



Università
degli Studi
di Ferrara

Dipartimento di Matematica e Informatica

27/05/2022

Tutorato didattico di Fisica per LT Informatica

A.A. 2021 – 2022

Tutor: Martina Natali

Contatti:

martina01.natali@edu.unife.it

Classroom del corso

FORMULARIO

FORMA DIFFERENZIALE
DEL I PRINCIPIO

$$dQ = dU + dL$$

TRASFORMAZIONI TERMODINAMICHE

ISOTERMICA

$$T = \text{cost.}$$

$$\Delta U = 0$$

ADIABATICA

$$Q = 0$$

ISOCORA

$$\Delta V = 0$$

$$L = 0$$

ISOBARA

$$\Delta p = 0$$

TRANSF.	EQ. STATO	dU	dQ	dL
ISOTERMA $A \rightarrow B$ $T = \text{cost}$	$PV = \text{cost}$	0	$dQ = dL$	$L = nRT \ln \frac{V_B}{V_A}$ $L = nRT \ln \frac{P_A}{P_B}$
ADIABATICA $\gamma = 5/3$ (MONO) $= 7/5$ (BI)	$TV^{\gamma-1} = \text{cost}$ $PV^{\gamma} = \text{cost}$ $TP^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{cost}$	$nC_V dT$	0	$dL = -dU$
ISOCORA $V = \text{cost}$	$T/P = \text{cost}$	$dU = dQ$	$nC_V dT$	0
ISOBARA $P = \text{cost}$	$T/V = \text{cost}$	$nC_V dT$	$nC_P dT$	$dL = PdV = nRdT$

CALORE SPECIFICO

RELAZIONE DI MAYER

$$C_v + R = C_p$$

Diagram illustrating the Mayer relation $C_v + R = C_p$ with arrows pointing to the terms:

- C_v points to: CAL. SPEC. A VOL. COSTANTE
- R points to: COSTANTE
- C_p points to: CAL. SPEC. A PRESS. COST.

COSTANTE

GAS PERFETTI

$$8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

MONOATOMICO
BIATOMICO

$$C_v$$
$$\frac{3}{2} R$$
$$\frac{5}{2} R$$

$$C_p$$
$$\frac{5}{2} R$$
$$\frac{7}{2} R$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$$
$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{5}$$

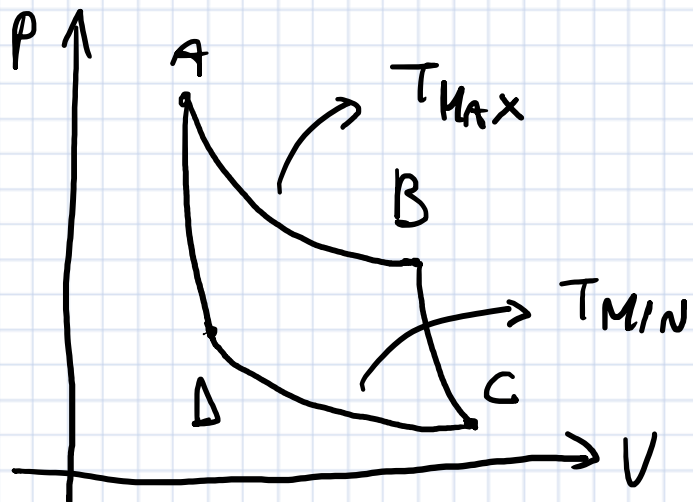
COEFF.
ADIBATICO

RENDIMENTO

$$\eta = \frac{L_{TOT}}{Q_{ASSORBITO}}$$

\eta\

CICLO DI CARNOT



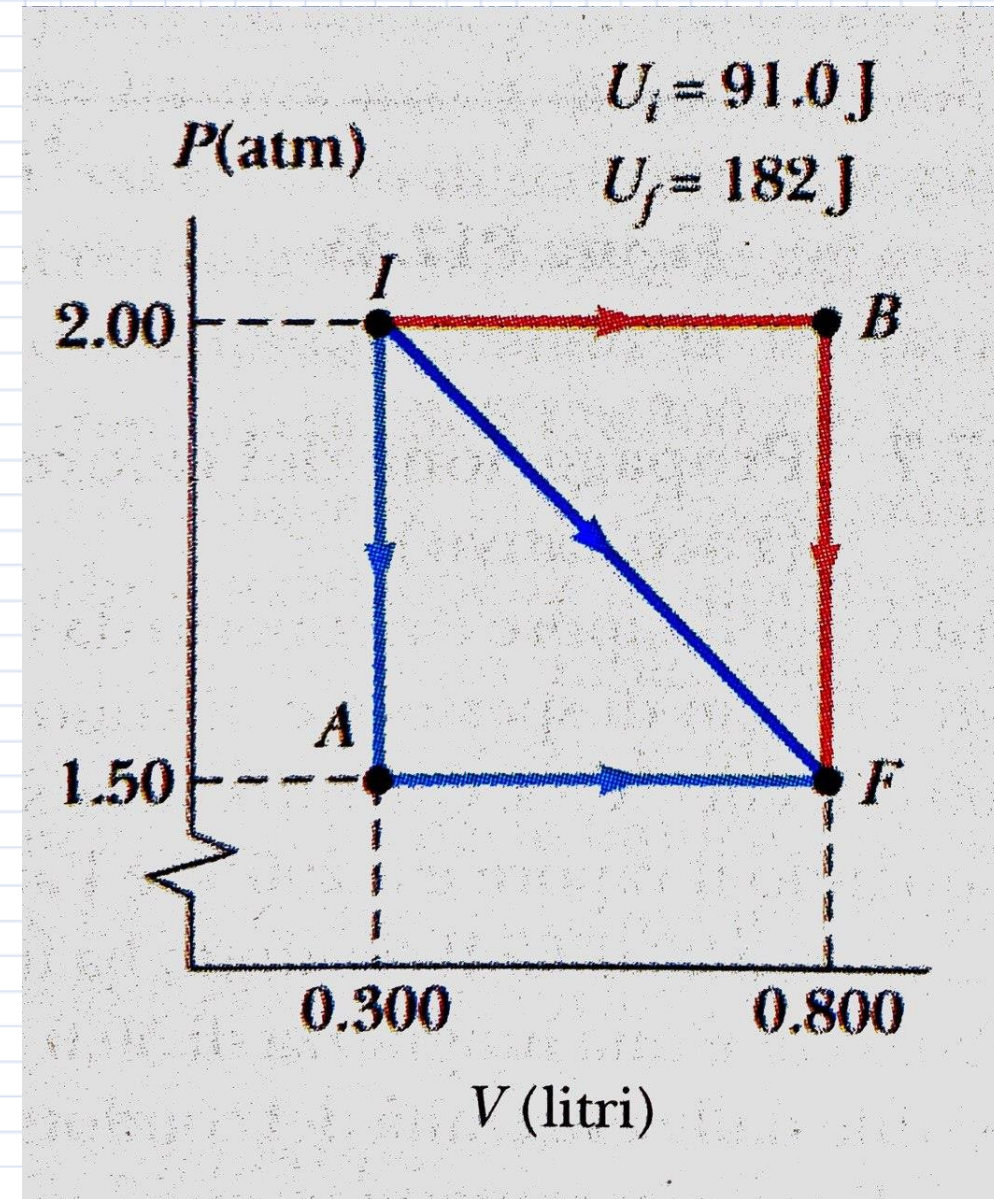
ISOT \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow ISOT \rightarrow A \rightarrow B
A \rightarrow B B \rightarrow C C \rightarrow D D \rightarrow A

$$\eta_C = 1 - \frac{T_{MIN}}{T_{MAX}}$$

Una mole di gas inizialmente alla pressione di 2 atm e al volume di 0.3 litri ha un'energia interna di 91 J. Nel suo stato finale, la pressione è di 1.5 atm, il volume 0.8 litri e l'energia interna è 182 J. Per i percorsi IAF e IF calcolare:

- lavoro compiuto dal gas
- energia termica netta scambiata durante la trasformazione

$M = 1$			
$U_i = 91 \text{ J}$			
$U_f = 182 \text{ J}$			
$L_{IAF}, L_{IF}?$			
$Q_{IAF}, Q_{IF}?$			
		$V(\text{L})$	$p(\text{atm})$
	I	0.3	2
	A	0.3	1.5
	F	0.8	1.5



L_{IAF} ? \rightarrow GUARDO IL GRAFICO

$I \rightarrow A$: ISOCORA $L_{IA} = 0$

$A \rightarrow F$: ISOBARA $L_{AF} = p \Delta V = p_F (V_F - V_A) =$
 $= 1.5 (0.8 - 0.3) \text{ atm} \times L$

$$1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 L = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3$$

$$L_{AF} = 1.5 \times 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} (0.5) \times 10^{-3} \text{ m}^3$$
$$= 0.758 \times 10^2 \text{ J} = 75.8 \text{ J}$$

$$L_{IAF} = \cancel{L_{IA}^0} + L_{AF} = L_{AF} = +75.8 \text{ J}$$

$$Q_{IAF} = ? \quad Q_{IA} + Q_{AF}$$

$$Q = \Delta U + L \quad \Delta U = U_F - U_I \quad L_{IAF} = L_{AF}$$

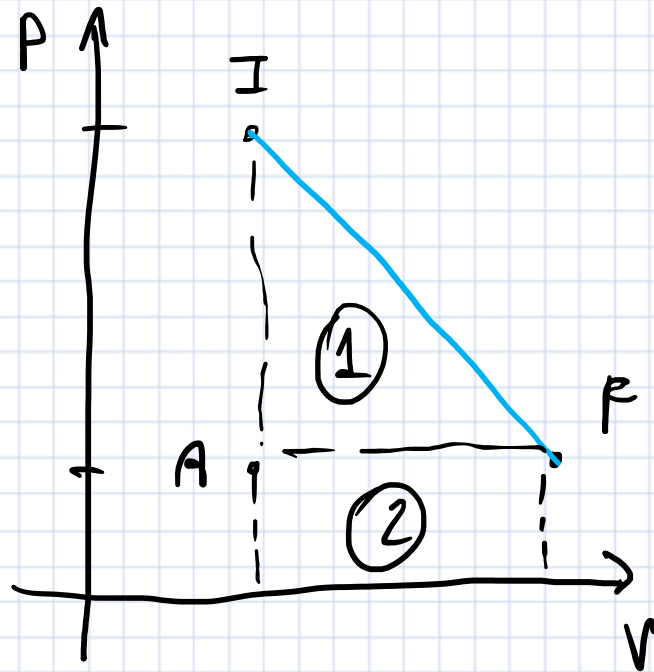
$$Q_{IAF} = U_F - U_I + L_{AF} =$$

$$= 182 \text{ J} - 91 \text{ J} + 75.8 \text{ J} = 166.8 \text{ J}$$

↓
CALORE NETTO E' ASSORBITO

L_{IF} ? Q_{IF} ?

L_{IF} CIRCOLO COME AREA SOTTESA ALLA TRAP



$$L_{IF} = \text{AREA ①} + \text{AREA ②}$$

$$\text{AREA ①} = \frac{1}{2} \overline{AF} \overline{AI}$$

$$= \frac{1}{2} (V_F - V_A) (P_I - P_A)$$

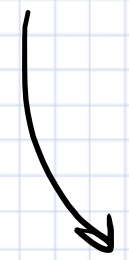
$$= \frac{1}{2} (0.8 - 0.3) (2 - 1.5) \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$= 0.5 (0.5) (0.5) = 0.125 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$\text{AREA ②} = 1.5 \times 0.5 \text{ atm} \cdot \text{L} = 0.75 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

$$\begin{aligned}
 L_{IF} &= \text{AREA ①} + \text{AREA ②} = 0.125 + 0.75 \text{ atm L} \\
 &= 0.875 \text{ atm L} = 0.875 \times 1.01 \times 10^5 \times 10^{-3} \text{ Pa m}^3 \\
 &= 0.884 \times 10^2 \text{ J} = 88.4 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{IF} &= \Delta U_{IF} + L_{IF} = U_F - U_I + L_{IF} = \\
 &= 182 \text{ J} - 91 \text{ J} + 88.4 \text{ J} = 179.4 \text{ J}
 \end{aligned}$$


 CALORE ASSORBITO

Un gas perfetto biatomico descrive il ciclo reversibile in figura, a partire dallo stato A, le cui coordinate termodinamiche sono: $T_A = 1000 \text{ K}$, $p_A = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$, $V_A = 2 \text{ m}^3$ e raggiungendo con una trasformazione isoterma lo stato B, il cui volume è doppio di A. Successivamente il gas subisce una trasformazione adiabatica BC, in cui il volume raddoppia ancora, una trasformazione isobara CD, in cui il volume ritorna a V_A , e infine una isocora DA.

12) Determinare la pressione nello stato B

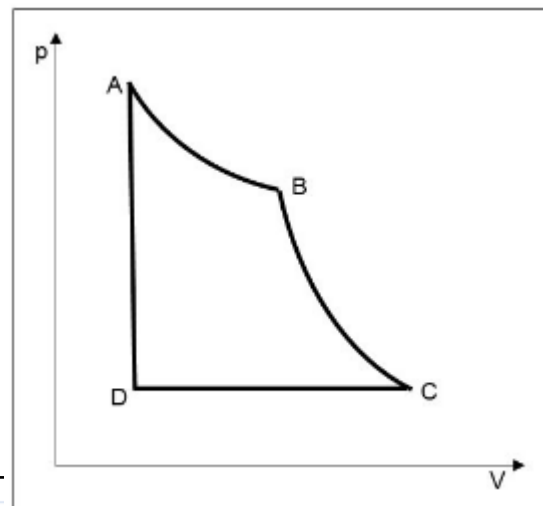
$0.750 \times 10^5 \text{ Pa}$

$1.50 \times 10^5 \text{ Pa}$

$3.00 \times 10^5 \text{ Pa}$

$6.00 \times 10^5 \text{ Pa}$

$7.50 \times 10^5 \text{ Pa}$



GAS BIATOMICO

A → B ISOTERMA

B → C ADIAB

C → D ISOBARA

D → A ISOCORA

	$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (\text{m}^3)$	$T (\text{K})$
A	3	2	1000
B		4	1000
C	P_C	8	
D	$P_D = P_C$	2	

1) p_B ?

$A \rightarrow B$ ISOTHERMAL

LEGGE DI STATO

$$pV = \text{cost} \Rightarrow p_A V_A = p_B V_B$$

$$p_B = \frac{p_A V_A}{V_B} = \frac{3 \times 10^5 \times 2}{4} = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

	U	Q	L
AB			
BC			
CD			
DA			

	$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (m^3)$	$T (K)$
A	3	2	
B	1.5	4	
C			
D			

13) Determinare la pressione nello stato C

$p_c?$

$0.284 \times 10^5 \text{ Pa}$

$0.568 \times 10^5 \text{ Pa}$

$1.14 \times 10^5 \text{ Pa}$

$2.27 \times 10^5 \text{ Pa}$

$2.84 \times 10^5 \text{ Pa}$

$B \rightarrow C$ ADIABATICA

\rightarrow LEGGE DI STATO ADIAB

~~$$TV^{\gamma-1} = \text{cost}$$~~

$$pV^{\gamma} = \text{cost}$$

~~$$Tp^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{cost}$$~~

$$\rightarrow p_B V_B^{\gamma} = p_C V_C^{\gamma}$$

$$\gamma = (1.1) \frac{7}{5}$$

	U	Q	L
AB			
BC			
CD			
DA			

	$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (m^3)$	$T (K)$
A	3	2	1000
B	1.5	4	1000
C		8	
D			

$$P_C = P_B \left(\frac{V_B}{V_C} \right)^\gamma$$

$$= 1.5 \times 10^5 \text{ Pa} \left(\frac{1}{2} \right)^{7/5} =$$

$$= 0.568 \times 10^5 \text{ Pa}$$

	U	Q	L
AB			
BC			
CD			
DA			

	P ($\times 10^5 \text{ Pa}$)	V (m^3)	T (K)
A			
B	1.5	4	
C	0.568	8	
D	0.568		

14) Determinare la temperatura nello stato C T_C ?

3790 K

3030 K

1520 K

758 K

379 K

EQ. STATO GAS PERFETTI
(VALE PER OGNI PUNTO)
DEL PIANO PV

$$pV = nRT$$

→ RICAVARLO DA
UN PUNTO IN CUI HO
 P, V, T

	U	Q	L
AB			
BC			
CD			
DA			

	$P (\times 10^5 Pa)$	$V (m^3)$	$T (K)$
A	3	2	1000
B	1,5	4	1000
C	0.564	8	
D			

RICAVO n DA A

$$P_A V_A = n R T_A$$

$$\begin{aligned} \rightarrow n &= \frac{P_A V_A}{R T_A} = \\ &= \frac{3 \times 10^5 \times 2}{8.31 \times 10^3} = \\ &= \frac{6}{8.31} \times 10^2 = 0.722 \times 10^2 \\ &= 72.2 \text{ mol} \end{aligned}$$

	U	Q	L
AB			
BC			
CD			
DA			

	P ($\times 10^5 \text{ Pa}$)	V (m^3)	T (K)
A	3	2	1000
B			
C			
D			

$$T_c = \frac{P_c V_c}{n R} = \frac{0.568 \times 8}{72.2 \times 8.31} \times 10^5 =$$

$$= (7.57 \times 10^{-3}) \times 10^5 = 7.57 \times 10^2 = 757 \text{ K}$$

15) Determinare la temperatura nello stato D

378 K

95.0 K

189 K

945 K

756 K

$C \rightarrow D$ ISOBARA

$$p = \text{cost} \Rightarrow \frac{T}{V} = \text{cost}$$

$$\frac{T_C}{V_C} = \frac{T_D}{V_D}$$

$$\rightarrow T_D = T_C \frac{V_D}{V_C} = 757 \times \frac{2}{8} = 189 \text{ K}$$

	U	Q	L
AB			
BC			
CD			
DA			

	P ($\times 10^5 \text{ Pa}$)	V (m^3)	T (K)
A	3	2	1000
B	1.5	4	1000
C	0.562	8	757
D	0.562	2	189

16) Determinare il calore scambiato nella trasformazione

AB

2080 kJ

1660 kJ

832 kJ

416 kJ

208 kJ

$Q_{AB}?$

$A \rightarrow B$ ISOTERMA

$$Q_{AB} = L_{AB} = nRT \ln \frac{V_B}{V_A}$$

$$= 72.2 \times 8.31 \times 1000 \times \ln 2$$

$$= 416 \times 10^3 \text{ J}$$

$\times 10^3 \text{ J}$	U	Q	L
AB		416	
BC			
CD			
DA			

	$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (\text{m}^3)$	$T (\text{K})$
A		2	1000
B		4	1000
C			
D			

17) Determinare la variazione di energia interna ΔU nella trasformazione BC

-1452 kJ

1815 kJ

726 kJ

-182 kJ

~~-363 kJ~~

$$\Delta U_{BC} ?$$

$$B \rightarrow C \quad \text{Adiab} \quad Q = 0$$

$$dU = n c_v dT$$

$$\Delta U = n c_v \Delta T$$

$$c_v(BI) = \frac{5}{2} R$$

	U	Q	L
AB			
BC			
CD			
DA			

	P ($\times 10^5 Pa$)	V (m^3)	T (K)
A			
B			1000
C			757
D			

$$\Delta U_{BC} = n \left(\frac{5}{2} R \right) \Delta T_{BC}$$

$$= \frac{5}{2} n R (757 - 1000)$$

$$= \frac{5}{2} \times 72.2 \times 1.31 \times (-243)$$

$$= -364 \times 10^3 \text{ J}$$

	U	Q	L
AB			
BC	-364		
CD			
DA			

	P ($\times 10^5 \text{ Pa}$)	V (m^3)	T (K)
A			
B			
C			
D			

18) Determinare il lavoro fatto nella trasformazione CD

- 1705 kJ

1360 kJ

682 kJ

~~-341 kJ~~

-171 kJ

$L_{CD}?$

$C \rightarrow D$ ISOBARA

$$L_{CD} = p_c \Delta V = p_c (V_D - V_C)$$

$$= 0.561 \times (2 - 1) \times 10^5 =$$

$$= -341 \times 10^3 \text{ J}$$

	U	Q	L
AB			
BC			
CD			-341
DA			

	P ($\times 10^5 \text{ Pa}$)	V (m^3)	T (K)
A			
B			
C	0.561	1	
D		2	

19) Determinare il calore scambiato nella trasformazione

DA

6080 kJ

608 kJ

~~1220 kJ~~

4860 kJ

2430 kJ

$$Q_{DA} = ?$$

$D \rightarrow A$ ISOCORA $V = \text{cost}$

$$Q_{DA} = m c_v \Delta T$$

$$= 32,2 \times \frac{5}{2} R \times (1000 - 184)$$

$$= 1216 \times 10^3 \text{ J}$$

	U	Q	L
AB			
BC			
CD			
DA		1216	

	P ($\times 10^5 \text{ Pa}$)	V (m^3)	T (K)
A			1000
B			
C			
D			184

20) Determinare il lavoro L complessivamente fatto dal sistema

876 kJ

~~438 kJ~~

219 kJ

1750 kJ

2190 kJ

APPLICARE IL I PRINCIPIO
IN OGNI TRASF.

→ RICAVARE LAVORO
PER OGNI TRASF

→ SOMMARE TUTTI I
LAVORI COL LORO SEGNO

	U	Q	L
AB			
BC			
CD			
DA			

	$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (\text{m}^3)$	$T (\text{K})$
A			
B			
C			
D			

$$A \rightarrow B \quad L_{AB} = Q_{AB} = 416$$

$$B \rightarrow C \quad \Delta U_{BC} + L_{BC} = 0$$

$$\Rightarrow L_{BC} = -\Delta U_{BC}$$

$$D \rightarrow A \quad L = 0 \quad \Delta V = 0$$

$$L_{TOT} = L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA}$$

$$= 416 + 364 - 341 + 0$$

$$= 439 \text{ kJ}$$

ISOT

ADIA

ISOB

ISOC

$\times 10^3 \text{ J}$	U	Q	L
AB		416	416
BC	-364	0	+364
CD			-341
DA		1216	0

	P ($\times 10^5 \text{ Pa}$)	V (m^3)	T (K)
A			
B			
C			
D			

~~17~~ Un pezzo 5 kg di piombo (calore specifico 0,03 cal/g °C) con temperatura di 80 °C viene aggiunto a 500 g di acqua alla temperatura di 20 °C. Quale sarà la temperatura finale del sistema in °C?

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

CALORE NECESSARIO PER ALZARE DI 1 °C
LA TEMPERATURA DI 1 g DI ACQUA
(DA 14.5 °C A 15.5 °C)

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

$$\text{cal/g}^\circ\text{C} \rightarrow \text{J/kg K}?$$

$$\frac{1}{1} \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} = \frac{4.186 \text{ J}}{10^{-3} \text{ kg K}} = 4186 \text{ J/kg K}$$

$$0.03 \text{ cal/g}^\circ\text{C} = 125.58 \text{ J/kg K}$$

$$T_{\text{eq}} = \frac{125.58 \times 5 \times 80 + 4186 \times 0.5 \times 20}{125.58 \times 5 + 4186 \times 0.5} = 33.4^\circ\text{C}$$

42) Un proiettile di piombo da 25 g a 0 °C si muove a 375 m/s e colpisce un blocco di ghiaccio a 0 °C. Quanto ghiaccio (in kg) viene sciolto, se tutta l'energia cinetica del proiettile viene convertita in calore? Il blocco di ghiaccio non si muove (il calore latente di fusione del ghiaccio è di 80 kcal/kg e il calore specifico del piombo è 0.0305 kcal/kg °C. 1 cal = 4.186 J).

$$\frac{1}{2} m_p v^2 = 1758 \text{ J}$$

$$\frac{1}{2} m_p v^2 = L_G m_G$$

$$L_G = 80 \text{ kcal/kg} = 80 \times 4186 \text{ J/kg} =$$

$$= 3.3 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

$$\frac{1 \text{ kcal}}{1 \text{ kg}} = \frac{4186 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$$

$$m_G = \frac{K}{L_G} = 5 \times 10^{-3} \text{ kg} = 5 \text{ g}$$

Calcolare il calore scambiato da 2 moli di gas monoatomico durante il ciclo $A \rightarrow B$: isobara, $B \rightarrow C$ adiabatica, $C \rightarrow D$: isocora, $D \rightarrow A$: adiabatica, con dati come da tabella.

	$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (m^3)$	$T (K)$
A			
B			
C			
D			

	$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (m^3)$	$T (K)$
A	1	0.05	
B	1	0.15	
C	0.5	0.23	
D	0.08	0.23	

	$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (m^3)$	$T (K)$
A	1	0.05	
B	1	0.15	
C	0.5	0.23	
D	0.08	0.23	

	$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (m^3)$	$T (K)$
A	1	0.05	
B	1	0.15	
C	0.5	0.23	
D	0.08	0.23	

	$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (m^3)$	$T (K)$
A	1	0.05	
B	1	0.15	
C	0.5	0.23	
D	0.08	0.23	

	$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (m^3)$	$T (K)$
A	1	0.05	
B	1	0.15	
C	0.5	0.23	
D	0.08	0.23	

Considerare il ciclo dell'esercizio precedente: come cambiano le coordinate dei punti ABCD se le due trasformazioni adiabatiche vengono sostituite da due isoterme? Calcolare solo le nuove coordinate, considerando che il punto A non cambia.

