

Seconda prova intercorso di Fisica Generale 1 per Ingegneria Edile (N41) 09 dicembre 2021	Prof. Fabio Garufi	Firma leggibile dello studente
Cognome:	Nome:	Matricola:

ESERCIZIO 1.

In un tubo a forma di U vengono inseriti acqua e olio. La distanza tra l'interfaccia olio-acqua e la superficie libera dell'olio è $d = 11$ cm. Sapendo che la densità dell'olio è circa $\varrho_o = 900 \text{ Kg m}^3$, calcolare la distanza tra la superficie libera dell'acqua e quella dell'olio.

Soluzione: il peso della colonna d'olio deve essere pari al peso della colonna d'acqua che parte allo stesso livello della sua base sull'altro lato: $\varrho_o g d = \varrho_a g h$; dunque

$$h = d \frac{\varrho_o}{\varrho_a}$$

La distanza tra il pelo dell'acqua e quello dell'olio sarà

$$H = d - h = d \left(1 - \frac{\varrho_o}{\varrho_a} \right) = 1,1 \text{ cm}$$

<i>punti</i>

ESERCIZIO 2. Una pentola a pressione, di volume $V = 10$ litri, è riempita di ossigeno O_2 a pressione atmosferica e a temperatura di $T_i = 18^\circ C$, e poi chiusa. La pentola è quindi posta a contatto di una sorgente di calore, in modo da ricevere $Q = 463$ J di energia termica, con una trasformazione irreversibile.

Trascurando la dilatazione termica della pentola ed usando l'approssimazione di gas perfetto, si calcoli:

<i>punti</i>

1. la variazione di energia interna del gas;
2. la temperatura finale e la pressione finale del gas;
3. la variazione di entropia del gas.

Soluzione: La pentola a pressione non cambia volume, dunque la trasformazione irreversibile è a volume costante, dunque il lavoro è nullo e la quantità di calore è pari alla variazione di energia interna: $\Delta U = Q$ Il numero di moli del gas è dato dalla legge dei gas perfetti:

$$n = \frac{P_i V_i}{RT_i} = 0.42 \text{ mol}$$

La variazione di energia interna è $\Delta U = nc_v \Delta T$ da cui si trova la temperatura finale

$$T_f = T_i + \frac{Q}{nc_v} = 344.22 \text{ K}$$

essendo $C_v = \frac{5}{2}R$ perché il gas è biatomico.

$$P_f = \frac{nRT_f}{V} = 1.19 \text{ atm}$$

La variazione di entropia dipende solo dagli stati estremi della trasformazione e vale

$$\Delta S = nc_v \ln \left(\frac{T_f}{T_i} \right) = 1.46 \text{ J/K}$$

Seconda prova intercorso di Fisica Generale 1 per Ingegneria Edile (N41) 09 dicembre 2021	Prof. Fabio Garufi	Firma leggibile dello studente
Cognome:	Nome:	Matricola:

ESERCIZIO 1. Un blocco di metallo con una cavità interna, pesa $P_1 = 811 \text{ N}$ nel vuoto, $P_2 = 501 \text{ N}$ se pesato immerso nell'acqua e $P_3 = 326 \text{ N}$ immerso in un olio di densità incognita ϱ_o . Sapendo che la densità del metallo è di $\varrho_m = 6.0 \text{ g cm}^{-3}$, calcolare:

10 punti

1. Il volume totale del blocco inclusa la cavità;
2. Il volume della cavità;
3. la densità dell'olio

Soluzione: Detti V_p il volume delle pareti, V_c quello della cavità e $\varrho_a = 1000 \text{ kg m}^{-3}$ la densità dell'acqua:

$$\begin{cases} \varrho_m g V_p = P_1 \\ \varrho_m g V_p - (V_p + V_c) g \varrho_a = P_2 \leftarrow \text{Spinta di Archimede in acqua} \\ \varrho_m g V_p - (V_p + V_c) g \varrho_o = P_3 \leftarrow \text{Spinta di Archimede in olio} \end{cases}$$

Dunque, sostituendo la prima, nelle altre due, il sistema diventa:

$$\begin{cases} V_p = \frac{P_1}{\varrho_m g} = 0.014 \text{ m}^3 \\ g \varrho_a (V_p + V_c) = P_1 - P_2 \\ g \varrho_o (V_p + V_c) = P_1 - P_3 \end{cases}$$

sicché: $\varrho_o = \varrho_a (P_1 - P_3) / (P_1 - P_2) = 1564,516 \text{ kg m}^{-3}$; $V_{tot} = V_p + V_c = (P_1 - P_2) / \varrho_a g = 0.032 \text{ m}^3$; $V_c = V_{tot} - V_p = 0,018 \text{ m}^3$

ESERCIZIO 2. Una mole di gas perfetto biatomico è contenuta in un cilindro a pareti isolanti munito di un pistone mobile di sezione $S = 19 \text{ cm}^2$. Sul fondo del cilindro, una resistenza di volume trascurabile e di potenza $W = 21 \text{ W}$, viene alimentata per un tempo $t = 5' : 50''$, liberando una quantità E di energia sotto forma di calore. Sapendo che il gas occupa un volume iniziale di $V = 1 \text{ l}$ alla pressione $P = 1.8 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$,

<i>10 punti</i>

1. calcolare la temperatura finale T_2 del gas, considerando l'espansione del gas isobara
2. l'innalzamento x_1 del pistone .

(fornire i risultati nelle unità del Sistema Internazionale)

Soluzione: Energia erogata: $Q = E = W \cdot t = 7350 \text{ J}$;

Primo principio della termodinamica: $Q = mc_p \Delta T$; $V_2 = V_1 + S \cdot x_1$; dall'equazione di stato: $PV_1 = nRT_1$; dunque $T_1 = PV_1/R = 216.61 \text{ K}$ Il gas è biatomico, dunque $mc_p = (7/2)nR$, sicché:

$$\Delta T = \frac{Q}{7/2R} = \frac{2Q}{7R} = 252.71$$

$$T_2 = T_1 + \Delta T = 469,32 \text{ K}$$

$$\Delta V = nR\Delta T/P \text{ dunque } x_1 = \Delta V/S = nR\Delta T/SP = 0,61 \text{ m}$$

Seconda prova intercorso di Fisica Generale 1 per Ingegneria Edile (N41) 09 dicembre 2021	Prof. Fabio Garufi	Firma leggibile dello studente
Cognome:	Nome:	Matricola:

ESERCIZIO 1. Il livello dell'acqua in un serbatoio sul tetto di un edificio è ad un'altezza da terra $h_0 = 48$ m. Il serbatoio fornisce acqua attraverso condutture di sezione $S_1 = 20.0\text{cm}^2$ ai vari appartamenti. Ogni rubinetto da cui esce acqua ha una sezione di apertura pari a $S_2 = 10.0\text{cm}^2$. Nell'ipotesi che la superficie del serbatoio sia molto maggiore della sezione delle condotte, calcolare:

<i>10 punti</i>

1. Il tempo necessario per riempire un secchio di $V = 30.0\text{dm}^3$ in un appartamento a $h_a = 17$ m sopra il livello della strada.
2. La pressione differenziale nella condotta principale, a livello del suolo, a rubinetto (all'altezza del suolo) chiuso ed a rubinetto aperto.

Soluzione: Applichiamo l'equazione di Bernoulli trascurando la velocità del fluido nel serbatoio.

$$P_{Atm} + \rho gh_0 = P_{Atm} + \frac{1}{2}\rho v_a^2 + \rho gh_a$$

da cui ricaviamo la velocità con cui l'acqua esce dal rubinetto dell'appartamento: $v_a = \sqrt{2g(h_0 - h_a)} = 24.66$. La portata sarà $Q = v_2 S_2$, che è la quantità d'acqua erogata nell'unità di tempo, quindi il secchio sarà pieno quando $V = Qt$, ossia al tempo: $t = V/Q = 1,22$

A rubinetto chiuso la pressione dell'acqua al suolo è dovuta solo all'altezza della colonna: $P_a = P_{Atm} + \rho gh_0 = 5,35 \text{ Atm}$
A rubinetto aperto, se chiamiamo v_1 la velocità dell'acqua nella condotta principale e v_2 quella in uscita dal rubinetto, all'altezza del rubinetto al suolo avremo:

$$\begin{cases} P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_{Atm} + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \\ v_1 S_1 = v_2 S_2 \\ v_2^2 = 2gh_0 \end{cases}$$

$$\text{dunque: } P_1 - P_{Atm} = \frac{1}{2}\rho v_2^2 \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right) = \rho gh_0 \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right) = 3,26 \text{ Atm}$$

ESERCIZIO 2. In un cilindro adiabatico di sezione $S = 799 \text{ cm}^2$ può scorrere senza attrito un pistone di massa trascurabile. Nel cilindro sono sistemate 2 moli di un gas perfetto monoatomico e piccole quantità di acqua e ghiaccio. Inizialmente sul pistone è posta una massa $m = 48 \text{ kg}$ ed il sistema è all'equilibrio termodinamico. Ad un certo istante la massa viene rimossa ed il sistema raggiunge un nuovo stato di equilibrio (espansione libera) in cui sono ancora presenti acqua e ghiaccio. Calcolare la quantità di acqua che si solidifica durante la trasformazione (trascurare il volume occupato da acqua e ghiaccio).

($\lambda = 335 \text{ kJ/kg}$; $1 \text{ atm} = 101352 \text{ N/m}^2$)

Soluzione: Il sistema esegue una espansione irreversibile in cui la temperatura iniziale e finale sono quella di fusione del ghiaccio: $T_0 = 273.16 \text{ K}$, dunque la variazione di energia interna è nulla. Il Lavoro compiuto dal sistema sarà pari alla quantità di calore sottratta.

Lo stato iniziale sarà a pressione $P_i = P_{atm} + mg/S$ dunque occupa un volume $V_i = nRT_0/P_i = 0.0423 \text{ m}^3$. La trasformazione avviene alla pressione atmosferica fino ad un volume: $V_f = nRT_0/P_{atm} = 0.0448$. Dunque il lavoro compiuto dal sistema sarà $L = P_{atm}(V_f - V_i) = 253.38 \text{ J}$, pari alla quantità di calore sottratta, che, essendo la temperatura costante andrà tutta a congelare l'acqua: $L = m_g \lambda$; quindi, $m = L/\lambda = 0,756 \text{ g}$

<i>punti</i>

Seconda prova intercorso di Fisica Generale 1 per Ingegneria Edile (N41) 09 dicembre 2021	Prof. Fabio Garufi	Firma leggibile dello studente
Cognome:	Nome:	Matricola:

ESERCIZIO 1. Un palloncino di gomma, che può sopportare una sovrappressione massima $\Delta P = 0.73$ atm, è riempito con elio alla pressione atmosferica. Nell'ipotesi in cui la densità dell'aria obbedisce alla legge di Boyle $\varrho = \varrho_0 \frac{P}{P_0}$ dove ϱ_0 e p_0 sono la densità e la pressione al livello del mare, si calcoli a quale altezza dal suolo il palloncino esploderà .
($\varrho_0 = 1.29 \text{ kg/m}^3$, $P_0 = 1 \text{ atm}$)

Soluzione: La legge di Stevino dice:

$$dP = -\varrho g dz = \varrho_0 \frac{P}{P_0} g dz$$

Portando P al primo membro: $dP/P = -\varrho_0 \frac{g}{p_0} dz$ da cui: $P(z) = P_0 e^{-\frac{\varrho_0 g}{P_0} z}$ o anche:

$$z = -\ln \frac{P}{P_0} \frac{p_0}{\varrho_0 g}$$

La pressione esterna per cui il palloncino esplode è $P_m = P_0 - \Delta P$, dunque

$$z = -\ln \frac{P_m}{P_0} \frac{P_0}{\varrho_0 g} = \frac{P_0}{\varrho_0 g} \ln \frac{P_0}{P_0 - \Delta P} = 8635,66 \text{ m}$$

<i>punti</i>

ESERCIZIO 2.

Calcolare la quantità di ghiaccio che viene sciolta in un'ora da una macchina di Carnot di potenza $P = 4W$ e rendimento $\eta = 0.4$ che usa del ghiaccio fondente come sorgente a temperatura più bassa. Quanto vale la temperatura superiore? ($\lambda_{fus} = 333kJ/kg$)

<i>punti</i>

Soluzione: Il lavoro compiuto dalla macchina è $L = Pt = 14400 J$ ed il rendimento è $\eta = L/Q_{ass}$. Dunque $Q_{ass} = L/\eta = 36000 J$. Il calore necessario a fondere l'acqua è il calore ceduto e $L = Q_{ass} - |Q_{ced}|$; dunque $|Q_{ced}| = Q_{ass} - L = 21600$ e questo va tutto a sciogliere il ghiaccio: $Q_{ced} = m\lambda_{fus}$. Dunque $m = Q_{ced}/\lambda_{fus} = 0.06 kg$

Il rendimento di una macchina di Carnot dipende solo dalle temperature secondo la $\eta = 1 - T_{inf}/T_{sup}$ dunque, essendo $T_{inf} = 273.16K$, $T_{sup}(1 - \eta) = T_{inf}$ e quindi: $T_{sup} = T_{inf}/(1 - \eta) = 455.27 K$.

Seconda prova intercorso di Fisica Generale 1 per Ingegneria Edile (N41) 09 dicembre 2021	Prof. Fabio Garufi	Firma leggibile dello studente
Cognome:	Nome:	Matricola:

ESERCIZIO 1. Il livello dell'acqua in un serbatoio sul tetto di un edificio è ad un'altezza da terra $h_0 = 30$ m. Il serbatoio fornisce acqua attraverso condutture di sezione $S_1 = 20.0\text{cm}^2$ ai vari appartamenti. Ogni rubinetto da cui esce acqua ha una sezione di apertura pari a $S_2 = 10.0\text{cm}^2$. Nell'ipotesi che la superficie del serbatoio sia molto maggiore della sezione delle condotte, calcolare:

<i>10 punti</i>

1. Il tempo necessario per riempire un secchio di $V = 30.0\text{dm}^3$ in un appartamento a $h_a = 18$ m sopra il livello della strada.
2. La pressione differenziale nella condotta principale, a livello del suolo, a rubinetto (all'altezza del suolo) chiuso ed a rubinetto aperto.

Soluzione: Applichiamo l'equazione di Bernoulli trascurando la velocità del fluido nel serbatoio.

$$P_{Atm} + \rho gh_0 = P_{Atm} + \frac{1}{2}\rho v_a^2 + \rho gh_a$$

da cui ricaviamo la velocità con cui l'acqua esce dal rubinetto dell'appartamento: $v_a = \sqrt{2g(h_0 - h_a)} = 15.34$. La portata sarà $Q = v_2 S_2$, che è la quantità d'acqua erogata nell'unità di tempo, quindi il secchio sarà pieno quando $V = Qt$, ossia al tempo: $t = V/Q = 1.96$

A rubinetto chiuso la pressione dell'acqua al suolo è dovuta solo all'altezza della colonna: $P_a = P_{Atm} + \rho gh_0 = 3.72\text{ Atm}$
A rubinetto aperto, se chiamiamo v_1 la velocità dell'acqua nella condotta principale e v_2 quella in uscita dal rubinetto, all'altezza del rubinetto al suolo avremo:

$$\begin{cases} P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_{Atm} + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \\ v_1 S_1 = v_2 S_2 \\ v_2^2 = 2gh_0 \end{cases}$$

$$\text{dunque: } P_1 - P_{Atm} = \frac{1}{2}\rho v_2^2 \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right) = \rho gh_0 \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right) = 2.04\text{ Atm}$$

ESERCIZIO 2. Un solido di massa $m = 0.11$ g, calore specifico medio $c = 0.38 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, inizialmente alla temperatura $T_1 = 1216\text{K}$ è introdotto in un cilindro, a pareti rigide e adiabatiche, contenente $n = 3.5$ moli di gas perfetto biatomico alla temperatura di $T_2 = 608\text{K}$. Il volume del solido e le sue variazioni con la temperatura sono trascurabili rispetto al volume del gas. Determinare:

<i>punti</i>

1. la temperatura finale di equilibrio del sistema;
2. la variazione di energia interna del sistema gas più solido;
3. la variazione di entropia del gas, del solido

Soluzione: La trasformazione è a volume costante, quindi il calore assorbito dal gas sarà a volume costante: $Q_G = nc_v(T_f - T_2) = n\frac{5}{2}R(T_f - T_2)$ e la quantità di calore ceduta dal solido è $Q_s = mc(T_1 - T_f)$. Siccome non c'è scambio di calore con l'esterno queste dovranno essere uguali. Dunque: $n\frac{5}{2}R(T_f - T_2) = -mc(T_f - T_1)$ da cui,

$$T_f = \frac{5nRT_2 + 2 * mcT_1}{5nR + 2mc} = 608.35 \text{ K}$$

Il sistema è adiabatico, quindi $\Delta U = 0$.

$$\Delta S_G = \int_{T_2}^{T_f} dQ/T = nc_v \ln \frac{T_f}{T_2} = 0,08\text{K}$$

$$\Delta S_s = mc \ln \frac{T_f}{T_1} = -0,03 \text{ K}$$

Soluzione Versione n. 1
Soluzione Versione n. 4

Soluzione Versione n. 2
Soluzione Versione n. 5

Soluzione Versione n. 3