CORSO di FISICA GENERALE I – compito scritto – 15 giugno 2023

1. Un blocchetto di metallo (ferro) viene messo in una fornace, che è mantenuta alla temperatura fissa T_F=2000°C, per essere fuso: il passaggio di stato avviene alla temperatura T_C=1538 °C. Inizialmente il blocchetto si trova alla temperatura ambiente T_0=20°C, il suo calore specifico e il suo calore latente di fusione, considerati indipendenti dalla temperatura, sono pari rispettivamente a c_M=449 J/(K kg) e λ_F=33 kJ/kg. In particolare, il calore specifico rimane lo stesso anche dopo che il metallo è fuso. Si sa inoltre che all'equilibrio finale dell'intero processo la variazione di entropia dell'universo è risultata pari a 265 J/K.

a) Calcolare il calore assorbito dal blocchetto nella fase iniziale di riscaldamento dalla temperatura ambientale esterna a quella di fusione.
b) Calcolare la variazione di entropia della fornace durante questa prima fase.
c) Calcolare la variazione di entropia dell'universo durante il processo di fusione del blocchetto.
d) Calcolare il calore ceduto dalla fornace al metallo dopo che è stato fuso ed è condotto alla temperatura finale.
e) Calcolare la variazione di entropia del metallo in questa fase di riscaldamento finale.

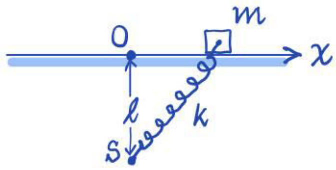
Indipendentemente da questa prima parte del problema, la stessa fornace viene usata come il termostato più caldo di una macchina ciclica che opera reversibilmente utilizzando un certo numero di moli di gas ideale. Questa macchina è caratterizzata da tre fasi: nella prima, il gas si espande alla temperatura della fornace portandosi a un volume che è r volte maggiore di quello iniziale; nella seconda, il gas viene scollegato dalla fornace e raffreddato mantenendo il suo volume invariato; nella terza, il gas è riportato adiabaticamente alle condizioni iniziali termodinamiche.

f) Si esprima, in funzione di r e di γ, il rendimento di questa macchina e se ne ottenga il valore numerico per un gas biatomico che raddoppia il suo volume (r=2).
g) Si confronti il valore numerico ottenuto al punto precedente con il rendimento numerico di una macchina di Carnot operante fra le temperature estreme di questo stesso ciclo e si commenti il risultato.
h) Si disegni in un piano di Gibbs il ciclo di questa macchina.

2. Un giorno sul pianeta Urano ha una durata di 0.72 volte quella di un giorno terrestre e il tempo che impiega a ruotare attorno al Sole è pari a 84 anni terrestri. Si sa anche che, a differenza degli altri pianeti del sistema solare, il suo asse di rotazione si trova (esattamente, in questo esercizio) nel piano di rivoluzione attorno al Sole ed eventuali moti di precessione possono essere trascurati.
Si assuma che la forma di Urano sia sferica, con una distribuzione non omogenea della densità: c'è un nucleo interno metallico sferico di raggio r=8500 km e densità ρ_n=9 g/cm^3 e una buccia esterna da r a R=25000 km di densità omogenea ρ_b=1 g/cm^3. L'orbita del pianeta attorno al Sole è considerata perfettamente circolare di raggio D e si conoscono i valori della massa del sole, M_S= 2 x 10^{30} kg, e la costante di gravitazione universale, G = 6.67 x 10^{-11} N/kg^2 m^2.

a) Calcolare la massa di Urano M.
b) Calcolare il raggio dell'orbita D.
c) Scrivere un'espressione analitica del modulo del momento angolare del pianeta associato alla rotazione attorno al proprio asse, rispetto all'asse stesso, in funzione di ρ_n, ρ_b, r, R e del tempo corrispondente alla durata di un giorno uraniano. Ottenere per questo modulo il suo valore numerico.
d) Scrivere un'espressione analitica del modulo del momento angolare del pianeta associato alla rivoluzione attorno al Sole in funzione di M, D e del tempo corrispondente alla durata di un anno uraniano. Anche per questo modulo ottenere il suo valore numerico.
e) Chiarire con un disegno le orientazioni dei due momenti angolari durante il moto di Urano attorno al Sole.
f) Calcolare l'energia cinetica del pianeta rispetto al Sole.
g) Calcolare l'accelerazione di gravità ai poli di Urano.
h) Scrivere le espressioni analitiche per l'accelerazione di gravità minima e massima percepita sull'equatore, considerando il moto di rotazione di Urano e della sua rivoluzione attorno al Sole. Stimare numericamente l'entità dei singoli contributi e la variazione massima dell'accelerazione di gravità tra giorno e notte.

3. Una massa puntiforme m è appoggiata su un piano orizzontale liscio ed è collegata a una molla ideale di costante elastica k e lunghezza a riposo nulla come raffigurato. L'estremo S della molla è fisso in un riferimento inerziale e si trova alla distanza l dal piano orizzontale.



Si sa che in un dato istante di tempo la massa è ferma e si trova nella posizione x_0 lungo l'asse x riportato nel disegno.

a) Utilizzando la conservazione dell'energia, esprimere, in funzione di x_0, k e m la velocità massima raggiunta dalla massa durante il suo moto.

b) Determinare la natura del moto della massa.

c) Determinare le leggi orarie della velocità e dell'accelerazione della massa.

d) Supponendo che la lunghezza a riposo della molla non sia nulla ma pari a l, si scriva l'equazione del moto della massa e si stabilisca se essa è animata di moto armonico semplice.

e) Si disegni qualitativamente la curva che rappresenta l'energia potenziale del sistema in funzione di x e da questo andamento si deduca la natura generale del moto della massa.

f) Esprimere, in funzione di k, m, x_0 e l, la velocità massima raggiunta dalla massa durante il suo moto.

g) Calcolare numericamente le velocità massime di cui ai punti (a) ed (e) nel caso in cui siano dati i valori numerici m=350 g, x_0=55 cm, k=35 N/m, l=65 cm.