SOLUZIONI CAPITOLO 2

2.1
La pressione atmosferica (o barometrica) può essere espressa come

$$\begin{aligned} p_{atm} &= \rho g h \\ &= (13.590 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2)(0.775 \text{ m})\left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2}\right)\left(\frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^2}\right) \\ &= 100.6 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Quindi la pressione assoluta nel recipiente diventa

$$p_{ass} = p_{atm} - p_{vac} = 100{,}6 - 30 = \mathbf{70{,}6\ bar}$$

2.2
La pressione atmosferica (o barometrica) può essere espressa come

$$\begin{aligned} p_{atm} &= \rho g h \\ &= (13.590 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2)(0.75 \text{ m})\left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2}\right)\left(\frac{1 \text{ bar}}{100{,}000 \text{ N/m}^2}\right) \\ &= 1.00 \text{ bar} \end{aligned}$$

Quindi la pressione assoluta nel recipiente è

$$p_{ass} = p_{man} - p_{atm} = 3.5 + 1.00 = \mathbf{4.5\ bar}$$

[p_{man} è la pressione al manometro o pressione relativa]

2.3
La pressione assoluta nel recipiente è determinata da

$$p_{ass} = p_{man} - p_{atm} = 500 + 94 = \mathbf{594\ kPa}$$

2.4
Considerando una colonna d'aria verticale fra la vetta e la base della montagna e scrivendo il rapporto tra la forza agente sulla base della colonna e l'area della base stessa, otteniamo

$$P_{aria} / A = p_{base} - p_{vetta}$$

$$(\rho g h)_{aria} = p_{base} - p_{vetta}$$

$$(1.20 \text{ kg/m}^3)(9.7 \text{ m/s}^2)(h)\left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2}\right)\left(\frac{1 \text{ bar}}{100{,}000 \text{ N/m}^2}\right) = (0.930 - 0.780) \text{ bar}$$

Otteniamo

$$h = \mathbf{1289\ m}$$

che è anche la differenza di quota a cui è salito l'alpinista.

2.5

Le pressioni atmosferiche alla sommità e alla base dell'edificio sono

$$\begin{aligned} p_{\text{sommità}} &= (\mathrm{r\,g\,h})_{\text{sommità}} \\ &= (13{,}600\ \mathrm{kg/m^3})(9.807\ \mathrm{m/s^2})(0.730\ \mathrm{m})\left(\frac{1\ \mathrm{N}}{1\ \mathrm{kg\cdot m/s^2}}\right)\left(\frac{1\ \mathrm{kPa}}{1000\ \mathrm{N/m^2}}\right) \\ &= 97.36\ \mathrm{kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{\text{base}} &= (\rho g h)_{\text{base}} \\ &= (13{,}600\ \mathrm{kg/m^3})(9.807\ \mathrm{m/s^2})(0.755\mathrm{m})\left(\frac{1\ \mathrm{N}}{1\ \mathrm{kg\cdot m/s^2}}\right)\left(\frac{1\ \mathrm{kPa}}{1000\ \mathrm{N/m^2}}\right) \\ &= 100.70\ \mathrm{kPa} \end{aligned}$$

Considerando una colonna d'aria verticale tra la sommità e la base dell'edificio e scrivendo il rapporto tra la forza agente sulla base della colonna e l'area della base stessa, otteniamo

$$P_{\text{aria}} / \mathrm{A} = p_{\text{base}} - p_{\text{vetta}}$$

$$(\rho g h)_{\text{aria}} = p_{\text{base}} - p_{\text{vetta}}$$

$$(1.18\ \mathrm{kg/m^3})(9.807\ \mathrm{m/s^2})(\mathrm{h})\left(\frac{1\ \mathrm{N}}{1\ \mathrm{kg\cdot m/s^2}}\right)\left(\frac{1\ \mathrm{kPa}}{1000\ \mathrm{N/m^2}}\right) = (100.70 - 97.36)\ \mathrm{kPa}$$

Otteniamo

$$h = \mathbf{288{,}6\ m}$$

che è anche l'altezza dell'edificio.

2.6

La densità dell'acqua di mare si ottiene moltiplicando la sua densità relativa per la densità (massa volumica) dell'acqua, assunta pari a 1000 kg/m^3:

$$\rho = (\rho_{\mathrm{m}})(\rho_{H_2O}) = (1.03)(1000\ \mathrm{kg/m^3}) = 1030\ \mathrm{kg/m^3}$$

La pressione esercitata su un subacqueo alla profondità di 30 m sotto la superficie libera del mare è la pressione assoluta a quella profondità:

$$\begin{aligned} p &= p_{atm} + \rho g h \\ &= (101 \text{ kPa}) + (1030 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2)(30 \text{ m})\left(\frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^3}\right) \\ &= \mathbf{404.0 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

2.7
La densità dell'acqua di mare si ottiene moltiplicando la sua densità relativa per la densità (massa volumica) dell'acqua, assunta pari a 1000 kg/m^3:

$$\rho = (\rho_m)(\rho_{H_2O}) = (1.03)(1000 \text{ kg/m}^2) = 1030 \text{ kg/m}^3$$

La pressione esercitata sulla superficie del sottomarino che naviga alla profondità costante di 100 m sotto la superficie libera del mare è la pressione assoluta a quella profondità:

$$\begin{aligned} p &= p_{atm} + \rho g h \\ &= (101 \text{ kPa}) + (1030 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2)(100 \text{ m})\left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2}\right)\left(\frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^2}\right) \\ &= \mathbf{1111.1 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

2.8
La pressione assoluta nel recipiente è data da

$$\begin{aligned} p &= p_{atm} + \rho g h \\ &= (98 \text{ kPa}) + (8500 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2)(0.45 \text{ m})\left(\frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^2}\right) \\ &= \mathbf{101.75 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

2.9
La temperatura sulla scala Kelvin è legata alla temperatura sulla scala Celsius dalla relazione

$$T\,(\text{K}) = T\,(^\circ\text{C}) + 273$$

Perciò,

$$T\,(\text{K}) = 37\ ^\circ\text{C} + 273 = \mathbf{310\ K}$$

2.10
Questo problema riguarda variazioni di temperatura, che sono identiche sulla scala Kelvin e sulla scala Celsius. Perciò,

$$\Delta T\,(\text{K}) = \Delta T\,(^\circ\text{C}) = \mathbf{30\ K}$$

2.11
La pressione atmosferica alla quota dell'aeroplano e quella al livello del suolo sono

$$
\begin{aligned}
P_{\text{aereo}} &= (\rho\, g\, h)_{\text{aereo}} \\
&= (13{,}600\ \text{kg/m}^3)(9.8\ \text{m/s}^2)(0.690\ \text{m})\left(\frac{1\ \text{N}}{1\ \text{kg}\cdot\text{m/s}^2}\right)\left(\frac{1\ \text{kPa}}{1000\ \text{N/m}^2}\right) \\
&\ 91.96\ \text{kPa}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
P_{\text{suolo}} &= (\rho\, g\, h)_{\text{suolo}} \\
&= (13{,}600\ \text{kg/m}^3)(9.8\ \text{m/s}^2)(0.753\ \text{m})\left(\frac{1\ \text{N}}{1\ \text{kg}\cdot\text{m/s}^2}\right)\left(\frac{1\ \text{kPa}}{1000\ \text{N/m}^2}\right) \\
&\ 100.36\ \text{kPa}
\end{aligned}
$$

Considerando una colonna d'aria verticale tra l'aeroplano e il suolo e scrivendo il rapporto tra la forza esercitata sulla base della colonna e l'area della base stessa, otteniamo

$$
\begin{aligned}
P_{\text{aria}}/\text{A} &= p_{\text{suolo}} - p_{\text{aereo}} \\
(\rho g h)_{\text{aria}} &= p_{\text{suolo}} - p_{\text{aereo}}
\end{aligned}
$$

$$
(1.20\ \text{kg/m}^3)(9.8\ \text{m/s}^2)(\text{h})\left(\frac{1\ \text{N}}{1\ \text{kg}\cdot\text{m/s}^2}\right)\left(\frac{1\ \text{kPa}}{1000\ \text{N/m}^2}\right) = (100.36 - 91.96)\ \text{kPa}
$$

Da cui

$$h = \mathbf{714\ m}$$

che è anche la quota dell'aeroplano.

2.12
Costruendo il diagramma di corpo libero del pistone e componendo le forze verticali, otteniamo

$$
\begin{aligned}
P &= pA - p_{\text{atm}}A \\
mg &= (p - p_{\text{atm}})A
\end{aligned}
$$

$$
(m)(9.807\ \text{m/s}^2) = (500 - 100\ \text{kPa})(30\times10^{-4}\ \text{m}^2)\left(\frac{1000\ \text{kg/(m}\cdot\text{s}^2)}{1\ \text{kPa}}\right)
$$

Da cui otteniamo

$$m = \mathbf{122.4\ kg}$$

2.13
La pressione atmosferica in varie località si ottiene sostituendo i valori della quota *z*, espressa in kilometri (km), nella relazione

$$P_{\text{atm}} = 101.325(1\text{- } 0.02256z)^{5.256}$$

$$\text{Atalanta: } (z = 0.306 \text{ km}): p_{\text{atm}} = 101.325(1 - 0.02256 \times 0.306)^{5.256} = \mathbf{94.2\ kPa}$$
$$\text{Denver: } (z = 1.610 \text{ km}): p_{\text{atm}} = 101.325(1 - 0.02256 \times 1.610)^{5.256} = \mathbf{83.4\ kPa}$$
$$\text{Città del Messico: } (z = 2.309 \text{ km}): p_{\text{atm}} = 101.325(1 - 0.02256 \times 2.309)^{5.256} = \mathbf{76.5\ kPa}$$
$$\text{Monte Everest: } (z = 8.848 \text{ km}): p_{\text{atm}} = 101.325(1 - 0.02256 \times 8.848)^{5.256} = \mathbf{31.4\ kPa}$$

2.14
Usando la relazione data, troviamo che la temperatura media dell'atmosfera a una quota di 12 000 m è data da

$T_{\text{atm}} = 288.15 – 6.5z$
$= 288.15 – 6.5\text{x}12$
$= 210.5 \text{ K} = \text{-}63°\text{C}$