

Associazione per l'Insegnamento
della Fisica

PROGETTO **AI F**
OLIMPIADI

Olifis2010

GARA NAZIONALE
Prova Teorica

PROBLEMA n. 1 – Viaggio in galleria

90 Punti

Per favorire la velocità degli spostamenti, un progettista molto fantasioso pensa di scavare una lunga galleria, perfettamente rettilinea che congiunge due località situate su meridiani opposti, alla stessa latitudine $\varphi = 60^\circ$; le pareti della galleria saranno prive di attrito e nella cavità sarà fatto il vuoto, cosicché – per la conservazione dell'energia – una capsula lasciata “cadere” da ferma ad un'estremità, raggiungerà l'altra estremità della galleria senza utilizzare alcun motore.

Inizialmente si schematizzi la Terra come una sfera omogenea; sfruttando l'analogia formale con il campo elettrostatico di una distribuzione uniforme di carica negativa, è facile determinare l'andamento del campo e quindi l'energia potenziale (gravitazionale) in tutti i punti interni alla Terra.

1. Determinare l'espressione del campo gravitazionale nei punti interni della Terra, sapendo che sulla superficie il modulo del campo vale g_0 (accelerazione di gravità standard).
2. Quanto tempo dura il viaggio secondo il progettista che ha trascurato il fatto che la Terra ruota su se stessa?
3. Qual è la massima velocità raggiunta dalla capsula?
4. Di quanto varia la durata del viaggio, tenuto conto della rotazione terrestre?

Poiché l'attrito non è mai totalmente eliminabile si stima che in un viaggio si perda l'1 % dell'energia potenziale in gioco, ovvero della differenza tra energia potenziale massima e minima lungo il percorso.

5. A che distanza dalla stazione di arrivo si fermerà la capsula?
6. Se non intervenisse un adeguato motore per riportare la capsula al punto di partenza, dopo quanti viaggi l'ampiezza dell'oscillazione sarebbe ridotta a metà?
7. Se si tiene conto del fatto che la distribuzione di massa della Terra non è omogenea, e si pensa ad un modello ancora semplificato in cui il nucleo centrale sferico ha una densità uniforme maggiore di quella del mantello esterno, la durata del viaggio sarà maggiore, minore o uguale a quella calcolata sopra e il tipo di moto sarà lo stesso di prima o no? (E richiesta una risposta qualitativa).

Suggerimento per la domanda 6: Se la variazione in un singolo viaggio è piccola, si può assumere – come ipotesi di lavoro – che la perdita di energia meccanica nel tempo sia continua ed uniforme, cioè che la potenza istantanea delle forze dissipative sia pari a quella media in un viaggio.

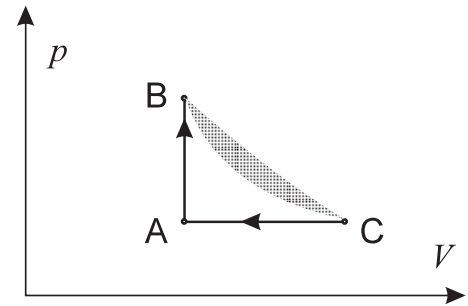
PROBLEMA n. 2 – Ciclo termodinamico

90 Punti

Una mole di gas perfetto biatomico esegue un ciclo termodinamico composto da un riscaldamento isocoro reversibile, un'espansione adiabatica irreversibile e una compressione isobara, pure reversibile.

- Nello stato iniziale **A** la temperatura del gas è $T_A = 290\text{ K}$.
- Per portarsi allo stato **B**, il gas viene riscaldato fino alla temperatura $T_B > T_A$; il volume del gas viene mantenuto costante.
- Dallo stato **B** il gas viene fatto espandere rapidamente senza scambio di calore fino allo stato **C** in cui il volume del gas è $V_C = 2V_A$ e la pressione è $p_C = p_A$.
- Il ciclo viene chiuso raffreddando il gas in modo da riportarlo alla temperatura iniziale T_A mentre la pressione del gas resta costante.

Mentre il volume del gas nello stato **B** è fissato, la sua temperatura può essere scelta a piacere, purché sia più alta di T_A .



1. Calcolare la temperatura dello stato **C** e la quantità totale di calore che il gas cede alle sorgenti per realizzare la trasformazione $C \rightarrow A$.
2. Calcolare l'intervallo entro cui può essere scelto il valore della temperatura dello stato **B**, T_B , in modo tale che il ciclo possa essere realizzato fisicamente.

Al variare della temperatura T_B nell'intervallo trovato sopra, si osserva che l'energia scambiata sotto forma di lavoro tra il gas e l'ambiente cambia segno; si dirà che il ciclo ha carattere **termico** se il gas fa lavoro sull'ambiente mentre al contrario ha carattere **frigorifero**.

3. Determinare per quali valori della temperatura di **B** il ciclo è di tipo frigorifero e per quali si tratta di un ciclo termico.
4. Determinare come variano il rendimento del ciclo termico e l'efficienza frigorifera (definita come rapporto $Q_1/|L|$ dove Q_1 è il calore effettivamente assorbito ed L il lavoro utilizzato nel ciclo) nell'intervallo di temperature di **B** trovate. Tracciare due grafici che mostrano l'andamento delle funzioni così ottenute, in funzione di T_B , dopo averne calcolato i valori estremi.

Nota. Con riferimento alla domanda 2 si richiamano le definizioni di energia interna e di entropia:

- a) L'energia interna U di un gas perfetto è una variabile di stato la cui variazione è definita da

$$\Delta U = Q - L$$

dove Q ed L indicano, rispettivamente, il calore assorbito e il lavoro compiuto sull'esterno.

- b) L'entropia S di un gas perfetto è una variabile di stato per cui vale la relazione

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_f}{V_i} + n c_V \ln \frac{T_f}{T_i}$$

dove i ed f indicano lo stato iniziale e lo stato finale di una trasformazione qualsiasi effettuata dal gas e c_V il calore molare a volume costante.

PROBLEMA n. 3 – Esplorando il fondo

50 Punti

La profondità di una grande vasca è la stessa in ogni punto e vale L . L'acqua è calma e limpida.

Dal punto O , posto a pelo dell'acqua, si osserva un punto A del fondo della vasca, che dista x dalla verticale passante per O .

Suggerimento: Si consideri che i raggi luminosi, partendo dal punto A e arrivando in O , formano uno stretto fascio divergente di apertura angolare α .

1. Determinare, in funzione di L , x ed n (indice di rifrazione dell'acqua), la profondità ℓ dell'immagine virtuale del punto A , nel piano verticale passante per A e per O .
2. Determinare, al variare di x , i valori ℓ_{\min} e ℓ_{\max} .
3. Determinare l'area della superficie complessiva del fondo della vasca che è possibile osservare dal punto O .

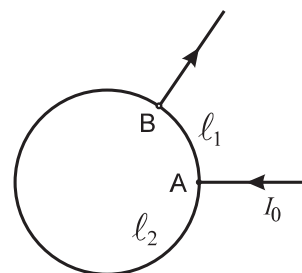
PROBLEMA n. 4 – Correnti in un anello

70 Punti

Un filo di costantana lungo $L = 100$ cm è piegato in modo da formare un anello circolare. Un filo conduttore rettilineo viene fissato nel punto A dell'anello (v. figura) e un secondo filo uguale al primo è collegato all'anello tramite un contatto scorrevole (punto B), in modo che la sua direzione si mantenga sempre radiale; tutti i fili giacciono nello stesso piano.

Siano ℓ_1 ed ℓ_2 le lunghezze dei due archi compresi tra i punti A e B e sia $x = \ell_1/L$ un parametro adimensionale che definisce la posizione del punto B .

I due fili rettilinei vengono collegati (a grande distanza) ad un generatore di corrente $I_0 = 250$ mA e si misura la d.d.p. tra i punti A e B ; si trova che il massimo di tale d.d.p. al variare di x è $V_0 = 100$ mV.



1. Determinare lo spessore (diametro della sezione) del filo di costantana.
2. Tracciare il grafico della d.d.p. V misurata tra A e B in funzione di x .
3. Tracciare il grafico della potenza dissipata per effetto Joule nell'arco di lunghezza ℓ_1 , in funzione di x , e determinarne il valore massimo, individuando la posizione del punto B .
4. Tracciare il grafico del modulo del campo magnetico \vec{B} al centro dell'anello, in funzione di x .

Il secondo filo rettilineo applicato al contatto mobile B viene ora disposto perpendicolarmente al piano dell'anello e del primo filo.

5. Rispondere alle domande precedenti nella nuova situazione.

Materiale prodotto dal gruppo



PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica

presso Liceo Scientifico "U. Morin", MESTRE (VE)

fax: 041.584.1272

e-mail: olifis@libero.it

ALCUNE COSTANTI FISICHE (*)

COSTANTE	SIMBOLO	VALORE	UNITÀ
Velocità della luce nel vuoto	c	3.00×10^8	m s^{-1}
Carica elementare	e	1.602×10^{-19}	C
Massa dell'elettrone	m_e	9.11×10^{-31} $= 5.11 \times 10^{-2}$	kg $\text{keV } c^{-2}$
Costante dielettrica del vuoto	ε_0	8.85×10^{-12}	F m^{-1}
Permeabilità magnetica del vuoto	μ_0	1.257×10^{-6}	H m^{-1}
Massa del protone	m_p	1.673×10^{-27} $= 9.38 \times 10^2$	kg $\text{MeV } c^{-2}$
Costante di Planck	h	6.63×10^{-34}	J s
Costante universale dei gas	R	8.31	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Numero di Avogadro	N	6.02×10^{23}	mol^{-1}
Costante di Boltzmann	k	1.381×10^{-23}	J K^{-1}
Costante di Faraday	F	9.65×10^4	C mol^{-1}
Costante di Stefan-Boltzmann	σ	5.67×10^{-8}	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Costante gravitazionale	G	6.67×10^{-11}	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$
Accelerazione di gravità standard	g_0	9.81	m s^{-2}
Pressione atmosferica standard	p_0	1.013×10^5	Pa
Temperatura standard (0°C)	T_0	273	K
Volume molare di un gas perfetto in condizioni standard (p_0, T_0)	V_m	2.24×10^{-2}	$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$
Unità di massa atomica	u	1.661×10^{-27}	kg

ALTRI DATI CHE POSSONO ESSERE NECESSARI (*)

Raggio terrestre	R_T	6.38×10^3	km
Densità dell'acqua	d_a	1.00×10^3	kg m^{-3}
Calore specifico dell'acqua	c_a	4.19×10^3	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Calore di fusione dell'acqua	λ_f	3.34×10^5	J kg^{-1}
Calore di vaporizzazione dell'acqua (a 100°C)	λ_v	2.26×10^6	J kg^{-1}
Calore specifico del ghiaccio (a 0°C)	c_g	2.11×10^3	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Resistività della costantana	ρ	4.90×10^{-7}	Ωm

(*) Valori arrotondati, con errore relativo minore di 10^{-3}

— — — — — ■ — — — — —