

# Campionati di Fisica a squadre

FINALE NAZIONALE

(1<sup>a</sup> edizione)  
14 aprile 2023

Sponsorizzato da:



**CASIO**



con il sostegno di

Comune di Senigallia

Liceo Statale "Medi" – Senigallia



### Informazioni importanti per la gara. Leggi con attenzione!

- La risposta da consegnare per ciascun problema è un numero decimale, eventualmente negativo. Prestare attenzione al fatto che abbia al più 10 cifre significative (escluse virgola e segno), di cui al più 5 prima della virgola e al più 5 dopo la virgola.
- Le dimensioni fisiche della risposta sono indicate sotto ogni problema. Può essere presente anche una potenza di 10 per facilitare l'inserimento. Tale potenza non è detto che corrisponda all'ordine di grandezza della risposta esatta.

**Esempio:** Se la risposta è 15 cm e nella tabella è riportato  $10^{-3}$  m, il numero da inserire è 150

- Le risposte saranno giudicate corrette entro un range di validità stabilito per ogni domanda nell'apposita tabella. Detta  $X$  la risposta esatta e  $k$  la percentuale in tabella convertita in numero decimale (**Es.:**  $0.5\% = 0.005$ ), una risposta  $Y$  viene considerata corretta se vale:

$$|X - Y| \leq k|X|$$

- Nella risoluzione dei problemi può essere necessario utilizzare delle costanti universali, i cui valori, da considerarsi esatti, sono riportati nell'apposita tabella a fine documento.
- È consentito l'uso di strumenti da disegno (righe, squadre, compassi) e delle calcolatrici che vengono ammesse all'Esame di Stato. Non è consentito l'uso di internet, né di ogni comunicazione con l'esterno durante la gara, fatta eccezione per il professore di riferimento, che può dare istruzioni ricevute nella chat dell'evento. Non è possibile consultare libri, dispense o eserciziari. È permesso portare cibo e medicine durante la gara.
- I problemi **non** sono riportati in ordine di difficoltà.
- Per qualsiasi domanda sul testo, rivolgersi agli organizzatori all'apposito bancone entro la prima metà della gara.

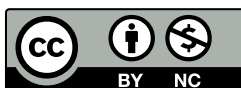
*Materiale elaborato dalla collaborazione fra*

Gruppo OliFis e Gruppo GaS

La lista dei collaboratori è reperibile all'indirizzo <https://gas.olifis.it/#/about-us/>

### NOTA BENE

Il seguente materiale è distribuito secondo la licenza CC-BY-NC. 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. I dettagli della licenza CC-BY-NC si possono leggere all'url <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/it/>.





## $\mathcal{P}_1$ Bicchiere d'acqua nell'oceano

---

Martin il pescatore si sporge dalla sua barca, riempie un bicchiere con 0.25 L di acqua di mare (di massa molecolare pari a  $18 \text{ g mol}^{-1}$ ) e lo svuota nuovamente in mare subito dopo. Moltissimi anni dopo, quando l'acqua presa nel bicchiere si è ormai rimescolata completamente in tutti i mari del pianeta (i quali ricoprono circa il 70% della superficie terrestre e sono profondi in media 4 km), Martin si trova nuovamente sulla sua barca. Egli riempie una seconda volta il bicchiere con la stessa quantità d'acqua e si chiede quale sia il numero  $N$  di molecole che sono state pescate entrambe le volte nel bicchiere. Quanto vale  $\log_{10} N$ ?

*Unità di misura:* adimensionale. *Precisione richiesta:* 4.0%.

## $\mathcal{P}_2$ Molla oscillante

---

Simona si trova su un pianeta sconosciuto e vuole misurarne l'accelerazione di gravità in superficie. Ella ha a disposizione un set di masse note ed una molla ideale di costante elastica e lunghezza a riposo ignote. La massa della molla è trascurabile. Simona appende ogni massa di prova alla molla ed esegue due misure: la lunghezza totale della molla e il periodo delle oscillazioni verticali della massa intorno alla posizione di equilibrio. I risultati delle misure sono riportati in tabella. Quanto vale l'accelerazione di gravità sulla superficie del pianeta?

$m$ [kg]	$T$ [s]	$\ell$ [cm]
0.100	0.582	14.7
0.200	0.819	17.5
0.300	1.02	20.0
0.400	1.15	22.3
0.500	1.31	25.3
0.600	1.43	27.9
0.700	1.53	30.3
0.800	1.66	33.1
0.900	1.73	35.8

*Unità di misura:*  $\text{m/s}^2$ . *Precisione richiesta:* 1.0%.

## $\mathcal{P}_3$ Tetraedro e campo magnetico

---

Sei fili di rame identici, di resistività  $1.7 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ , lunghezza 1.0 m e sezione  $20 \text{ mm}^2$ , sono disposti a formare gli spigoli di un tetraedro regolare, il quale viene poggiato con una faccia su una superficie piana. Un campo magnetico ortogonale alla superficie cresce linearmente in modulo, ad un tasso di  $2.0 \times 10^{-5} \text{ T s}^{-1}$ . Quanto vale il massimo modulo della corrente che scorre in uno dei lati del tetraedro?

*Unità di misura:* mA. *Precisione richiesta:* 0.5%.

## $\mathcal{P}_4$ Bombola particolare

---

Una particolare bombola è costituita di una gomma speciale, progettata per espandersi in modo esattamente lineare con la temperatura, con coefficiente di dilatazione termica lineare indipendente dalla temperatura e pari a  $3.0 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ . In base a test eseguiti in laboratorio è noto che, quando la bombola è in condizioni standard (cioè pressione esterna pari a 1 atm e temperatura 300 K), essa può sostenere una pressione interna massima di 15 atm. Invece, quando le condizioni vengono variate, si trova che il massimo della differenza tra pressione interna ed esterna che la bombola riesce a sostenere è proporzionale allo spessore delle sue pareti.

In condizioni standard, la bombola ha volume  $V_0 = 10 \text{ L}$  e viene riempita di anidride carbonica fino ad una pressione di 10 atm. La bombola viene poi riscaldata. Qual è la minima variazione di temperatura necessaria per far scoppiare la bombola?

*Unità di misura:* K. *Precisione richiesta:* 0.5%.

## P5 Strano pianeta

Un pianeta di raggio  $2.0 \times 10^4$  km ruota con velocità angolare  $1.0 \times 10^{-3}$  rad/s attorno al proprio asse. Esso possiede simmetria sferica, perciò la densità in qualsiasi punto  $P$  del pianeta dipende solo dalla distanza tra  $P$  e il centro. Inoltre, un osservatore che si trovi sul piano dell'equatore, all'interno del pianeta, e ruoti con esso, percepisce una accelerazione di  $10 \text{ m/s}^2$ , indipendentemente dalla distanza dal centro del pianeta. Immediatamente al di sotto della superficie, quanto vale la densità del pianeta?

Unità di misura:  $\text{kg/m}^3$ . Precisione richiesta: 0.5%.

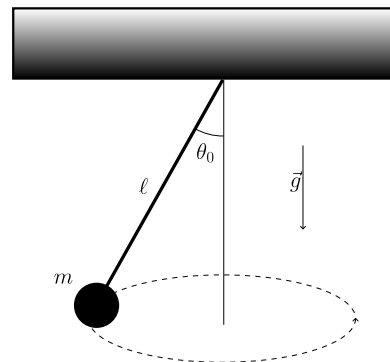
## P6 Buco sulla ISS

A causa del rischio di collisione con alcuni detriti spaziali, la Stazione Spaziale Internazionale viene fatta evacuare. L'elettronica e tutte le sue fonti di energia vengono scollegate. Un detrito riesce a colpire la stazione, provocando un piccolo foro circolare in una delle sue pareti. Dopo un giorno dalla collisione, la pressione dell'aria all'interno della stazione è la metà di quella iniziale. Se, invece, il buco avesse avuto diametro doppio, quale frazione della pressione iniziale si sarebbe misurata dopo un giorno dalla collisione?

Unità di misura: adimensionale. Precisione richiesta: 0.5%.

## P7 Pendolo rotante

Un oggetto puntiforme di massa 200 g è appeso ad un filo inestensibile di massa trascurabile e lunghezza 40 cm. Il sistema è immerso nel campo gravitazionale terrestre. L'oggetto si muove di moto circolare uniforme con periodo  $T$  e l'angolo che il filo forma con la verticale, come in figura, è  $\theta_0 = 13^\circ$ . Se l'oggetto venisse messo in moto circolare uniforme con periodo  $T/2$ , quanto varrebbe il nuovo valore di  $\theta_0$ ?



Unità di misura:  $^\circ$ . Precisione richiesta: 0.5%.

## P8 Resistenza che si scalda

Francesco vuole misurare la resistenza elettrica che un certo resistore ha a temperatura ambiente. Per far ciò, egli fa scorrere attraverso il resistore una corrente di 100 mA, per un tempo molto lungo. Tuttavia, Francesco non si accorge che tale corrente è abbastanza elevata da far scaldare significativamente il resistore, modificandone la resistenza elettrica e influenzando l'esito della misura. Sapendo che

- la resistenza elettrica a temperatura ambiente vale  $40 \Omega$ ;
- la resistenza elettrica aumenta all'aumentare della temperatura, con un coefficiente termico di  $3.8 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ ;
- la resistenza termica tra il resistore e l'ambiente vale  $54 \text{ K W}^{-1}$ ;

quanto vale l'errore relativo percentuale della misura ottenuta da Francesco, rispetto al valore corretto?

Unità di misura: adimensionale. Precisione richiesta: 0.5%.



### $\mathcal{P}_9$ Volo al polo nord

Da un punto sull'equatore terrestre viene lanciato un razzo che, dopo essersi mosso su una traiettoria balistica, impatta la superficie al polo nord. Il razzo viene lanciato con una velocità iniziale pari a quella che avrebbe un corpo in orbita circolare di raggio pari a quello della Terra. Quanto vale il tempo di volo del razzo?

*Hint:* l'area di una ellisse di semiassi  $a$  e  $b$  vale  $\pi ab$ .

*Unità di misura:* ore. *Precisione richiesta:* 0.5%.

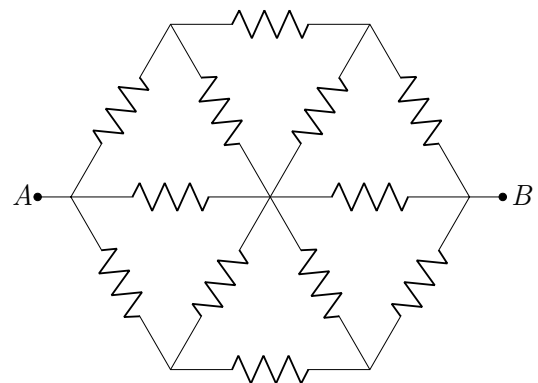
### $\mathcal{P}_{10}$ Corda su una sfera

Una corda chiusa ad anello ha massa 1.00 kg, circonferenza 37.7 cm ed è poggiata, ferma, su una sfera di raggio 10.0 cm. Lo spessore della corda è trascurabile rispetto al raggio della sfera; inoltre, tra corda e sfera non è presente attrito. Quanto vale la tensione interna della corda in questa posizione?

*Unità di misura:* N. *Precisione richiesta:* 0.5%.

### $\mathcal{P}_{11}$ Esagono di resistenze

Sapendo che tutte le resistenze del circuito in figura sono uguali e pari a  $1\ \Omega$ , quanto vale la resistenza equivalente tra i punti  $A$  e  $B$ ?



*Unità di misura:*  $\Omega$ . *Precisione richiesta:* 0.5%.

### $\mathcal{P}_{12}$ Fotoni da una stella

Una certa stella, facilmente visibile a occhio nudo, produce un flusso luminoso sulla superficie della Terra pari a  $1.00 \times 10^{-6} \text{ lm m}^{-2}$ . Alla lunghezza d'onda di massima visibilità, che è di circa  $\lambda_0 = 556 \text{ nm}$ , un lumen corrisponde ad una potenza di 0.0016 W. Si assuma che la pupilla abbia un diametro di 4.00 mm e che tutta la luce che arriva dalla stella abbia lunghezza d'onda  $\lambda_0$ . Quanto vale il numero medio di fotoni al secondo che entrano nell'occhio di un osservatore che guarda tale stella?

*Unità di misura:*  $\text{s}^{-1}$ . *Precisione richiesta:* 0.5%.

### $\mathcal{P}_{13}$ Urto relativistico

Una particella di massa  $1.0 \text{ GeV}/c^2$  si muove di moto rettilineo uniforme a velocità  $v = 0.95c$ . Essa urta una seconda particella, ferma, di massa  $2.0 \text{ GeV}/c^2$ . L'urto è completamente anelastico: le due particelle si "fondono" in un'unica particella. Quanto vale la massa di quest'ultima?

*Unità di misura:*  $\text{GeV}/c^2$ . *Precisione richiesta:* 0.5%.



## P14 Quanto vale uno StatCoulomb?

Nel sistema CGS, la carica elettrica si misura in StatCoulomb (StatC), la lunghezza in centimetri (cm) e la forza in dyne (dyn), dove  $1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N}$ . Sapendo che, in questo sistema, il modulo della forza elettrostatica tra due cariche  $q$  a distanza  $r$  vale

$$F(\text{dyn}) = \frac{q^2(\text{StatC})}{r^2(\text{cm})},$$

quanto vale uno StatCoulomb?

Unità di misura:  $10^{-9} \text{ C}$ . Precisione richiesta: 0.5%.

## P15 Miraggi ed iceberg

Antonio si trova su una barca, ad altezza  $h = 0$  sul livello del mare, in una zona molto fredda. A causa della diminuzione della temperatura dell'aria all'aumentare dell'altezza  $h$  sul livello del mare, l'indice di rifrazione dell'aria varia linearmente con  $h$ , secondo la legge  $n(h) = n_0(1 + h/h_0)$ , dove  $h_0 = 1.00 \times 10^4 \text{ m}$ . A causa di ciò, i raggi di luce vengono deviati, causando fenomeni bizzarri quali i miraggi. Trascurando qualunque effetto dovuto alla curvatura terrestre, qual è la massima distanza alla quale si può trovare un iceberg, di altezza 100 m, affinché Antonio sia in grado di vederlo?

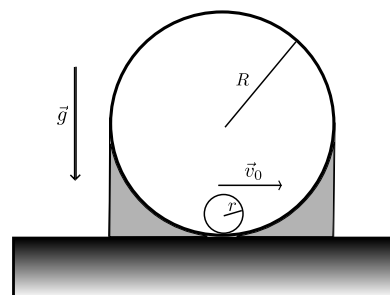
Potrebbe essere utile far uso del seguente integrale:

$$\int \frac{1}{\sqrt{x^2 - 1}} dx = \cosh^{-1}(x) + \text{cost.}, \quad \text{dove} \quad \cosh^{-1}(x) = \ln(x + \sqrt{x^2 - 1}).$$

Unità di misura: m. Precisione richiesta: 0.5%.

## P16 Giro della morte di un corpo rigido

Un oggetto sferico effettua un giro della morte su un supporto circolare di raggio  $R = 5.0 \text{ m}$ , come in figura. Il supporto è fissato al terreno e pertanto non può muoversi in alcun modo. L'oggetto viene lanciato alla base della circonferenza con una velocità iniziale di  $v_0 = 12 \text{ m/s}$  (in direzione tangenziale alla circonferenza e dunque orizzontale) e rotola senza strisciare sin dall'istante iniziale. L'oggetto ha simmetria sferica, massa  $M = 2.0 \text{ kg}$  e raggio  $r = 50 \text{ cm}$ , ma la sua densità non è uniforme. A causa di ciò, il suo momento di inerzia non è pari a quello di una sfera uniforme, bensì vale  $\beta Mr^2$ , dove  $\beta$  è un numero reale. Qual è il minimo valore di  $\beta$  che permette alla sfera di effettuare un giro della morte completo senza staccarsi dalla guida?



Unità di misura: adimensionale. Precisione richiesta: 0.5%.



## TAVOLA DI COSTANTI FISICHE

COSTANTE	SIMBOLO	VALORE
COSTANTI FISICHE PRIMARIE [VALORI ESATTI PER DEFINIZIONE]		
Velocità della luce nel vuoto	$c$	$2.997\,924\,58 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Carica elementare	$e$	$1.602\,176\,634 \times 10^{-19} \text{ C}$
Costante di Planck	$h$	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Costante di Boltzmann	$k_B$	$1.380\,649 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Numero di Avogadro	$N_A$	$6.022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
ALTRE COSTANTI FISICHE *		
Costante di gravitazione	$G$	$6.674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
Permeabilità magnetica del vuoto	$\mu_0$	$4\pi \cdot 1 \times 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$
Costante dielettrica del vuoto: $1/(\mu_0 c^2)$	$\epsilon_0$	$8.8542 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
Costante elettrostatica: $1/(4\pi\epsilon_0)$	$k_{es}$	$8.9876 \times 10^9 \text{ F}^{-1} \text{ m}$
Costante di Faraday: $N_A e$	$F$	$9.6485 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Costante di Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$5.6704 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
Raggio di Bohr	$a_0$	$0.529\,177\,72 \times 10^{-10} \text{ m}$
Massa del protone	$m_p$	$1.672\,62 \times 10^{-27} \text{ kg}$ $938.27 \text{ MeV}/c^2$
Massa del neutrone	$m_n$	$1.674\,93 \times 10^{-27} \text{ kg}$ $939.55 \text{ MeV}/c^2$
Massa dell'elettrone	$m_e$	$9.1094 \times 10^{-31} \text{ kg}$ $511.00 \text{ keV}/c^2$
Unità di massa atomica	$u$	$1.660\,54 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Costante universale dei gas	$R$	$8.314\,46 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
DATI CHE POSSONO ESSERE NECESSARI *		
Accelerazione di gravità al suolo	$g$	$9.806\,65 \text{ m s}^{-2}$
Massa della Terra	$M_{\oplus}$	$5.972 \times 10^{24} \text{ kg}$
Massa del Sole	$M_{\odot}$	$1.988 \times 10^{30} \text{ kg}$
Distanza media Terra-Sole	UA	$149.6 \times 10^9 \text{ m}$
Raggio terrestre	$R_{\oplus}$	$6.375 \times 10^6 \text{ m}$
Raggio del Sole	$R_{\odot}$	$6.957 \times 10^8 \text{ m}$
Pressione atmosferica standard	$p_0$	$1.013\,25 \times 10^5 \text{ Pa}$
Temperatura standard dell'acqua (0 °C)	$T_0$	$273.15 \text{ K}$
Densità dell'acqua (a 4 °C) <sup>†</sup>	$\rho_a$	$1.000 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
Calore specifico dell'acqua (a 20 °C) <sup>†</sup>	$c_a$	$4.182 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Calore di vaporizzazione dell'acqua (a 100 °C) <sup>†</sup>	$\lambda_v$	$2.257 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$
Densità del ghiaccio (a 0 °C) <sup>†</sup>	$\rho_g$	$0.917 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
Calore di fusione del ghiaccio	$\lambda_f$	$3.344 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

\* Valori arrotondati, da considerare esatti nella soluzione dei problemi.

<sup>†</sup> Salvo diversa indicazione, questi dati si potranno utilizzare anche ad altre temperature senza errori importanti.