

Esame di Fisica I - Fisica Generale

A.A. 2013-2014

12 Giugno 2014

1 Domande teoriche e mini esercizi

1.1 Cinematica

Una palla viene lanciata verso l'alto, nel campo gravitazionale \vec{g} , con la velocità iniziale verticale \vec{v}_0 .

- (a) Esprimere il tempo durante il quale la palla sale verso l'alto.
- (b) Quanto vale il tempo di ricaduta?

1.2 Centro di massa

Esprimere la posizione del centro di massa di un sistema di N particelle di masse m_1, m_2, \dots, m_N e di posizioni $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N$.

1.3 Sistema di riferimento non inerziale

Una persona si pesa in un ascensore che sta accelerando verso l'alto. Il suo peso è maggiore, minore o uguale al suo peso quando l'ascensore è in moto uniforme?

1.4 Oscillatore armonico

- (a) Quanto vale l'energia potenziale media E_p di un oscillatore armonico di cui l'energia cinetica media è $E_c = 25$ J?
- (b) Quanto valgono E_c e E_p quando l'oscillatore passa per il punto di equilibrio?
- (c) In quale punto della traiettoria è massima l'accelerazione? In quale è minima?

1.5 Onde acustiche

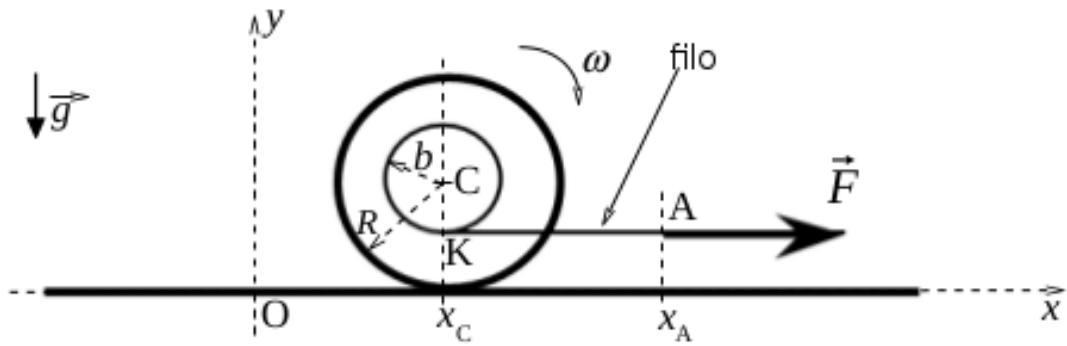
Il tubo di un organo è semiaperto, di lunghezza $L = 0.05$ m. La velocità del suono nell'aria vale $v_a = 340$ m/s. A quale frequenza risuona?

1.6 Interferenza

Due onde di stessa lunghezza d'onda λ ed emesse dalla stessa sorgente vengono separate affinché percorrano due distanze diverse, rispettivamente pari ad L_1 ed L_2 . Vengono poi fatte riconvergere su uno stesso rivelatore. Scrivere la relazione che devono soddisfare L_1 ed L_2 affinché si abbia interferenza distruttiva al rivelatore.

2 Problema di meccanica

Uno yo-yo, di raggio interno b , raggio esterno R , massa m e momento d'inerzia J rispetto al suo asse di simmetria, è appoggiato su di un piano orizzontale. Inizialmente, lo yo-yo non si muove e il suo centro è situato in $x_c = 0$. Si suppone che il moto dello yo-yo rimanga nel piano (x, y) (v. figura), e che lo yo-yo non scivoli mai. Il coefficiente di attrito statico fra lo yo-yo e il piano è μ .



Il filo attaccato allo yo-yo è inestensibile, di massa trascurabile e si può arrotolare senza scivolare intorno alla bobina di raggio b .

Al tempo $t \geq 0$, una forza costante $\vec{F} = F\vec{e}_x$ ($F > 0$) è applicata al filo nel punto A. Inizialmente, $x_a = l > 0$.

Suggerimento: sperimentalmente si osserva che lo yo-yo si sposta nel senso di F , che il filo si arrotola attorno allo yo-yo e che il punto A si sposta in direzione di F .

- Disegnare lo schema delle forze.
- Determinare la relazione fra la velocità angolare ω del yo-yo e la velocità $\frac{dx_c}{dt}$ del suo centro C.
- Usando il secondo principio della dinamica e il teorema del momento angolare, determinare l'accelerazione angolare $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ e la velocità angolare ω in funzione di R , b , m , J e del tempo t .
- Dedurre la posizione $x_C(t)$ del punto C nell'istante t .
- Esprimere la velocità v_K del punto di contatto fra il filo e la bobina (suggerimento: si ricordi che il filo si arrotola sulla bobina senza scivolare). Dedurne la posizione $x_A(t)$ del punto A nell'istante t .
- Determinare l'energia cinetica dello yo-yo nel sistema di riferimento del piano, nell'istante t in funzione di R , b , m , J e F .
- Qual è la forza massima F_{max} che si può esercitare senza che lo yo-yo cominci a scivolare? Esprimerla in funzione di μ , g , J , m , R e b .

3 Problema di termodinamica

Compressione isoterma di un gas reale ed entropia

- Un gas segue la legge di stato seguente: $P(V - nb) = nRT$ dove P è la pressione, V il volume, T la temperatura, n il numero di moli, R la costante universale dei gas, b il volume delle particelle, ℓ il calore latente di dilatazione isoterma.

Il calore scambiato durante una trasformazione infinitesimale si scrive: $\partial Q = nC_v dT + n\ell dV$.

- Usando la prima relazione di Clapeyron, $\ell = \frac{T}{n} \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V$, determinare l'espressione di ℓ .

Si assume per il resto dell'esercizio che C_v è anche indipendente da T e vale $C_v = \frac{5}{2}R$.

- Dimostrare che questo gas reale segue la prima legge di Joule (la sua energia interna dipende solo da T).

2. Si consideri una mole di questo gas, contenuta in un cilindro verticale di sezione $S = 20 \text{ cm}^2$ chiuso con un pistone. Le pareti del cilindro sono diatermane (permettono lo scambio di calore con l'esterno). Il cilindro è immerso in un liquido di temperatura costante $T_0 = 300\text{K}$. La trasformazione è quindi isoterma. Inizialmente la pressione del gas è uguale alla pressione atmosferica $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$. Viene appoggiata sul pistone una massa $M = 40 \text{ kg}$ in due modi diversi:

2.a) La compressione che ne deriva è effettuata in modo reversibile.

Scrivere l'espressione analitica e numerica delle grandezze seguenti:

- la pressione P_1 nel cilindro;
- l'energia scambiata sotto forma di calore Q_1 ;
- la variazione di entropia ΔS_1 , il termine di entropia di scambio S_{e1} e il termine di entropia creata σ_1 .

2.b) La stessa compressione avviene in modo brusco e la trasformazione è dunque irreversibile.

Scrivere l'espressione analitica e numerica delle grandezze seguenti:

- l'energia scambiata sotto forma di calore Q_2 ;
- la variazione di entropia ΔS_2 , il termine di entropia di scambio S_{e2} e il termine di entropia creata σ_2 .

2.c) Commentare i risultati.

Dati numerici : $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, $R = 8.31 \text{ J/K/mol}$.