

FACOLTÀ DI INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE  
Corso di laurea in Ingegneria Clinica

Anno Accademico 2021-2022  
Prova scritta dell'esame di Fisica I - 27 ottobre 2022

*Risolvete, prima analiticamente poi numericamente, gli esercizi seguenti.*

1. Due corpi puntiformi, sottoposti alla sola forza peso, vengono lasciati cadere dalla stessa altezza con velocità iniziale nulla: il primo corpo viene lasciato cadere all'istante  $t = 0$ , il secondo all'istante  $\bar{t} = 4$  s. Si determini dopo quanto tempo dal lancio del primo corpo la differenza di quota tra i due corpi è  $h = 110$  m
2. Una massa  $m = 2$  kg è inizialmente appesa a un'estremità di una molla disposta verticalmente e avente l'altra estremità fissata al soffitto di una stanza. In tale situazione, nella condizione di equilibrio della massa  $m$ , l'allungamento della molla è pari a  $\Delta\ell = 40$  cm. Successivamente la molla e la massa sono poste su un piano orizzontale privo di attrito e la massa è fatta oscillare lungo il piano con ampiezza  $A = 20$  cm. Calcolare l'accelerazione massima del moto oscillatorio.
3. In contenitore cilindrico adiabatico, chiuso da un pistone mobile anch'esso adiabatico, una mole di gas ideale monoatomico è inizialmente in equilibrio con la pressione esterna  $p_0$  e alla temperatura  $T_0 = 0^\circ\text{C}$ . Il gas viene fatto espandere reversibilmente fino a raggiungere un valore di pressione dimezzato rispetto a quello iniziale. Si calcoli il lavoro fatto dal gas.
4. Una macchina termica della potenza  $P = 1$  kW produce lavoro scambiando calore con due sorgenti termiche aventi temperature pari a  $T_1 = 100^\circ\text{C}$  e  $T_2 = 20^\circ\text{C}$ . Il rendimento della macchina è il 35% di quello di una macchina di Carnot operante tra le sorgenti alle temperature  $T_1$  e  $T_2$ . Per un tempo  $\Delta t = 10$  minuti di funzionamento della macchina, quali sono le quantità di calore scambiate con le sorgenti e qual è la variazione di entropia dell'universo?

**SOLUZIONI DELLA PROVA SCRITTA DELL'ESAME DI FISICA I DEL 27/10/2022**  
**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CLINICA**

**Esercizio N. 1**

Se  $y_{10}$  e  $v_{10}$  rappresentano, rispettivamente, la posizione e la velocità del primo corpo all'istante  $\bar{t}$ , allora:

$$\begin{cases} y_{10} = y(\bar{t}) = \frac{1}{2}g\bar{t}^2 = 78,4 \text{ m} \\ v_{10} = g\bar{t} = 39,2 \text{ m/s.} \end{cases}$$

Considerando ora come  $t = 0$  l'istante in cui viene lasciato il secondo corpo, le leggi orarie dei due punti sono:

$$y_1(t) = y_{10} + v_{10}t + \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{e} \quad y_2(t) = \frac{1}{2}gt^2.$$

Se  $t^*$  è l'istante nel quale la differenza di quota tra i due corpi è  $h$ , deve essere:

$$y_1(t^*) - y_2(t^*) = h \quad \Rightarrow \quad t^* = \frac{h - y_{10}}{v_{10}} = 0,8 \text{ s.}$$

Quindi, rispetto alla partenza del primo corpo, la differenza di quota è  $h$  all'istante  $t = \bar{t} + t^* = 4,8 \text{ s.}$

**Esercizio N. 2**

La costante elastica della molla vale:

$$k = \frac{mg}{\Delta\ell} = 49 \text{ N/m.}$$

Considerando il moto armonico della massa si può scrivere:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) \quad \Rightarrow \quad \ddot{x}(t) = -\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi)$$

e quindi

$$\ddot{x}_{\max} = \pm\omega^2 A = \pm \frac{k}{m} A = \pm 4,9 \text{ m/s}^2.$$

**Esercizio N. 3**

Per il primo principio della termodinamica applicato al gas si può scrivere:

$$L = -\Delta U = -nC_V(T_{\text{fin}} - T_0) = n\frac{3}{2}R(T_0 - T_{\text{fin}}).$$

Il gas esegue una trasformazione adiabatica reversibile:

$$p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} T = \text{cost.} \quad \Rightarrow \quad T_{\text{fin}} = 2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} T_0 = 207 \text{ K,}$$

di conseguenza, si ha:

$$L = 824 \text{ J.}$$

#### Esercizio N. 4

Poiché il rendimento di una macchina di Carnot che operi tra le sorgenti termiche a temperature  $T_1$  e  $T_2$  è

$$\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 21,4\%,$$

il rendimento della macchina descritta dall'esercizio è:  $\eta = 7,5\%$ .

$$\eta = \frac{L}{|Q_1|} = \frac{P\Delta t}{|Q_1|} \Rightarrow |Q_1| = \frac{P\Delta t}{\eta} = 8 \times 10^6 \text{ J}$$

e

$$|Q_2| = |Q_1| - P\Delta t = 7,4 \times 10^6 \text{ J}.$$

La variazione di entropia dell'universo coincide con la variazione di entropia delle sorgenti termiche:

$$\Delta S_{\text{univ}} = \left( \int_I^F \frac{dQ}{T} \right)_{1\text{rev}} + \left( \int_I^F \frac{dQ}{T} \right)_{2\text{rev}} = -\frac{|Q_1|}{T_1} + \frac{|Q_2|}{T_2} = 4 \times 10^3 \text{ J/K}.$$