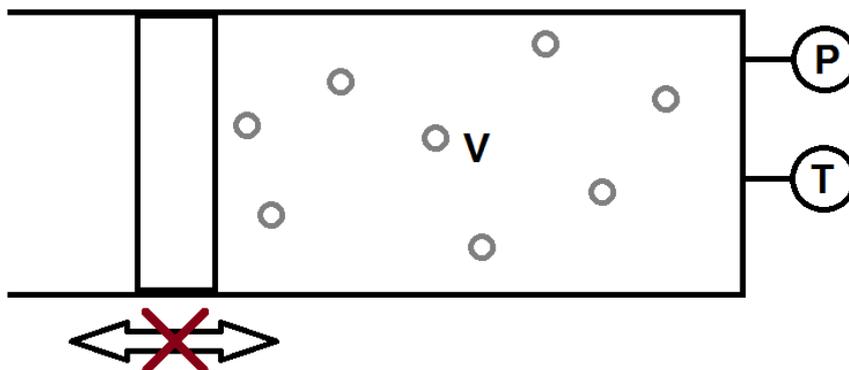


Challenge 2, Termodinamica: Soluzioni

Sotto pressione

16 pt.



Dell'azoto si trova in un cilindro di $V = 2\text{L}$ munito di un pistone che funge da tappo. In questa prima parte blocchiamo il pistone, riscaldiamo il gas a differenti temperature e misuriamo la pressione. I risultati sono indicati nella tabella qui sotto:

#	T(°C)	P(Pa)
1	10	168100
2	20	174000
3	50	191800
4	100	221500
5	150	251200
6	250	310600

Parte A. Determinazione della massa

5 pt.

i. Schizzate un grafico della temperatura del gas in funzione della pressione nel cilindro.

2 pt.

0.25 points for graph label on each axis

0.5 pt.

0.25 for correct units on each axis

0.5 pt.

correct plotting of data

1 pt.

Typically you take off : $-(0.25 \text{ pt})$ if the data do not span over the whole axis (ie if they plot from 0 to 350000 for the pressure, from 150000 is sufficient and allows better visualization of the data) $-(0.25 \text{ pt})$ if the graph is super small on the sheet of paper

ii. Qual'è la massa dell'azoto all'interno del cilindro?

3 pt.

The ideal gas law

$$PV = nRT$$

0.5 pt.

We substitute $n = \frac{m}{M}$ and divide by V

$$P = \frac{mR}{MV}T$$

0.5 pt.

From the slope one can determine the mass

$$m = \text{slope} \cdot \frac{MV}{R}$$

1 pt.

Get the numerical value for the slope from the graph.

0.5 pt.

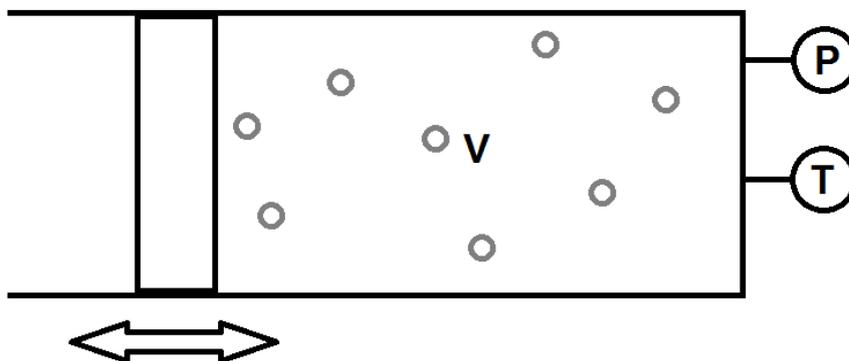
For finding the numerical value of the mass (4g). The results in the following sections will be calculated with this value.

0.5 pt.

Parte B. Equilibrio

2 pt.

Lasciamo ora il pistone libero di muoversi lungo l'asse del cilindro. In nessun caso il pistone può staccarsi dal cilindro. Salvo dove menzionate esplicitamente, ignoriamo lo scambio di calore tra il gas e l'ambiente esterno.



i. Se la temperatura del gas è di 23 °C, qual'è il volume assunto dal gas all'interno del cilindro?

2 pt.

We have

$$V = (mR/M_m P)T = 3.48 \text{ L}$$

1 pt.

where we have used that $P = P_{atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$, anything close to that within 10% is acceptable.

1 pt.

Parte C. Immersione

9 pt.

Il cilindro viene immerso sott'acqua, a 7 m al di sotto della superficie. La temperatura del gas nel cilindro è di 23 °C. Il pistone è sempre libero di muoversi lungo l'asse del cilindro.

Costanti:

- Densità dell'acqua: $\rho_{acqua} = 1.0 \text{ gcm}^{-3}$
- Calore specifico dell'azoto : $c_{azoto} = 1.04 \text{ kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

i. Che volume assume il gas, supponendo che la temperatura non cambi?

2 pt.

The pressure in this case is

$$P = P_{atm} + \rho_{water}gh$$

1 pt.

Again we have

$$V = (mR/M_m P)T$$

0.5 pt.

The numerical application gives $V = 2.07 \text{ L}$

0.5 pt.

ii. Lasciando il cilindro sott'acqua, che quantità di calore è necessario fornire perché il suo volume divenga di 2 L?

3 pt.

Again we have

$$P = P_{atm} + \rho_{water}gh$$

0.5 pt.

which gives

$$(VM_m P)/(mR) = Tf = 285.69 \text{ K} = 12.69 \text{ °C}$$

1 pt.

we find for the heat

$$Q = mc_{nitrogen}(T_f - T_i)$$

1 pt.

Resulting in a numerical value of $Q = -42.9 \text{ J}$

0.5 pt.

iii. Quale dev'essere la massa del cilindro in funzione della temperature del gas per far sì che quest'ultimo si trovi in equilibrio a questa profondità? Per equilibrio si intende che non risale in superficie né sprofonda verso il basso. Il materiale del cilindro occupa un volume trascurabile e il pistone ha una massa trascurabile.

4 pt.

Archimedes :

$$F_A = \rho_{water}V_{fluid}g$$

1 pt.

Equilibrium :

$$F_A = (m_{cylinder} + m)g$$

1 pt.

Combining the two latter (one can simplify g) :

$$\rho_{water}V_{fluid} = m_{cylinder} + m$$

0.5 pt.

$$V = (mR/M_m P)T$$

0.25 pt.

$$P = P_{atm} + \rho_{water}gh$$

0.25 pt.

it yields

$$m_{cylinder}(T) = \left(\frac{\rho_{water}R}{M_m(P_{atm} + \rho_{water}gh)} T - 1 \right) m$$

1 pt.