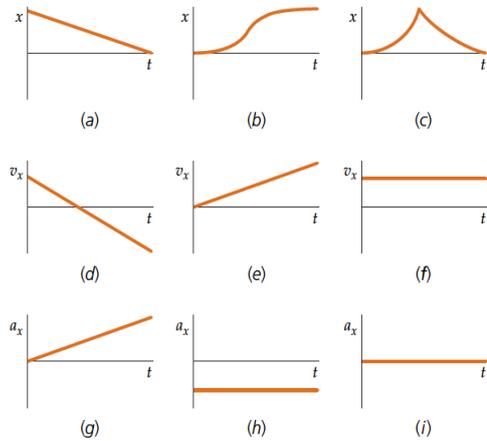


- 1) Un punto si muove con velocità  $v(t) = v_0 e^{-\gamma t^*}$ . Determinare:  
 - lo spazio percorso dall'istante  $t = 0$  a quello in cui la velocità è la metà di quella iniziale  
 - quanto spazio percorre dall'istante iniziale prima di arrestarsi  $[\frac{1}{2}v_0/\gamma; v_0/\gamma]$

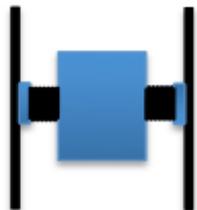


- 2) Il disegno visualizza la posizione che un oggetto, muovendosi verso destra, occupa in istanti successivi (il tempo impiegato per andare da una posizione alla successiva è lo stesso).

Quale grafico rappresenta meglio il moto dell'oggetto?

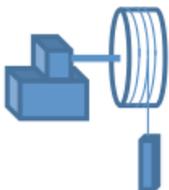
- 3) Un motore posto al centro di una stanza vibra a 10 Hz producendo oscillazioni del pavimento ampie fino a 3 mm (+/-1,5 mm). Quanto vale l'accelerazione massima? Se supera quella di gravità gli oggetti saltano producendo rumore. Giustificare se questo è il caso.  $[a_{MAX} = 5,92 \text{ m/s}^2]$

- 4) Un blocco di massa  $m$  può scendere lungo un piano, inclinato di  $\theta$  rispetto all'orizzontale, trattenuto da una molla di costante elastica  $k$  e lunghezza a riposo trascurabile fissata all'estremità superiore del piano. Il blocco viene lasciato libero di scendere lungo il piano e si arresta senza oscillare dopo aver percorso uno spazio  $d$ . Ricavare la relazione che determina il coefficiente di attrito dinamico fra blocco e piano.  $[\mu = \text{tg}\theta - \frac{1}{2}kd/(mg \cos\theta)]$



- 5) Il sistema frenante di emergenza di un ascensore sperimentale è in grado di ridurre a un decimo l'accelerazione che avrebbe in caduta libera. E' costituito da due pattini frenanti che agiscono su due rotaie poste ai lati della cabina di massa  $M = 400 \text{ kg}$ . Se il coefficiente di attrito dinamico vale 0,8 quale forza orizzontale deve essere applicata a ciascun freno?  $[F = 2,2 \text{ kN}]$

- 6) Un blocco puntiforme di massa  $M$  è poggiato su un piano scabro. Quando l'inclinazione del piano viene aumentata fino a raggiungere i  $45^\circ$  il blocco inizia a scendere con accelerazione pari a  $g/(2\sqrt{2})$ . Determinare i coefficienti di attrito statico e dinamico.  $[\mu_s = 1; \mu_d = 0,5]$



- 7) L'asse orizzontale del motore di un montacarichi è connesso a quello di una puleggia di raggio  $R$ . Intorno alla puleggia è avvolta una fune alla cui estremità è appeso un carico di massa  $m = 1000 \text{ kg}$  che sale a velocità costante  $v_0 = 1 \text{ m/s}$ . Determinare la potenza erogata dal motore.  $[P = 9,8 \text{ kW}]$

- 8) Un oggetto viene lanciato con velocità  $v_0$  ad un angolo  $\theta_0$  rispetto al suolo. Calcolare quando viene raggiunta la quota massima e la velocità e accelerazione in quell'istante.

$$[v_0 \sin\theta_0/g; v_0 \cos\theta_0; g]$$

- 9) Trascurando l'attrito con l'aria, un oggetto lanciato verticalmente impiega più tempo ad andare verso l'alto o a ricadere?

- 10) Un filo metallico è lungo 80 cm a  $-10^{\circ}\text{C}$  e si allunga di 0,6 mm passando a  $40^{\circ}\text{C}$ .  
A quale temperatura è lungo 800,3 mm? [15°C]
- 11) Per mantenere a  $20^{\circ}\text{C}$  una stanza che misura 3,3 m x 4,5 m x 3 m occorre una stufa che eroga una potenza  $P = 1,85 \text{ MJ/h}$ . 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 ( $p = 101,3 \text{ kPa}$ ). [48 K]
- 12) La superficie corporea di un animale è di  $2 \text{ m}^2$ . Durante la notte, quando la temperatura ambiente è di  $5^{\circ}\text{C}$ , la sua temperatura superficiale scende a  $25^{\circ}\text{C}$ . Supponendo che il pelo dell'animale abbia una conducibilità termica  $\lambda = 0,03 \text{ J}/(\text{m}^2 \text{ s K})$ , 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 ( $100 \text{ W}$ ). [2,4 cm]
- 13) Un locale tecnico cubico di lato 3 m è scaldato da apparecchiature che dissipano  $P = 1,8 \text{ kW}$ . 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  $5^{\circ}\text{C}$ . Lo spessore delle pareti è 10 cm; la conducibilità termica del materiale che le costituisce è  $0,2 \text{ W}/(\text{K m})$ . [30°C]
- 14) In un contenitore isolato dall'esterno vengono introdotti 60 g di ghiaccio a  $0^{\circ}\text{C}$  e dell'acqua a  $30^{\circ}\text{C}$ . Determinare il quantitativo minimo di acqua che consente di sciogliere tutto il ghiaccio. [160 g]
- 15) Un pallone sonda meteorologico ha un volume di  $1 \text{ m}^3$  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<sup>3</sup>]
- 16) Una bombola da 6 litri viene riempita di ossigeno alla temperatura  $t_0 = 18^{\circ}\text{C}$  e alla pressione  $p_0$ . Successivamente la bombola viene utilizzata per erogare 5 litri di ossigeno al minuto alla temperatura  $T_1 = 300 \text{ K}$  e pressione  $p_1 = 100 \text{ kPa}$ . Determinare la pressione  $p_0$  alla quale è stata riempita la bombola sapendo che si svuota in due ore. [9,68 MPa]
- 17) Una mole di gas perfetto inizialmente a  $27^{\circ}\text{C}$  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)]
- 18) 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  $p_0 = 100 \text{ kPa}$ . Quanto lavoro va effettuato dall'esterno affinché la pressione salga a  $p_1 = 3,2 \text{ MPa}$ ? Considerare reversibile la trasformazione subita dal gas.  
{ $T p^{1/\gamma - 1} = \text{costante}$ } [900 J]
- 19) Tre moli di gas perfetto biatomico vengono sottoposte ad una trasformazione adiabatica reversibile durante la quale la temperatura diminuisce di  $10^{\circ}\text{C}$ . Calcolare quanto lavoro viene prodotto e la variazione di energia interna. [623,3 J]

20) 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  $p_1 = 2 \times 10^6$  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}  $[T_{N_2} = 481$  K;  $T_{Ar} = 181$  K;  $T_{fin} = 269$  K]

21) 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%.

$$[\Delta U = -12,5 \text{ kJ}]$$

22) 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]

23) 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.  $\{TV^{(\gamma-1)} = \text{costante}\}$

$$[+2,2 \text{ kJ}]$$

24) 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.

$$[Q_{\text{ciclo}} = L_{\text{ciclo}} = -519 \text{ J}]$$

25) 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  $\eta = L/Q_{\text{ass}}$

$$[\eta = 20,6\%]$$

POTREBBERO ESSERE UTILI ALCUNE DI QUESTE RELAZIONI

$$\omega = d\theta/dt; \alpha = d\omega/dt \text{ se } \alpha \text{ costante } \omega(t) = \omega_0 + \alpha t; \theta(t) = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$
$$x(t) = A \sin \omega t; v(t) = dx/dt = A\omega \cos \omega t; a(t) = dv/dt = -A\omega^2 \sin \omega t = -\omega^2 x(t) \rightarrow d^2x/dt^2 + \omega^2 x = 0$$

$$\Delta L/L = \lambda \Delta T \quad L(T) = L(T_0) [1 + \lambda \Delta T]$$
$$\Delta V/V = \alpha \Delta T = 3\lambda \Delta T$$

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

$$dQ = C dT \rightarrow (\text{solidi, liquidi}) = c m dT \text{ volume quasi costante}$$
$$dQ_V = n c_v dT$$
$$dQ_p = n c_p dT$$

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

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

acqua:

$$d = 10^3 \text{ kg/m}^3$$
$$c_{H_2O} = 4,186 \text{ kJ/(kgK)}$$
$$c_{fus} = 333 \text{ kJ/kg}$$
$$c_{evap} = 2200 \text{ kJ/kg}$$

**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**  $Q = 0 \rightarrow L = -\Delta U = -n c_v \Delta T$

$$p V^\gamma = \text{costante}$$
$$T V^{\gamma-1} = \text{costante} \text{ o } V T^{1/(\gamma-1)} = \text{costante}$$
$$T p^{1/\gamma-1} = \text{costante} \text{ o } p T^{\gamma/(\gamma-1)} = \text{costante}$$

Ciclo termico

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

1)  $\frac{1}{2} v_0 = v_0 e^{-\gamma t^*} \rightarrow t^* = \ln 2 / \gamma$ ;  $s(t) = v_0 (1 - e^{-\gamma t^*})$

2) e ma non g

3) Ricavare la relazione fra accelerazione massima e ampiezza in un moto armonico

4) Considerare la conservazione dell'energia e il lavoro contro la forza di attrito.

Alternativamente va risolta l'equazione differenziale che descrive il moto ponendo le condizioni al contorno  $x(0) = 0$ ;  $v(0) = 0$ ;  $x(t^*) = d$ ;  $v(t^*) = 0 \rightarrow t^* = \pi (m/k)^{1/2}$

5) Applicare il secondo principio della dinamica facendo attenzione nel considerare le forze che agiscono sull'ascensore

6) Applicare il II principio della dinamica considerando sia l'attrito statico che dinamico a  $45^\circ$ .

7)  $P = F v$  tutta la potenza del motore viene trasmessa alla massa che si muove contro la forza peso a velocità costante

8) Alla massima quota la velocità è orizzontale

9) Calcolare nell'ordine la quota massima raggiunta, il tempo necessario per raggiungere la quota massima e dopo quanto tempo il corpo tocca terra

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

11)  $pV = nRT \rightarrow n = 1852$ ;  $P t = n c_v \Delta T \rightarrow 48^\circ C$

12-13)  $dQ/dt = \lambda S/d \Delta T$

14)  $m_{gh} \lambda_f + m_{H_2O} c_{H_2O} (0^\circ C - 30^\circ C) = 0$

15) La quantità di gas resta costante

16)  $n = p_1 V_1 / RT_1$   $p_0 = nR T_0 / V_0 = 95,5 \text{ atm}$

17) In una isobara  $Q = n c_p (T_2 - T_1)$  e  $T_1 / V_1 = T_2 / V_2 \rightarrow c_p = 1/n Q / T_1$

18)  $L_{ext} = -L_{gas} = \Delta U$   $T_0 = p_0 V_0 / nR$   $T_1 = T_0 (p_0 / p_1)^{1/\gamma - 1} = 4T_0$

20) Le trasformazioni sono isocore; data l'adiabaticità del recipiente si ha  $dQ_1 + dQ_2 = 0$ ;

$n_{N_2} c_{vN_2} (T_f - T_{N_2}) + n_{Ar} c_{vAr} (T_f - T_{Ar}) = 0$

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

22) A:  $\{p_0, V_0, T_0\} \rightarrow B: \{\frac{1}{2} p_0, 2V_0, T_0\} \rightarrow C: \{\frac{1}{2} p_0, V_0 2^{1/\gamma}, T_0 2^{[(1/\gamma) - 1]}\} \rightarrow A$

$T_C = 2^{-0,4} T_A$ ;  $\Delta U = n c_v \Delta T$

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

24) 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

$$Q_{A \rightarrow B} = 0; \quad L_{A \rightarrow B} = -\Delta U_{A \rightarrow B} = -n c_V (T_2 - T_1); \quad \Delta U_{A \rightarrow B} = n c_V (T_2 - T_1);$$

$$Q_{B \rightarrow C} = -n c_V T_2/2; \quad L_{B \rightarrow C} = 0; \quad \Delta U_{B \rightarrow C} = -n c_V T_2/2;$$

$$Q_{C \rightarrow A} = n c_p (T_1 - T_2/2); \quad L_{C \rightarrow A} = Q_{C \rightarrow A} - \Delta U_{C \rightarrow A} = n c_p (T_1 - T_2/2) - n c_V (T_1 - T_2/2); \quad \Delta U_{C \rightarrow A} = n c_V (T_1 - T_2/2);$$

$$Q_{\text{ciclo}} = -n c_V T_2/2 + n c_p (T_1 - T_2/2) = n c_p T_1 - n (c_p + c_V) T_2/2;$$

$$L_{\text{ciclo}} = -n c_V (T_2 - T_1) + n c_p (T_1 - T_2/2) - n c_V (T_1 - T_2/2) = n c_p T_1 - n (c_p + c_V) T_2/2;$$

$\Delta U_{\text{ciclo}} = 0 \rightarrow$  è un ciclo frigorifero (è percorso in senso antiorario assorbendo calore dalle sorgenti a temperatura più bassa grazie al lavoro compiuto dall'esterno)

25)  $L_{\text{ciclo}} = n R 3 T_0 \ln 3 - p_0 2 V_0$ ;  $Q_{\text{ass}} = n 3/2 R 2 T_0 + n R 3 T_0 \ln 3$ ;  $\eta = (3 \ln 3 - 2) / (3 + 3 \ln 3)$

Per confronto: il massimo rendimento fra  $T_0$  e  $3 T_0$  (Carnot) è 66,7%