

# Olimpiadi di FISICA

## 2022

36<sup>a</sup> edizione



Gara Nazionale  
Prova Sperimentale

Senigallia (AN)  
Giovedì 21 aprile 2022

## ISTRUZIONI:

Tempo: 4 ore

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

1. Appena ti verrà dato il via, controlla che il **Codice Studente** riportato sulla busta grande, sulla busta piccola e sul cartoncino sia lo stesso.

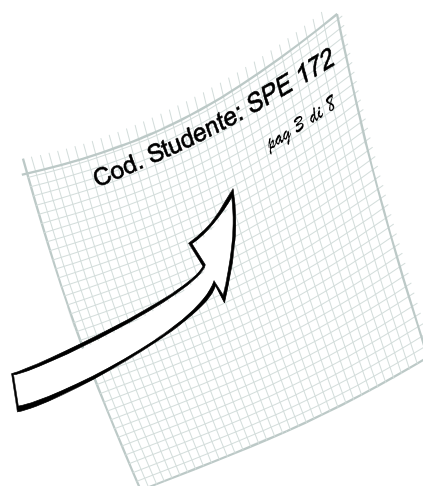
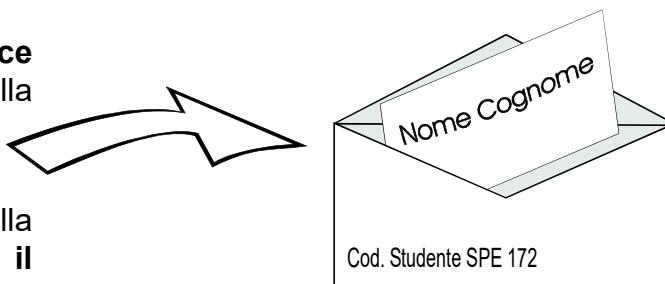
Scrivi chiaro il tuo **NOME e COGNOME**

**sul cartoncino**, poi inserisci il cartoncino nella busta piccola e chiudila **senza incollare il lembo**; metti subito la busta piccola 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 dovrai usare solo**

**il tuo Codice Studente !**

2. Su ogni facciata scrivi chiaramente, in alto a destra, solo il tuo **Codice Studente**.
3. Scrivi il numero di pagina e il totale delle pagine



## Istruzioni generali

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

*Materiale elaborato dal Gruppo*



## PROGETTO OLIMPIADI

*Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica*

e-mail: [segreteria@olifis.it](mailto:segreteria@olifis.it)

WEB: [www.olifis.it](http://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.

# P<sup>Sp</sup> UNA MOLLA SPECIALE

P.ti 200

**Introduzione** — In questo esperimento è proposto l'utilizzo di una molla caratterizzata da una massa  $M$  e da una costante elastica  $k$  sufficientemente piccola da far sì che la molla, sospesa verticalmente, si allunghi elasticamente sotto l'effetto del proprio peso e possa oscillare anche senza che un carico sia appeso ad un estremo. Con queste caratteristiche il comportamento della molla risulta diverso da quello ipotizzabile per un oscillatore armonico con la massa concentrata in un punto e ciò vale anche quando la molla viene posta in oscillazione con un oggetto appeso ad un estremo. L'obiettivo dell'esperimento è proprio quello di studiare il moto del sistema molla-oggetto costituito dalla molla in dotazione e da un carico variabile di rondelle.

In particolare, la possibilità di sfruttare la precisione raggiungibile nelle misure di periodo sarà determinante per risalire alle grandezze che caratterizzano il moto del sistema.

La molla in movimento, con o senza un carico appeso, è un sistema complesso, con vari gradi di libertà. In questo esperimento si utilizza una modellizzazione che descrive le oscillazioni verticali trascurando l'attenuazione dovuta all'attrito e la presenza di altri tipi di moto.

## MATERIALI A DISPOSIZIONE

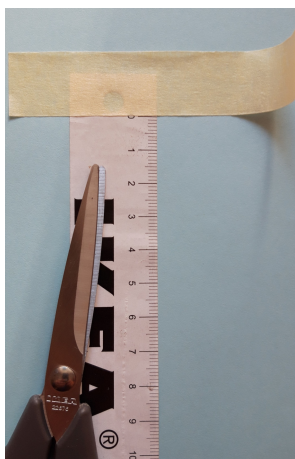
molla elicoidale di massa  $M = (8.87 \pm 0.01) \text{ g}$ ;  
cronometro;  
nastro metrico di carta;  
matita per sospendere la molla;  
nastro adesivo per fissare  
la matita al tavolo di lavoro;

3 rondelle diverse;  
un quadrello di plastilina (Patafix);  
un fermaglio grande;  
un foglio A4;  
forbici;  
materiale per costruire grafici.

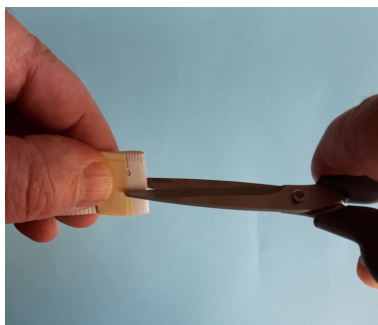
## PARTE PRIMA

### ISTRUZIONI RELATIVE AL MONTAGGIO DEL NASTRO METRICO DI CARTA E DELLA MOLLA

Materiale necessario: nastro metrico di carta; matita; nastro adesivo; forbici; quadrello di Patafix.



1. Attacca un pezzo di nastro adesivo sull'estremità del nastro metrico di carta, come indicato nella foto. Il bordo del nastro adesivo deve lambire la linea 0 cm del nastro metrico di carta. Poiché questa operazione serve per irrobustire localmente la carta è necessario far sì che il nastro adesivo si avvolga anche dietro la parte mostrata dalla foto.



2. Piega il nastro metrico come indicato nella foto, in modo che, usando le forbici, tu possa creare un foro entro il quale inserire la matita in dotazione (vedi la terza foto della serie).

3. Inserisci la matita nel foro e fissala con nastro adesivo al ripiano di supporto (seduta di una sedia a sua volta posta sopra il piano di un banco) in modo che il nastro metrico sia libero di distendersi verticalmente. Quando appenderai la molla alla matita dovrai aver cura di fissare la posizione del gancio mediante il Patafix.



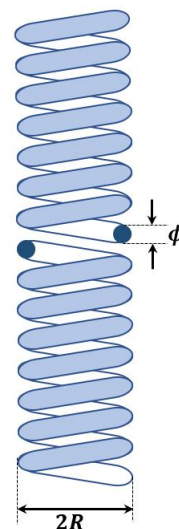
Il calcolo delle incertezze va effettuato solo quando è esplicitamente richiesto.

**La molla** — Le caratteristiche geometriche con cui la molla è stata costruita a partire dal tipo di acciaio armonico disponibile sono state pensate in modo da avere la risposta desiderata alle sollecitazioni a cui sarà sottoposta: esse sono la lunghezza  $\ell$  e il diametro  $\phi$  del filo impiegato, e il raggio  $R$  delle spire (vedi la figura a fianco).

**Q.0**

[11 p.]

Misura le tre lunghezze  $\ell$ ,  $\phi$  e  $R$ .



**Costante elastica** — Appendi la molla alla matita, senza un carico aggiuntivo, e mettila in oscillazione tirandola verticalmente verso il basso. Controlla che oscilli regolarmente mantenendo la direzione verticale. Nel modello adottato si dimostra che il periodo  $T_M$  delle oscillazioni è legato alla costante elastica  $k$  e alla massa  $M$  della molla dalla relazione

$$T_M = 4\sqrt{M/k}. \quad (1)$$

**Q.1**

[36 p.]

Usa la relazione (1) per misurare la costante elastica  $k$  della molla. Stima l'incertezza da associare a  $k$ . Progetta le misure in modo da assicurarti che l'incertezza percentuale sulla misura di  $k$  risulti minore del 1 %.

**Masse** — Nota la costante elastica della molla, si potrebbero ottenere le misure delle masse delle rondelle in dotazione semplicemente appendendole alla molla e misurando l'allungamento (legge di Hooke). Per quanto tale metodo sia di semplice esecuzione, la precisione che esso consente di raggiungere non risulterebbe adeguata per gli sviluppi successivi dell'esperimento. Per ottenere la precisione richiesta è necessario l'utilizzo di una tecnica basata sulle misure di tempo. A tal scopo considera quanto segue. Appendi alla molla un carico di rondelle e poni il sistema in oscillazione verticale. Il periodo  $T$  delle oscillazioni dipenderà dalla massa  $m$  del carico appeso, ma sarà pure influenzato dalla massa  $M$  della molla. Nel modello adottato vale la relazione:

$$m = \frac{M}{\alpha \tan \alpha} \quad \text{con} \quad \alpha = \frac{\pi T_M}{2T}. \quad (2)$$

**Q.2**

[34 p.]

Calcola la massa  $m$  associata al carico costituito da tutte le possibili combinazioni di rondelle. Non è richiesta la stima dell'incertezza su  $m$  tuttavia, per raggiungere un grado di precisione utile per il seguito dell'esperimento, sarà necessario effettuare misure di periodo con un'incertezza percentuale  $\Delta T_{\%} \ll 1\%$ .

**Periodi di oscillazione** — Un modello empirico per descrivere il periodo di oscillazione in funzione della massa  $M$  della molla più la massa  $m$  dell'eventuale carico appeso, è di partire dalla nota relazione fra periodo, costante elastica e massa totale  $m_{\text{tot}}$  del sistema oscillante,  $T = 2\pi\sqrt{m_{\text{tot}}/k}$ . La relazione è valida solo se i corpi in oscillazione sono rigidi. Dato che nel nostro caso la molla non è un corpo rigido, non è lecito sostituire semplicemente a  $m_{\text{tot}}$  la somma  $m + M$ . Si ricorre allora all'artificio di dividere il valore di  $M$  per un coefficiente  $c$  che varia con il valore della massa  $m$  del carico

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m + M/c}{k}}. \quad (3)$$

**Q.3**

[34 p.]

Costruisci il grafico che evidenzi l'andamento di  $c$  in funzione del rapporto  $m/M$ , compreso il caso  $m = 0$ .

Per piccoli valori di  $M/m$  la relazione empirica

$$c = a e^{b(M/m)} \quad (4)$$

approssima bene le misure sperimentali del periodo.

**Q.4**

[35 p.]

Costruisci il grafico per verificare che la relazione empirica (4) si accorda con i punti sperimentali. Individua l'intervallo di valori  $M/m$  per cui osservi un ragionevole accordo e calcola le costanti  $a$  e  $b$ . Esplicita il significato di  $a$ .

Nel contesto sperimentale in cui hai operato, la molla impiegata ha un comportamento lontano da quello di una molla di massa trascurabile. Per poter trascurare la massa  $M$  nel calcolo del periodo, occorre che il periodo misurato per un certo carico di rondelle di massa  $m$  e quello calcolato con la relazione

$$T_0 = 2\pi\sqrt{m/k} \quad (5)$$

siano compatibili entro le incertezze di misura.

**Q.5**

[20 p.]

Stima il valore della massa  $m$  al di sopra del quale ritieni che si possa trascurare l'effetto della massa della molla sulle previsioni di periodo.

---

PARTE SECONDA

---

La parte finale dell'esperimento è riservata allo studio delle trasformazioni di energia meccanica durante la prima semi oscillazione del sistema molla-oggetto. Per effettuarlo occorre modificare l'apparato sperimentale come descritto di seguito.

**ISTRUZIONI RELATIVE ALLA COSTRUZIONE E AL MONTAGGIO  
DI UN TRAGUARDO DI CARTA SCORREVOLE LUNGO IL NASTRO METRICO**

Materiale necessario: rondella; fermaglio gigante del n° 6 (60 mm); foglio di dimensioni 15 cm x 8 cm; nastro adesivo di carta.

---



1. Allo scopo di rendere teso il nastro metrico fissa una rondella sul fondo usando il nastro adesivo, come illustrato nella foto a fianco. La rondella usata dovrai successivamente impiegarla per fare altre misure e, in tal caso, dovrai provvedere a sostituirla con un'altra a tua disposizione.

2. Per costruire il traguardo mobile piega a metà il foglio di carta per quattro volte (foto A) in modo da ottenere il risultato riprodotto nella foto B

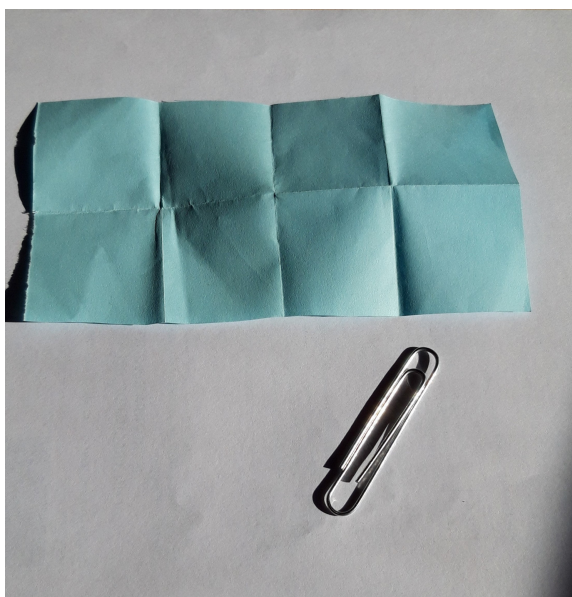


Foto A

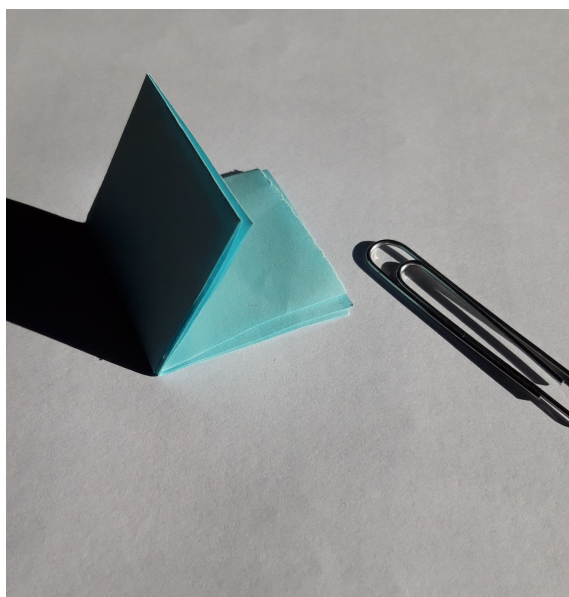


Foto B



Quindi, usa il nastro adesivo per far aderire le parti che costituiranno la superficie di riferimento del traguardo mobile utile per effettuare le misure (foto C). Infine, usa il fermaglio per montare il traguardo sul nastro metrico di carta (foto D).

Facendo scorrere il fermaglio lungo il nastro metrico potrai spostare il traguardo di carta in alto e in basso.

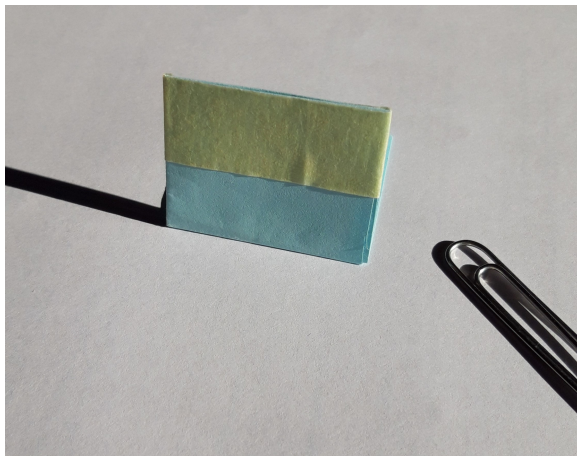


Foto C



Foto D

**Energia** — Appendi un carico di rondelle alla molla. Agendo sull'ultima spira della molla solleva il carico in modo che le spire risultino tutte accostate. Evita che il gancio di sospensione si deformi apprezzabilmente a causa del sollevamento.

In tale situazione misura la posizione  $x_0$  del lembo inferiore del carico avvalendoti del traguardo di carta che hai realizzato.

Quindi, lascia il sistema libero di oscillare. Procedendo per tentativi potrai posizionare il traguardo in modo che, alla fine della prima mezza oscillazione, il lembo inferiore del carico lo sfiori e misurare la posizione finale raggiunta  $x_f$ . <sup>(1)</sup>

Effettua le misure utilizzando le *quattro* combinazioni di rondelle più pesanti che la situazione ti permette di realizzare.

**Q.6**

[30 p.]

Le richieste seguenti si riferiscono ai valori alla fine della prima mezza oscillazione. I risultati ottenuti per ciascuno dei carichi usati vanno raccolti in un'unica tabella in cui compaiono:

- le misure di  $\Delta x$ ,
- le variazioni dell'energia potenziale elastica  $\Delta U_{el}$ ,
- le variazioni dell'energia potenziale gravitazionale del carico appeso  $\Delta U_g$ ,
- il calcolo dello spostamento  $\Delta x_{CdM}$  del CdM della molla.

Specifica le ipotesi adottate e le formule impiegate.

<sup>(1)</sup> Non è detto che nell'istante di massimo allungamento tutte le spire si fermino insieme per cui l'energia cinetica della molla in quell'istante può non essere nulla; nel nostro caso questo effetto sarà comunque trascurato.