

Olimpiadi di Fisica 2018

Gara Nazionale Prova Sperimentale

Giovedì 12 Aprile 2018

Liceo Statale "Medi"
Senigallia (AN)

**Non sfogliare il fascicolo !
Aspetta che sia dato il via.**

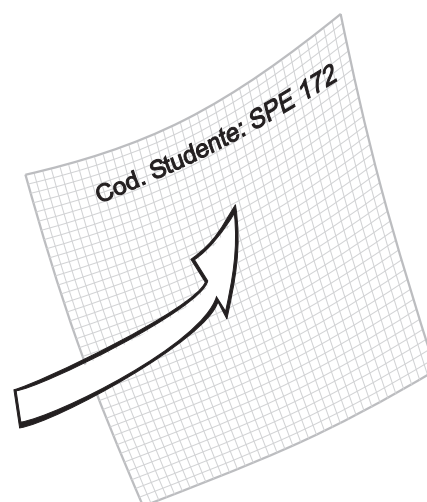
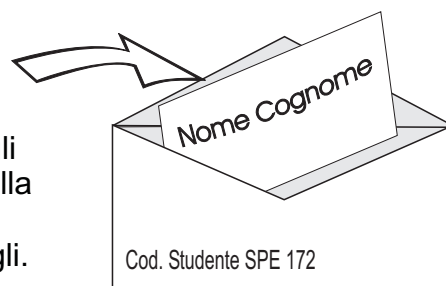
ISTRUZIONI:

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



La Gara Nazionale è realizzata con il sostegno di

Istruzioni generali

Leggi attentamente tutto il testo seguente prima di iniziare a lavorare con i materiali.

Dovrai usare solamente i materiali messi a disposizione.

Non ti si chiede una relazione di laboratorio, ma solamente una serie di risposte da scrivere nei fogli appositi.

Ogni risposta deve avere una sua giustificazione sintetica e chiara, anche se non è chiesto esplicitamente nella domanda. Se nella domanda sono richieste misure, queste devono essere espresse con la propria incertezza, a meno che non vi sia un'esplicita indicazione in contrario.

Se, per migliorare un procedimento, 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 studierai alcuni aspetti della fisica dell'urto di una pallina da ping-pong, che cade su una tavoletta orizzontale e rimbalza. La tavoletta è ferma ed ha massa molto maggiore di quella della pallina. Questo urto è molto più semplice da studiare di quello tra la pallina e la racchetta messa in moto da un giocatore di ping-pong. La prova, che richiede di effettuare misurazioni ripetute, si articola in tre parti: nella prima si chiede di esaminare la perdita di velocità che ha la pallina nel rimbalzo, nella seconda e nella terza si chiede di determinare la brevissima durata dell'urto con due diversi procedimenti. Alla fine dovrai illustrare le fonti di errori sistematici sui risultati ottenuti per la durata dell'urto con i due diversi metodi.

Per l'accelerazione di gravità usa il valore locale $g = 9.80402 \text{ m s}^{-2}$

1. Perdita di velocità nel rimbalzo.

(55 punti)

La pallina lasciata cadere liberamente sulla tavoletta, rimbalza ad un'altezza minore di quella di partenza. Con un'altezza di caduta che non supera il mezzo metro, si può ipotizzare che l'effetto della resistenza dell'aria sia trascurabile. Consideriamo trascurabile anche l'effetto dell'inevitabile piccola rotazione indotta con le dita sulla pallina mentre la si abbandona.

Chiameremo *coefficiente di restituzione* e_v il rapporto fra la velocità v' del centro di massa della pallina immediatamente dopo l'urto e la velocità v immediatamente prima dell'urto: $e_v = v'/v$.

Questo coefficiente è caratteristico della coppia pallina-tavoletta, a meno che non vi siano deformazioni permanenti sulla pallina.

Attacca sulla tavoletta una striscia di nastro adesivo di carta, in modo da ricoprirla per tutta la sua lunghezza. La zona di tavoletta coperta dal nastro, sarà la base per la caduta della pallina.

Con nastro adesivo trasparente, attacca su tutta la lunghezza del listello di legno un pezzo del metro di carta. Con lo stesso nastro adesivo fissa al listello la parte più corta dell'angolare metallico. La parte più lunga sarà la base di appoggio del listello. Per una maggiore stabilità, fissa questa base al piano del tavolo con il nastro adesivo di carta, come in figura 1, a sinistra.

Il listello fungerà da catetometro, cioè da misuratore di quote, e deve quindi essere verticale (figura 1, a destra). Una molletta da bucato e l'elastico saranno gli indici sul catetometro rispettivamente per la quota di partenza della pallina e quella (massima) del suo rimbalzo. Realizza il filo a piombo, attaccando i due fermagli alle due estremità del filo da cucito: uno fa da peso, l'altro va appoggiato o appeso alla molletta. Controlla con il filo a piombo che il listello sia verticale.

Per determinare il coefficiente di restituzione, misura l'altezza del rimbalzo facendo cadere la pallina da quote diverse. Non superare i 50 cm come quota di partenza. Devi cercare di afferrare la pallina dopo che è rimbalzata, evitando che cada sul tavolo e poi sul pavimento. A questo scopo disponi un po' di carta da cucina increspata attorno alla tavoletta.

Mentre è semplice misurare la quota di partenza, è estremamente difficile leggere "al volo" sul catetometro la quota massima nel rimbalzo. È più facile invece confrontare la posizione di un indice sul catetometro, come l'elastico, con la posizione di un punto di riferimento sulla pallina quando questa ha raggiunto la massima altezza.

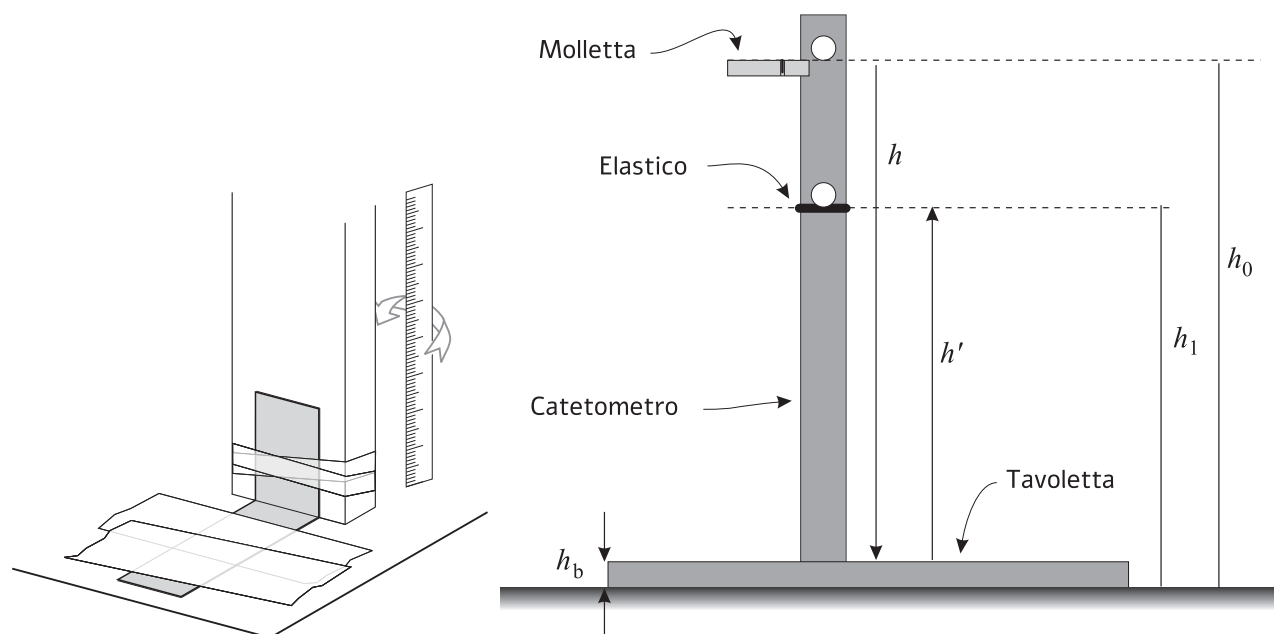


Figura 1. — La figura mostra a sinistra come fissare il catetometro al piano; a destra indica i simboli da usare per quote e altezze. Come punto di riferimento sulla pallina, puoi sceglierne uno diverso da quello indicato in figura.

- 1.1 — Determina il coefficiente di restituzione, da misure della quota di partenza, di quella del rimbalzo, e da eventuali altre misure. Registra i dati in una tabella.
- 1.2 — Descrivi il procedimento sperimentale seguito. Indica qual è il punto di riferimento che hai scelto sulla pallina.

2. Durata dell'urto - Dimensione dell'impronta

(50 punti)

Anche se l'urto della pallina appare istantaneo, la sua durata non è nulla, ma solo molto breve. Questa brevissima durata è legata alle intense forze che entrano in gioco durante l'urto, frenando il movimento in un primo tempo e causando poi il rimbalzo della pallina.

Indossa i guanti e annerisci con il carboncino la striscia adesiva di carta sulla tavoletta, per una lunghezza di circa 10 cm. Rendi uniforme lo strato sfiorandolo con il batuffolo di cotone.

Se la pallina cade sulla zona annerita, lascia nell'area di contatto, una traccia circolare, con un puntino più scuro nel centro (figura 2). Anche sulla superficie della pallina appare una traccia grigia "circolare" (figura 3).



Figura 2.



Figura 3.

La pallina da ping-pong è fatta di materiale che ha particolari proprietà di durezza ed elasticità, grazie alle quali si deforma nell'urto, ma riprende subito dopo la forma iniziale.

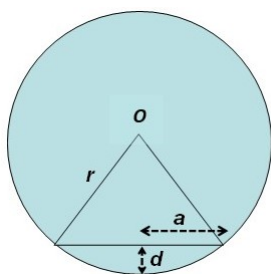


Figura 4.

Possiamo pensare che la parte inferiore della pallina si appiattisca, rientri in una piccola ammaccatura e torni poi alla forma sferica convessa, e che il processo avvenga senza che si deformi in modo significativo la parte superiore della pallina stessa come indicato nella figura 4 a lato, dove r è il raggio della pallina, a il raggio della sua traccia, d la deformazione in direzione verticale. La figura 4 non è in scala.

Questa deformazione d indica di quanto si è spostato verso il basso il punto O che fino all'istante dell'impatto era al centro della pallina. La distanza d , viene percorsa poi verso l'alto, quando la pallina torna alla forma iniziale.

Dalle dimensioni delle tracce circolari si può risalire alla durata del contatto, facendo la seguente ipotesi: si assume che la forza sulla pallina sia costante nella fase di compressione, e poi ancora costante nel successivo ritorno alla forma sferica, con una discontinuità da una fase all'altra. L'ipotesi, anche se grossolana, consente di stimare la durata dell'urto.

- 2.1 – Lascia cadere la pallina in modo che il suo centro cada di circa 25 cm. Annota il valore della quota scelta.
- 2.2 – Esamina l'impronta lasciata sulla tavoletta e/o quella sulla pallina e, se l'impronta risulta circolare, misurane il diametro $2a$ e calcola la deformazione d . Registra tutti i dati nella tabella.
- 2.3 – Determina la durata totale t dell'urto, nell'ipotesi suddetta di forze costanti. Non è richiesta l'incertezza di t . Limitati a scriverne il valore in notazione scientifica, e con le sole cifre che ritieni significative.

3. Durata dell'urto Carica di un condensatore

(75 punti)

Nel circuito della figura 5, una pila è collegata in serie con un condensatore scarico, un resistore, ed un interruttore T_1 inizialmente aperto (vedi figura 5 a sinistra). Se T_1 si chiude per un tempo t , con T_2 aperto, la differenza di potenziale (d.d.p.) ai capi del condensatore sale al valore V , dal valore nullo iniziale, secondo la relazione:

$$V = V_p (1 - e^{-t/(RC)}) \quad (1)$$

dove V_p è la forza elettromotrice (f.e.m.) fornita dalla pila, $R = R_0 + R_p$ (con R_0 resistenza del resistore e R_p resistenza interna della pila) e C è la capacità del condensatore.

La resistenza interna della pila R_p vale $(1.5 \pm 0.1) \Omega$, mentre la resistenza del resistore R_0 è indicata sull'etichetta attaccata al resistore stesso.

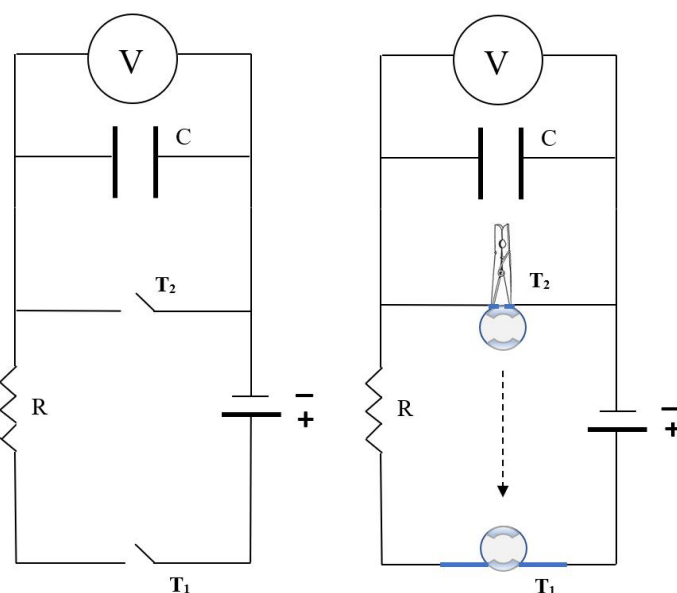


Figura 5.



Figura 6.

Se in un circuito come questo si fa in modo che T_1 si chiuda (con T_2 aperto) quando la pallina è a contatto con la tavoletta, dalla misura della d.d.p. ai capi del condensatore si potrà risalire alla durata t del contatto.

Se si chiude T_2 il condensatore è cortocircuitato e la d.d.p. ai suoi capi si annulla (vedi figura 5 a destra).

Attacca 3 o 4 strisciole o un rettangolino di nastro adesivo di alluminio sulla pallina senza che rimangano grinze, per crearvi zone conduttrici (figura 6).

Per realizzare T_1 , ritaglia 2 pezzi rettangolari $5\text{ cm} \times 7\text{ cm}$ (circa) di nastro adesivo di alluminio.

Attaccali alla distanza di 1 mm l'uno dall'altro sulla tavoletta, lasciandone sporgere una parte che ripiegherai su se stessa, con l'adesivo all'interno, come mostrato in figura 7. Tale separazione funziona da interruttore che viene chiuso dal contatto con le parti di alluminio applicate sulla pallina quando questa vi cadrà sopra. La faccia gommata del nastro di alluminio non è conduttrice.

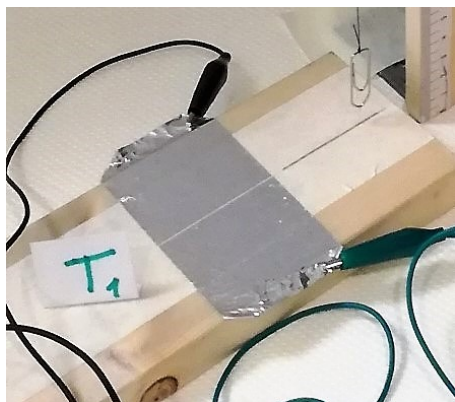


Figura 7.



Figura 8.

Evita accuratamente di stringere un coccodrillo sull'adesivo, poiché questo rimarrebbe sui dentini compromettendone la conduttività.

Per realizzare T_2 , ricopri le estremità dei due bracci della molletta con nastro di alluminio, badando che non si tocchino tra loro, come mostrato in figura 8.

Anche tale interruttore verrà chiuso attraverso il contatto con le zone conduttrici della pallina, prima di ogni caduta.

Monta il circuito come indicato in figura 9 corrispondente allo schema elettrico di figura 5.

Nell'immagine che vedi, il condensatore ed il resistore sono uniti da un cavetto, mentre nel tuo caso il condensatore ed il resistore sono già collegati tra loro.

Quando T_2 è chiuso il condensatore è cortocircuitato e il voltmetro, collegato al condensatore, indica zero.

Evita di lasciare chiusi contemporaneamente T_1 e T_2 , altrimenti la pila si scarica rapidamente.

Ricopia nel foglio risposte il valore della resistenza scritto sull'etichetta.

Questo valore è stato determinato con un'incertezza di $\pm 0.7\Omega$.

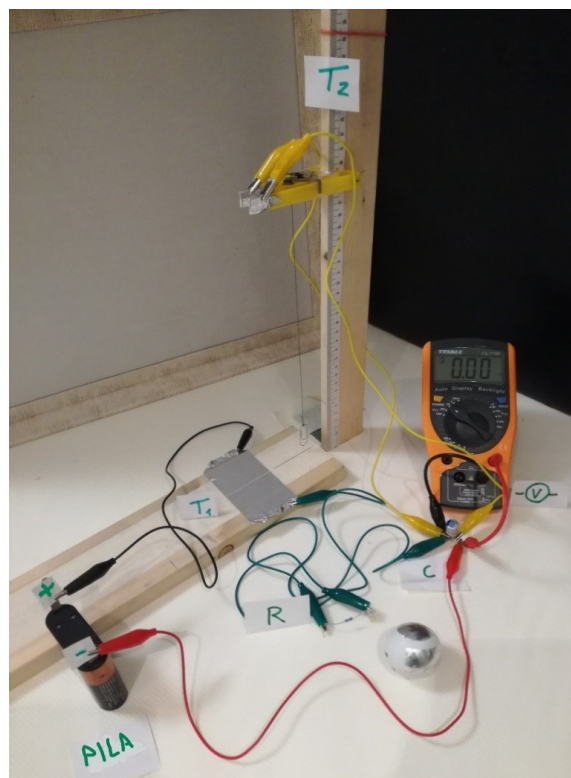


Figura 9.



ATTENZIONE ! Il condensatore, che è di tipo elettrolitico, ha un dielettrico sensibile alla direzionalità del campo elettrico interno. Le due polarità sono indicate sull'involucro: il reoforo libero, cioè il filo metallico dalla parte dell'involucro colorata in blu, corrisponde alla polarità negativa e va quindi collegato al polo negativo della pila.



**SE IL CONDENSATORE È POLARIZZATO INVERSAMENTE, PUÒ ESPLODERE.
IN OGNI CASO, USA GLI OCCHIALI DI PROTEZIONE E STANNE LONTANO.**

Accendi il multimetro con il tasto “POWER”. Lo strumento è già stato predisposto per funzionare come voltmetro in corrente continua, con portata 20 V. Misura con il voltmetro la f.e.m. V_p ai capi della pila e registrala nel foglio risposte.

Realizza il circuito collegando in serie pila, condensatore + resistore, e T_1 .

Inserisci nel sacchetto di plastica il condensatore con il resistore, lasciando sporgere i cavetti collegati; stringi un po' l'imboccatura del sacchetto stesso e fissalo al piano con del nastro adesivo, senza sigillarlo.

Indossa gli occhiali di protezione.

Collega il voltmetro in parallelo al condensatore.

Collega anche T_2 in parallelo al condensatore. Con la pallina a contatto con T_2 , cortocircuita il condensatore per scaricarlo da eventuale carica, e seleziona la portata di 2 V sul voltmetro.

Questo si spegne automaticamente se non si è premuto alcun tasto per 10 minuti. Se si spegne, riaccendilo, premendo due volte il tasto di accensione.

Fissa la molletta (interruttore T_2) in modo che la pallina cada da un'altezza di 25 cm sopra l'interruttore T_1 .

Per individuare meglio la posizione della pallina sopra la fessura fra le due strisce, è conveniente utilizzare il filo a piombo, come illustrato nella figura 9.

Mantieni scarico il condensatore prima di ogni lancio, cortocircuitandolo con la pallina su T_2 .

Se la pallina, nell'urto con la tavoletta, chiude il circuito, il condensatore si carica, altrimenti il voltmetro non indica alcuna variazione di d.d.p. In tal caso, ripeti il lancio.

Fai almeno 20 rilevazioni d.d.p. corrispondenti a lanci andati a buon fine.

Otterrai valori di d.d.p. compresi in un certo intervallo.

Tieni presente che il condensatore si carica *solamente nella fase di chiusura del circuito*, la cui durata può non coincidere con quella dell'urto.

Tenendo conto di ciò, dovrai scegliere e prendere in considerazione i valori di d.d.p. che più probabilmente sono stati ottenuti in situazione di *coincidenza tra chiusura del circuito e urto*.

3.1 – Registra l'indicazione del voltmetro ogni volta che il lancio è andato a buon fine e il condensatore si è caricato.

3.2 – Quale/i valore/i scegli per calcolare la durata dell'urto? Quale criterio hai seguito per la scelta?

3.3 – Ricava dalla (1) l'espressione del tempo t di carica del condensatore $t = f(V, V_p, R, C)$, e calcola la durata dell'urto per il/i valore/i che hai scelto. Non è richiesta l'incertezza di t . Limitati a scriverne il valore in notazione scientifica, e con le sole cifre che ritieni significative.

4. Fonti di errori sistematici per la durata dell'urto (20 punti)

Visti i valori della durata dell'urto ottenuti nelle due sezioni precedenti, considera ciascuno dei due procedimenti seguiti.

4.1 – Illustra brevemente quali sono le fonti di errori sistematici che, secondo te, possono aver influito sui risultati in ciascuno dei due procedimenti, e se questi errori sono per eccesso o per difetto.

Materiali

I materiali sono raggruppati in base alla loro funzione o ai punti della prova in cui vanno utilizzati.

- Pallina da ping-pong di diametro (4.00 ± 0.05) cm
- Base per i rimbalzi
 - tavoletta di legno
 - nastro adesivo di carta alto 5 cm
 - carta da cucina da mettere attorno alla zona del rimbalzo.
- Catetometro
 - listello di legno
 - metro di carta
 - nastro adesivo trasparente
 - angolare di sostegno
 - molletta-indice
 - elastico-indice
 - filo da cucito e 2 fermagli da carta per filo a piombo
- Urti con impronte (punto 2)
 - carboncino
 - batuffolo di cotone
 - gomma da matita
 - squadra millimetrata
 - guanti usa e getta
 - salvietta detergente
- Urto con carica condensatore (punto 3)
 - nastro adesivo di alluminio alto 5 cm e lungo una ventina di centimetri
 - pila da 4.5 V nominali
 - gruppo: condensatore e resistore collegati in serie. Il valore della capacità $560 \mu\text{F}$ ($\pm 10\%$) sull'involucro del condensatore e quello della resistenza sull'etichetta. ($\pm 0.7 \Omega$)
 - multimetro
 - 7 cavetti con terminali a coccodrillo
 - molletta-interruttore
 - forbici
 - sacchetto di plastica trasparente
 - occhiali di protezione
- Sul tavolo di servizio: carta millimetrata.

————— • —————
Materiale elaborato dal Gruppo



PROGETTO OLIMPIADI
Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica
e-mail: segreteria@olifis.it
WEB: www.olifis.it



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.