



---

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche  
Corso di Fisica AA 2021/2022

**Esercitazione 11**  
**TERMODINAMICA – PARTE I**

Stefania Baronio  
stefania.baronio@phd.units.it

---

# #1 Il maniscalco

Un maniscalco ha portato a elevata temperatura un ferro di cavallo, di massa 1.0 kg, e, dopo averlo lavorato, lo ha lasciato cadere in un secchio contenente 15 l di acqua alla temperatura iniziale di 20°C; di conseguenza, nell'acqua si è determinato un innalzamento termico di 3.2°C. Assegnando al calore specifico del ferro il valore di 0.11 cal/g·°C e trascurando la capacità termica del secchio e le dispersioni di calore verso l'ambiente esterno, determinare la temperatura che l'oggetto aveva un istante prima di cadere in acqua.

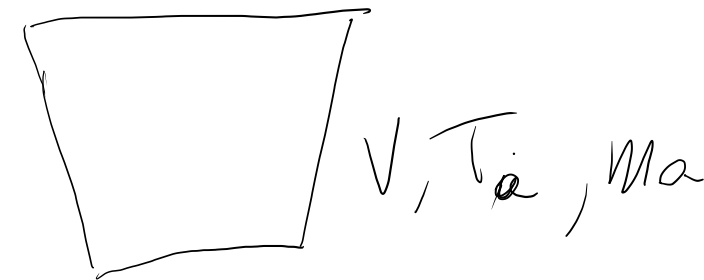
$$Q = m \cdot c_s \cdot \Delta T$$

$$c_a = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q = m_a \cdot c_a \cdot \Delta T_a > 0$$

$$Q' = m_f \cdot c_f \cdot \Delta T_f < 0 \Rightarrow \begin{matrix} Q' \\ \text{FERRO} \end{matrix} = - \begin{matrix} Q \\ \text{ACQUA} \end{matrix}$$

$$\Delta T_f = T_f - T_a = \frac{Q'}{m_f \cdot c_f}, \quad T_f = T_a + \Delta T_a = 20^\circ\text{C} + 3.2^\circ\text{C}$$



$$m_a = \rho \cdot V = 15 \text{ kg}$$

$$T_F - T_0 = \frac{Q'}{m_f \cdot c_f} = - \frac{Q}{m_f c_f}$$

$$T_0 = T_F + \frac{Q}{m_f c_f} = T_F + \frac{m_a c_a \Delta T_a}{m_f c_f}$$

$$\Delta T_f = \frac{m_a c_a}{m_f c_f} \Delta T_a$$

↓

≈ 15 · 10 = 150

↑

≈ 3

$$23.2^\circ\text{C} + \frac{15\text{kg} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 3.2^\circ\text{C}}{1.0\text{kg} \cdot 0.11 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}}$$

$$= 23.2^\circ\text{C} + 436.4^\circ\text{C} \approx \boxed{460^\circ\text{C}}$$

## #2 Coca-Cola ghiacciata

In una calda giornata primaverile, un individuo vuole raffreddare un bicchiere di Coca-Cola usando del ghiaccio. Due cubetti di ghiaccio di 50 g ciascuno, sono posti in 0.200 Kg di Coca-Cola in un bicchiere. Inizialmente la bevanda si trova alla temperatura di  $25^{\circ}\text{C}$  e il ghiaccio a  $-15^{\circ}\text{C}$ .

- Assimilando la Coca-Cola ad acqua e sapendo che il calore specifico del ghiaccio è  $2.05 \text{ kJ/Kg}\cdot\text{K}$ , quello latente di fusione è  $333.7 \text{ KJ/Kg}$ , determinare la temperatura finale del contenuto del bicchiere;
- Determinare la temperatura finale nel caso in cui si utilizzi un solo cubetto.

DIVIDO IN 3 FASCE:

- 1) PORTO IL GHIACCIO A  $0^{\circ}\text{C}$
- 2) SCIOLO IL GHIACCIO
- 3) SE SI È SCIOLTO, EQUILIBRIO TERMICO

a)

$$C_g = 2.05 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$C_a = 4.186 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$C_f = 333.7 \text{ kJ/kg}$$

$$T_f = ?$$

$$T_g = -15^\circ\text{C}, m_g = 100 \text{ g}$$

$$T_a = 25^\circ\text{C}, m_a = 200 \text{ g}$$

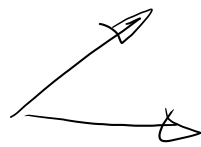
① CALORE PER PORTARE IL GHIACCIO A  $0^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta T_1 = (0 + 15)^\circ\text{C} = +15^\circ\text{C}$

$$Q_1 = C_g \cdot m_g \cdot \Delta T_1 > 0$$

$$= 2.05 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 0.1 \text{ kg} \cdot 15 \text{ K} = 3.1 \text{ kJ}$$

CALORE CEDUTO DA L'ACQUA  
SE ARRIVA A  $0^\circ\text{C}$

$Q_2$



$$Q_2 > Q_1 \Rightarrow$$

$$Q_2 < Q_1 \Rightarrow$$

PERO' GHIACCIO  
A  $0^\circ\text{C}$   
NON ARRIVO A  $0^\circ\text{C}$

$$Q_2 = m_a \cdot C_a \cdot \Delta T_2, \quad \Delta T_2 = (0 - 25)^\circ\text{C} = -25^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow -20.9 \text{ kJ} \Rightarrow |Q_2| > |Q_1|$$

$\Rightarrow$  RIESCO AD ARRIVARE A  $0^\circ\text{C}$ !  
COL GHIACCIO.

$T_{fa}$

$0^\circ\text{C}$   
TEMPERATURA ACQUA  
DOPO CHE HO  
PORTATO IL GHIACCIO  
 $0^\circ\text{C}$

$$-Q_1 = m_a C_a \cdot \Delta T_{1, \text{ACQUA}}$$

$$\Delta T_{1, \text{ACQUA}} = -3.7^\circ\text{C} \Rightarrow T_{A,1} = 21.3^\circ\text{C}$$

DEVO CAPIRE SE  
SCIOLGO IL GHIACCIO O NO!

2) CALORE PER SCIOLVERE IL GHIACCIO:

$$Q_F = m_g \cdot C_f = 0.1 \text{ kg} \cdot 333.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \approx 33.4 \text{ kJ}$$

$T_f = 0^\circ\text{C}$

$Q_1 + Q_F > |Q_2|!!! \Rightarrow$  PORTO TUTTO A  $0^\circ\text{C}$   
NON SCIOLGO IL GHIACCIO!

1) PORTARE IL GLACIO A  $0^{\circ}\text{C}$ :

$$Q_1 = 3.1 \text{ kJ} \Rightarrow$$

$$T_g = 0^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 21^{\circ}\text{C}$$

$\Rightarrow$  \* NO EQUILIBRIO !!

\* SICURAMENTE

$$T_f \geq 0^{\circ}\text{C}$$

2) CALORE PER SCIOGLIERE IL GLACIO:

$$|Q_f| > |Q_A|$$

$Q_A =$  Calore ceduto per portare l'acqua a  $T = 0^{\circ}\text{C}$

$$= C_a \cdot m_a \cdot \Delta T_A$$

$$= C_a \cdot m_a \cdot (0^{\circ}\text{C} - T_a)$$

$$b) m_g = 50g$$

①  $Q_1 = m_g \cdot c_g \cdot \Delta T_1 =$  META' DEL PUNTO (a)  
CAIORE  
PER SCIOGGERE  
IL GIACCIO  
 $= 1.5 \text{ KJ}$

② SCIOGGO?

$$Q_f = m_g \cdot C_f = \text{META' DEL PUNTO (a)} \\ 16.7 \text{ KJ}$$

COME PRIMA, PER PORTARE ACQUA A  $0^\circ\text{C}$ , DEVO CEDERE  $20.9 \text{ KJ}$

MA  $Q_f + Q_1 = 18.2 \text{ KJ} < 20.9 \text{ KJ} !! \Rightarrow$  SCIOGGO TUTTO!



3) ACQUA:

$m_g, 0^\circ\text{C}$   
 $m_a, T_i$  }  $\rightarrow$  EQUILIBRIO?  
 $\rightarrow$  TEMP. ACQUA DOPO FUSIONE

$$Q_3 = Q_F + Q_1 = 18.2 \text{ kJ}$$

$$-Q_3 = m_a \cdot c_a \cdot (\Delta T_a) = -21.7^\circ\text{C}$$

$\Rightarrow$   $m_g, 0^\circ\text{C} \leftarrow +Q$   
 $m_a, 3.3^\circ\text{C} \leftarrow -Q$

$$T_i = 25^\circ\text{C} + \Delta T_a$$
$$= 3.3^\circ\text{C}$$

SI SAMBIANO  $Q$

~~$Q = m_g \cdot c_a \cdot (T_f - 0^\circ\text{C}) > 0$~~

~~$+Q = m_a \cdot c_a \cdot (T_f - 3.3^\circ\text{C}) < 0$~~

$$m_g c_a (T_f - 0^\circ\text{C}) =$$
$$= m_a \cdot c_a (3.3^\circ\text{C} - T_f)$$
$$\Rightarrow m_g T_f + m_a T_f = m_a \cdot 3.3^\circ\text{C}$$
$$T_f = \frac{m_a \cdot 3.3^\circ\text{C}}{m_g + m_a}$$

MEDIA  
PESATA

$$T_f = \frac{m_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot T_2}{m_1 + m_2}$$



$$T_f = \frac{0.2 \text{ Kg} \cdot 3.3^\circ\text{C} + \cancel{0.05 \text{ Kg} \cdot 0^\circ\text{C}}}{(0.2 + 0.05) \text{ Kg}} \approx 2.6^\circ\text{C}$$

### #3 Il pistone mobile – prova scritta 15/07/2016

Una quantità  $n=0.100$  mol di un gas ideale monoatomico è contenuta in un cilindro verticale di raggio  $r=2.00$  cm, chiuso superiormente da un pistone scorrevole senza attrito di massa  $M=10.0$  kg. La pressione esterna è  $p_0=1.00$  atm e la temperatura iniziale è  $T_0=293$  K.

- a) Calcolare la pressione e il volume iniziali del gas;  
b) Al gas viene fornita, in modo reversibile, una quantità di calore  $Q=200$  J. Ricordando che per il gas in questione  $E_{int} = nC_V T$ ,  $C_V = 3R/2$ ,  $C_P = 5R/2$  e  $R=8.31$  J/(mol K), si calcolino la temperatura finale e il lavoro compiuto sul gas durante la trasformazione.

$$n = 0.100 \text{ mol}$$

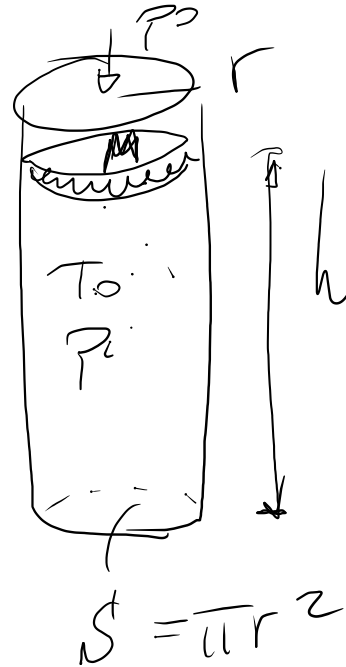
$$r = 2 \text{ cm}$$

$$M = 10 \text{ kg}$$

$$a) P_i = ? , V_i = ?$$

$$P_i = P_0 + P_M = P_0 + \frac{Mg}{\pi r^2} = 1.79 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$PV = nRT \Rightarrow V_i = \frac{nRT_0}{P_i} = 1.36 \text{ l} \quad (1.36 \text{ dm}^3)$$



$$b) +Q = 200 \text{ J} \rightarrow P, V, T$$

$P_i$  COSTANTE  $\Rightarrow$  PERCHÉ SONO IN EQUILIBRIO CON PRESSIONE ESTERNA, CHE È COSTANTE

$$\Delta E_{\text{int}} = Q + L$$

$$L = -P \Delta V$$

$$= -P \cdot \frac{mR \Delta T}{P}$$

$$\Delta V = \frac{mR \Delta T}{P}$$

$$= -mR \Delta T = -80 \text{ J}$$

$$C_p - C_v = R$$

$$Q = n C_p \Delta T \rightarrow T_f$$

$$T_f = 389 \text{ K}$$

## #4 Pistone e molla

Un recipiente cilindrico chiuso con asse orizzontale di sezione  $S=50 \text{ cm}^2$  e di lunghezza  $L=1.0 \text{ m}$ , è diviso in due sezioni da un pistone  $P$  che scorre nel cilindro a tenuta e senza attrito. Siano  $A$  e  $B$  le basi del cilindro. Tra la base  $A$  e il pistone  $P$  è contenuto un gas perfetto biatomico. Tra la base  $B$  e il pistone è interposta una molla di lunghezza a riposo  $l_0=40 \text{ cm}$  e di costante elastica  $K=500 \text{ N/m}$ . Tra la base  $B$  e il pistone è stato fatto il vuoto. Inizialmente la temperatura del sistema è  $T_i=27^\circ\text{C}$  e la lunghezza della molla è pari a  $l_i=20 \text{ cm}$ . In questa configurazione iniziale si calcolino:

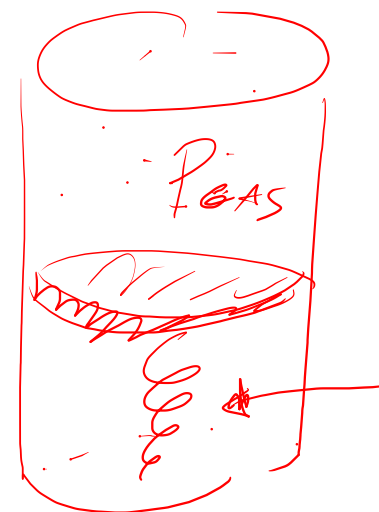
- La pressione iniziale  $P_i$ ;
- Il numero di moli  $n$  del gas.

*FORZE  $\rightarrow C_V, C_P!$*

Successivamente la temperatura del gas viene fatta diminuire fino a quando la molla raggiunge la lunghezza  $l_f=30 \text{ cm}$ . Con riferimento a questo stato finale, ed alla trasformazione termodinamica dallo stato iniziale allo stato finale, si calcolino:

- La temperatura finale  $T_f$ ;
- La variazione dell'energia interna del gas;
- Il lavoro  $L$  fatto sul gas (o dal gas, specificare);
- Il calore  $Q$  ceduto (o assorbito, specificare) dal gas.

*USATE LAVORO DELLA MOLLA  
(ATTENTI AUF  $x^2$ !)*



# Soluzioni

## #1 Il maniscalco

460°C

## #2 Coca-Cola ghiacciata

- a) 0°C
- b) 2.6°C

## #3 Il pistone mobile

- a) 179 kPa, 1.36 l
- b) 389 K, -80.3 J

## #4 Pistone e molla

- a)  $2.0 \cdot 10^4$  Pa
- b) 0.032 moli
- c) -142°C
- d) -112 J
- e) 7.5 J (sul sistema)
- f) -119.5 J (ceduti)