



Associazione
per l'Insegnamento
della Fisica



Campionati di Fisica 2024

38^a edizione

Gara Nazionale - Prova teorica

Senigallia (AN) - venerdì 12 aprile 2024

ISTRUZIONI:

Tempo: 4 ore

**Leggi con attenzione
tutte le istruzioni**

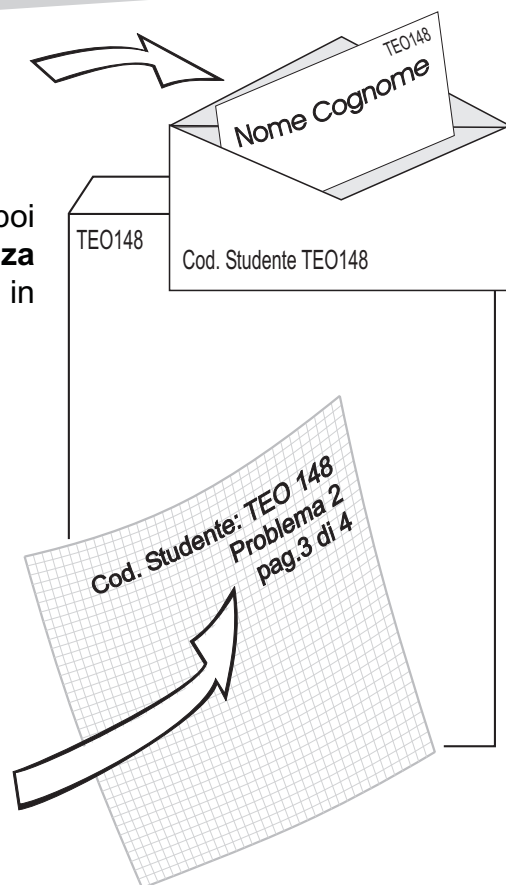
1. Appena ti verrà dato il via, controlla che il **Codice Studente** riportato sulla busta grande, sulla busta piccola e sul cartoncino sia lo stesso.

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 userai solo il tuo "Codice Studente" !

2. Leggi con cura i testi dei tre 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 4.



Prosegui a leggere anche dietro...

I Campionati di Fisica
sono organizzati dall'AIF
su mandato del



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE
E DEL MERITO

La Gara Nazionale ha il sostegno di

Comune di
Senigallia

Liceo Statale "Medi"
Senigallia

LEGGI CON CALMA E MOLTA ATTENZIONE !

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

Insieme ai testi, per ogni problema ti viene consegnato un **Foglio Riassuntivo** sul quale dovrai riportare in modo sintetico le risposte a ogni domanda; i **valori numerici** devono essere scritti secondo la **NOTA** riportata sotto.

È **ESSENZIALE** che tutti i risultati (formali e numerici) che hai trovato per ciascun problema siano riportati sul relativo **Foglio Riassuntivo**: 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 sulla SCRITTURA DEI RISULTATI NUMERICI:

Come nella prova di Secondo Livello, il **risultato numerico finale** - salvo indicazione diversa data nel testo - dovrà essere scritto, con l'opportuno arrotondamento,

sempre con TRE cifre significative,

seguito dall'unità di misura compresa nel S.I., quando dovuta.

a) Deve essere utilizzata la notazione scientifica, con la prima cifra diversa da zero prima del punto (o virgola) decimale e con la corretta potenza di 10; in alternativa si può usare la corrispondente notazione simbolica in uso in informatica.

Esempi:

$1/20 = 0.05$ deve essere scritto come 5.00×10^{-2} (oppure, in notazione simbolica, 5.00E-2)
 $-6344.84...$ deve essere scritto come -6.34×10^3 (oppure -6.34E3)

b) Casi particolari: se il valore numerico cade nell'intervallo [0.100– 999], ovvero quando l'esponente del 10 è compreso tra -1 e 2, la potenza di 10 può essere omessa.

Esempi:

$1/\sqrt{2} = 0.707106...$ si può scrivere **0.707** invece che 7.07×10^{-1}
 $-\pi/2 = -1.5707963...$ si può scrivere **-1.57** invece che -1.57×10^0
 $84.174563...$ si può scrivere **84.2** invece che 8.42×10^1
 $400/3 = 133.333...$ si può scrivere **133** invece che 1.33×10^2

- Costanti e dati numerici non inseriti nei testi: **utilizzare quelli riportati nella Tavola a pag. 6.**
- Se fosse necessario trascrivere a mano un risultato numerico intermedio, si consiglia di conservare i valori trovati, senza troncarli o arrotondarli a poche cifre.

FORMULE UTILI DI MATEMATICA

Per $x \ll 1$ si possono utilizzare queste approssimazioni (*):

[A1] $(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x$

[A2] $\sin x \approx x$; [A3] $\operatorname{tg} x \approx x$; [A4] $\cos x \approx 1 - \frac{1}{2}x^2$

[A5] $e^x \approx 1 + x$; [A6] $\ln(1+x) \approx x$

(*) Se x è un angolo, deve essere espresso in radianti.



Associazione
per l'Insegnamento
della Fisica



Campionati di Fisica 2024

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

38^a edizione

Gara nazionale teorica - TESTI dei PROBLEMI

venerdì 12 aprile 2024

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: $1/(4\pi\epsilon_0)$	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 [†]

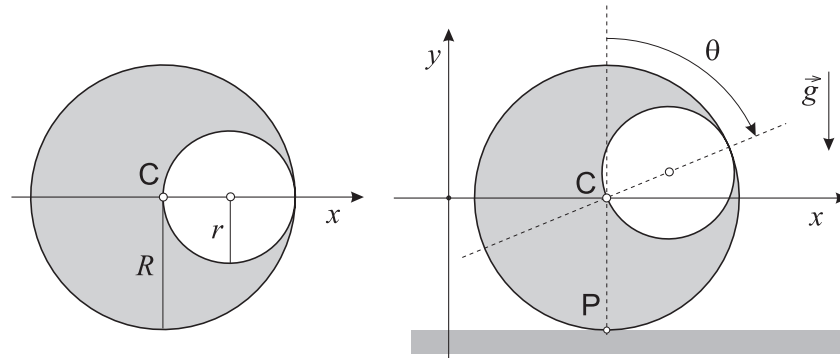
Accelerazione di gravità (val. convenzionale)	g	9.80665	m s^{-2}
Densità dell'acqua (a 4 °C)*	ρ_a	1.00000×10^3	kg m^{-3}
Calore specifico dell'acqua (a 20 °C)*	c_a	4.182×10^3	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Densità del ghiaccio (a 0 °C)*	$\rho_{g,0}$	0.917×10^3	kg m^{-3}
Calore di fusione del ghiaccio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

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

Un disco sottile omogeneo ha raggio R ; in esso viene praticato un foro circolare di raggio $r = R/2$ il cui centro è a distanza $R/2$ dal centro C del disco (v. figura a sinistra); sia M la massa dell'oggetto così ottenuto.

1. Determinare la posizione del centro di massa dell'oggetto (che sarà indicato come CdM), mostrando che la distanza del CdM dal centro del disco C è $d = R/6$.



Prima parte. L'oggetto viene appoggiato verticalmente sul suo bordo, sopra un piano orizzontale. La sua disposizione è descritta dalla coordinata x del centro C e dall'angolo orientato θ tra la verticale passante per C e la congiungente dei due centri, come mostrato in figura a destra.

Quando l'oggetto si muove, rotola sempre senza strisciare rimanendo nello stesso piano verticale.

2. Trovare le posizioni di equilibrio dell'oggetto e dire quali sono di equilibrio stabile e quali di equilibrio instabile, giustificando la risposta.
3. Dimostrare che il momento d'inerzia dell'oggetto rispetto al punto di appoggio, quando è in equilibrio stabile, è pari a $(29/24) MR^2$.

L'oggetto viene disposto in $x = 0$ con $\theta = 0$ e successivamente ruotato verso destra fino all'angolo $0 < \theta_0 \ll 1$. Lasciato libero, si muove e inizia a oscillare.

4. Mostrare che, ponendo nulla l'energia potenziale gravitazionale nella posizione di equilibrio stabile, l'energia totale è formalmente uguale a quella di un oggetto di massa μ fissato a una molla di costante elastica k e quindi si può scrivere come

$$E = \frac{1}{2} \mu \omega^2 + \frac{1}{2} k \theta^2$$

con $\omega = d\theta/dt$ e μ e k funzioni dei parametri del problema.

Nota: in generale il momento di inerzia rispetto al punto di contatto dipende dall'angolo θ ; tuttavia, per queste piccole oscillazioni, si può ritenere costante.

5. Scrivere la legge oraria del moto per la coordinata θ ed esplicitare l'espressione del periodo del moto.

Seconda parte. Si supponga adesso che il disco si muova di puro rotolamento in modo che la velocità \vec{v} del centro C sia costante. Per ottenere questo moto si applica una forza orizzontale $\vec{F}(t)$ nel punto C ; sia $\theta = 0$ al tempo $t = 0$.

6. Mostrare che il momento angolare rispetto al punto C , in funzione del tempo, nel riferimento inerziale solidale al punto C , è costante.
7. Determinare, in funzione del tempo e in termini dei dati del problema, l'espressione della forza di attrito $\vec{A}(t)$, della reazione normale del piano $\vec{N}(t)$ e di $\vec{F}(t)$.
8. Trovare la condizione sulla velocità v tale per cui l'oggetto non si stacca dal piano orizzontale, indicando con v^* la velocità limite.
9. Qual è il minimo valore che deve avere il coefficiente di attrito statico affinché il moto sia sempre di puro rotolamento?

Questo problema si ispira alla misura del coefficiente γ , rapporto tra i calori specifici di un gas a pressione e a volume costante, con una tecnica messa a punto da Rüchardt, basata su misure di tempo, più precise delle misure calorimetriche.

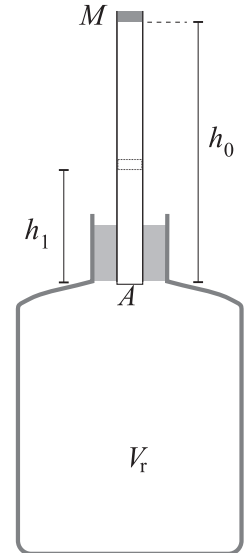
Di questa tecnica saranno analizzate le modalità e alcune criticità, facendo riferimento all'aria, trattata come un gas perfetto biatomico, di massa molare $m = 29 \text{ g mol}^{-1}$, mentre il valore di γ si supporrà noto e pari a $7/5$.

Un recipiente di vetro a tenuta è munito di un sottile cilindro cavo di vetro; siano $h_0 = 50 \text{ cm}$ l'altezza del cilindro, $A = 2.0 \text{ cm}^2$ la sua sezione e $V_r = 1.0 \text{ L}$ il volume del recipiente. Esso è riempito di aria alla pressione atmosferica $p_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ e alla temperatura $T_0 = 273 \text{ K}$, pari a quella dell'ambiente. Un pistone di massa $M = 60.0 \text{ g}$ è attentamente inserito a tenuta nel cilindro. Si indichi con V_0 il volume totale iniziale dell'aria contenuta nel recipiente pari al volume del recipiente più quello della parte chiusa del cilindro, $V_0 = V_r + Ah_0$.

In prima approssimazione si supponga che siano trascurabili sia la capacità termica delle pareti del recipiente e del pistone sia l'attrito tra il recipiente e il pistone.

Il pistone viene lasciato scendere e compie delle oscillazioni smorzate attorno a una posizione di equilibrio h_1 ; analogamente la pressione oscilla attorno a un valore di equilibrio p_1 .

In questa prima fase si calcolerà la posizione di equilibrio h_1 sotto l'ipotesi che non vi sia flusso di calore tra l'aria intrappolata e l'ambiente esterno. In questo caso l'ambiente esterno compie lavoro soltanto su tale volume.



1. A equilibrio raggiunto, quanto vale la pressione p_1 dell'aria contenuta nel recipiente?
2. Verificare che la temperatura dell'aria contenuta nel recipiente vale $T_1 = 275 \text{ K}$ e l'altezza vale $h_1 = 38.9 \text{ cm}$, utilizzando come un dato la pressione p_1 trovata sopra.

Successivamente, il pistone viene leggermente spostato e inizia a compiere piccole oscillazioni; per un breve intervallo di tempo le oscillazioni si possono considerare quasistatiche e si possono trascurare sia lo smorzamento dovuto all'attrito che gli scambi di calore con l'esterno.

3. Quanto vale il periodo τ di queste oscillazioni?

Si analizzano ora due criticità che diventano rilevanti a tempi molto lunghi. La prima è l'effetto della conducibilità residua delle pareti del cilindro. A causa di questo effetto, il pistone si sposta in una nuova posizione di equilibrio h_2 .

4. Quanto valgono la temperatura T_2 dell'aria contenuta nel recipiente e l'altezza h_2 ? Qual è il nuovo valore del periodo τ' di eventuali nuove piccole oscillazioni?

La seconda criticità è la non perfetta tenuta del pistone. Si schematizzi la situazione considerando che la differenza tra la sezione del cilindro e la sezione del pistone sia $A_i = 10^{-4}A$. Per questo motivo il pistone non rimane in equilibrio, ma continua a scendere con una velocità v che si può ritenere costante. Si può ipotizzare che il processo avvenga così lentamente che l'aria contenuta nel recipiente sia in equilibrio termico con l'ambiente circostante per tutta la durata del processo. Si trascurino gli urti tra le molecole.

5. Nell'ipotesi che $|v| \ll \langle u \rangle$ dove $\langle u \rangle$ è il valor medio di ciascuna componente della velocità delle molecole d'aria, qual è il valore di $|v|$? Qual è il valore dell'abbassamento del pistone nel periodo τ di una oscillazione?

Suggerimento: ricordare che per una particella di aria a temperatura T , la media di una delle componenti della

velocità è data da $\langle u \rangle = \sqrt{\frac{2RT}{\pi m}}$.

L'energia magnetica E_m associata a un circuito costituito da una maglia percorsa da corrente si può esprimere in termini di un parametro detto "coefficiente di autoinduzione" L , dato dal rapporto tra il flusso del campo magnetico $\Phi(\vec{B})$, concatenato alla maglia stessa, e la corrente i che scorre nel circuito. L dipende solo dalla geometria del circuito e del mezzo in cui è posto il circuito.

In un circuito alimentato da un generatore di corrente costante, ogni variazione di L determina una variazione di energia magnetica ΔE_m , a spese del generatore che alimenta il circuito.

1. Mostrare che il lavoro compiuto dal generatore è dato da $2 \Delta E_m$ più l'energia dissipata per effetto Joule.

Si consideri ora un circuito in cui è presente un conduttore elettrico rettilineo di lunghezza ℓ , a sezione circolare di raggio $R \ll \ell$ che presenta una cavità cilindrica di raggio r il cui asse è parallelo all'asse del conduttore e distante d da questo, come mostrato in Fig. 1.

Il circuito è chiuso a grande distanza dalla regione oggetto di studio e un generatore mantiene costante la corrente i che scorre nel conduttore; la densità di corrente j è uniforme in ogni sezione del conduttore.

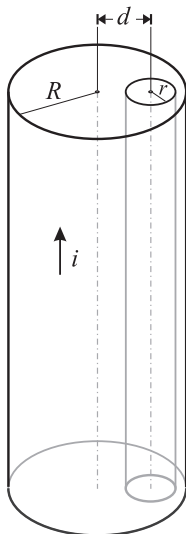


Fig. 1

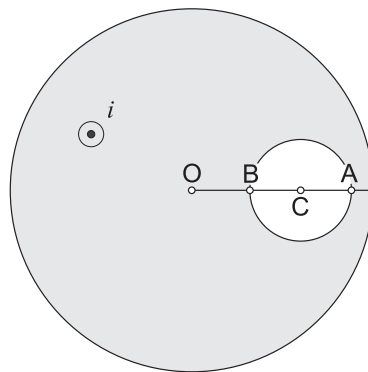


Fig. 2

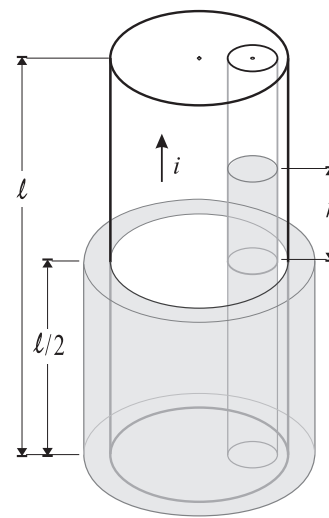


Fig. 3

2. Trovare modulo, direzione e verso del campo magnetico \vec{B} nei punti A, B e C indicati nella Fig. 2.
3. Dimostrare che il campo magnetico nella regione della cavità è uniforme.

Il conduttore viene immerso verticalmente, per metà della sua lunghezza, in un grande recipiente che contiene un liquido paramagnetico di permeabilità magnetica μ e densità ρ ; una membrana porosa per l'aria, posta a metà della cavità, mantiene il liquido alla stessa altezza di quello esterno. Sia questo lo stato iniziale del sistema.

Si osserva che, rimossa la membrana, il liquido risale fino a un'altezza che, all'equilibrio, supera di un tratto h il livello del liquido fuori dal cilindro, come in Fig. 3.

4. Determinare l'energia magnetica presente nella cavità del conduttore, in funzione di h .
5. Esprimere, in funzione di h , il lavoro aggiuntivo fatto dal generatore, a causa della variazione di configurazione del sistema.
6. Determinare l'espressione di h .



Materiale elaborato dal Gruppo
PROGETTO OLIFIS
 Segreteria dei Campionati Italiani 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.