Associazione per l'Insegnamento della Fisica

PROGETTO AIF OLIMPIADI

OLIMPIADI 2000 di FISICA

Gara Nazionale
Senigallia (AN)
13-14 Aprile 2000

Non sfogliare questo fascicolo finché l'insegnante non ti dica di farlo. Leggi ATTENTAMENTE le istruzioni!

Prova teorica
Venerdì 14 Aprile 2000
ore 9:00

ISTRUZIONI

1. Leggi con cura i testi dei quattro problemi proposti. Ai fini della valutazione della gara puoi risolvere tre problemi a tua scelta. Se decidi di presentare la soluzione di tutti quattro i problemi o di una loro parte puoi farlo, ma al fine della formazione della graduatoria si terrà conto solamente delle tre soluzioni che avranno conseguito i punteggi più alti.
2. Utilizza un foglio diverso per ciascun problema.
3. Su ogni foglio riporta il tuo nome e cognome in alto a sinistra.
4. Su ogni pagina (facciata) scrivi chiaramente in alto a destra:
   - Il numero del problema
   - La numerazione delle pagine a partire da 1 per ogni problema
   - Il numero totale di pagine usate per quel problema.

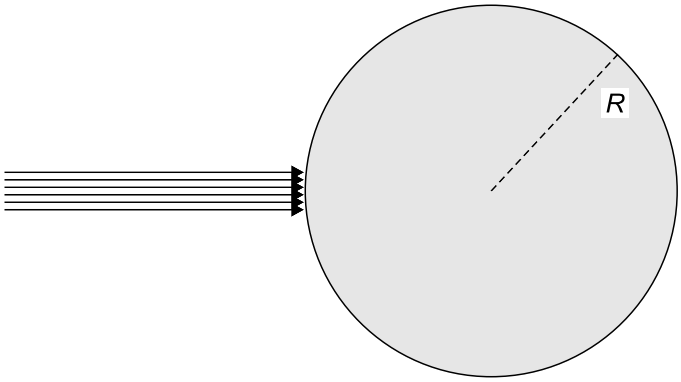
Esempio *Problema n. 3 Pag. 2 di 4*

Tempo disponibile: 4^h

Problema 1 Tre in uno! 100 Punti

A Una sfera trasparente 30 Punti

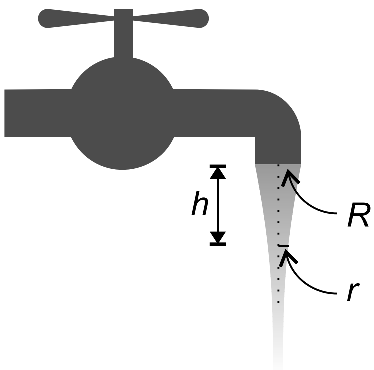
Un sottile fascio di raggi luminosi paralleli incide su una sfera trasparente di raggio R e indice di rifrazione n lungo la direzione di un diametro, come mostrato in figura. I raggi vengono focalizzati dalla sfera in uno stesso punto che può essere interno o esterno alla sfera stessa.



- Trovare per quali valori dell'indice di rifrazione n il fascio viene focalizzato esternamente alla sfera.

B Un flusso continuo d'acqua 35 Punti

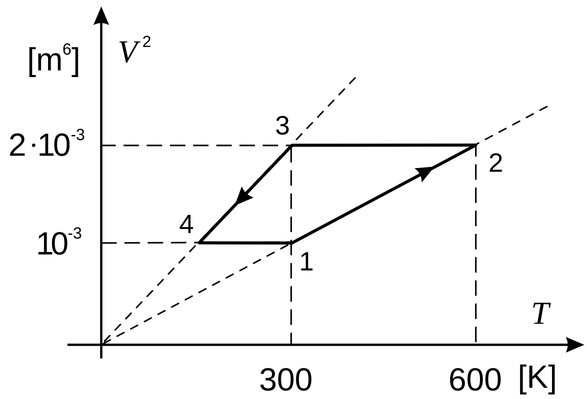
Da un rubinetto a sezione circolare di raggio R scende un flusso continuo d'acqua con velocità iniziale v_0. Il moto del liquido è stazionario ed è trascurabile sia l'attrito interno sia l'attrito con l'aria. La figura schematizza questa situazione.



- Trovare la relazione $r = r(h, v_0)$ tra il raggio r del flusso d'acqua e la distanza h dal bordo del rubinetto e la velocità iniziale v_0.

C Una trasformazione termodinamica 35 Punti

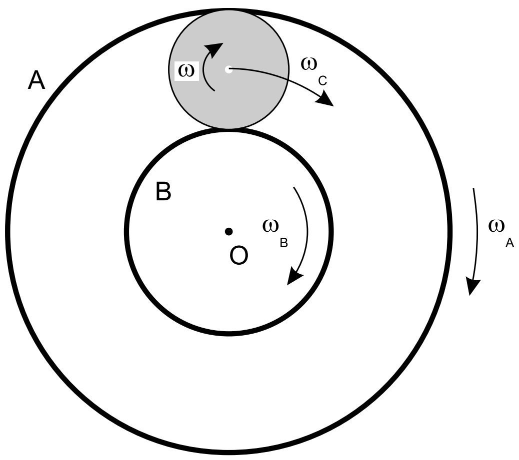
Una mole di un gas perfetto biatomico subisce una trasformazione ciclica reversibile descritta nel piano $T - V^2$ nel verso indicato in figura ed a partire dal punto 1.



- Dopo aver rappresentato la stessa trasformazione nel piano $V - p$, calcolare il lavoro compiuto dal gas in un ciclo ed il rendimento del ciclo stesso.

Problema 2 Un cilindro tra due superfici 100 Punti

Un cilindro di massa $m_0 = 40\,\mathrm{g}$ e raggio $r = 2.0\,\mathrm{cm}$ ruota senza scivolare tra due superfici cilindriche A e B di raggio uno doppio dell'altro ($R_\mathrm{A} = 2\,R_\mathrm{B}$) e massa $M_\mathrm{A} = 5\,m_0$ e $M_\mathrm{B} = 3\,m_0$, come mostrato in figura (le frecce indicano i versi positivi delle velocità angolari).



Le superfici A e B ed il cilindro ruotano rispettivamente con velocità angolare ω_A, ω_B ed ω_C intorno all'asse perpendicolare al piano della figura e passante per O. Si indichi con ω la velocità angolare del cilindro rispetto al proprio asse di simmetria.

1. Dopo aver espresso R_A ed R_B in funzione di r, determinare le espressioni di ω ed ω_C in funzione di ω_A ed ω_B.

La superficie B ruota in senso orario con velocità angolare pari a tre giri al secondo.

2. Nel caso che la superficie A venga mantenuta ferma, determinare il periodo di rotazione T del centro di massa del cilindro intorno ad O.

3. Nel caso che il cilindro non ruoti intorno al proprio asse di simmetria, determinare la velocità del centro di massa del cilindro.

4. Nel caso che il centro di massa del cilindro rimanga immobile, determinare la velocità angolare della superficie A e del cilindro.

5. Calcolare, in questa situazione, l'energia cinetica del sistema.

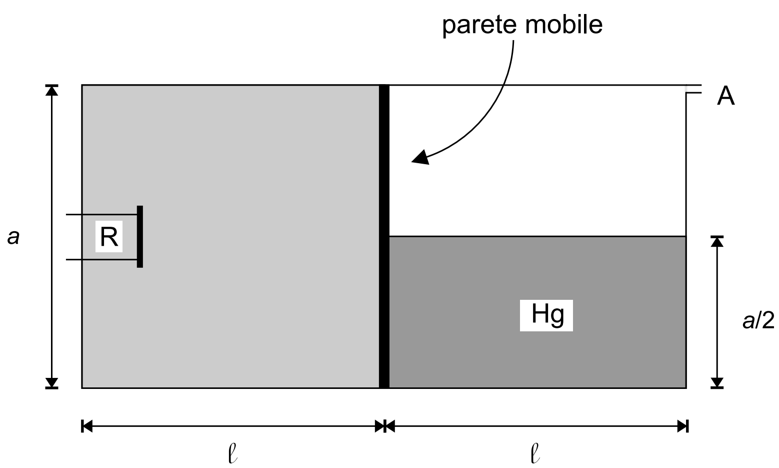
Si supponga che ad un certo istante a causa di un leggerissimo[♣] disassamento della superficie interna (B) il cilindro resti improvvisamente incastrato tra le due superfici e contemporaneamente un meccanismo di protezione disconnetta le superfici A e B dal motore che imponeva loro la velocità angolare precedente.

6. Descrivere - anche quantitativamente - il successivo moto del sistema.

♣ Per "leggerissimo" si vuole intendere che il momento d'inerzia del cilindro resta sostanzialmente invariato.

Problema 3 — Fuoriuscita di mercurio — 100 Punti

Una parete mobile di massa e spessore trascurabili può scorrere, senza attrito ed in modo da rimanere sempre in verticale, all'interno di un recipiente con sezione laterale di forma quadrata. Il recipiente e la parete mobile sono costruiti con un materiale termicamente isolante.



La parte sinistra del recipiente è riempita con un gas perfetto monoatomico; mentre la parte destra contiene per metà del mercurio ed è in comunicazione con l'ambiente esterno alla pressione atmosferica attraverso la fessura A.

1. Dopo aver dimostrato che la pressione media esercitata dal mercurio sulla parete mobile è uguale a quella esercitata dal mercurio a metà della propria altezza, determinare la pressione p_0 del gas.

2. Ricavare, nel caso di un aumento del volume del gas, la relazione $p = p(V)$ esistente tra la pressione del gas ed il suo volume.

Il gas viene riscaldato attraverso la resistenza R mostrata in figura ed il conseguente spostamento della parete mobile provoca la fuoriuscita di tutto il mercurio attraverso la fessura A.

3. Determinare la temperatura del gas quando la parete mobile è arrivata in fondo al recipiente.

4. Determinare il lavoro compiuto dal gas.

5. Determinare il calore fornito al gas.

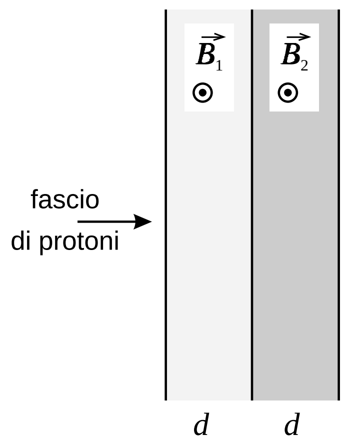
Dati del problema:

- ⋄ dimensioni del recipiente $a = 4.00\,\mathrm{cm}$, $\ell = 5.00\,\mathrm{cm}$
- ⋄ temperatura iniziale del gas $t_0 = 27.0°\mathrm{C}$
- ⋄ pressione atmosferica $p_{\mathrm{atm}} = 101.3\,\mathrm{kPa}$
- ⋄ densità del mercurio $\rho = 13.6 \times 10^3\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$

Nota: può essere utile ricordare che $\displaystyle\int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{(1-t)^2}\,dt = \frac{1}{1-x_2} - \frac{1}{1-x_1}$.

Problema 4 — Particelle in campi magnetici — 100 Punti

Un fascio di protoni entra dapprima in una regione di larghezza $d = 4.0 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}$ dove esiste un campo uniforme di induzione magnetica di modulo $B_1 = 0.20\,\mathrm{T}$ e, di seguito, in una regione, di larghezza uguale alla precedente, dove esiste un campo uniforme di induzione magnetica di modulo $B_2 = 2B_1$, come mostrato in figura. I due vettori $\vec{B}$ sono paralleli fra loro ed equiversi. La velocità iniziale dei protoni è perpendicolare sia alle linee di $\vec{B}$ sia alla superficie che limita la regione dove esistono i campi ed è stata ottenuta da una d.d.p. acceleratrice V_0.



1. Quanto deve valere V_0 affinché il fascio superi la prima regione?

2. Quanto deve valere V_0 affinché il fascio superi anche la seconda regione?

3. Quanto deve valere V_0 nel caso che il fascio, superate le due regioni, risulti deviato di $60°$ rispetto alla direzione iniziale?

Alcune costanti fisiche

COSTANTE	SIMBOLO	VALORE	UNITÀ
Velocità della luce nel vuoto	c	3.00×10^{8}	$\mathrm{m\,s^{-1}}$
Carica elementare	e	1.60×10^{-19}	C
Massa dell'elettrone	m_{e}	9.11×10^{-31}	kg
		5.11×10^{2}	$\mathrm{keV}\,c^{-2}$
Costante dielettrica del vuoto	ε_0	8.85×10^{-12}	$\mathrm{F\,m^{-1}}$
Permeabilità magnetica del vuoto	μ_0	1.26×10^{-6}	$\mathrm{H\,m^{-1}}$
Massa del protone	m_{p}	1.67×10^{-27}	kg
		9.38×10^{2}	$\mathrm{MeV}\,c^{-2}$
Costante di Planck	h	6.63×10^{-34}	$\mathrm{J\,s}$
Costante universale dei gas	R	8.31	$\mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}$
Numero di Avogadro	N	6.02×10^{23}	$\mathrm{mol^{-1}}$
Costante di Boltzmann	k	1.38×10^{-23}	$\mathrm{J\,K^{-1}}$
Costante di Faraday	F	9.65×10^{4}	$\mathrm{C\,mol^{-1}}$
Costante di Stefan–Boltzmann	σ	5.67×10^{-8}	$\mathrm{W\,m^{-2}\,K^{-4}}$
Costante gravitazionale	G	6.67×10^{-11}	$\mathrm{m^{3}\,kg^{-1}\,s^{-2}}$
Accelerazione media di gravità	g	9.81	$\mathrm{m\,s^{-2}}$
Pressione atmosferica standard	p_0	1.01×10^{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}	$\mathrm{m^{3}\,mol^{-1}}$

Materiale prodotto nell'ambito del Progetto Olimpiadi

PROGETTO OLIMPIADI

c/o Dipartimento di Fisica dell'Università

Via Marzolo, 8 - 35131 Padova

Tel/Fax: 049.8277.270

e-mail: olifis@no.sctrade.it

http://www.cadnet.marche.it/olifis