

Associazione per l'Insegnamento della Fisica

Olimpiadi di FISICA

36^a edizione

2022



Gara Nazionale
Prova Teorica

Senigallia (AN)
Venerdì 22 aprile 2022

ISTRUZIONI:
Tempo: 4 ore

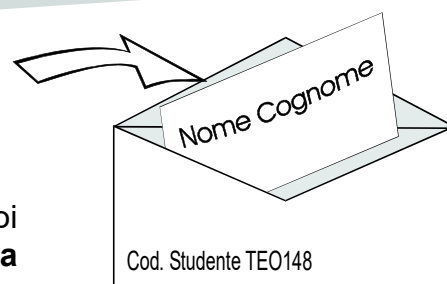
**Non sfogliare il fascicolo !
Aspetta che sia dato il via.**

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.

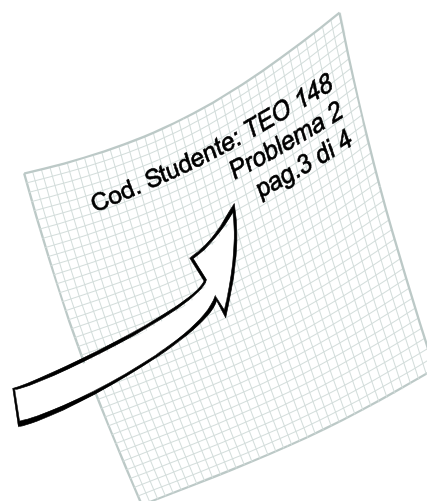
Scrivi chiaro il tuo **NOME e COGNOME** sul cartoncino, poi inserisci il cartoncino nella busta piccola e chiudila **senza incollare il lembo**; metti subito la busta piccola chiusa in quella grande che userai alla fine per consegnare tutti i fogli.

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

2. Leggi con cura i testi dei quattro problemi proposti.
3. E' assolutamente necessario, per non rischiare di essere penalizzati, **utilizzare un foglio diverso per ogni problema.**
4. Su ogni facciata scrivi chiaramente in alto a destra:
- il tuo **Codice Studente**
 - il **numero** del problema
 - il **numero di pagina** (a partire da 1 per ogni problema)
 - il **numero totale di pagine** usate per quel problema:
per esempio pag 3 di 7.



Cod. Studente TE0148



Le Olimpiadi di Fisica
sono organizzate dall'AIF
su mandato del



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE

La Gara Nazionale ha il sostegno di

Comune di
Senigallia

Liceo Statale "Medi"
Senigallia

TAVOLA DI COSTANTI FISICHE

COSTANTI FISICHE PRIMARIE [Valori esatti per definizione – (26.CGPM/16.11.2018)]			
COSTANTE	SIMB.	VALORE	UNITÀ
Velocità della luce nel vuoto	c	$2.997\,924\,58 \times 10^8$	m s^{-1}
Carica elementare	e	$1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$	C
Costante di Planck	h	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$	J s
Costante di Boltzmann	k	$1.380\,649 \times 10^{-23}$	J K^{-1}
Costante di Avogadro	N_A	$6.022\,140\,76 \times 10^{23}$	mol^{-1}
ALTRE COSTANTI FISICHE †			
Massa dell'elettrone	m_e	9.1094×10^{-31} $= 5.1100 \times 10^2$	kg $\text{keV } c^{-2}$
Massa del protone	m_p	1.67262×10^{-27} $= 9.3827 \times 10^2$	kg $\text{MeV } c^{-2}$
Massa del neutrone	m_n	1.67493×10^{-27} $= 9.3955 \times 10^2$	kg $\text{MeV } c^{-2}$
Permeabilità magnetica del vuoto	μ_0	$4\pi \times 10^{-7} = 1.25664 \times 10^{-6}$	H m^{-1}
Costante dielettrica del vuoto: $1/(\mu_0 c^2)$	ε_0	8.8542×10^{-12}	F m^{-1}
Costante elettrostatica: $1/(4\pi\varepsilon_0)$	k_{es}	$c^2 \times 10^{-7} = 8.9876 \times 10^9$	m F^{-1}
Costante universale dei gas: $N_A k$	R	8.3145	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Costante di Faraday: $N_A e$	F	9.6485×10^4	C mol^{-1}
Costante di Stefan-Boltzmann	σ	5.6704×10^{-8}	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Costante di gravitazione universale	G	6.674×10^{-11}	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$
Pressione atmosferica standard	p_0	1.01325×10^5	Pa
Temperatura standard (0 °C)	T_0	273.15	K
Volume molare di un gas perfetto in condizioni standard (p_0, T_0)	V_m	2.2414×10^{-2}	$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$
Unità di massa atomica	u	1.66054×10^{-27}	kg

TAVOLA DI DATI CHE POSSONO ESSERE NECESSARI †

Accelerazione di gravità (val. convenzionale)	g	9.80665	m s^{-2}
Densità dell'acqua (a 4 °C)*	ρ_a	1.00000×10^3	kg m^{-3}
Calore specifico dell'acqua (a 20 °C)*	c_a	4.182×10^3	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Densità del ghiaccio (a 0 °C)*	$\rho_{\text{g},0}$	0.917×10^3	kg m^{-3}
Calore di fusione del ghiaccio	λ_f	3.344×10^5	J kg^{-1}
Calore di vaporizzazione dell'acqua (a 100 °C)*	λ_v	2.257×10^6	J kg^{-1}

† Valori arrotondati, da considerare **esatti** nella soluzione delle prove delle Olimpiadi di Fisica.

* Salvo diversa indicazione esplicita, questi dati si potranno utilizzare anche ad altre temperature senza errori importanti.

LEGGI CON CALMA E MOLTA ATTENZIONE!

NON SCRIVERE il tuo nome su nessun foglio (ad esclusione del cartoncino che va chiuso nella busta piccola, come detto in copertina). Devi SCRIVERE solo il tuo **Codice Studente** (riportato sulla busta piccola colorata) su ciascun **Foglio Riassuntivo** e su ogni foglio a quadretti utilizzato.

Insieme ai testi, per ogni problema ti è stato consegnato un **Foglio Riassuntivo** sul quale dovrai riportare in modo sintetico le risposte ad ogni domanda; i valori numerici devono essere scritti con il corretto numero di cifre, in relazione ai dati forniti e – se necessario – con indicazione dell'unità di misura.

È ESSENZIALE che tutti i risultati (formali e numerici) che hai trovato per ciascun problema siano riportati sul corrispondente **Foglio Riassuntivo**, poiché questo costituisce la base della valutazione della tua prova.

Ricordati di usare un foglio a quadretti diverso per ogni problema e di scrivere per prima cosa, in alto a destra, il tuo **Codice Studente**!

Sui fogli a quadretti devono essere riportate le soluzioni dettagliate, cercando di limitare il testo scritto e di privilegiare invece equazioni, simboli, numeri e diagrammi.

Su ogni facciata dei fogli a quadretti con la soluzione di un problema va sempre scritto, in alto a destra, il numero del problema, il numero di pagina e il numero totale di pagine utilizzate per quel problema, come descritto in copertina.

Infine un utile consiglio: tieni presente che non sempre la soluzione di una domanda richiede di aver risolto le domande precedenti.

NOTA importante sui DATI NUMERICI: I dati numerici forniti nei singoli problemi, qualunque sia il numero di cifre con cui vengono scritti, si devono considerare noti con un'incertezza dello 0.1 %, salvo esplicita indicazione contraria. Le costanti fornite nella tabella generale si possono invece considerare note con incertezza trascurabile. Di conseguenza si scrivano i risultati numerici, quando richiesti, con un numero di cifre appropriato all'incertezza del risultato stesso.

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.

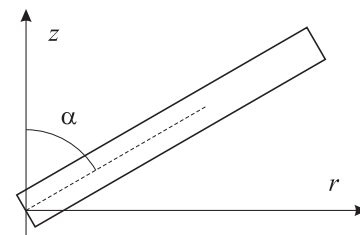


Un contagiri

Punti 100

Un tubo cilindrico di vetro, chiuso alle estremità, viene fatto ruotare uniformemente con velocità angolare ω attorno ad un asse verticale passante per una sua estremità, mantenendolo inclinato di un angolo costante α rispetto alla verticale.

Si adotti un sistema di riferimento rotante con il tubo e in questo un sistema di coordinate cilindriche con l'asse z coincidente con l'asse di rotazione e l'asse r orizzontale e giacente nel piano individuato dall'asse z e dall'asse del tubo, come in figura.



Una pallina di raggio molto minore del raggio del tubo viene inserita all'interno del tubo. In queste condizioni esiste un punto di equilibrio per la pallina, diverso da quelli banali agli estremi del tubo.

1. Esprimere la coordinata r_e del punto di equilibrio della pallina in funzione di ω e α e dire se si tratta di un punto di equilibrio stabile o instabile, giustificando la risposta.

Si vuole ora studiare l'equilibrio della pallina quando il tubo viene completamente riempito con un liquido di densità ρ . Per farlo si analizzerà prima la variazione di pressione idrostatica all'interno del tubo.

2. Scrivere, all'interno del liquido, la differenza di pressione tra due punti vicinissimi posti su una retta verticale, a distanza r dall'asse di rotazione, e alle quote rispettivamente z e $z + dz$.
3. Scrivere, all'interno del liquido, la differenza di pressione tra due punti vicinissimi posti su una retta perpendicolare all'asse di rotazione, alla quota z e a distanze rispettivamente r e $r + dr$ dall'asse di rotazione.

Sia ρ_p la densità della pallina e V il suo volume.

4. Posta la pallina nel tubo a distanza r dall'asse di rotazione, determinare, in funzione dei dati del problema, le componenti radiale e verticale della spinta idrostatica.
5. Sia $\rho < \rho_p$. Scrivere la coordinata r_A della posizione di equilibrio A della pallina e dire se si tratta di un punto di equilibrio stabile o instabile, giustificando la risposta.
6. Sia ora $\rho > \rho_p$. Scrivere la coordinata r_B della posizione di equilibrio B della pallina e dire se si tratta di un punto di equilibrio stabile o instabile, giustificando la risposta.
7. Rappresentare in un diagramma sul foglio risposte le due posizioni di equilibrio indicandole con A e B.
8. Un dispositivo di questo tipo può essere utilizzato come contagiri in cui la posizione della pallina è collegata alla frequenza di rotazione. Dire in quale dei due casi $\rho < \rho_p$ o $\rho > \rho_p$ il dispositivo è adatto allo scopo e determinare la minima frequenza di rotazione f che può essere misurata in funzione dei parametri del problema e della lunghezza L del tubo.

P² Pendolo elettrostatico

Punti 100

Una carica elettrica è uniformemente distribuita con densità $\lambda > 0$ su una semicirconferenza di centro O e raggio r , tenuta fissa su un piano verticale, come mostrato in figura.

Sia $\vec{E}(P)$ il campo elettrico dato dalla distribuzione di carica nel punto P del piano mostrato in figura e sia $\vec{E} = \vec{E}_{\parallel} + \vec{E}_{\perp}$, la decomposizione del campo in componenti parallela e ortogonale rispetto alla retta OP .

1. Si dimostri che, se P' è il punto simmetrico di P rispetto ad O , vale la relazione $\vec{E}_{\perp}(P') = \vec{E}_{\perp}(P)$.

Suggerimento per la domanda 1: si consideri la distribuzione di carica sulla semicirconferenza come costituita di due parti di cui una è simmetrica rispetto alla retta PP' .

Un pendolo è appeso ad un perno O che coincide con il centro della semicirconferenza. Il pendolo è formato da una piccola sfera di massa m che possiede una carica q_1 e un filo, inestensibile e di massa trascurabile, di lunghezza $\ell < r$, come mostrato in figura. Si può dimostrare che in tutti i punti posti sulla verticale passante per O , al di sopra del punto di appoggio della semicirconferenza, il campo elettrico è diretto verso l'alto.

2. Detto E_A il modulo del campo elettrico della distribuzione λ nel punto A dire per quali valori di q_1 , sia positivi che negativi, il pendolo può stare in equilibrio nel punto A .

Si vuole determinare la forza di richiamo quando il pendolo è spostato dalla posizione di equilibrio di un piccolo angolo $\varphi \ll 1$ (espresso in radianti) nel punto P : per chiarezza, in figura l'angolo φ ha un'ampiezza molto maggiore di quella reale.

3. Mostrare che, per $\varphi \ll 1$, il modulo della componente perpendicolare al filo del campo elettrico in P può essere espressa come $E_{\perp} = \alpha\varphi$, dove α è una costante e determinare l'espressione di tale costante.

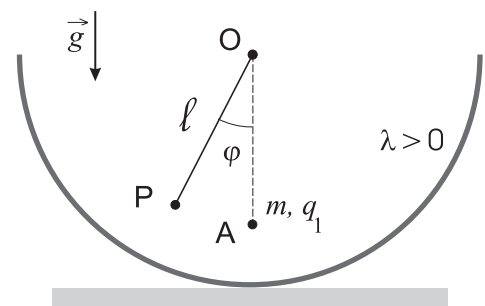
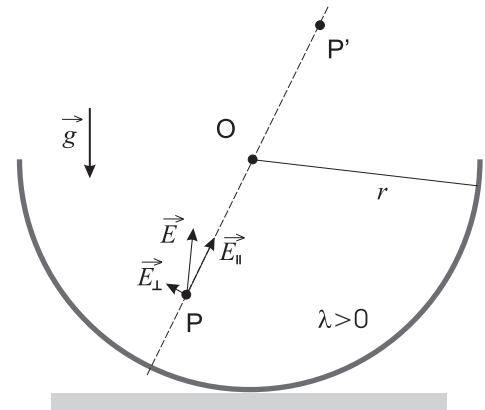
Nel seguito si scriva sempre il campo in termini di α senza sostituire l'espressione appena trovata.

4. Scrivere l'espressione della forza di richiamo che dà origine alle piccole oscillazioni.

In queste condizioni si misura il periodo e si trova un valore T_1 .

Successivamente si carica la sfera del pendolo con una carica q_2 di modulo doppio della precedente si osserva che anche in questo caso il pendolo oscilla attorno ad una posizione di equilibrio con un periodo $T_2 = T_1$.

5. Determinare la posizione del punto di equilibrio in questa nuova condizione e il segno della carica q_2 .
6. Scrivere, analogamente a prima, l'espressione della forza di richiamo che dà origine alle piccole oscillazioni intorno alla nuova posizione di equilibrio.
7. Determinare il valore del periodo T , nei due casi q_1 positiva o negativa, sapendo che il periodo delle oscillazioni armoniche del pendolo nel caso in cui la semicirconferenza non è carica vale $T_0 = 1$ s.



P3

Ciclo termodinamico

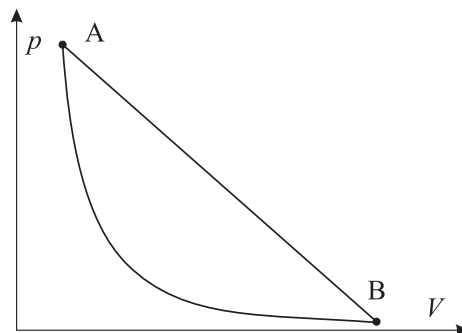
Punti 100

Un gas perfetto monoatomico esegue il ciclo termodinamico mostrato in figura. Tutte le trasformazioni sono quasistatiche. Inizialmente il sistema si trova nello stato A e subisce un'espansione rappresentata da un tratto rettilineo in un diagramma V, p , fino a raggiungere lo stato B. Da qui ritorna a quello iniziale mediante una compressione adiabatica.

Sono dati i seguenti valori:

$$V_A = 3 \text{ dm}^3, \quad p_A = 3.36 \text{ kPa}, \quad V_B = 24 \text{ dm}^3.$$

1. Si calcoli il valore di p_B .
2. Si ricavi l'equazione della retta che descrive la trasformazione lineare da A a B, scrivendola nella forma $p = mV + q$. Si calcolino i valori di m e di q .



Suggerimento: nel resto del problema conviene usare i parametri q e m senza sostituirli con le loro espressioni.

3. Si determinino volume e pressione negli stati in cui il sistema raggiunge la massima e la minima temperatura.
4. Nella trasformazione da A a B il sistema dapprima assorbe calore fino a uno stato intermedio Y e successivamente cede calore fino a B. Si ricavino V_Y e p_Y .
5. Si calcoli il rendimento di una macchina termica che esegue questo ciclo.
6. Si calcoli il rendimento che lo stesso sistema realizzerebbe se eseguisse un ciclo di Carnot a parità di temperature massima e minima.