Università di Trieste A.A. 2022/2023 Lauree Triennali in Ingegneria **A**

FISICA GENERALE 1, Prova Scritta, 30.08.2023

Cognome: FRANCESCO SCAZZA **Nome:** ______________ **CdS:** ______________

Istruzioni:

Per ciascuna domanda rispondere fornendo (almeno) il risultato finale: la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date, ed il corrispondente risultato numerico se richiesto, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate. Fare attenzione ai segni nelle risposte numeriche.

Problema 1. Un treno di massa $m = 5.0 \times 10^5$ kg ha una velocità istantanea $v_0 = 18$ km/h all'istante di tempo iniziale $t_0 = 0$ s. Il treno è accelerato dalla locomotiva che compie lavoro alla potenza costante $P = 85$ kW.

a) Determinare il lavoro compiuto dalla locomotiva nell'intervallo di tempo fra t_0 e $t_1 = 60$ s.

2 $W = P \cdot \Delta t = P \cdot (t_1 - t_0) = 8.5 \times 10^4\ \text{W} \cdot 60\ \text{s} = 5.1 \cdot 10^6\ \text{J} = 5.1\ \text{MJ} \to A$

$(3.75\ \text{MJ} \to B)$

b) Ipotizzando l'assenza di forze di attrito, calcolare la velocità del treno al tempo t_1. Esiste un tempo t per cui l'accelerazione della locomotiva vale 0?

teorema lavoro-energia : $K_1 - K_0 = W$

4 $\frac{1}{2} m v_1^2 = P\Delta t + \frac{1}{2} m v_0^2 \quad \to \quad v_1 = \sqrt{v_0^2 + \frac{2P}{m}\Delta t} = 6.7\ \frac{m}{s} = 24\ \text{km/h} \to$

$(6.3\ \frac{m}{s} = 22.7\ \text{km/h} \to B)$

La locomotiva ha accelerazione non-nulla per qualsiasi tempo t.

c) In un caso più realistico la resistenza dell'aria causa una forza di attrito di modulo $F_v = \frac{1}{2}\rho C_D A v^2$, dove v è la velocità della locomotiva. Calcolare la velocità massima raggiunta dalla locomotiva, sempre presumendo una potenza costante P. Si utilizzino i valori $C_D = 0.15$, $A = 6\ \text{m}^2$ e $\rho = 1.3\ \text{kg/m}^3$.

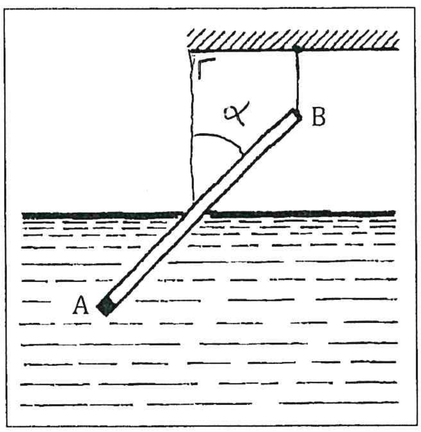
4 [*Suggerimento: per raggiungere un moto stazionario la potenza dissipata dalla resistenza dell'aria deve eguagliare la potenza erogata dalla locomotiva.*]

$P = \vec{F} \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$

Per moto stazionario: $P_{loc} + P_{aria} = 0$

$P_{aria} = -F_v v = -\frac{1}{2}\rho C_D A v^3$

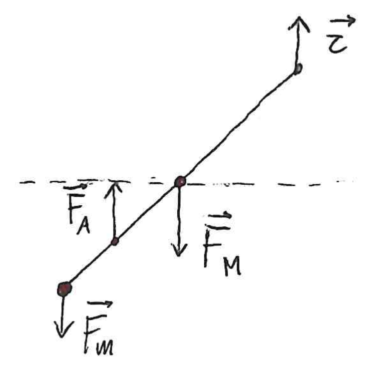
$\to v = \left(\frac{2 P_{loc}}{\rho C_D A}\right)^{1/3} = 190\ \text{km/h} \to A \quad (181\ \text{km/h} \to B)$



Problema 2. Una sbarra omogenea AB di lunghezza $2l$ e massa $M = 12.0$ kg è sostenuta all'estremo B da una fune ideale, ed è caricata in A da un punto materiale di massa $m = M/2$. All'equilibrio, la sbarra galleggia con la sua metà inferiore sommersa (vedi figura) in un liquido di densità $\rho = 1.2\ \text{kg/dm}^3$.

a) Si disegni il diagramma di corpo libero relativo alla sbarra.

3



Nell'ipotesi di poter trascurare la spinta di Archimede agente sul punto materiale di massa m:

b) Determinare il volume V della sbarra.
[*Suggerimenti*: *Si prenda come polo dei momenti il punto B, e si consideri quale punto di applicazione della spinta di Archimede sulla sbarra il centro di massa della parte immersa.*]

4

$$\sum \vec{\tau}_B = 0 \quad (\text{equilibrio statico}) \qquad F_A = \underbrace{\frac{V}{2}\rho}_{m_{liquido}} g \quad (\text{spostato})$$

$$F_m \cdot 2l \cdot \sin\alpha + F_M \cdot l \cdot \sin\alpha - F_A \cdot \left(l + \frac{l}{2}\right) \sin\alpha = 0$$

$$2m\cancel{gl} \cdot \cancel{\sin\alpha} + M\cancel{gl}\,\cancel{\sin\alpha} - \frac{3}{4} V\rho \cancel{gl}\,\cancel{\sin\alpha} = 0$$

$$(2m + M) = \frac{3}{4} V\rho \quad \rightarrow \quad V = \frac{4}{3}\,\frac{(M+2m)}{\rho} = \frac{4}{3}\,\frac{\left(M + \frac{2M}{2}\right)}{\rho} = \frac{8}{3}\,\frac{M}{\rho} =$$

$$= 0.0267\ m^3 \rightarrow A$$

$$(\ 0.0222\ m^3 \rightarrow B$$

c) Calcolare l'intensità τ della tensione della fune.

3

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (\text{equilibrio statico})$$

$$-(m + M)g + \frac{1}{2}\rho V g + \tau = 0 \quad \longrightarrow \quad \tau = g\left(m + M - \frac{1}{2}\rho V\right)$$

$$= 19.6\,N \rightarrow A \qquad (16.3\,N \rightarrow B)$$

Problema 3. Una macchina di Carnot in ciascun ciclo assorbe una quantità di calore pari a 2 kJ da una sorgente ad una temperatura di 227 °C, compie del lavoro e cede una quantità di calore ad un'altra sorgente che ha una temperatura di 77 °C.

a) La macchina lavora in configurazione di macchina termica o frigorifera? [*Motivare la risposta*]

2

Lavora in configurazione di macchina termica [poiché compie lavoro sull'ambiente.]

b) Quanto calore cede e quanto lavoro compie la macchina in ciascun ciclo?

2

$$T_F = 77°C + 273.15 \simeq 350\,K \qquad \frac{Q_C}{|Q_F|} = \frac{T_C}{T_F} \rightarrow |Q_F| = \frac{T_F}{T_C} Q_C = 1.4\,kJ$$

$$T_C = 227°C + 273.15 \simeq 500\,K$$

$$W = Q_C + Q_F = (2 - 1.4\,kJ)$$

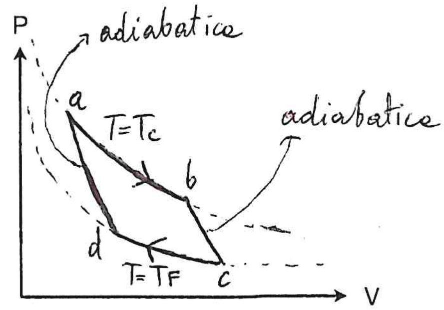
$$= 600\,J$$

c) Determinare il rendimento della macchina.

1

$$\eta_{cc} = 1 - \frac{T_F}{T_C} \simeq 0.3 = 30\,\%$$

d) Disegnare il ciclo termodinamico della macchina nel grafico a fianco.
Determinare la variazione di entropia della macchina in seguito a ciascuna delle trasformazioni da cui è costituito. Quanto vale la variazione di entropia totale ΔS_m della macchina a seguito di un ciclo?



3

$$\Delta S_{bc} = \Delta S_{da} = 0 \quad (\text{adiabatiche})$$

$$\Delta S_{ab} = \frac{Q_C}{T_C} = \frac{2\,kJ}{500\,K} = 4\,\frac{J}{K} \qquad \Delta S_m = 0\ (\text{ciclo})$$

$$\Delta S_{cd} = \frac{Q_F}{T_F} = \frac{-1.4\,kJ}{350\,K} = -4\,\frac{J}{K}$$

e) Determinare la variazione di entropia ΔS_a dell'ambiente che circonda la macchina durante un ciclo. Per una macchina (reale) con rendimento inferiore alla macchina di Carnot, come cambierebbe ΔS_a?

2

$$\Delta S_a = \Delta S_{caldo} + \Delta S_{freddo} = -\frac{Q_C}{T_C} - \frac{Q_F}{T_F} = 0$$

Per una macchina reale (coinvolge trasf. irreveresibili), $\Delta S_e > 0$

$$\rightarrow \Delta S_{univ} = \Delta S_m + \Delta S_e > 0$$