra.

Poiché il baricentro è il centro di equilibrio di un corpo, se si sospende un corpo nel suo baricentro, esso potrà assumere tutte le posizioni indifferentemente.

POSIZIONE DEL BARICENTRO ED EQUILIBRIO DEI CORPI SOSPESI M 2.11

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
5S	Morsa da tavolo	1
6S	Perno con astina	1
12S	Morsetto doppio	1
3M1	Asta per leva	1
9M1	Massa g 10	2
29M1	Asta cm 50	1

La sbarra per leva è un corpo rigido, con il quale si possono esaminare le condizioni di equilibrio dei corpi sospesi. Quando essa è sospesa in uno dei fori esterni o nel foro centrale, è soggetta alla sola forza peso **P**, applicata al baricentro **G**.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Fissare la base di alluminio al bordo del tavolo mediante la morsa apposita, poi inserire l'asta da cm 50 nel foro verticale della base ed infine montare all'estremità superiore dell'asta un morsetto doppio.

La sbarra per leva verrà sospesa allo stativo tramite un perno con astina, infilato nel foro anteriore del morsetto. A seconda del modo, in cui la sbarra viene sospesa, si distinguono i tre casi successivamente esaminati.

Esperimento 1: sospendere la leva nel foro centrale, agganciare ad un piolino esterno una massa da g 10 e lasciare che essa assuma la propria posizione di equilibrio. Si nota che la leva si dispone verticalmente con il punto di sospensione in alto e che ogniqualvolta essa viene spostata da questa posizione e lasciata libera, spontaneamente vi ritorna. Infatti essendo il baricentro **G** del sistema situato nella parte bassa della leva, quando si sposta lateralmente la leva stessa, il baricentro **G**, nel quale è applicato il peso **P**, si allontana dalla retta verticale passante per il centro di sospensione dando origine ad un momento, che tende a riportare la leva in posizione verticale.

Esperimento 2: la situazione di partenza è analoga al caso precedente ad eccezione del fatto che la parte appesantita della leva, ruotata di 180°, viene ad essere in alto rispetto al punto di sospensione. Non è facile riuscire a fermare la leva in posizione verticale in questa condizione, perché, spostata anche di poco dalla situazione di equilibrio, essa viene assiggettata ad un momento, che tende a far ruotare la leva fino a portare il baricentro **G** in basso sulla retta passante per il punto di sospensione.

Esperimento 3: eliminare la massa da g 10. Si osserva che la leva può assumere qualsiasi posizione, poiché, essendo coincidenti il punto di sospensione della sbarra ed il baricentro della stessa (vedere l'esperimento M 2.10.) non esiste momento di rotazione.

Conclusioni: un corpo rigido sospeso è in **equilibrio stabile**, se il suo baricentro si trova sotto il punto di sospensione e giace sulla verticale passante per quest'ultimo; lo stesso corpo è in **equilibrio instabile**, se il suo baricentro giace sulla verticale passante per il punto di sospensione, ma si trova in alto rispetto ad esso; infine un corpo si trova in **equilibrio indifferente**, se il suo baricentro coincide con il punto di sospensione.

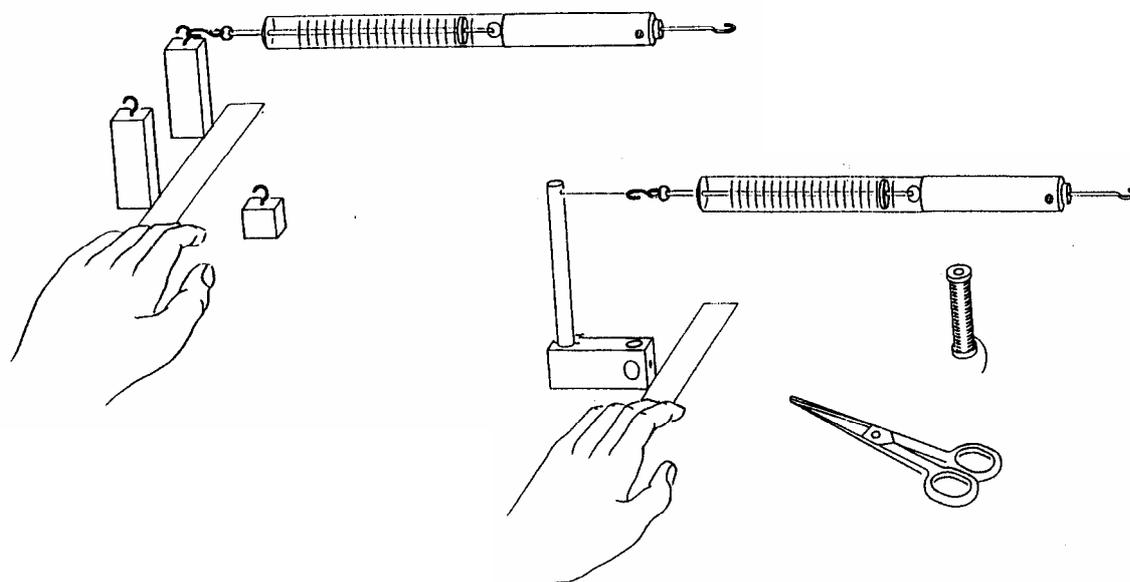
Si ricorda che un corpo rigido è in equilibrio quando il momento risultante di tutte le forze applicate al corpo è uguale a zero.

STABILITA' DEI CORPI APPOGGIATI

M 2. 12.

Elementi occorrenti:

7S	Asta cm 10	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
12S	Morsetto doppio	1
18M1	Bandella elastica	1
20M1	Parallelepipedo di alluminio	1
21M1	Parallelepipedo di ferro	1
22M1	Parallelepipedo di ferro, piccolo	1
23M1	Dinamometro 2N	1



E' noto che un corpo rigido appoggiato su un piano è in equilibrio, quando la verticale passante per il baricentro cade entro la base di appoggio.

Scopo della presente prova è trovare le condizioni di maggiore stabilità di un corpo appoggiato e vedere quali parametri influiscono sulla stabilità stessa.

A tal fine verranno eseguiti tre esperimenti, nei quali verrà misurata la forza occorrente per ribaltare diversi corpi.

Montaggio: secondo le due illustrazioni A) e b).

Per il primo ed il secondo esperimento servono gli oggetti rappresentati nel disegno A); per il terzo esperimento, la cui apparecchiatura è rappresentata nel disegno B) è necessario predisporre il corpo da ribaltare. Allo scopo infilare l'astina da cm 10 in un foro trasversale di un morsetto doppio (il forellino passante dell'astina deve essere in alto affinché gli si possa legare una funicella con occhiello). Dal morsetto doppio devono essere tolte le viti frontali, in modo da poter usare una superficie quadrata come base di ribaltamento.

Il dinamometro, in tutte le prove, deve essere orizzontale.

Esperimento 1 (illustrazione A): cercare di ribaltare il parallelepipedo piccolo di ferro, tenendolo fermo con lo spigolo della lamina; misurare ed annotare il valore della forza occorrente per compiere tale lavoro. Ripetere la prova con il parallelepipedo di alluminio, che ha la stessa massa del precedente, ma il baricentro più in alto. Misurare ed annotare il valore della forza di ribaltamento ed osservare che il dinamometro indica un valore inferiore a quello riscontrato con il parallelepipedo di ferro.

Esperimento 2 (illustrazione A): disporre l'uno vicino all'altro, di fronte alla lamina, il parallelepipedo di alluminio ed il parallelepipedo grande di ferro. Agganciare il dinamometro al corpo di ferro e misurare la forza che occorre per ribaltarlo. Ripetere l'operazione con il corpo di alluminio ed osservare che lo strumento indica in questo secondo caso una forza minore.

Esperimento 3 (illustrazione B): appoggiare contro la lamina la superficie laterale, priva di viti di pressione, del morsetto doppio ed agganciare all'astina verticale il dinamometro. Tenendo lo strumento orizzontale, misurare la forza occorrente per ribaltarlo ed osservare che il baricentro del corpo si è sollevato, nell'operazione di ribaltamento, di alcuni millimetri. Ripetere la prova appoggiando la base quadrata del morsetto contro lo spigolo della lamina. Misurare la forza di ribaltamento, osservando contemporaneamente che il baricentro si è sollevato, in questo caso, di alcuni centimetri.

Conclusioni: la stabilità di un corpo rigido appoggiato è tanto più grande quanto più basso è il suo baricentro e quanto più grande è la massa del corpo. La forza necessaria per ribaltare un corpo appoggiato è la misura della sua stabilità.

Il lavoro di ribaltamento è maggiore, quando il baricentro del corpo è più lontano dallo spigolo sul quale il corpo stesso viene ribaltato.

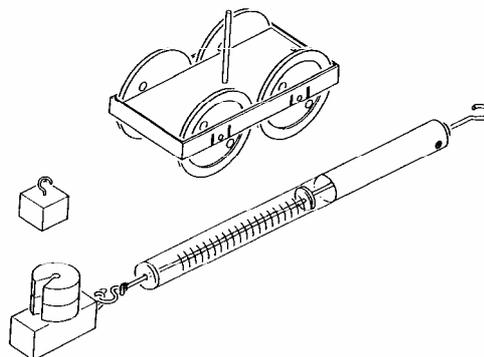
LE FORZE DI ATTRITO

M 2. 13.

Elementi occorrenti:

8M1	Massa g 50	2
20M1	Parallelepipedo in alluminio	1
21M1	Parallelepipedo in ferro	1
22M1	Cubo di ferro	1
23M1	Dinamometro 2N	1
24M1	Carrello sperimentale	1

Foglio di carta ruvida
Acqua



Le forze di attrito sono collegate, in generale, alla struttura corpuscolare della materia; esse si oppongono sempre alla direzione del movimento dei corpi. Scopo dell'esperimento è cercare quali grandezze influiscono sull'attrito di un corpo che striscia su un altro e sull'attrito di un corpo che rotola su un altro. Nel primo caso si ha l'**attrito radente**, nel secondo l'**attrito volvente**.

Montaggio: preparare i vari elementi indicati nell'illustrazione.

Determinare il peso del parallelepipedo di alluminio e del cubo di ferro piccolo (che, entro i limiti degli errori sperimentali, dovrebbero essere uguali).

- Peso del parallelepipedo di alluminio N
- Peso del cubo di ferro N

Esperimento 1: appoggiare il parallelepipedo di alluminio su un foglio di carta ruvida, agganciarvi il dinamometro e tirarlo per far muovere il corpo.

Leggere ed annotare l'indicazione dello strumento:

- Forza di trascinamento N

Caricare il parallelepipedo con due masse ad intaglio da g 50 e ripetere la prova:

- Peso complessivo del corpo N
- Forza di trascinamento N

Sostituire il parallelepipedo di alluminio con quello di ferro e misurare ancora la forza occorrente per farlo in movimento rettilineo uniforme.

Versare qualche goccia d'acqua sul piano del tavolo, appoggiare su di esse il cubo di ferro e trascinarlo nuovamente con il dinamometro onde misurare la forza occorrente al moto.

Esperimento 2: determinare il peso del carrello con due masse da g 50, poi agganciarvi il dinamometro e, tirandolo orizzontalmente, misurare la forza necessaria a far muovere il carrello di moto rettilineo uniforme:

- Peso complessivo del carrello N
- Forza di trascinamento N

Conclusioni: quando un corpo striscia su di un altro, fra le superfici di contatto si sviluppano delle forze, che si oppongono al movimento e che, per tale ragione, sono dette resistenze passive. Tali forze dipendono dal peso del corpo e dalla natura delle superfici a contatto, mentre non dipendono dall'area delle parti a contatto; l'attrito inoltre diminuisce interponendo fra le superfici a contatto sostanze come l'acqua, l'olio ecc...

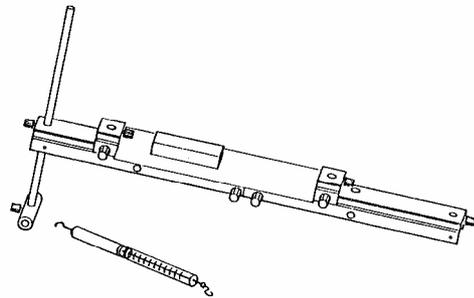
Quando un corpo rotola su un altro, l'attrito dipende ancora dalle grandezze suddette, ma è inferiore all'attrito radente.

DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI ATTRITO RADENTE

M 2. 14.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	2
4S	Elemento di congiunzione	1
10S	Morsetto cilindrico	1
13S	Cavaliere con fenditura	1
14S	Cavaliere con foro	1
21M1	Parallelepipedo di ferro	1
23M1	Dinamometro 2N	1
29M1	Asta cm 50	1



Foglio di carta

Nell'esperimento precedente si è concluso che l'attrito radente dipende dalla forza con la quale il corpo preme sulla superficie di appoggio; se quest'ultimo è orizzontale, la forza premente coincide con il peso G del corpo; se il piano di appoggio è inclinato, la forza premente equivale alla componente F_n , normale al piano, del peso G del corpo stesso.

Montaggio: L'esperimento si articola in due prove: nella prima viene determinato il coefficiente di attrito sulla guida di alluminio orizzontale, nella seconda le misurazioni vengono effettuate con la guida inclinata. Pertanto per la prima prova occorrono la guida di alluminio, il parallelepipedo di ferro, un foglio di carta ed il dinamometro da 2 N.

Per la seconda prova occorre unire le due basi di profilato di alluminio con l'apposito elemento di congiunzione onde disporre di una guida lunga cm 60; infilare in un foro estremo della guida l'asta da cm 50 e montare l'estremità inferiore della stessa nel foro centrale del morsetto cilindrico, che funge da piede d'appoggio; due cavalieri consentono di fissare il foglio di carta alla guida e di limitare la corsa del corpo appoggiato.

L'illustrazione mostra la corretta disposizione dell'apparecchiatura per questa seconda prova.

Esperimento 1: misurare con il dinamometro il peso G del parallelepipedo di ferro

Peso $G = \dots$ N

Disporre il corpo ad una estremità della guida e tirarlo con il dinamometro in modo costante. Leggere sullo strumento il valore della forza F necessaria a far muovere il corpo, la cui intensità è uguale alla forza resistente F_r :

$F_r = \dots$ N

e determinare il coefficiente di attrito radente mediante la relazione:

$$F_r = K \times G \quad K = \frac{F_r}{G} \quad K = \dots$$

Disporre sulla guida un foglio di carta e fissarlo con due cavalieri, quindi ripetere la prova, facendo strisciare il parallelepipedo di ferro su di esso. Leggere il valore della forza sul dinamometro e tramite la medesima formula, calcolare il coefficiente di attrito radente ferro-carta.

Esperimento 2: montare il piano inclinato secondo le precedenti indicazioni.

Appoggiare sulla guida il parallelepipedo di ferro, poi aumentare leggermente l'inclinazione della stessa finché il corpo inizia a muoversi. In questa posizione, fissata bloccando la vite di pressione dell'asta, misurare l'altezza h e la base b (distanza sul piano orizzontale delle estremità della guida):

$$h = \dots \text{ cm} \quad b = \dots \text{ cm}$$

Secondo la figura 2 la forza premente esercitata dal corpo sul piano inclinato non è più il peso G del corpo stesso, bensì la sua componente F_n normale alla superficie del piano inclinato, pertanto:

$$F_r = K \times F_n$$

mentre la forza che ha determinato il moto del corpo è la componente F_h di G parallela al piano inclinato (in queste condizioni $F_h = F_r$).

Dalla stessa figura 2 è facile ricavare il valore delle componenti F_n e F_h di G :

$$F_n = \frac{b}{l} \times G \quad F_h = \frac{h}{l} \times G$$

e da queste, ricordando che $F_h = F_r = K \times F_n$ ottenere con semplici passaggi:

$$R = \frac{h}{b}$$

Ripetere la prova dopo aver applicato, mediante due cavalieri, un foglio di carta sulla guida. Osservare che in questo caso l'inclinazione del piano, affinché il corpo inizi a scivolare verso il basso, deve essere maggiore della precedente.

Calcolare il coefficiente di attrito R per entrambe le prove.

Conclusioni: l'attrito radente dipende dalla forza premente; il rapporto fra la forza resistente F_r e la forza premente F_n è costante:

$$\frac{F_r}{F_n} = K \text{ (legge di Coulomb),}$$

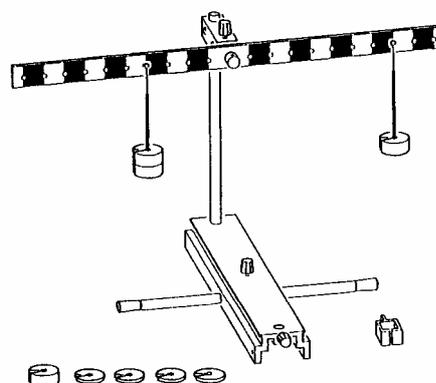
poiché la forza resistente è sempre minore della forza premente, la costante K , detta coefficiente di attrito radente, può assumere soltanto valori compresi tra 0 ed 1.

LEVA DI PRIMO GENERE

M 3.1.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali di gomma	1
6S	Perno con astina	1
12S	Morsetto doppio	1
3M1	Asta per leva	1
6M1	Cursore di taratura	1
7M1	Piattello portapesi	2
8M1	Massa g 50	4
9M1	Massa g 10	4
29M1	Asta cm 50	1



Le macchine semplici sono dispositivi meccanici, mediante i quali è possibile equilibrare una forza, detta resistenza, con un'altra forza, detta potenza, avente caratteristiche diverse (ad esempio diversa intensità o diversa retta d'azione, ecc...). La leva è una macchina semplice costituita da un'asta rigida, girevole attorno ad un asse, detto fulcro; a seconda della posizione di questo asse, rispetto alle forze applicate, si possono avere tre tipi di leva. Scopo dell'esperimento è trovare le condizioni di equilibrio della leva, nella quale il fulcro si trova tra i punti di applicazione della resistenza e della potenza.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura come nell'illustrazione.

La sbarra per leva è sorretta nel suo foro centrale mediante il perno con astina, innestato in un morsetto doppio, fissato all'asta da cm 50.

Per rendere stabile il montaggio, nel profilato, che costituisce la base di supporto, va montata un'astina da cm 25 con i terminali di gomme infilati alle estremità. La leva è munita di perni, applicati a distanze regolari di cm 2, in modo da poter facilmente misurare la lunghezza del braccio di ciascuna forza.

Due piattelli portapesi con i pesi a disco costituiscono le forze F_1 ed F_2 che saranno applicate alla leva.

Esperimento: si fissa la lunghezza l_1 del braccio destro della leva (ad esempio l'ottavo piolino) e ad esso si sospende il piattello portapesi con 1 peso ad intaglio da 0,5 N (forza $F_1 = 0,6$ N), poi si aggancia il secondo piattello al quarto piolino del braccio sinistro della stessa leva (Forza $F_2 = \dots$ N), caricandolo fino a portare il sistema in equilibrio. Annotare in una tabella il valore della forza F_1 , la lunghezza del braccio l_1 , il valore della forza F_2 e del braccio l_2 . Ripetere la prova con altri valori di F_1 e di l_1 , annotando ogni volta i valori di F_2 e di l_2 . nelle condizioni di equilibrio.

	Forza F_1 in N	Braccio l_1 in cm	Prodotto $F_1 \times l_1$	Forza F_2 in N	Braccio l_2 in cm	Prodotto $F_2 \times l_2$
1° prova
2° prova

Calcolare per ogni prova i prodotti $F_1 \times l_1$ ed $F_2 \times l_2$ ed inserire i risultati nelle colonne corrispondenti.

Conclusioni: la leva di primo genere è in condizioni di equilibrio, quando il prodotto della forza applicata al braccio destro della leva per la distanza della sua retta d'azione dal fulcro è uguale al prodotto della forza applicata al braccio sinistro per la distanza della propria retta d'azione dallo stesso fulcro.

Usando una terminologia già nota si può dire che la leva è in equilibrio, quando la somma algebrica dei momenti delle forze applicate è uguale a zero, cioè quando:

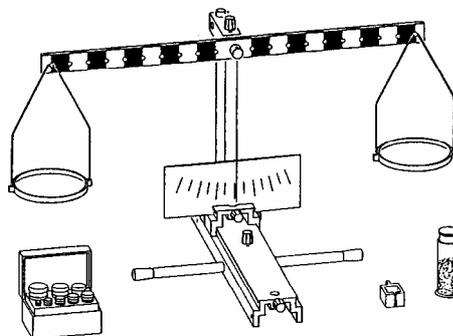
$$M_1 + M_2 = 0$$

LA BILANCIA A BRACCI UGUALI

M 3.2.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	2
3S	Terminali di gomma	2
6S	Perno con astina	1
12S	Morsetto doppio	1
13S	Cavaliere con fenditura	1
1M1	Piattelli per bilancia	1
2M1	Massiera	1
3M1	Asta per leva	1
4M1	Indice per bilancia	1
5M1	Scala per bilancia	1
6M1	Cursore di taratura	1
8M1	Massa con intaglio g 50	2
11M1	Bicchieri in plastica 100 ml	1
15M1	Cilindro in plastica ml 100	1
33M1	Pallini di taratura	1



La bilancia a bracci uguali, cioè lo strumento più comune per misurare la massa incognita di corpi, è un'applicazione pratica della leva di primo genere. La condizione di equilibrio, in virtù della quale può essere eseguita la misurazione suddetta, è verificata quando il momento della risultante delle forze applicate al giogo, rispetto all'asse di rotazione, è uguale a zero.

Scopo dell'esperimento non è verificare tale condizione, già studiata nella precedente prova, bensì esaminare quali situazioni di montaggio portino ai migliori risultati.

Montaggio: predisporre lo strumento come nell'illustrazione.

Il piede di appoggio è costituito dal profilato di alluminio, nel cui foro centrale deve essere infilata l'asta da cm 25 con gli appositi terminali di gomma.

Innestare la seconda asta da cm 25 nel piede di appoggio in modo da avere la colonna verticale di supporto del giogo. All'estremità superiore di questa montare il morsetto doppio, al quale, tramite il perno con astina viene assicurata la sbarra per leva (giogo); l'astina deve essere infilata nel foro centrale superiore della sbarra per leva, mentre nel foro filettato inferiore va avvitato l'indice. La scala, disposta fra l'indice e la colonna, deve essere sorretta verticalmente nella fenditura di un cavaliere. Alle due estremità del giogo vanno agganciata le staffe con i piattelli ed infine la posizione dell'indice viene azzerata mediante l'apposito cursore di plastica applicato alla leva.

Esperimento 1: appoggiare sul piattello di destra una massa $m = 1$.

Osservare che la bilancia si equilibra e l'indice si ferma su una certa divisione della scala.

Annotare la lunghezza del giogo (distanza tra i punti di sospensione dei piattelli) e la divisione della scala:

Lunghezza del giogo: cm

Divisione n°

Esperimento 2: spostare il punto di sospensione delle staffe porta-piattelli al settimo piolino di ciascun braccio della leva; in tal modo la lunghezza del giogo viene ridotta. Appoggiare sul piattello di destra la solita massa da 1 g ed osservare su quale divisione della scala si arresta l'indice.

Lunghezza del giogo: cm Divisione n°

Esperimento 3: spostare il perno con astina in modo da sospendere la leva nel foro centrale; così facendo l'asse di rotazione del giogo verrà avvicinato al barimetro del sistema. Agganciare nuovamente le staffe con i piattelli alle estremità della leva, azzerare la bilancia, poi appoggiare la massa da 1 g sul piattello di destra e prendere nota della divisione della scala sulla quale l'indice si arresta.

Sospensione vicina al baricentro : Divisione n°

Conclusioni: la bilancia è più sensibile, quando la lunghezza dei bracci del giogo è maggiore; inoltre è più sensibile, se si avvicina al baricentro del sistema oscillante l'asse di rotazione del sistema stesso.

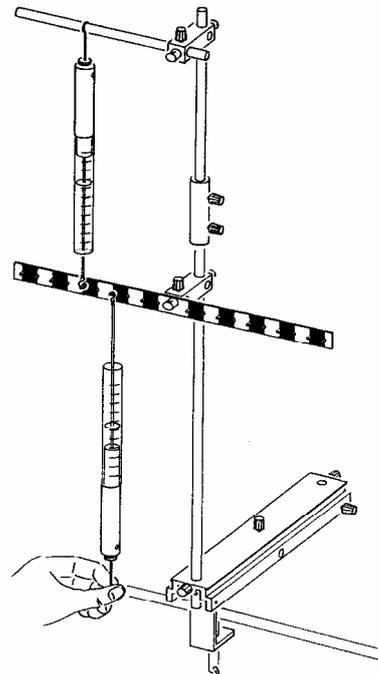
Notare che non si può far coincidere l'asse di rotazione con il baricentro.

LEVA DI 2° E 3° GENERE

M 3.3.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	2
5S	Morsa da tavolo	1
6S	Perno con astina	1
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	2
3M1	Asta per leva	1
23M1	Dinamometro 2 N	2



Le leve di secondo e terzo genere sono caratterizzate dal fatto di avere il fulcro ad un'estremità della sbarra e quindi la resistenza e la potenza applicate dallo stesso lato: nella leva di secondo genere il punto di applicazione della resistenza è situato tra il fulcro ed il punto di applicazione della potenza; nella leva di terzo genere il punto di applicazione della potenza è posizionato fra il fulcro ed il punto di applicazione della resistenza.

Scopo dell'esperimento è studiare le condizioni di equilibrio dei due tipi di leva.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Fissare al piano di lavoro la base di alluminio mediante l'apposita morsa da tavolo. Montare nel foro anteriore della base l'asta da cm 50, far passare un morsetto doppio, con il quale sorreggere, mediante un perno con astina, la sbarra per leva in modo che essa risulti libera di ruotare; prolungare lo stativo con un morsetto rotondo ed un'asta da cm 25, infine fissare a quest'ultima, parallelamente al bordo del tavolo, la seconda asta da cm 25 con un morsetto doppio.

Agganciare il dinamometro all'asta orizzontale ed azzerarlo.

Esperimento: agganciare il dinamometro al sesto piolino dall'asse di rotazione (passante per il baricentro della sbarra) poi, tenendo ferma con una mano la leva, sollevare lungo l'asta di supporto il morsetto che sorregge il dinamometro in modo che questo, con la leva orizzontale, segni 0,6 N (potenza).

Il secondo dinamometro, disposto con la scala rivolta verso l'alto ed azzerato, misura la resistenza e va agganciato successivamente ad ogni piolino della leva (dal secondo al nono), tirandolo verso il basso per far sì che il primo dinamometro indichi sempre 0,6 N.

Riportare i dati in tabella:

Potenza in N	Braccio della potenza	Momento della potenza	Resistenza in N	Braccio della resistenza	Momento della resistenza
0,6	6° piolino	..... Nm	.....	2° piolino	..... Nm
0,6	6° piolino	..... Nm	.....	3° piolino	..... Nm
0,6	6° piolino	..... Nm	.....	4° piolino	..... Nm
0,6	6° piolino	..... Nm	.....	5° piolino	..... Nm
0,6	6° piolino	..... Nm	.....	6° piolino	..... Nm
0,6	6° piolino	..... Nm	.....	7° piolino	..... Nm
0,6	6° piolino	..... Nm	.....	8° piolino	..... Nm
0,6	6° piolino	..... Nm	.....	9° piolino	..... Nm

Conclusioni: anche per le leve di 2° e 3° genere vale la condizione di equilibrio dei corpi girevoli attorno ad un asse:

$$\text{Potenza} \times \text{braccio della potenza} = \text{resistenza} \times \text{braccio della resistenza}$$

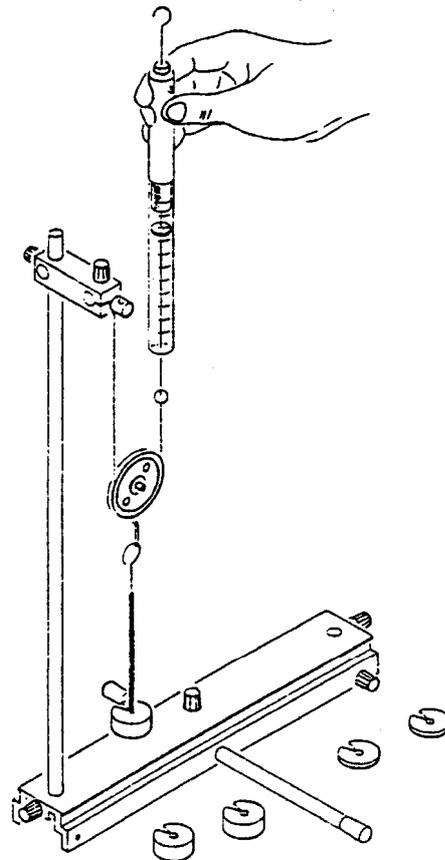
La leva di 2° genere, nella quale l'equilibrio è realizzato con una potenza inferiore alla resistenza, è una macchina sempre vantaggiosa; per la ragione inversa, la leva di 3° genere è sempre svantaggiosa.

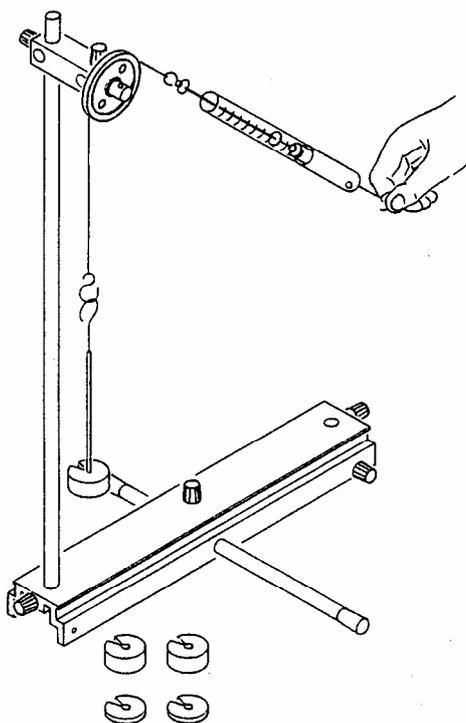
LA CARRUCOLA FISSA E LA CARRUCOLA MOBILE

M 3.4.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali di gomma	2
6S	Perno con astina	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
12S	Morsetto doppio	1
7M1	Piattello portapesi	1
8M1	Massa g 50	3
9M1	Massa g 10	2
23M1	Dinamometro 2 N	1
25M1	Carrucole	1
29M1	Asta cm 50	1





La carrucola è una macchina semplice costituita da un disco girevole attorno al suo asse di simmetria, nel cui contorno è praticata una gola per il passaggio di una fune. La carrucola può essere fissa o mobile. E' fissa, quando la staffa, che sorregge l'asse di rotazione della carrucola, è ancorata ad un supporto rigido; è mobile, quando la carrucola è sorretta dalla fune, alla quale è applicata la potenza, mentre la resistenza è applicata alla staffa della stessa carrucola. Scopo dell'esperimento è studiare le condizioni di equilibrio nei due casi.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura come nella figura 1 per l'esperimento sulla carrucola fissa e come nella figura 2 per la carrucola mobile.

Elemento comune nei due montaggi è lo stativo verticale costituito dalla base di alluminio, resa stabile dall'asta trasversale da cm 25 con i terminali di gomma, e dall'asta da cm 50 infilata e bloccata in un foro estremo della base. All'estremità superiore dell'asta va montato un morsetto doppio, mediante il quale nel primo esperimento viene montata la carrucola fissa, e nel secondo la fune della carrucola mobile; carrucola e fune sono sorretti da un perno con astina innestato nel foro anteriore del morsetto.

Tagliare un pezzo di funicella lungo circa cm 70 e legare ad occhiello le due estremità.

Esperimento 1: montare la carrucola nello stativo, far passare la funicella nella gola, poi agganciare all'estremità sinistra il piattello portapesi con una massa da g 50 (resistenza = 0,6 N) ed all'estremità destra il dinamometro, preventivamente azzerato in posizione invertita.

Leggere sulla scala dello strumento il valore della forza di trazione (potenza) e riportarlo in tabella:

Massa sospesa in g	Resistenza in N	Potenza in N
60	0,6	0,6
120	.....	.....
180	.....	.....

Ripetere la prova appendendo in successione g 120 e g 180 e riportare ogni volta i dati sperimentali in tabella.

Esperimento 2: togliere la carrucola dallo stativo ed agganciare al perno con astina un'estremità della funicella; disporre la carrucola, al cui gancio deve essere sospeso il piattello portapesi con una massa da g 50 (resistenza = 0,6 N) come è rappresentato nella figura 2, avendo in precedenza misurato il peso della carrucola con la propria staffa (questo valore dovrà essere sottratto ogni volta dall'indicazione del dinamometro). Leggere sulla scala dello strumento il valore della potenza ed annotarla in tabella con i valori delle successive prove, effettuate con carichi di g 120 e g 180:

Massa sospesa in g	Resistenza in N	Potenza in N
60	0,6	.....
120	.....	.....
180	.....	.....

Conclusioni: il primo esperimento dimostra che con la carrucola fissa non si ha un risparmio di potenza, ma soltanto un cambiamento della direzione di questa forza, grazie al quale si realizza una maggiore comodità di lavoro.

La carrucola mobile, studiata nel secondo esperimento è una macchina vantaggiosa in quanto la resistenza (carico) viene equilibrata con una potenza di minore intensità (esattamente la metà del carico).

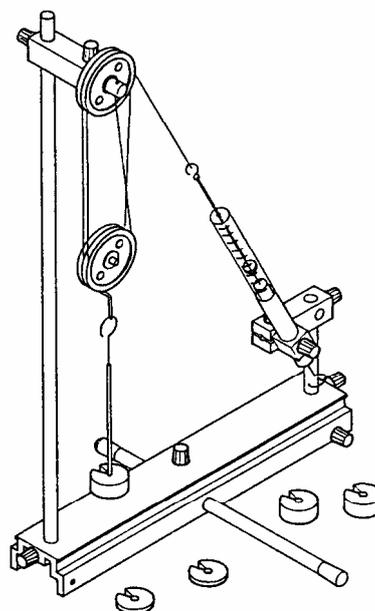
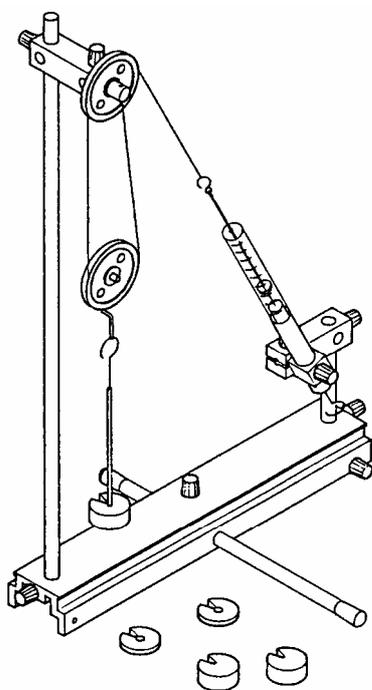
Nella pratica la carrucola mobile è sovente accoppiata alla carrucola fissa.

IL PARANCO SEMPLICE ED IL PARANCO COMPOSTO

M 3.5.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali di gomma	2
6S	Perno con astina	2
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
12S	Morsetto doppio	2
7M1	Piattello portapesi	1
8M1	Massa g 50	3
9M1	Massa g 10	2
23M1	Dinamometro 2 N	1
25M1	Carrucole	1
29M1	Asta cm 50	1



Il paranco semplice è una macchina costituita dall'accoppiamento di una carrucola fissa con una mobile. Quando si accoppiano n carrucole fisse con n carrucole mobili si ottiene il paranco composto.

Scopo dell'esperimento è studiare le condizioni di equilibrio delle due macchine ed esaminare, se sono vantaggiose e quanto lo sono.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura come nella figura 1 per l'esperimento sul paranco semplice e come nella figura 2 per quello sul paranco composto.

Elemento comune nei due montaggi è lo stativo verticale costituito dall'asta da cm 50 sorretta dalla base di alluminio, resa stabile dall'asta da cm 25 munita dai terminali di gomma. All'estremità superiore dell'asta va montato un morsetto doppio, al quale, tramite un perno con astina verrà

montata una carrucola fissa (per il paranco semplice) ed una coppia di carrucole fisse (per il paranco composto).

Tagliare due pezzi di funicella lunghi rispettivamente cm 70 e cm 150 e legare ad occhiello le estremità di entrambi.

Esperimento 1: seguendo la figura 1 fissare al perno con astina un occhiello della funicella lunga cm 70, farla passare nella gola della carrucola mobile (al cui gancio va sospeso il piattello portapesi con una massa da g 50), poi nella gola della carrucola fissa ed infine agganciare alla sua estremità libera il dinamometro, azzerato in posizione rovesciata.

Caricare successivamente la carrucola mobile con g 120 e poi con g 180, annotando ogni volta sia il valore della resistenza sia il valore della potenza, indicato dal dinamometro:

Massa del carico in g	Resistenza (peso del carico) in N	Potenza in N
60	0,6	.....
120	1,2	.....
180	1,8	.....

Esperimento 2: montare sul morsetto una seconda carrucola fissa, poi con la funicella lunga cm 150 sospendere la coppia di carrucole mobili, alla quale va agganciato un carico di g 160 (resistenza = 1,6 N).

Leggere sul dinamometro il valore della potenza, quindi ripetere la prova con un carico di g 200 (resistenza = 2 N):

Massa del carico in g	Resistenza in N	Potenza in N
160	1,6	.....
200	2,0	.....

Conclusioni: il paranco semplice unisce i vantaggi della carrucola fissa a quelli della carrucola mobile; infatti la prima permette di esercitare la forza in una direzione comoda, la seconda consente un risparmio di forza pari a metà del carico.

Con la combinazione di carrucole fisse e mobili (paranco composto) si ottiene un risparmio di forza superiore al paranco semplice: nel caso esaminato la forza necessaria per equilibrare il carico è pari ad un quarto del peso del carico stesso.

In generale, se le carrucole fisse e mobili sono n , si dà:

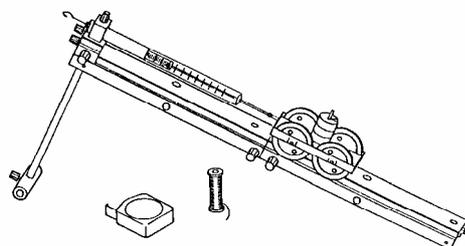
$$\text{Potenza} = \frac{\text{Resistenza}}{2n}$$

IL PIANO INCLINATO

M 3.6.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	2
4S	Elemento di congiunzione	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
10S	Morsetto cilindrico	1
11S	Supporto per dinamometro	1
14S	Cavaliere per basi con foro	1
8M1	Massa da g 50	2
23M1	Dinamometro 2 N	1
24M1	Carrello sperimentale	1
27M1	Metro a nastro	1
29M1	Asta cm 50	1



Il piano inclinato è una macchina semplice costituita da una superficie piana inclinata di un angolo qualsiasi rispetto al piano orizzontale.

In assenza di attrito o di altre forze esterne un corpo appoggiato su un piano inclinato è soggetto all'azione di una forza, che dipende dal peso del corpo e che tende a farlo scendere lungo il piano. Per ottenere l'equilibrio occorre applicare al corpo una forza (potenza) che contrasti l'azione della forza precedente (resistenza). L'esperienza comune fa osservare che, quanto più inclinato è il piano, tanto maggiore è la forza che occorre applicare al corpo per impedirgli di scendere.

Obiettivo di questo esperimento è stabilire il rapporto tra la pendenza del piano e la potenza applicata al corpo.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura come illustrato nella figura.

Collegare le due basi con l'apposito elemento di giunzione onde ottenere una guida lunga cm 60; infilare l'asta da cm 50 in un foro estremo della guida e munire del morsetto cilindrico l'estremità inferiore dell'asta in modo da rendere stabile il montaggio.

Montare il supporto con il dinamometro in un cavaliere e fissare quest'ultimo al piano inclinato a circa cm 20 dal dinamometro, precedentemente azzerato con il piano inclinato di cm 12 rispetto al tavolo.

Esperimento 1: si vuole esaminare il rapporto tra il peso del carrello e la forza, indicata dal dinamometro, necessaria per mantenere il carrello sul piano inclinato. Iniziare con il carrello senza masse aggiuntive; la massa del carrello è di g 50. Successivamente caricarlo con una massa da g 50 e due masse da g 50; riportare in tabella i dati sperimentali:

Massa del carrello in g	Peso G del carrello in N	Potenza F in N
50	0,5	.....
100	1,0	.....
150	1,5	.....

Esperimento 2: si vuole trovare il rapporto tra la potenza e l'inclinazione del piano. Allo scopo procedere come nell'esperimento 1, facendo variare la massa del carrello (prima g 100 e poi g 150) e l'altezza **h** del piano inclinato (la cui lunghezza è **l** = cm 60) rispetto al piano del tavolo. Riportare i dati sperimentali in tabella:

Altezza h	Lunghezza l	Inclinazione $\frac{\mathbf{h}}{\mathbf{l}}$	Peso G	Potenza F	$\frac{\mathbf{F}}{\mathbf{G}}$
cm 12	cm 60	.....	1N	..... N	.....
cm 24	cm 60	.....	1N	..... N	.....
cm 36	cm 60	.....	1N	..... N	.....
cm 12	cm 60	.....	1,5 N	..... N	.....
cm 24	cm 60	.....	1,5 N	..... N	.....
cm 36	cm 60	.....	1,5 N	..... N	.....

Conclusioni: la forza **F** (potenza), che mantiene il carrello in equilibrio sul piano inclinato dipende dal peso **G** del carrello e dall'inclinazione del piano. Il rapporto tra potenza **F** ed il peso **G** ha lo stesso valore del rapporto tra l'altezza **h** e la lunghezza **l** del piano inclinato;

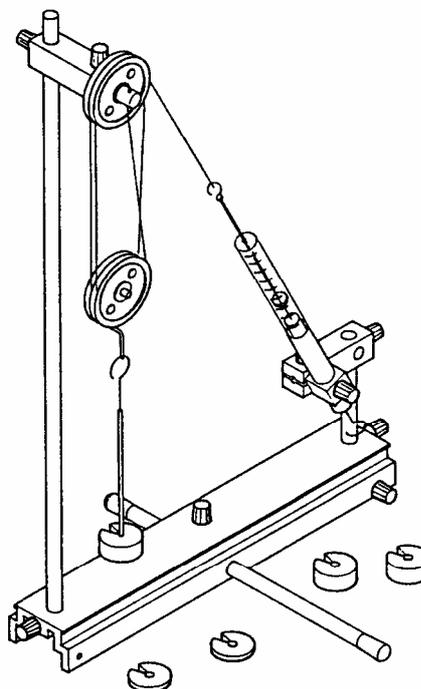
$$\frac{\mathbf{F}}{\mathbf{G}} = \frac{\mathbf{h}}{\mathbf{l}}$$

SCOMPOSIZIONE DI UNA FORZA CON IL PIANO INCLINATO

M 3.7.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	2
4S	Elemento di congiunzione	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
10S	Morsetto cilindrico	1
11S	Supporto per dinamometro	1
14S	Cavaliere per basi con foro	1
8M1	Massa da g 50	2
23M1	Dinamometro 2 N	2
24M1	Carrello sperimentale	1
27M1	Metro a nastro	1
29M1	Asta cm 50	1



Nell'esperimento precedente si è visto che un corpo di peso G , appoggiato su un piano inclinato, viene mantenuto in equilibrio da una forza F (potenza) di intensità inferiore a G . Scopo del presente esperimento è cercare la spiegazione di quanto osservato.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Usando l'apposita piastrina congiungere le due basi di alluminio in modo da ottenere una guida lunga cm 60. Infilare l'asta da cm 50 in un foro passante della guida e fissare l'estremità dell'asta, rivolta al tavolo, nel morsetto cilindrico: il piano inclinato che ne deriva è notevolmente stabile.

Montare il supporto con il dinamometro in un cavaliere e fissare quest'ultimo sulla guida a circa cm 20 dalla sommità; infilare la parte non trasparente del dinamometro nel supporto, fissarlo e, in questa posizione azzerarlo, dopo aver stabilito che l'altezza del piano sia $h = \text{cm } 24$.

Con un pezzo di funicella legare il carrello senza masse supplementari al dinamometro, poi con un altro pezzo di funicella legare l'astina del carrello al secondo dinamometro, che deve essere azzerato, mantenendolo perpendicolare alla guida.

Esperimento: alzare leggermente il secondo dinamometro fino a che il carrello tende a staccarsi dalla guida. In questa posizione leggere il valore delle forze indicati dai due strumenti ed annotarli in tabella.

Ripetere le misurazioni dopo aver aggiunti 1 massa da g 50 e successivamente una seconda (la massa complessiva del carrello sarà così di g 100 nel primo caso e di g 150 nel successivo); tabulare ogni volta le letture.

Infine ripetere le tre prove con $h = \text{cm } 12$.

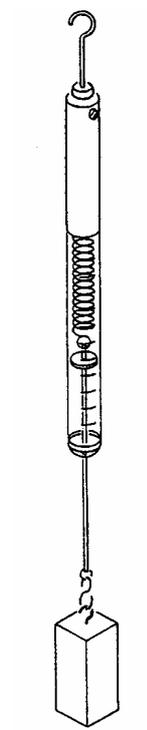
Altezza h	Inclinazione $\frac{h}{l}$	Massa	Peso	Forza F_e	Forza F_n
cm 12	0,2	g 50	0,5 N	.....	.....
cm 12	0,2	g 100	1,0 N	.....	.....
cm 12	0,2	g 150	1,5 N	.....	.....
cm 24	0,4	g 50	0,5 N	.....	.....
cm 24	0,4	g 100	1,0 N	.....	.....
cm 24	0,4	g 150	1,5 N	.....	.....

Con i valori della forza F_e parallela al piano e della forza F_n perpendicolare al piano costruire il parallelogramma delle forze ed osservare che il peso del carrello rappresenta la diagonale.

Conclusioni: il piano inclinato è una macchina, mediante la quale il peso appoggiato viene scomposto in due componenti ortogonali fra loro: la forza parallela al piano è equilibrata dalla potenza, quella perpendicolare al piano è equilibrata dalla reazione vincolare.

Elementi occorrenti:

21M1	Parallelepipedo in ferro	1
23M1	Dinamometro 2 N	1
27M1	Metro a nastro	1



Il concetto fisico di lavoro è molto semplice: si dice che una forza compie lavoro, quando sposta il proprio punto di applicazione. In meccanica il lavoro è compiuto, di solito, contro la forza di gravità per sollevare un corpo da una certa posizione ad una quota più elevata, oppure dalla forza di gravità che agisce su un corpo in grado di scendere da una certa quota ad un'inferiore oppure, ancora, per vincere le forze di attrito.

Scopo dell'esperimento è esaminare due casi tipici di lavoro meccanico, di calcolarlo e di introdurne l'unità di misura.

Montaggio: secondo l'illustrazione.

Tarare il dinamometro in posizione verticale per il primo esperimento ed in posizione orizzontale per il secondo.

Esperimento 1: agganciare al dinamometri da 2 N il parallelepipedo grande di ferro e leggere sulla scala il peso dello stesso. Sollevare il parallelepipedo perpendicolarmente al piano del tavolo (cioè parallelamente alle linee di forza del piano di gravità terrestre) fino all'altezza di cm 60.

Osservare che per questa operazione viene utilizzata la forza muscolare il cui valore è indicato dal dinamometro.

Calcolare il lavoro eseguite, moltiplicando il valore della forza per lo spostamento effettuato:

$$\text{Lavoro} = \dots \text{ N} \times \dots \text{ m} = \dots \text{ J (Joule)}$$

Nel sistema SI l'unità di misura del lavoro è il **Joule** (simbolo **J**);

esso corrisponde al prodotto della forza di intensità 1 N per lo spostamento di 1 metro.

Esperimento 2: appoggiare lo stesso parallelepipedo sul piano del tavolo, agganciarlo al dinamometro da 2 N, quindi trascinarlo per cm 60 ad una velocità costante in modo da poter leggere sullo strumento il valore della forza applicata per vincere l'attrito del corpo sul piano. Calcolare il lavoro eseguito da tale forza:

$$\text{Lavoro} = \dots \text{ N x } \dots \text{ m} = \dots \text{ J}$$

Conclusioni: il lavoro **L** è una grandezza scalare dato dal prodotto dell'intensità della forza **F** per lo spostamento **s** del suo punto di applicazione.

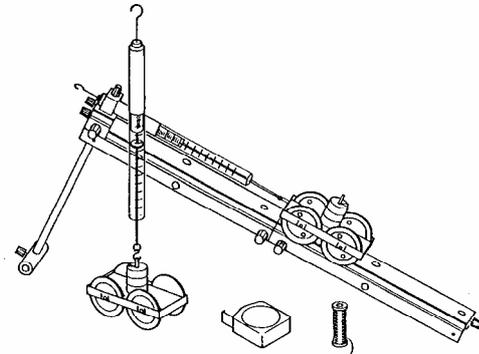
Osservare che nel primo esperimento, se si abbandona il parallelepipedo, la forza-peso di questo esegue lo stesso lavoro per portare il corpo dall'altezza **h = cm 60** al piano del tavolo. Nel secondo caso il lavoro svolto dalla forza di trazione, parallela al piano del tavolo ed allo spostamento **s**, è servito per vincere gli attriti (infatti il valore della forza è notevolmente inferiore al peso del parallelepipedo); poiché in questa operazione la quota del parallelepipedo rispetto al piano non è variata, la forza di gravità non può riportare il corpo alla posizione di partenza in quanto la direzione della forza-peso e lo spostamento sono ortogonali fra loro.

IL LAVORO CON IL PIANO INCLINATO

M 3.9.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	2
4S	Elemento di congiunzione	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
10S	Morsetto cilindrico	1
8M1	Massa da g 50	3
23M1	Dinamometro 2 N	2
24M1	Carrello sperimentale	1
27M1	Metro a nastro	1
29M1	Asta cm 50	1



Nell'esperimento M 3.7. si è visto che un corpo di peso P , appoggiato su un piano inclinato, può essere mantenuto in posizione di equilibrio mediante una forza (potenza) di intensità minore di P . Si vuole ora vedere se, per sollevare il corpo lungo il piano dalla posizione di equilibrio ad un'altezza maggiore, al risparmio in forza corrisponde anche un risparmio nel lavoro.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura come nell'illustrazione.

Collegare le due basi di alluminio con l'apposita piastrina di giunzione onde ottenere una guida lunga cm 60; infilare l'asta da cm 50 in un foro estremo della guida e montare all'estremità inferiore dell'asta il morsetto cilindrico in modo da conferire stabilità all'apparecchio.

Legare un pezzetto di filo all'astina del carrello ed agganciarlo al dinamometro, azzerato in posizione verticale.

Esperimento 1: caricare il carrello con tre masse da g 50 così da avere una massa complessiva di g 200. Sollevare il dinamometro verticalmente e far percorrere al carrello uno spazio $s = 36$ cm. Leggere sulla scala dello strumento il valore della forza F di trazione, quindi calcolare il lavoro che questa ha eseguito:

Forza $F = \dots$ N

Spostamento $s = 36$ cm

Lavoro $L = F \times s = \dots$ J

Esperimento 2: disporre il dinamometro parallelo alla guida e, in questa posizione, azzerarlo. Agganciare il dinamometro al carrello carico poi, partendo dal punto di appoggio della guida sul piano del tavolo, far percorrere al carrello l'intera lunghezza della guida a velocità costante in modo da poter leggere sulla scala dello strumento il valore della forza F_1 di trazione, che ha eseguito il lavoro.

Forza $F_1 = \dots$ N

Spostamento $s_1 = 60$ cm

Lavoro $L_1 = F_1 \times s_1 = \dots$ J

Conclusioni: in entrambi i casi il carrello è stato sollevato di cm 36 dal piano del tavolo, seguendo tuttavia percorsi diversi.

Il lavoro L effettuato nel primo esperimento è uguale al lavoro L_1 eseguito nel secondo.

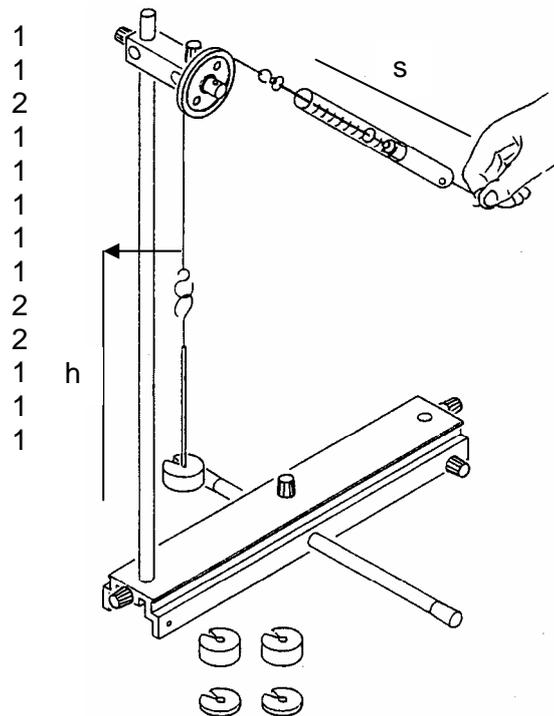
Il piano inclinato non fa risparmiare lavoro, in quanto l'intensità della forza di trazione è minore, ma lo spostamento è maggiore.

IL RENDIMENTO DELLE MACCHINE

M 3.10.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30
2S	Asta cm 25
3S	Terminali di gomma
6S	Perno con astina
8S	Rocchetto di filo
9S	Forbici
12S	Morsetto doppio
7M1	Piattello portapesi
8M1	Massa g 50
9M1	Massa g 10
23M1	Dinamometro 2 N
25M1	Carrucole
29M1	Asta cm 50



Le macchine, come è noto, sono state progettate dall'uomo per sua comodità non tanto per mantenere dei corpi in equilibrio quanto perché esse eseguano un lavoro, cioè facciano eseguire degli spostamenti ai corpi.

Una macchina risulta in funzione, quando sono in movimento i punti di applicazione della forza motrice (che compie il lavoro motore L_p) e della resistenza (che compie un lavoro resistente L_r). In assenza di attriti (la macchina ideale) il lavoro motore è sempre uguale al lavoro resistente : $L_p = L_r$.

Nella realtà, tuttavia, la presenza di attriti più o meno grandi fa sì che il lavoro motore fornito ad una macchina sia in parte restituito come lavoro utile L_u ed una parte dissipata come lavoro passivo L_a (calore).

Il rendimento di una macchina è il rapporto fra il lavoro utile restituito ed il lavoro motore assorbito.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura come nella figura.

Montare uno stativo verticale mediante la base di alluminio, resa stabile dall'asta trasversale da cm 25 con i terminali di gomma, e dall'asta da cm 50 infilata e bloccata in un foro esterno della base.

All'estremità superiore dell'asta va montato un morsetto doppio, con il quale, tramite un perno con astina, viene sorretta una carrucola fissa.

Tagliare un pezzo di funicella lungo circa cm 50 e legare ad occhiello ciascuna estremità. Far passare la funicella nella gola della carrucola, poi agganciare ad un'estremità il piattello portapesi con due masse ad intaglio da g 50 ed all'altra estremità il dinamometro da 2 N, precedentemente azzerato in posizione capovolta.

Esperimento: considerando come lavoro utile il prodotto del peso P del carico per l'altezza h di sollevamento e come lavoro motore il prodotto della forza motrice F per lo spostamento s del suo punto di applicazione, preparare una tabella, nella quale riportare i dati delle prove effettuate:

Carico P in N	Altezza h in cm	Lavoro P x h in J	Forza F in N	Spostamento s in cm	Lavoro F x s in J	$n = \frac{P \times h}{F \times s}$
1,1 N	10	.....	.....	.....	.....	.....
1,6 N	10	.....	.....	.....	.....	.....
2,1 N	10	.....	.....	.....	.....	.....
1,1 N	20	.....	.....	.....	.....	.....
1,6 N	20	.....	.....	.....	.....	.....
2,1 N	20	.....	.....	.....	.....	.....

Lo spostamento **s** del punto di applicazione della forza motrice rappresenta il percorso effettuato dal gancio del cursore del dinamometro.

Calcolare il lavoro utile $L_u = P \times h$ ed il lavoro motore $L_p = F \times s$ ed infine calcolare il rapporto $P \times h : F \times s$ per ciascuna prova e riportare i risultati in tabella.

Conclusioni: il lavoro utile ottenuto da una macchina è sempre inferiore al lavoro motore fornito; la differenza fra i due dipende dall'entità dell'attrito.

Il rendimento meccanico **n** di una macchina è sempre minore di 1.

IL PRINCIPIO DEI LAVORI VIRTUALI

M 3.11.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali di gomma	2
6S	Perno con astina	2
7S	Asta cm 10	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
12S	Morsetto doppio	3
7M1	Piattello portapesi	2
8M1	Massa g 50	3
9M1	Massa g 10	2
25M1	Carrucole	1
29M1	Asta cm 50	1

Fermagli per lettera

Se più forze si fanno equilibrio attorno ad un punto e si suppone di imprimere a questo uno spostamento in una direzione qualsiasi senza che venga turbato l'equilibrio del sistema, la somma algebrica dei prodotti di ciascuna forza per le proiezioni dello spostamento nelle rispettive condizioni è uguale a zero.

I prodotti di ciascuna forza per lo spostamento nelle rispettive direzioni rappresentano il lavoro delle singole forze del sistema. Questo principio, detto dei lavori virtuali, è applicabile ad ogni macchina semplice; scopo dell'esperimento è esaminare il caso della carrucola mobile.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Realizzato lo stativo verticale mediante la base di alluminio (resa stabile dall'asta da cm 25 con i terminali di gomma) e l'asta da cm 50, montare all'estremità di quest'ultima due morsetti doppi. Con il primo sorreggere, tramite un perno con astina, una carrucola fissa; con il secondo fissare allo stativo un'asta orizzontale da cm 10 ed a questa un altro morsetto doppio munito di perno con astina.

Tagliare un pezzo di filo lungo circa 1 metro e legare ad occhiello ciascuna estremità. Agganciare un'estremità della funicella al perno con astina libero, sospendere la carrucola mobile con il carico di un piattello portapesi con due masse da g 50 ed 1 da g 10 (massa complessiva g 120), far passare la funicella nella gola della carrucola fissa ed infine agganciare all'estremità libera il secondo piattello con 1 massa da g 50; per equilibrare il peso della carrucola mobile, aggiungere 1 massa da g 10 ed alcuni fermagli da carta su quest'ultimo piattello.

Esperimento: misurare ad annotare l'altezza di ciascun piattello dal piano del tavolo, poi imprimere al piattello **P** (potenza) uno spostamento $s_1 = 12$ cm verso il basso. Misurare il corrispondente spostamento s_2 del piattello **R** (resistenza) ad annotare i dati sperimentali per i successivi calcoli:

Forza P in N	Spostamento s₁ in cm	Lavoro L_p in J	Forza R in N	Spostamento s₂ in cm	Lavoro L_r in J
0,6	12	.....	1,2	.....	.....

Notare che il sistema non ha subito variazioni (infatti il centro della carrucola mobile è sempre allineato a **R** sulla stessa verticale) e che lo spostamento **s₂** di **R** è metà dello spostamento **s₁** di **P**.

Conclusioni: i lavori **L_p** e **L_r** sono virtuali e, poiché gli spostamenti si sono verificati in senso opposto, la loro somma algebrica è uguale a zero.

Inoltre, poiché gli spostamenti **s₁** e **s₂** sono avvenuti nello stesso intervallo di tempo, la velocità **P** è stata doppia di quella di **R**, giacché **s₁ = 2 s₂**.

Con la carrucola mobile si guadagna in forza, ma si perde in spazio ed in velocità; pertanto essa è vantaggiosa circa la forza, mentre, per quanto riguarda il lavoro non presenta vantaggio alcuno.

LA PRESSIONE IDROSTATICA

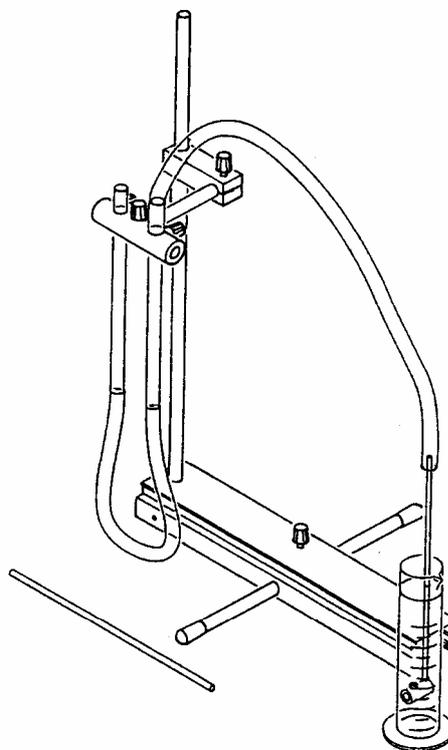
M 4.1.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	1
3S	Terminali di gomma	2
7S	Asta cm 10	1
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	3
12M1	Tubo in plastica mm 200 x 8	2
15M1	Cilindro in plastica ml 100	1
27M1	Metro a nastro	1
28M1	Sonde per immersione	1
29M1	Asta cm 50	1
31M1	Tubo in plastica PVC	
32M1	Tappo di gomma piccolo	1

Acqua

Polvere colorante



Quando si esaminano le condizioni di equilibrio di un liquido, so incontrano due diversi tipi di forza: le forze di superficie, che agiscono dall'esterno, e le forze di volume, che agiscono su ciascuna particella del liquido.

Scopo dell'esperimento è studiare quali forze agiscono in un punto qualsiasi della massa liquida e ricavare le leggi di Stevin.

Ricordare che l'azione di una forza su una superficie è detta pressione $P = F/S$.

Nel sistema SI la pressione viene misurata in Newton su metroquadrato, l'unità di misura è il **Pascal (Pa)**.

Montaggio: preparare l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Lo stativo verticale è realizzato, come nei precedenti esperimenti, mediante la base di alluminio, l'asta da cm 25 con i terminali di gomma e l'asta da cm 50. A circa cm 30 dal piano di lavoro fissare all'asta verticale un morsetto doppio e con questo, tramite l'astina da cm 10 ed il morsetto cilindrico, sorreggere il manometro ad U realizzato con i due tubi di plexiglass e con un pezzo di tubo di plastica trasparente.

Preparare un po' di acqua colorata (circa ml 30) e con essa riempire il manometro fino a circa cm 15 dalla sommità dei tubi; collegare ad un ramo del manometro il tubo di plastica lungo cm 45. Infine versare acqua nel cilindro graduato fino a corca cm 1 dal bordo e segnare con una matita vetrografica il livello del liquido ed altre due tacche rispettivamente a cm 5 e cm 10 di profondità.

Esperimento 1: collegare la sonda diritta, attraverso la cui apertura inferiore viene misurata la pressione dal basso, al tubo di plastica e, dopo aver controllato che il manometro sia completamente verticale e che il liquido colorato raggiunga la stessa altezza nei due rami,

immergere la sonda verticalmente nell'acqua del cilindro fino a che il livello del liquido nel tubetto sia in corrispondenza dei cm 5 di immersione.

Segnare con la matita il livello raggiunto dal liquido manometrico nei due rami misurare la differenza fra le due altezze e prendere nota.

Aumentare la profondità di immersione a cm 10 e ripetere le misurazioni.

Profondità di immersione	Dislivello nel manometro	Pressione
cm 5	mm d'acqua	.... Pa
cm 10	mm d'acqua	.... Pa

Esperimento 2: sostituire la sonda diritta con quella a L. Chiudere con il piccolo tappo il foro laterale, in modo da rilevare la pressione agente dall'alto. Ripetere, con lo stesso procedimento sopra indicato, le misurazioni a cm 5 ed a cm 10 di profondità e riportare i dati in tabella.

Profondità di immersione	Dislivello nel manometro	Pressione
cm 5	mm d'acqua	.... Pa
cm 10	mm d'acqua	.... Pa

Esperimento 3: usando la sonda ad L, chiudere con il piccolo tappo il foro superiore in modo da rilevare la pressione, che agisce lateralmente. Ripetere, sempre con il procedimento indicato nell'esperimento 1, le misurazioni e riportare i valori sperimentali in tabella:

Profondità di immersione	Dislivello nel manometro	Pressione
cm 5	mm d'acqua	.... Pa
cm 10	mm d'acqua	.... Pa

Conclusioni: in un punto qualsiasi di una massa liquida, la pressione, detta **pressione idrostatica**, è direttamente proporzionale alla profondità alla quale è situato il punto.

In accordo con il principio di Pascal la pressione in un punto qualsiasi del liquido è uguale in ogni direzione.

Quanto al valore della pressione **P** in un punto situato alla profondità **h** dalla superficie libera del liquido, esso può essere facilmente calcolato osservando che corrisponde al peso della colonna liquida che sovrasta il punto considerato:

$$P = dg \times h \text{ (Legge di Stevin)}$$

ove **dg** – prodotto della massa volumica per accelerazione di gravità – è il peso specifico del liquido.

L'osservazione fatta in precedenza che il dislivello del liquido nei rami del manometro è, entro i limiti degli errori sperimentali, uguale alla profondità **h** del punto nel quale viene misurata la pressione idrostatica, è giustificata dal fatto che il liquido manometrico è identico a quello contenuto nel cilindro.

Quale indicazione avrebbe dato il manometro, se si fosse usato alcool nel tubo ad U ?

IL PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

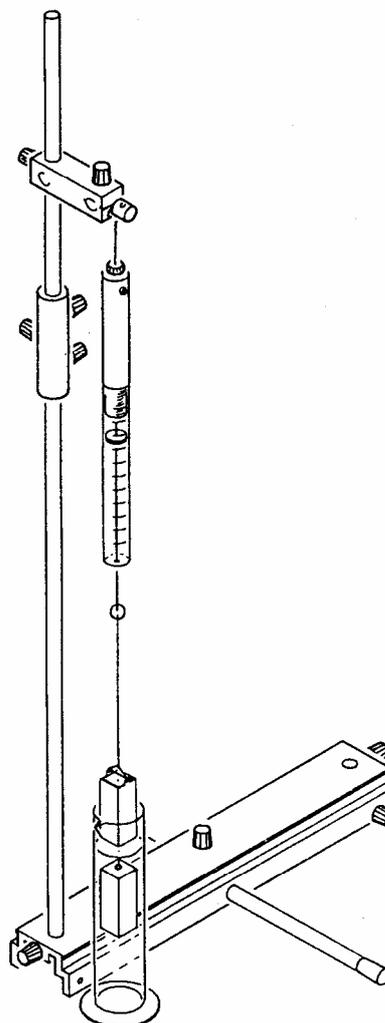
M 4.2.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	2
3S	Terminali di gomma	2
6S	Perno con astina	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	1
15M1	Cilindro in plastica ml 100	1
19M1	Parallelepipedo cavo	1
20M1	Parallelepipedo in alluminio	1
21M1	Parallelepipedo in ferro	1
23M1	Dinamometro 2 N	1
29M1	Asta cm 50	1

Acqua

Alcool denaturato



Ogni corpo immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l'alto pari al peso del volume di fluido spostato. Questa legge, scoperta da Archimede per i liquidi, è valida anche per gli aeriformi ed è una conseguenza della legge di Stevin.

Scopo dell'esperimento, nel riscoprire il principio di Archimede, è di far comprendere che il valore della spinta che ogni liquido esercita sui corpi immersi dipende unicamente dal peso del volume di liquido spostato e non già dal peso dei corpi.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura secondo l'illustrazione.

Lo stativo verticale, alto cm 75, è realizzato nel modo consueto con la base di alluminio e reso stabile dall'asta da cm 25 munita dei terminali di gomma.

Fissare all'estremità superiore dell'asta un morsetto doppio in modo da sorreggere, tramite un perno con astina, un dinamometro da 2 N, azzerato in quella posizione.

Osservare che i parallelepipedi pieni di alluminio e di ferro hanno lo stesso volume, ma diverso peso, e che il loro volume è uguale al volume interno del parallelepipedo cavo di plastica.

Sospendere quest'ultimo al dinamometro e sotto di esso, tramite un pezzo di filo lungo circa cm 10 con occhielli alle estremità, agganciare il parallelepipedo di alluminio.

Infine versare acqua nel cilindro graduato fino a raggiungere 80 ml.

Esperimento 1: leggere ed annotare il peso del parallelepipedo cavo poi agganciare il parallelepipedo di alluminio e misurare il peso **G**.

Abbassare il morsetto in modo che il parallelepipedo pieno sia completamente immerso nell'acqua, senza toccare le pareti del cilindro, mentre il parallelepipedo cavo, grazie al filo di sospensione, risulta fuori dal liquido.

Leggere nuovamente l'indicazione del dinamometro e calcolare la diminuzione di peso accusata dal parallelepipedo di alluminio e dovuta alla spinta verso l'alto che il corpo immerso riceve.

Riempire con acqua il parallelepipedo cavo e, quando esso è pieno, rilevare l'indicazione del dinamometro.

Esperimento 2: ripetere il procedimento sopra descritto, usando il parallelepipedo di ferro al posto di quello di alluminio.

Esperimento 3: ripetere l'esperimento con uno dei due parallelepipedi, usando alcool denaturato al posto dell'acqua.

Conclusioni: la spinta dal basso verso l'alto, che un corpo immerso in un liquido riceve ad opera del liquido stesso, è sempre uguale al peso del volume di liquido spostato dal corpo.

Tale spinta, riscontrabile come diminuzione del peso del corpo, dipende unicamente dal volume del corpo immerso e dalla natura del liquido, non dal peso del corpo stesso.

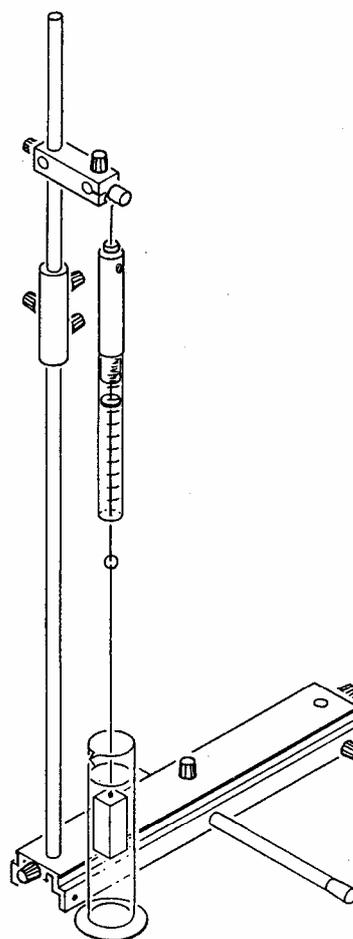
SPINTA NEI LIQUIDI E GALLEGGIAMENTO

M 4.3.

Elementi occorrenti:

1S	Base cm 30	1
2S	Asta cm 25	2
3S	Terminali di gomma	2
6S	Perno con astina	1
8S	Rocchetto di filo	1
9S	Forbici	1
10S	Morsetto cilindrico	1
12S	Morsetto doppio	1
15M1	Cilindro in plastica ml 100	1
20M1	Parallelepipedo in alluminio	1
21M1	Parallelepipedo in ferro	1
22M1	Parallelepipedo in ferro piccolo	1
23M1	Dinamometro 2 N	1
29M1	Asta cm 50	1
30M1	Provetta mm 160 x 16	1

Acqua



Nell'esperimento M 4.2. sul principio di Archimede si è visto che la spinta verso l'alto, che un corpo immerso in un liquido riceve, è uguale al peso del volume di liquido spostato; si è visto, altresì, che il valore di tale spinta, a parità di volume del corpo, è sempre lo stesso, qualunque sia il peso del corpo. Vi è tuttavia una particolarità, che sicuramente non è sfuggita all'osservatore attento che è una conseguenza del già citato principio: quando il peso del corpo, a parità di volume, diminuisce come nel passaggio dal ferro all'alluminio, la differenza tra il peso del corpo meno il valore della spinta di Archimede, aumenta.

Si possono così ipotizzare tre casi: se il peso del corpo è maggiore del peso del liquido spostato, il corpo affonda in quanto la risultante delle forze applicate nel baricentro del corpo stesso è rivolta verso il basso; se il peso del corpo è uguale al peso del liquido spostato, il corpo resta in equilibrio indifferente nella massa liquida; se il peso del corpo è minore del peso del liquido spostato, il corpo galleggia, grazie al fatto che la risultante delle forze applicate è rivolta verso l'alto.

Montaggio: predisporre l'apparecchiatura come è mostrato nell'illustrazione.

Preparare lo stativo verticale secondo le indicazioni già fornite nei precedenti esperimenti; poi prolungare l'asta da cm 50 con una da cm 25, usando come elemento di giunzione il morsetto cilindrico; fissare all'estremità superiore dello stativo un morsetto doppio, avendolo munito in precedenza di un perno con astina per sorreggere il dinamometro.

Versare acqua nel cilindro graduato fino alla tacca che indica ml 80.

Esperimento 1: si hanno a disposizione tre parallelepipedi da agganciare in successione al dinamometro: quello di ferro e quello di alluminio aventi uguale volume e peso diverso, lo stesso di alluminio e quello piccolo di ferro, i quali hanno uguale peso, ma diverso volume.

Determinare per ciascuno di essi il peso (mediante il dinamometro), il volume (geometricamente o per spostamento d'acqua nel cilindro graduato), la forza-peso, quando sono immersi nell'acqua ed infine calcolare la spinta.

Riportare i valori riscontrati in una tabella:

Parallelepipedo	Alluminio	Ferro grande	Ferro piccolo
Peso in N			
Volume in cm ³			
Peso in immersione in N			
Spinta in N			

Esperimento 2: immergere negli 80 ml di acqua contenuti nel cilindro la provetta e spingerla fino a toccare il fondo del recipiente. Il livello raggiunto dall'acqua indica quanti ml di liquido sono stati spostati dalla provetta. Calcolare il valore della spinta ricevuta dalla provetta, sapendo che 1 ml di acqua pesa circa 0,01 N. Pesare la provetta, sospendendola, mediante un filo, al dinamometro. Versare, quindi, nella stessa (sempre sospesa al dinamometro) tanta acqua da raggiungere un peso complessivo di poco inferiore a quello calcolato per la spinta.

Immergere la provetta nell'acqua del cilindro: essa non toccherà il fondo.

Sollevarla ed aggiungere altra acqua fino ad eguagliare il valore della spinta precedentemente calcolato. Immergere la provetta ed osservare che essa arriva a toccare il fondo del cilindro.

Conclusioni: la spinta che un corpo immerso in un liquido riceve ad opera del liquido stesso non dipende dal peso o dal materiale, di cui il corpo stesso è costituito, ma esclusivamente dal proprio volume.

Se un corpo ha peso minore del peso del liquido spostato, esso galleggia.

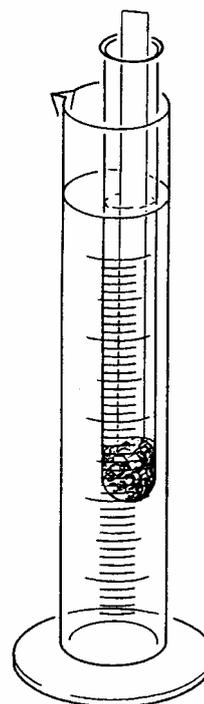
È possibile definire la portata di un corpo galleggiante come la differenza tra la spinta massima (determinabile con l'immersione completa del corpo nel liquido) ed il peso proprio del corpo.

L'AREOMETRO

M 4.4.

Elementi occorrenti:

15M1	Cilindro in plastica ml 100	1
30M1	Provetta in vetro mm 160 x 16	1
33M1	Pallini di taratura	
	Acqua	
	Carta da disegno	
	Alcool denaturato	
	Zucchero	



L'areometro è uno strumento che, basandosi sul principio di Archimede, consente di determinare la densità relativa di liquidi rispetto ad un liquido di riferimento (in generale, e per comodità, all'acqua).

Scopo dell'esperimento è verificare il principio di funzionamento dell'areometro e mostrare come esso sia facile da realizzare.

Montaggio: riempire d'acqua il cilindro graduato fino alla tacca ml 100.

Immettere nella provetta un quantitativo di pallini di taratura tale che la provetta resti immersa per $\frac{3}{4}$ nell'acqua.

Costruire una scala millimetrata in una striscia di carta alta esattamente quanto la provetta.

Esperimento: immergere la provetta nell'acqua del cilindro graduato e segnare con la matita sulla provetta il livello raggiunto dal liquido.

Leggere sulla scala la posizione della tacca, poi estrarre la striscia di carta e segnare in quella posizione il valore 1 (densità dell'acqua).

Sostituire l'acqua del cilindro con alcool denaturato, ripetere il procedimento onde ottenere la tacca 0,8 relativa alla densità dell'alcool.

Preparare una soluzione di 97 grammi di zucchero in 100 grammi di acqua e, ripetendo la prova con essa, segnare sulla scala il valore 1,20.

Infine il tratto di scala compreso tra 0,8 e 1,20 va suddiviso in parti uguali in modo da avere tanti altri punti sulla scala rispetto ai quali misurare la densità sconosciuta di liquidi con densità relativa compresa tra i suddetti lavori.

Conclusioni: il principio di Archimede consente di mettere a punto uno strumento non molto preciso, ma tale da fornire misure dirette della densità relativa di liquidi attraverso la misura della profondità di immersione dello stesso nella massa liquida.

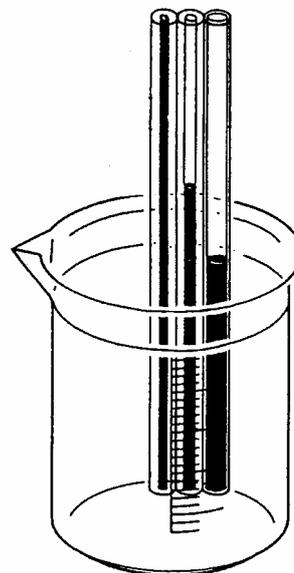
LA CAPILLARITA'

M 4.5.

Elementi occorrenti:

11M1	Bicchieri in plastica ml 100	1
14M1	Serie di tubicini capillari di diverso diametro	1
26M1	Calibro	1

Acqua
Colorante
Alcool denaturato



E' noto che un liquido è in equilibrio quando la sua superficie libera è orizzontale e che, se i recipienti contenenti uno stesso liquido sono in comunicazione fra loro, il liquido si dispone in tutti alla stessa altezza.

Quest'ultimo fenomeno si verifica tuttavia, soltanto se i recipienti hanno diametro superiore a mm 2; se la sezione di questi è più piccola, si riscontrano notevoli differenze di livello.

Scopo dell'esperimento è studiare quest'ultimo fenomeno, definito capillarità, il quale riveste grande importanza in natura e nella pratica.

Montaggio: predisporre l'apparechiatura come appare nell'illustrazione.

Versare nel bicchiere cilindrico, fino a circa cm 4 dal fondo, dell'acqua precedentemente addizionata con qualche goccia di colorante.

Esperimento: disporre verticalmente, l'uno vicino all'altro, i tubicini capillari, ordinandoli secondo il loro diametro interno, misurato con precisione.

Osservare l'altezza raggiunta dal liquido colorato nei singoli tubi e misurarla a partire dalla superficie libera del liquido stesso.

Esiste un rapporto fra l'altezza del liquido nei vari tubi ed il diametro interno dei medesimi?

Formulare delle ipotesi.

Ripetere l'esperimento con alcool denaturato.

Conclusioni: tanto più piccolo è il diametro interno del tubo capillare tanto più alto è il livello che il liquido raggiunge in esso.

L'altezza della colonna liquida nei vari tubi capillari, misurata dalla superficie libera del liquido contenuto nel recipiente, in cui essi pescano, è inversamente proporzionale al diametro dei rispettivi capillari : (legge di Jurin).