

2016

# Olimpiadi di Fisica

30<sup>a</sup> Edizione

## Gara Nazionale Prova Sperimentale

Giovedì 14 Aprile 2016

Liceo Statale "Medi"  
Senigallia (AN)

Non sfogliare questo fascicolo  
finché l'insegnante non ti dica di farlo.  
Leggi **ATTENTAMENTE** le istruzioni!

## ISTRUZIONI:

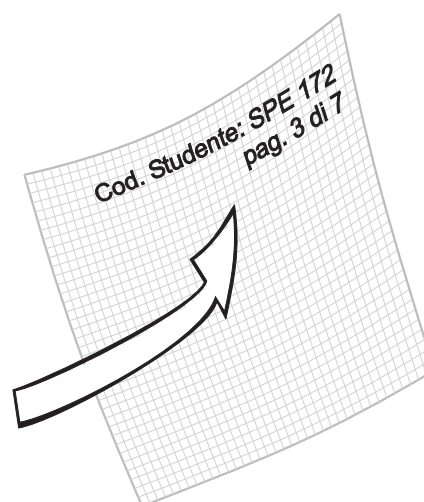
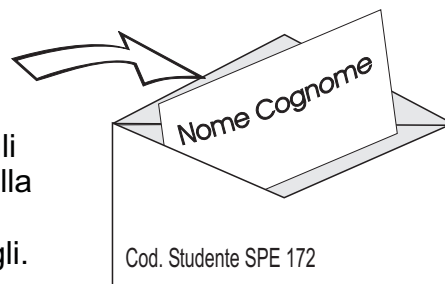
Tempo: 4 ore

1. Appena ti verrà dato il via, scrivi chiaro il tuo **NOME e COGNOME sul cartoncino** che hai ricevuto insieme ai fogli e alle buste, grande e piccola; poi inserisci il cartoncino nella busta piccola e chiudila. Metti subito la busta chiusa in quella grande, che userai alla fine per consegnare tutti i fogli.

**Successivamente, NON dovrai scrivere il tuo nome su nessun foglio né sulle buste, ma solo il tuo Codice Studente !**

2. Leggi con cura il testo della prova.
3. Su ogni facciata scrivi chiaramente in alto a destra:
  - il tuo Codice Studente
  - il numero di pagina
  - il numero totale di pagine usate.

Per esempio: *pag. 3 di 7*



La Gara Nazionale è realizzata con il sostegno di

**Istruzioni generali**

*Ti consigliamo di leggere attentamente tutto il testo seguente prima di iniziare a lavorare con i materiali.*

*Non ti si chiede una relazione di laboratorio, ma solamente una serie di risposte.*

*Ogni risposta deve avere una sua giustificazione sintetica e chiara, anche se non è chiesto esplicitamente nella domanda.*

*Se, per migliorare una misurazione, adotti accorgimenti significativi, registrati nel corrispondente foglio risposte.*

*Al termine della prova inserisci i fogli con le risposte e la minuta nell'apposita busta da consegnare.*

**Premessa**

In questa prova ti si chiede di studiare l'equilibrio di una lattina in diverse situazioni.

Scrivi nei fogli appositi le tue risposte, riportando le misure con le rispettive incertezze, a meno che nel testo non sia detto esplicitamente di non valutare queste ultime.

**Annota il numero segnato a pennarello sulla lattina.**

Avrai a che fare con recipienti contenenti acqua, da non rovesciare, ovviamente. Occupa un tavolo esclusivamente con i materiali *hardware* elencati qui di seguito. Sistema sull'altro tavolo i fogli di carta, la calcolatrice, e l'occorrente per scrivere. Lascia separati i due tavoli per evitare che acqua, inavvertitamente versata, passi da un tavolino all'altro.

**Materiali**

- Lattina di acciaio con pareti di spessore  $s = (0.20 \pm 0.05)$  mm
- Per la bilancia:
  - Listello di legno
  - Nastro millimetrato di carta
  - Lama per seghetto
  - 2 mollette da bucato
  - 4 dadi di acciaio con indicazione della rispettiva massa
  - Nastro adesivo trasparente
- Per il piano inclinato
  - Tavoletta di legno
  - 1 scatola di sale da 1 kg per sostenere la tavoletta
  - 1 angolare per bloccare la tavoletta
  - 1 morsetto per fissare l'angolare al tavolo
  - Carta vetrata. Attenzione a non bagnarla!
  - Nastro adesivo di carta
  - 5 elastici di para
- Siringa
- Squadra millimetrata
- Secchiello con acqua
- Carta assorbente
- Puntina da disegno
- 50 cm circa di filo per cucire
- Dadino metallico
- Calibro ventesimale. L'indice dello strumento è lo zero della scala incisa sul cursore
- Carta millimetrata
- Forbici

**1 – Massa e dimensioni della lattina**

(punti 40)

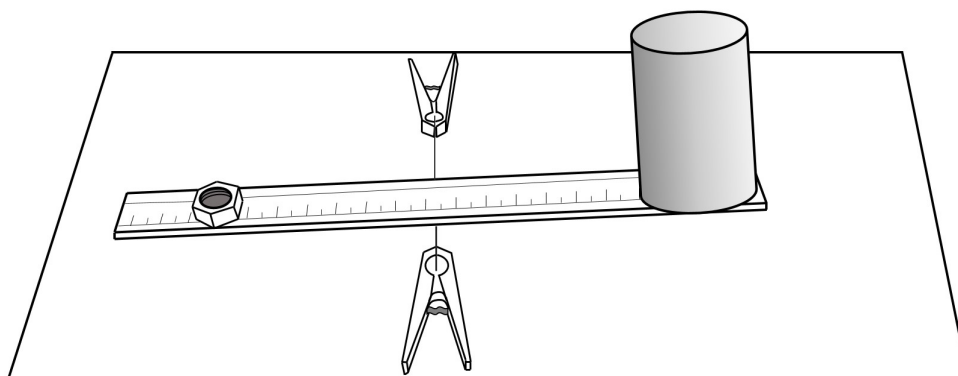


Figura 1 – Bilancia

Vedi la figura 1. Fissa al listello con nastro adesivo un tratto del nastro millimetrato di carta, in modo che lo zero coincida con una delle due estremità. Il nastro fornisce un sistema di ascisse lungo il listello, che costituirà il *giogo* della bilancia. Appoggia il listello sulla lama di seghetto mantenuta dritta con due mollette da bucato.

Per effettuare le misure di massa hai a disposizione dei dadi metallici.

Su ciascuno dei dadi è riportato il valore della rispettiva massa, con incertezza pari a  $\pm 0.1$  g.

- 1.a – L'equilibrio del listello appoggiato sulla sola lama è stabile, instabile, indifferente? Determina la massa della lattina. Illustra il procedimento seguito, indicando chiaramente la sequenza delle operazioni.
- 1.b – Misura con il calibro le dimensioni della lattina che di volta in volta riterrai necessario conoscere. Trascrivi le misure, anche se ottenute in seguito, nell'apposito spazio del foglio delle risposte. Indica chiaramente a quali grandezze si riferiscono.

## 2 – Centro di massa della lattina vuota

(punti 40)

Per localizzare il centro di massa (CM) della lattina si sceglie una terna di assi cartesiani ortogonali solidale con la lattina stessa. L'origine è al centro del cerchio di base della lattina, che si trova qualche millimetro sotto il suo fondo piatto. L'asse  $x$  e l'asse  $y$  appartengono al piano del cerchio di base, l'asse  $z$  coincide con l'asse longitudinale di simmetria della lattina (v. figura 2). Ritaglia un rettangolo di carta vetrata lungo una quindicina di centimetri e largo come la tavoletta di legno o poco meno; fissalo con nastro adesivo di carta e con elastici alla tavoletta che farà da piano inclinato, in modo che vi aderisca perfettamente.

Appoggia la tavoletta sulla scatola di sale, e spingi l'estremo inferiore contro l'angolare fissato al banco con il morsetto da tavolo (v. figura 3), così che non si sposti durante le misurazioni.

Realizza un filo a piombo annodando il filo da cucito al dadino d'acciaio, e fissalo alla tavoletta con una puntina da disegno.

Se, quando inclini la tavoletta, vedi che il fondo della lattina si solleva un po' rispetto alla carta vetrata nella parte a monte, devi stimare di quanto si solleva e tenerne conto quando determini l'effettiva inclinazione della lattina rispetto al piano orizzontale.

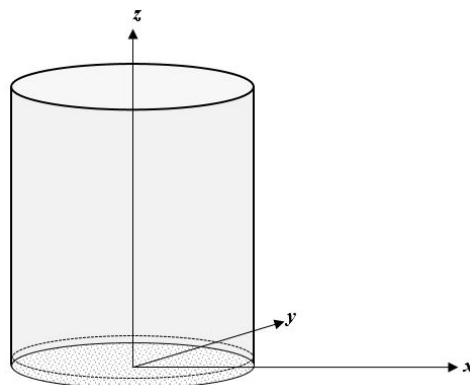


Figura 2 – Sistema di riferimento

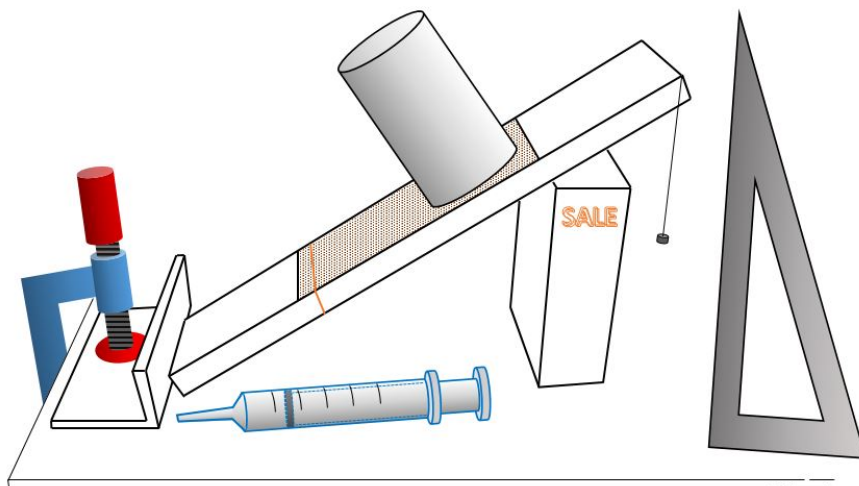


Figura 3 – Piano inclinato

- 2.a – Determina le coordinate  $x = X_0$  e  $z = Z_0$  del centro di massa della lattina vuota, studiandone l'equilibrio sul piano inclinato. Illustra il procedimento seguito, indicando chiaramente la sequenza delle operazioni. Le coordinate vanno riferite al sistema di assi definito in precedenza, con l'asse  $x$  orientato come in figura 4.
- 2.b – Considera la possibilità di inserire acqua nella lattina, mantenuta appoggiata su un piano orizzontale. Descrivi solo qualitativamente se, e come, ritieni che debbano cambiare le coordinate del centro di massa del sistema lattina+acqua, all'aumentare della quantità d'acqua nella lattina fino al suo completo riempimento.

**3 – Lattina con acqua in equilibrio su piano inclinato**

(punti 80)

Se la lattina con acqua viene appoggiata su un piano inclinato, la posizione del centro di massa del sistema lattina + acqua, e di conseguenza il suo equilibrio, dipenderà non solo dalla quantità d'acqua ma anche dall'inclinazione della lattina stessa.

Quando la base della lattina è inclinata di un angolo  $\theta$ , la forma geometrica assunta dalla massa d'acqua si discosta da quella di un cilindro retto.

La nuova forma, schematizzata in figura 4, può essere pensata come data dalla combinazione del cilindro retto (di altezza  $z_0$ ) con due solidi particolari denominati **unghie cilindriche**: una (A) aggiunta nella parte a valle e l'altra (M) mancante nella parte a monte, che in figura appaiono in sezione come triangoli opposti al vertice.

Le due unghie hanno lo stesso volume.

Affinché, per una data inclinazione del piano, l'acqua assuma la forma descritta, occorre versarne un quantitativo sufficiente a ricoprirne completamente il fondo.

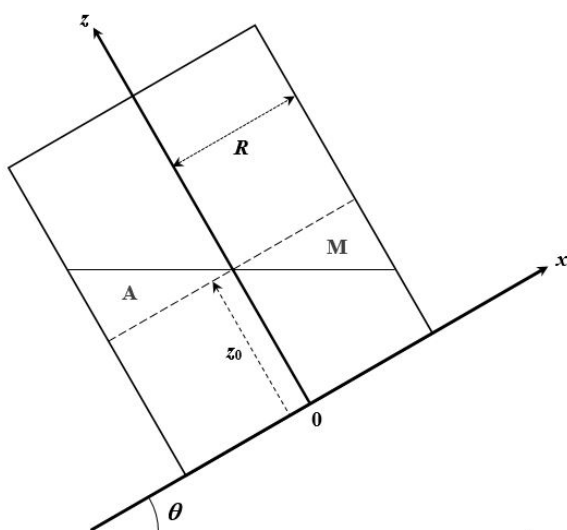


Figura 4

Formule utili:

Volume dell'unghia cilindrica

$$V_u = \frac{2}{3} R^3 \tan \theta.$$

Modulo della coordinata  $X_u$  del centro di massa dell'unghia cilindrica

$$|X_u| = \frac{3}{16} \pi R$$

Figura 4 —  $z_0$  è l'altezza del cilindro retto, che è la forma assunta dall'acqua per  $\theta = 0$ .  $R$  è il raggio della sezione circolare del cilindro.

Poni la lattina sul piano inclinato, varia la quantità d'acqua al suo interno dosandola con la siringa. Per ogni quantità di acqua aumenta con cautela l'inclinazione del piano di appoggio fino a che il sistema lattina+acqua è al limite tra equilibrio e ribaltamento.

Fai molta attenzione quando cerchi questa inclinazione critica. Usa una mano per spostare la scatola di sale e variare così l'inclinazione del piano d'appoggio, metti l'altra mano a pochi millimetri dalla lattina, pronta ad afferrarla quando questa inizia a capovolgersi.

Controlla se nella posizione critica di *quasi ribaltamento* il fondo della lattina risulta coperto di acqua.

Dopo aver sistemato la tavoletta alla giusta inclinazione, **togli la lattina dal piano inclinato e lasciala appoggiata sul tavolo** per evitare di rovesciare l'acqua inavvertitamente, mentre effettui le misurazioni.

**3.a – Per ogni massa  $m$  di acqua nella lattina, determina la corrispondente inclinazione critica  $\theta_{\max}$  al limite tra equilibrio e ribaltamento. Riporta le misure in una tabella.**

**3.b – Descrivi come varia  $\theta_{\max}$  al variare della massa  $m$  d'acqua nella lattina.**

**3.c – Dalle misure effettuate ricava le coordinate  $X$  e  $Z$  del centro di massa del sistema lattina + acqua in corrispondenza delle massime inclinazioni  $\theta_{\max}$  determinate al punto 3a. Spiega il ragionamento per ricavare i valori delle coordinate  $X$  e  $Z$ . Non sono richieste le loro incertezze.**

**3.d – Rappresenta graficamente nel piano  $XZ$  le posizioni del centro di massa, riportandone le coordinate in scala 10:1.**

**4 – Galleggiamento della lattina con acqua**

(punti 40)

Versa acqua nella lattina in quantità tale che questa galleggi nell'acqua del secchio con l'asse di simmetria verticale in equilibrio stabile. Usando la siringa toglì gradualmente acqua dalla lattina fino a raggiungere la condizione per cui il sistema assume un equilibrio che puoi giudicare "indifferente": la lattina può stare in equilibrio sia con l'asse verticale, sia con l'asse obliquo con un'inclinazione qualsiasi, naturalmente senza imbarcare acqua all'interno.

**4.a – Qual è la massa d'acqua per cui si verifica questa situazione di equilibrio "indifferente"?  
Come l'hai misurata?**

**4.b – Come spieghi il fatto che proprio con questa quantità d'acqua la lattina è in equilibrio,  
sia con l'asse verticale che inclinato?**

Per rispondere a questa domanda può essere di aiuto

- considerare che la lattina è immersa nello stesso liquido che ha al suo interno,
- trascurare lo spessore della parete e del fondo della lattina rispetto alle altre dimensioni.

————— ■ —————

*Materiale elaborato dal Gruppo*

**NOTA BENE**

È possibile utilizzare, riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico questo materiale alle due seguenti condizioni: citare la fonte; non usare il materiale, nemmeno parzialmente, per fini commerciali.