



**FACOLTÀ DI INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE**  
**Corso di laurea in Ingegneria Clinica Anno Accademico 2021-2022**  
**Prova scritta dell'esame di Fisica I – 8 Settembre 2022**

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

- 1)** Un monopattino è formato da un telaio di massa  $m=15$  kg e due ruote uguali aventi forma di dischi di raggio  $R=15$  cm e spessore  $d=3$  cm ( $R \gg d$ ), di densità omogenea ( $\rho=5$  g/cm<sup>3</sup>). Mentre viaggia a velocità costante di 6 m/s, con le ruote che avanzano con moto di puro rotolamento, incontra una salita assimilabile ad un piano inclinato con angolo alla base di 30°. Calcolare lo spazio percorso dal monopattino, lungo la salita, prima di arrestarsi. (Si consideri  $h$  molto maggiore della lunghezza del monopattino).
  
- 2)** Un cilindro di rame di densità  $\rho_{Cu}= 8,9$  g/cm<sup>3</sup> e massa  $m= 9.8$  kg viene immerso in acqua sospeso ad un filo avente carico di rottura (tensione massima)  $\tau_{max}= 90$  N. Calcolare la porzione di volume del cilindro che deve essere immersa in acqua per evitare la rottura del filo. Quale tensione esercita il filo quando il cilindro è completamente sommerso?
  
- 3)** Un gas ideale monoatomico di volume  $V=1$  litro e temperatura  $T_i=300$  K è sottoposto ad una trasformazione reversibile a cui compete il calore specifico molare  $c=a/T$  (con  $a=300$  calorie/mole). Determinare il volume assunto dal gas alla temperatura finale  $T_f= 400$  K.
  
- 4)** Si vuole portare all'ebollizione una massa  $m=1$ kg d'acqua inizialmente a 0°C, disponendo di due sorgenti: una a 50°C e l'altra a 100°C. Tale trasformazione può essere realizzata in due modi: 1) mettendo l'acqua in contatto termico con la sorgente a temperatura maggiore; 2) mettendo l'acqua contatto l'acqua prima con la sorgente a temperatura inferiore e, raggiunto l'equilibrio termico, con quella a temperatura maggiore. Per quale delle due trasformazioni è minima la variazione di entropia dell'universo?

**SOLUZIONI DELLA PROVA SCRITTA DELL'ESAME DI FISICA I DEL 08/09/2022**  
**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CLINICA**

**Esercizio N. 1**

L'energia cinetica totale del sistema è data dalla somma dell'energia cinetica del telaio (traslazionale) più l'energia cinetica delle due ruote (traslazionale e rotazionale).

$$T_{totale} = \frac{1}{2}mv^2 + 2\left(\frac{1}{2}m_{ruota}v^2 + \frac{1}{2}I\omega^2\right) = 843,6 J \quad m_{ruota} = \rho(\pi R^2 d) = 10,6 kg$$

$$I = \frac{1}{2}m_{ruota}R^2 = 0,12 kg m^2$$

$$\omega = \frac{v}{R} = 40 \text{ rad/s}$$

L'energia cinetica si tramuta, durante la salita, in energia potenziale. Quando il centro di massa del monopattino si trova nel punto di massima altezza si può scrivere:

$$T_{totale} = \frac{1}{2}mv^2 + 2\left(\frac{1}{2}m_{ruota}v^2 + \frac{1}{2}I\omega^2\right) = (m + 2 m_{ruota}) g h$$

$$h = \frac{T_{totale}}{(m + 2 m_{ruota}) g} = 2,37 m \quad \text{da cui lo spazio percorso: } L = \frac{h}{\sin(\alpha)} = 4,74 m$$

**Esercizio N. 2**

La tensione del filo è uguale e contraria alla forza esercitata dal cilindro al netto della spinta di Archimede dovuta all'acqua.

$$V = \frac{m}{\rho} = 0,0011 m^3$$

$$\tau = P - S_{Archimede} = \rho_{Cu} Vg - \rho_{H2O} V_{imm} g = Vg(\rho_{Cu} - \alpha \rho_{H2O}) \leq \tau_{max}$$

$$\text{con } V_{imm} = \alpha V$$

$$\alpha \geq \frac{\rho_{Cu}}{\rho_{H2O}} - \frac{\tau_{max}}{\rho_{H2O} Vg} = 0,56$$

Quando il cilindro è completamente sommerso,  $\alpha = 1$ , la tensione del filo è:

$$\tau = Vg(\rho_{Cu} - \alpha \rho_{H2O}) = 85,3 N$$

**Esercizio N. 3**

Applicando il primo principio della termodinamica:

$$nc_v dT = ncdT - p dV = n \frac{\alpha}{T} dT - nRT \frac{dV}{V}$$

$$\int_{T_i}^{T_f} \frac{c_v}{R} \frac{dT}{T} = \int_{T_i}^{T_f} \frac{a}{R} \frac{dT}{T^2} - \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V}$$

$$\ln \frac{V_f}{V_i} = \frac{a}{R} \left( \frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_f} \right) - \frac{3}{2} \ln \frac{T_f}{T_i} \quad \rightarrow \quad V_f = 0.73 \text{ l}$$

#### Esercizio N. 4

Utilizzando soltanto la sorgente a 100°C:

$$\begin{aligned} \Delta S_{tot} &= \Delta S_{H_2O} + \Delta S_{Sorgenti} = \int_{T_{273}}^{T_{373}} mc \frac{dT}{T} - \frac{mc(T_{373} - T_{273})}{T_{373}} = mc \ln \frac{T_{373}}{T_{273}} - \frac{mc(T_{373} - T_{273})}{T_{373}} \\ &= 44 \frac{\text{cal}}{\text{K}} \end{aligned}$$

Utilizzando entrambe le sorgenti si ottiene una minore variazione di entropia:

$$\Delta S_{tot} = \Delta S_{H_2O} + \Delta S_{Sorgenti} = mc \ln \frac{T_{373}}{T_{273}} - \frac{mc(T_{323} - T_{273})}{T_{323}} - \frac{mc(T_{373} - T_{323})}{T_{373}} = 23,2 \frac{\text{cal}}{\text{K}}$$