1) Un filo metallico è lungo 80 cm a -10°C e si allunga di 0,6 mm passando a 40 °C.
A quale temperatura è lungo 800,3 mm? [15°C]

2) Per mantenere a 20°C una stanza che misura 3,3 m x 4,5 m x 3 m occorre una stufa che eroga una potenza P = 1,85 MJ/h. Se non ci fosse scambio di calore con l'esterno di quanti kelvin salirebbe la temperatura in un'ora? Considerare l'aria come gas perfetto biatomico a pressione atmosferica (p = 101,3 kPa). [48 K]

3) La superficie corporea di un animale è di 2 m^2. Durante la notte, quando la temperatura ambiente è di 5°C, la sua temperatura superficiale scende a 25°C. Supponendo che il pelo dell'animale abbia una conducibilità termica λ = 0,03 J/(m^2 s K), ricavare lo spessore dello strato di pelo necessario per ridurre le perdite di calore di un fattore 2 rispetto a quelle che avrebbe avuto, in assenza di pelo, per irraggiamento (100 W). [2,4 cm]

4) Un locale tecnico cubico di lato 3 m è scaldato da apparecchiature che dissipano P = 1,8 kW. Determinare quale temperatura viene raggiunta all'interno sapendo che le pareti laterali del locale (considerare adiabatici soffitto e pavimento) lo isolano parzialmente dall'esterno a 5°C. Lo spessore delle pareti è 10 cm; la conducibilità termica del materiale che le costituisce è 0,2 W/(K m).
[30°C]

5) In un contenitore isolato dall'esterno vengono introdotti 60 g di ghiaccio a 0°C e dell'acqua a 30°C. Determinare il quantitativo minimo di acqua che consente di sciogliere tutto il ghiaccio.
[160 g]

6) Un pallone sonda meteorologico ha un volume di 1 m^3 a 300 K e 1 atm. Salendo a circa 10 km di altezza la temperatura scende a 224 K e la pressione a 0,25 atm; quanto misura il suo nuovo volume?
[3,0 m^3]

7) Una bombola da 6 litri viene riempita di ossigeno alla temperatura t_0 = 18 °C e alla pressione p_0. Successivamente la bombola viene utilizzata per erogare 5 litri di ossigeno al minuto alla temperatura T_1 = 300 K e pressione p_1 = 100 kPa. Determinare la pressione p_0 alla quale è stata riempita la bombola sapendo che si svuota in due ore. [9,68 MPa]

8) Una mole di gas perfetto inizialmente a 27°C assorbe 10 kJ di calore mentre il volume raddoppia durante una trasformazione reversibile isobara. Determinare il calore specifico molare a volume costante del gas.
{considerare il rapporto e la differenza delle temperature} [25 J/(Kmol)]

9) Un contenitore cilindrico adiabatico di volume V_0 = 2 litri è chiuso da un pistone, anch'esso adiabatico, che può scorrere orizzontalmente senza attrito. All'interno c'è del gas perfetto monoatomico a p_0 = 100 kPa. Quanto lavoro va effettuato dall'esterno affinché la pressione salga a p_1 = 3,2 MPa? Considerare reversibile la trasformazione subita dal gas.
{$T\, p^{1/\gamma - 1}$ = costante} [900 J]

10) Tre moli di gas perfetto biatomico vengono sottoposte ad una trasformazione adiabatica reversibile durante la quale la temperatura diminuisce di 10°C. Calcolare quanto lavoro viene prodotto e la variazione di energia interna. [623,3 J]

11) Un recipiente con pareti adiabatiche e meccanicamente isolato dall'esterno, è diviso in due parti di volumi V_1 = 1 litro e V_2 = 3 litri, contenenti inizialmente rispettivamente 0,5 moli di N_2 alla pressione $p_1 = 2x10^6$ Pa e due moli di Ar alla pressione $p_2 = 10^6$ Pa. Il setto divisorio è permeabile al calore. Determinare le temperature iniziali e finale dei due gas (supposti perfetti).
{isocore in contenitore complessivamente adiabatico} [T_{N2} = 481 K; T_{Ar} = 181 K; T_{fin} = 269 K]

12) Determinare la variazione di energia interna di tre moli di gas biatomico durante l'espansione in un ciclo di Carnot realizzato fra le temperature T_1 = 300 K e $T_2 > T_1$ con un rendimento del 40%. [ΔU = - 12,5 kJ]

13) Una mole di gas monoatomico ideale, partendo dallo stato [p_0,V_0,T_0] con T_0 = 600 K subisce una serie di trasformazioni reversibili in cui prima raddoppia il volume a temperatura costante, poi viene compresso a pressione costante infine torna adiabaticamente allo stato iniziale.
Disegnare nel piano di Clapeyron il ciclo e calcolare la variazione di energia interna subita dal gas nelle tre trasformazioni. [isoterma: 0; isobara: - 1,81 kJ; adiabatica: 1,81 kJ]

14) Un pistone adiabatico di massa trascurabile è libero di muoversi senza attriti all'interno di un cilindro anch'esso adiabatico posto in posizione orizzontale. Inizialmente il pistone è tutto a destra e l'intero volume è occupato da una mole di gas perfetto monoatomico a T_0 = 300 K. Agendo dall'esterno il pistone viene portato lentamente nella posizione centrale in modo da dividere il volume in due parti uguali: a sinistra c'è il gas, a destra il vuoto. Calcolare la variazione dell'energia interna del gas. {TV^(γ-1) = costante} [+2,2 kJ]

15) Una mole di gas perfetto monoatomico inizialmente a temperatura T_1= 455 K subisce dapprima una trasformazione adiabatica fino a raggiungere la temperatura T_2 = 600 K poi una isocora in cui dimezza la temperatura e infine torna alla temperatura iniziale con una isobara. Il ciclo è reversibile; disegnarlo approssimativamente nel piano pV. Calcolare per ogni trasformazione e per il ciclo completo le quantità di calore e lavoro scambiate con l'esterno e la variazione di energia interna. Si consiglia di lavorare considerando solo le temperature e non pressioni e volumi.
[$Q_{ciclo} = L_{ciclo}$ = - 519 J]

16) Una macchina termica opera con gas perfetto monoatomico a temperatura T_0 che viene prima portato a 3 T_0 mantenendo costante il volume e poi triplica il volume restando a contatto con la sorgente a 3 T_0. Durante queste due trasformazioni il gas assorbe calore. Il ciclo si chiude mantenendo costante la pressione.
Calcolare il rendimento della macchina termica $\eta = L/Q_{ass}$ [η = 20,6%]

POTREBBERO ESSERE UTILI ALCUNE DI QUESTE RELAZIONI

$\Delta L/L = \alpha\, \Delta T$ $\qquad L(T) = L(T_0)\,[1+ \alpha\, \Delta T]$
$\Delta V/V = \gamma\, \Delta T = 3\alpha\, \Delta T$

$dQ/dt = \lambda\, S/d\, \Delta T$
$dQ/dt = h\, S\, \Delta T$
$dQ/dt = \varepsilon\, \sigma\, S\, T^4 \quad \sigma = 5{,}67\ 10^{-8}\ W/m^2K^4$

$dQ = C\, dT$ → (solidi, liquidi) = $c\, m\, dT$ volume quasi costante
$dQ_V = n\, c_V\, dT$
$dQ_p = n\, c_p\, dT$

$pV = n\, RT$
R= 8,31 J/mol
c_v monoatomico 3/2 R
biatomico 5/2 R (aria)
poliatomico 3 R
$c_p = c_v + R$

$dL = p\, dV$
$dQ = dL + dU$
$dU = n\, c_v\, dT$

acqua:
$d = 10^3\ kg/m^3$
c_{H2O} = 4,186 kJ/(kgK)
c_{fus} = 333 kJ/kg
c_{evap} = 2200 kJ/kg

isoterma $dT = 0 \rightarrow dU = 0 \rightarrow Q = L = n\, R\, T\, \ln (V_{fin}/V_{in}) = n\, R\, T\, \ln (p_{in}/p_{fin})$

isobara $dp = 0 \rightarrow Q = n\, c_p\, \Delta T \quad \Delta U = n\, c_v\, \Delta T \quad L = p\, \Delta V$

isocora $dV = 0 \rightarrow dL = 0 \rightarrow Q = \Delta U = n\, c_v\, \Delta T$

adiabatica $Q = 0 \rightarrow L = -\Delta U = -n\, c_v\, \Delta T$
$p\, V^{\gamma}$ = costante
$T\, V^{\gamma-1}$= costante o $V\, T^{1/(\gamma-1)}$ = costante
$T\, p^{1/\gamma-1}$ = costante o $p\, T^{\gamma/(\gamma-1)}$ = costante

Ciclo termico
$\eta = L/Q_A \leq \eta_{Carnot} = 1 - T_1/T_2$

1) ricavare $\lambda = 1{,}5\ 10^{-5}$/K

2) $pV = nRT \rightarrow n = 1852$; $P\ t = n\ c_v\ \Delta T \rightarrow 48°C$

3-4) $dQ/dt = \lambda\ S/d\ \Delta T$

5) $m_{gh}\ \lambda_f + m_{H2O}\ c_{H2O}\ (0°C - 30°C) = 0$

6) La quantità di gas resta costante

7) $n = p_1V_1/RT_1$ $\quad p_0 = nR\ T_0/V_0 = 95{,}5$ atm

8) In una isobara $Q = nc_p\ (T_2\text{-}T_1)$ e $T_1/V_1 = T_2/V_2 \rightarrow c_p = 1/n\ Q/T_1$

9) $L_{ext} = -L_{gas} = \Delta U$ $\quad T_0 = p_0V_0/nR$ $\quad T_1 = T_0\ (p_0/p_1)^{1/\gamma - 1} = 4T_0$

11) Le trasformazioni sono isocore; data l'adiabaticità del recipiente si ha $dQ_1+dQ_2 = 0$;
$n_{N2}\ c_{VN2}\ (T_f - T_{N2}) + n_{Ar}\ c_{VAr}\ (T_f - T_{Ar}) = 0$

12) delle fasi di espansione conta solo quella adiabatica: $\Delta U = - 3\ 5/2\ R\ T_1/(1\text{-}\eta)$

13) A: $\{p_0, V_0, T_0\} \rightarrow$ B: $\{½p_0, 2V_0, T_0\} \rightarrow$ C: $\{½p_0, V_0\ 2\text{^}1/\gamma, T_0\ 2\text{^}[(1/\gamma)\text{-}1)]\} \rightarrow$ A
$T_C = 2^{-0,4}\ T_A$; $\quad \Delta U = n\ c_v\ \Delta T$

14) $\Delta U = n\ c_v\ T_0\ (2^{2/3} - 1)$

15) A: $[p_A, V_A, T_1] \rightarrow$ B: $[p_B, V_B, T_2] \rightarrow$ C: $[p_C, V_C, T_2/2] \rightarrow$ A
$Q_{A\rightarrow B} = 0$; $\quad L_{A\rightarrow B} = -\Delta U_{A\rightarrow B} = - nc_V\ (T_2 - T_1)$; $\quad \Delta U_{A\rightarrow B} = nc_V\ (T_2 - T_1)$;
$Q_{B\rightarrow C} = - nc_V\ T_2/2$; $\quad L_{B\rightarrow C} = 0$; $\quad \Delta U_{B\rightarrow C} = - nc_V\ T_2/2$;
$Q_{C\rightarrow A} = nc_p\ (T_1\text{-}T_2/2)$; $\quad L_{C\rightarrow A} = Q_{C\rightarrow A} - \Delta U_{C\rightarrow A} = nc_p\ (T_1\text{-}T_2/2) - nc_V\ (T_1\text{-}T_2/2)$; $\Delta U_{C\rightarrow A} = nc_V\ (T_1\text{-}T_2/2)$;
$Q_{ciclo} = - nc_V\ T_2/2 + nc_p\ (T_1\text{-}T_2/2) = nc_pT_1 – n(c_p+c_V)T_2/2$;
$L_{ciclo} = - nc_V\ (T_2 - T_1) + nc_p\ (T_1\text{-}T_2/2) - nc_V\ (T_1\text{-}T_2/2) = nc_pT_1 – n(c_p+c_V)T_2/2$;
$\Delta U_{ciclo} = 0 \rightarrow$ è un ciclo frigorifero (è percorso in senso antiorario assorbendo calore dalle sorgenti a temperatura più bassa grazie al lavoro compiuto dall'esterno)

16) $L_{ciclo} = n\ R\ 3T_0\ \ln 3 - p_0\ 2V_0$; $Q_{ass} = n\ 3/2\ R\ 2T_0 + n\ R\ 3T_0\ \ln 3$; $\eta = (3\ \ln 3 – 2)\ /(3 + 3\ \ln 3)$
Per confronto: il massimo rendimento fra T_0 e $3\ T_0$ (Carnot) è 66,7%