

Numero progressivo: 5  
Matricola: 0000365299

$\xi = 677$   
Cognome e nome: **[dati nascosti per tutela privacy]**

Turno: 1 Fila: 2 Posto: 1

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. È dato il campo vettoriale  $\vec{V}(x, y, z) = \frac{2}{3}x^2y^2\hat{i} + xyz\hat{j} - x^3\hat{k}$ . Determinare i valori delle componenti cartesiane del rotore del campo vettoriale  $\vec{V}$  nel punto  $P$  di coordinate cartesiane  $(\xi, \frac{1}{4}, 4000)$ .

Componente  $x$  del rotore  $(\vec{\nabla} \wedge \vec{V})_x(\xi, \frac{1}{4}, 4000)$  [numero puro]:

Componente  $y$  del rotore  $(\vec{\nabla} \wedge \vec{V})_y(\xi, \frac{1}{4}, 4000)$  [numero puro]:

Componente  $z$  del rotore  $(\vec{\nabla} \wedge \vec{V})_z(\xi, \frac{1}{4}, 4000)$  [numero puro]:

2. Un sistema termodinamico è costituito da  $n = 7$  mol di freon ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ). Calcolare il lavoro compiuto dal sistema se esso subisce un'espansione isoterma quasi-statica alla temperatura  $T = (250 + \frac{1}{10}\xi)$  K che lo porta dal volume iniziale  $V_i = 10$  l al volume finale  $V_f = (1 + \frac{1}{100}\xi)V_i$ , nelle seguenti due ipotesi: (a) il sistema è un gas ideale; (b) il sistema è un fluido che segue l'equazione di Van der Waals, con costante della pressione interna  $a = 1.078$  J m<sup>3</sup> mol<sup>-2</sup> e covolume molare  $b = 9.98 \cdot 10^{-5}$  m<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup>.

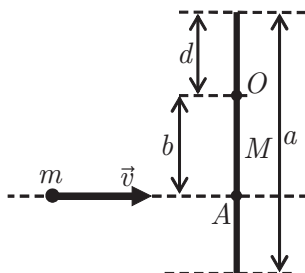
Lavoro compiuto (gas ideale) [J]:

Lavoro compiuto (gas di Van der Waals) [J]:

3. Un punto materiale, di massa  $m = 2$  kg, si muove con velocità di modulo pari a  $v = 10$  m/s, avente direzione orizzontale e giacente su di un piano verticale. Il punto materiale si conficca istantaneamente, rimanendovi attaccato, nel punto  $A$  (vedi figura) di una sbarra rigida omogenea di massa pari a  $M = 1$  kg e lunghezza pari ad  $a = 1$  m, incernierata allo stesso piano verticale nel punto  $O$ , con  $d = \frac{1}{2000}\xi a$  e  $b = (1 - \frac{1}{1000}\xi)a$ . Determinare la velocità angolare della sbarra (con il punto conficcato) subito dopo l'urto.

Velocità angolare della sbarra (con il punto conficcato) subito dopo l'urto [rad/s]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 21  
 Matricola: 0000658865

$\xi = 784$   
 Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

Turno: 1 Fila: 2 Posto: 5

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Un punto materiale si muove in un piano seguendo la legge oraria  $s(t) = kt^2$ , con  $k = 2.00 \text{ m/s}^2$ . Trovare il raggio di curvatura della traiettoria al tempo  $t = \xi \text{ s}$ , se il modulo dell'accelerazione cresce con il tempo, secondo la legge:  $a(t) = 2k\sqrt{1 + (\frac{t}{T})^4}$ , con  $T = \frac{1}{100} \xi \text{ s}$ .

Raggio di curvatura [m]:

2. Un punto materiale di massa  $m$  viene lanciato lungo il profilo rigido e liscio di raggio  $R = (1 + 10^{-2}\xi) \text{ m}$  mostrato in figura, con una velocità iniziale di modulo  $v_0 = \sqrt{(3 + 10^{-3}\xi)gR}$ . Determinare in quale punto del profilo la reazione vincolare è nulla (si determini la quota  $h$  di tale punto da terra).

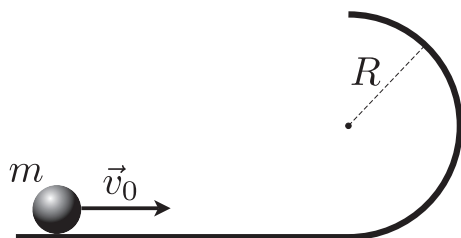
Quota  $h$  [m]:

3. Un sistema termodinamico, composto da  $n = \frac{1}{10} \xi \text{ mol}$  di gas perfetto biatomico, si trova nello stato iniziale 1, con pressione  $p_1 = (108 + \frac{1}{100} \xi) \text{ Pa}$  e volume  $V_1 = 32 \text{ m}^3$ . Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: (1  $\rightarrow$  2) trasformazione isocora che permette di raggiungere la pressione  $p_2 = 234 \text{ Pa}$ ; (2  $\rightarrow$  3) trasformazione isoterma fino al raggiungimento del volume  $V_3 = \frac{1}{10} \xi V_2$ ; (3  $\rightarrow$  4) trasformazione isocora; (4  $\rightarrow$  1) trasformazione isoterma che chiude il ciclo. Determinare il lavoro compiuto dal sistema in un ciclo e il rendimento del ciclo.

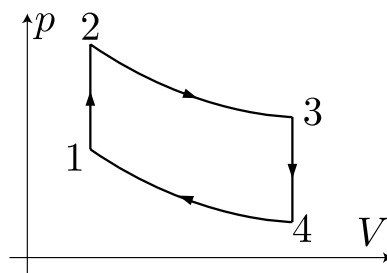
Lavoro in un ciclo [J]:

Rendimento  $\eta$  [adimensionale]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $0^\circ \text{C} \rightarrow 273.15 \text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16 \text{ K}$ .]



Esercizio n. 2



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 4  
Matricola: 0000668825

$\xi = 891$   
Cognome e nome: **[dati nascosti per tutela privacy]**

Turno: 1 Fila: 2 Posto: 10

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, – (operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Una sbarra rigida di peso trascurabile e lunghezza pari a  $l = 30$  cm è sospesa al soffitto tramite due cavi inestensibili (vedi figura), entrambi di lunghezza  $h = 20$  cm e peso trascurabile, applicati alla sbarra a distanze (misurate a partire dall'estremo sinistro) pari rispettivamente ad  $a_1 = 0$  e  $a_2 = \frac{2}{3}l$ . Alla sbarra sono inoltre appese tre massette di peso  $p_1 = \frac{1}{500}\xi$  N,  $p_2 = 5$  N e  $p_3 = 10^{-6}\xi^2$  N a distanze rispettivamente di  $b_1 = \frac{1}{3}l$ ,  $b_2 = \frac{2}{3}l$  e  $b_3 = l$  (misurate a partire dall'estremo sinistro della sbarra). Determinare, nelle condizioni di equilibrio statico, le tensioni dei due cavi.

Tensione del cavo sinistro  $T_1$  [N]:

Tensione del cavo destro  $T_2$  [N]:

2. Un punto materiale  $A$  si muove di moto rettilineo uniforme, con velocità di modulo  $v \equiv v_0 = \frac{1}{100}\xi$  m/s, lungo la retta  $y \equiv d$ , con  $d = 50$  m. Un secondo punto materiale  $B$  parte dall'origine, nello stesso istante in cui il punto materiale  $A$  attraversa l'asse  $y$ , lungo una retta che forma un angolo  $\theta$  con l'asse  $y$  (vedi figura), con velocità nulla e accelerazione costante, di modulo  $a \equiv a_0 = 0.40$  m/s<sup>2</sup>. Per quale angolo  $\theta$  i due punti materiali collidono?

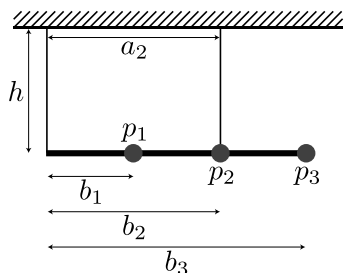
Angolo  $\theta$  [°]:

3. Una quantità di fluido pari a  $n = 2$  mol si espande liberamente, in un recipiente adiabatico, dal volume iniziale  $V_i = 1$  dm<sup>3</sup> al volume finale  $V_f = (1 + \frac{1}{500}\xi) V_i$ . La temperatura iniziale del fluido è  $T_i = 200$  K. Calcolare la variazione di temperatura  $\Delta T$  e la variazione di entropia  $\Delta S$  del fluido nell'ipotesi che esso segua l'equazione di stato di Van der Waals, con covolume molare  $b = 3.04 \cdot 10^{-5}$  m<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup>, costante della pressione interna  $a = 0.551$  J m<sup>3</sup> mol<sup>-2</sup> e calore molare a volume costante  $c_V = 28.1$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

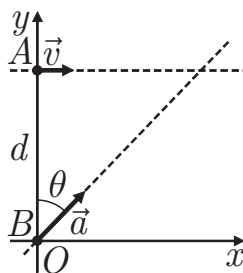
Variazione di temperatura  $\Delta T$  [K]:

Variazione di entropia  $\Delta S$  [J/K]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 2



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 13

$\xi = 28$

Turno: 1 Fila: 2 Posto: 14

Matricola: 0000654417

Cognome e nome: (dati nascosti per tutela privacy)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli** ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ ,  $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.). Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. L'energia interna di un gas dipende da temperatura e volume del gas come  $U(T, V) = 5nRT - \frac{\varepsilon}{V^3} + \text{cost.}$ , dove  $n = 20.0$  mol e  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-4} \text{ J m}^9$ . Determinare quanto varia la temperatura del gas, se esso, partendo da un volume iniziale  $V_i = 1 \text{ dm}^3$ , raggiunge il volume finale  $V_f = (1 + \frac{1}{1000} \xi) V_i$  mediante un'espansione libera adiabatica.

Variatione di temperatura  $\Delta T = T_f - T_i$  [K]:

2. Un'asta rigida omogenea  $AB$ , di massa  $m = 4 \text{ kg}$  e lunghezza  $l = (78 + \frac{\xi}{2}) \text{ cm}$ , ruota attorno a un asse  $u$ , passante per l'estremo  $A$  e formante un angolo  $\alpha = 30^\circ$  con l'asta stessa. Calcolare il momento d'inerzia dell'asta rispetto a tale asse.

Momento d'inerzia [kg m<sup>2</sup>]:

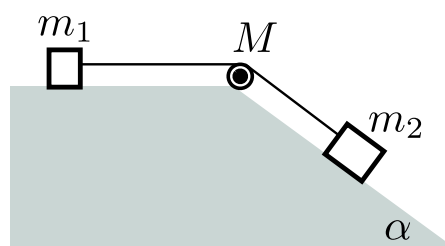
3. Si consideri il sistema meccanico in figura, con  $\alpha = 30^\circ$ . Sul piano orizzontale è appoggiata una massa  $m_1 = m(1 + 10^{-2}\xi)$  mentre su quello inclinato vi è una massa  $m_2 = m$ . Le due masse sono unite da un cavo inestensibile e di massa trascurabile, avvolto a una carrucola fissa, di forma cilindrica, omogenea e di massa  $M = m$ , libera di ruotare attorno al proprio asse. Trascurando tutti gli attriti, determinare il modulo dell'accelerazione del sistema  $a_t$ .

Accelerazione  $a_t$  [m/s<sup>2</sup>]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $0^\circ \text{C} \rightarrow 273.15 \text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16 \text{ K}$ .]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 17

$\xi = 135$

Turno: 1 Fila: 4 Posto: 1

Matricola: 0000628849

Cognome e nome: (dati nascosti per tutela privacy)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, – (operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Un punto materiale viene lanciato dalla superficie terrestre con velocità  $v_0 = 100$  m/s, a un angolo  $\theta = \frac{9}{100}\xi^\circ$  rispetto alla verticale. Calcolare il raggio di curvatura del punto materiale subito dopo il lancio.

Raggio di curvatura [m]:

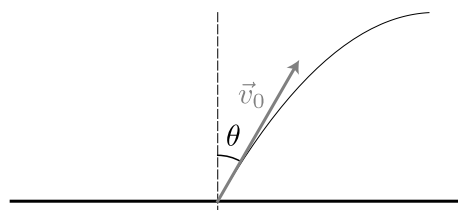
2. Un sistema termodinamico, costituito di  $n = 7$  mol di gas perfetto biatomico, compie una trasformazione quasi-statica  $\gamma$ , lungo la quale il calore molare ha l'espressione  $c_\gamma(T) = c_V + aRT^3$ , con  $a = 3 \cdot 10^{-11}\xi$  K<sup>-3</sup>. Nello stato iniziale il volume è  $V_i = 7$  l e la temperatura è  $T_i = 310$  K, mentre nello stato finale la temperatura è  $T_f = 700$  K. Determinare il volume  $V_f$  del sistema nello stato finale.

Volume finale  $V_f$  [l]:

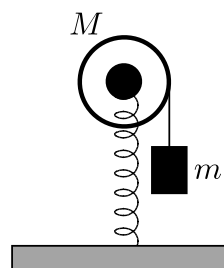
3. Si consideri il sistema meccanico in figura, costituito da un blocco di massa  $m$ , fissato a un cavo ideale, a sua volta avvolto attorno a una carrucola cilindrica omogenea, di massa  $M = 2m = (1 + 10^{-2}\xi)$  kg, libera di ruotare attorno al proprio asse. L'asse della carrucola è montato su di una molla di costante elastica  $k = 50$  N/m. Determinare la deformazione della molla  $\Delta l$ , durante la discesa della massa  $m$ .

Deformazione  $\Delta l$  [m]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 9  
 Matricola: 0000658700

$\xi = 242$   
 Cognome e nome: **[dati nascosti per tutela privacy]**

Turno: 1 Fila: 4 Posto: 5

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Un punto materiale è vincolato a una guida circolare di raggio  $r = 4$  m, su cui può scorrere senza attrito. Esso si muove secondo la legge oraria  $s(t) = kt^3$ , con  $k = \frac{1}{200} \xi$  m/s<sup>3</sup>. Calcolare la componente tangenziale e la componente normale dell'accelerazione nell'istante  $t = 2$  s.

Componente tangenziale dell'accelerazione  $a_t$  [m/s<sup>2</sup>]:

Componente normale dell'accelerazione  $a_n$  [m/s<sup>2</sup>]:

2. Si vuole mettere un satellite artificiale, di massa  $m_{\text{sat}} = 120$  kg, in orbita circolare attorno alla Terra, a una quota  $d = (40000 + 100\xi)$  km sul livello del mare. Che velocità deve avere il satellite una volta raggiunta l'orbita? (Si prenda la massa della Terra pari a  $M_t = 6 \cdot 10^{24}$  kg e il raggio terrestre pari a  $R_t = 6350$  km).

Velocità [m/s]:

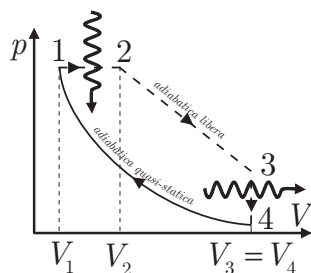
3. Una mole di gas perfetto monoatomico, inizialmente all'equilibrio termodinamico a temperatura  $T_1 = 300$  K e volume  $V_1 = 1$  dm<sup>3</sup>, compie un ciclo costituito dalle seguenti trasformazioni: 1 → 2: espansione isobara ottenuta ponendo in contatto il sistema con un termostato a temperatura  $T_2$  incognita; 2 → 3: espansione libera adiabatica; 3 → 4: abbassamento isocoro della temperatura ottenuto ponendo in contatto il sistema con un termostato a temperatura  $T_4$  incognita; 4 → 1: compressione adiabatica quasi-statica. Sapendo che  $V_2 = (1 + \frac{1}{100}\xi) V_1$  e che  $V_3 = (1 + \frac{2}{100}\xi) V_1$  determinare: (a) Il rendimento  $\eta$  del ciclo; (b) la variazione di entropia del sistema in un ciclo,  $\Delta S_S$ ; (c) la variazione di entropia dell'ambiente in un ciclo,  $\Delta S_A$ .

Rendimento  $\eta$  [adimensionale]:

Variazione di entropia del sistema  $\Delta S_S$  [J/K]:

Variazione di entropia dell'ambiente  $\Delta S_A$  [J/K]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 14

$\xi = 349$

Turno: 1 Fila: 4 Posto: 10

Matricola: 0000447628

Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli** ( $\pi$ , +, – (operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.). Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Dato un punto materiale che si muove con velocità  $\vec{v}(t) = A\hat{i} + Bt^2\hat{j}$ , dove  $A = \frac{1}{10} \xi$  m/s e  $B = 0.2$  m/s<sup>3</sup>, trovare il raggio di curvatura della traiettoria al tempo  $t = 1$  s.

Raggio di curvatura [m]:

2. In una regione di spazio è presente una forza conservativa di intensità  $\vec{F}(x, y, z) = cy^2z\hat{i} + 2cxyz\hat{j} + cxy^2\hat{k}$ , dove  $c = 1$  N/m<sup>3</sup>. Determinare la variazione di energia potenziale di un punto materiale che si sposta dalla posizione iniziale  $P_i = (1, 1, \xi)$  alla posizione finale  $P_f = (\xi, -2\xi, \frac{1}{3})$ .

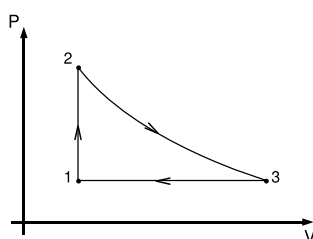
Variazione di energia potenziale  $\Delta V$  [J]:

3. Un sistema termodinamico, composto da  $n = \frac{1}{10} \xi$  mol di gas perfetto monoatomico, si trova nello stato iniziale 1, con pressione  $p_1 = 60$  Pa e volume  $V_1 = 108$  m<sup>3</sup>. Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: (1 → 2) trasformazione isocora fino alla pressione  $p_2 = (140 + \xi)$  Pa; (2 → 3) trasformazione isoterma; (3 → 1) trasformazione isobara che chiude il ciclo. Determinare il lavoro compiuto dal sistema in un ciclo e il rendimento del ciclo.

Lavoro in un ciclo [J]:

Rendimento  $\eta$  [adimensionale]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Numero progressivo: 23  
Matricola: 0000451464

$\xi = 563$   
Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

Turno: 1 Fila: 4 Posto: 14

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, – (operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Tre corpi omogenei, una sfera, un cilindro e un tubo di spessore trascurabile, tutti di raggio  $R = 2$  cm, e aventi la medesima massa  $m = 300$  g, scendono lungo un piano inclinato, di inclinazione  $\alpha = \frac{1}{2000} \xi \pi$  rad, rotolando senza strisciare, in assenza di attrito volvente e con l'asse di rotazione parallelo alle isoipse. Determinare le accelerazioni dei 3 corpi.

Accelerazione della sfera  $[m/s^2]$ :

Accelerazione del cilindro  $[m/s^2]$ :

Accelerazione del tubo  $[m/s^2]$ :

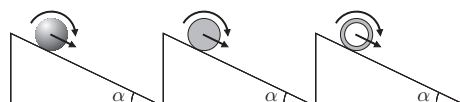
2. Un mattone di massa  $m = 1$  kg scivola senza attrito lungo il piano inclinato di un cuneo, di massa  $M = 2$  kg e inclinazione  $\alpha = \frac{8}{100} \xi^\circ$ . Il cuneo, a sua volta, può muoversi senza attrito su di un piano orizzontale. Calcolare la norma dell'accelerazione del cuneo.

Accelerazione  $[m/s^2]$ :

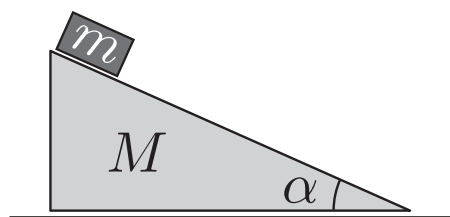
3. Un sistema termodinamico, costituito di  $n = 6$  mol di gas perfetto monoatomico, compie una trasformazione quasi-statica  $\gamma$ , lungo la quale il calore molare ha l'espressione  $c_\gamma(T) = c_V + \frac{aR}{T^2}$ , con  $a = 100 \xi K^2$ . Nello stato iniziale il volume è  $V_i = 7 \ell$  e la temperatura è  $T_i = 310$  K, mentre nello stato finale la temperatura è  $T_f = 700$  K. Determinare il volume  $V_f$  del sistema nello stato finale.

Volume finale  $V_f$   $[\ell]$ :

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ C \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(H_2O) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 2



Numero progressivo: 15

$\xi = 670$

Turno: 1 Fila: 6 Posto: 1

Matricola: 0000355592

Cognome e nome: (dati nascosti per tutela privacy)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. In una regione di spazio è presente una forza conservativa di intensità  $\vec{F}(x, y, z) = c(-2x + y)\hat{i} + cx\hat{j} + 3c\hat{k}$ , dove  $c = 1 \text{ N/m}$ . Determinare la variazione di energia potenziale di un punto materiale che si sposta dalla posizione iniziale  $P_i = (5, \frac{1}{2}\xi, 1)$  alla posizione finale  $P_f = (-2\xi, -2, \frac{2}{3}\xi)$ .

Variazione di energia potenziale  $\Delta V$  [J]:

2. Un punto materiale si muove lungo una guida circolare di raggio  $r = 3 \text{ m}$ , con la componente intrinseca  $\vec{s}$  dell'accelerazione costante (essendo  $s$  lo spostamento lungo la guida). In un certo istante  $t_1$ , l'accelerazione  $\vec{a}$  del punto materiale forma un angolo  $\alpha(t_1) = \frac{\pi}{2000}\xi \text{ rad}$  con la direzione  $\hat{v}$  della velocità e la norma della velocità è pari a  $\|\vec{v}(t_1)\| = 10 \text{ m/s}$ . Di quanto aumenta, in mezzo secondo, la norma della velocità? Quanto vale, all'istante  $t_1$ , la norma dell'accelerazione?

$\Delta\|\vec{v}\|$  [m/s]:

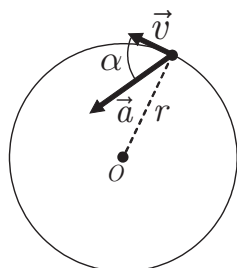
$\|\vec{a}(t_1)\|$  [m/s<sup>2</sup>]:

3. Un sistema termodinamico, composto da  $n = \frac{1}{10}\xi \text{ mol}$  di gas perfetto biatomico, si trova nello stato iniziale 1, con pressione  $p_1 = (88 - \frac{1}{100}\xi) \text{ Pa}$  e volume  $V_1 = 110 \text{ m}^3$ . Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: (1  $\rightarrow$  2) trasformazione isocora fino alla pressione  $p_2 = (160 + \xi) \text{ Pa}$ ; (2  $\rightarrow$  3) trasformazione adiabatica; (3  $\rightarrow$  4) trasformazione isobara che chiude il ciclo. Determinare il lavoro compiuto dal sistema in un ciclo e il rendimento del ciclo.

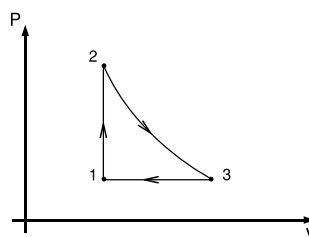
Lavoro in un ciclo [J]:

Rendimento  $\eta$  [adimensionale]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $0^\circ \text{C} \rightarrow 273.15 \text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16 \text{ K}$ .]



Esercizio n. 2



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 10

$\xi = 777$

Turno: 1 Fila: 6 Posto: 5

Matricola: 0000665959

Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Un rullo cilindrico omogeneo, di raggio  $r = 3$  cm e massa  $m = 100$  g, rotola senza strisciare su di un piano orizzontale, soggetto all'azione della forza costante  $\vec{F}$ , di modulo pari a  $F = \xi$  N, parallela al piano orizzontale, applicata al centro di massa del rullo e perpendicolare a al suo asse (vedi figura). Determinare l'accelerazione del centro di massa del rullo (supponendo che l'attrito volvente sia trascurabile).

Accelerazione  $[\text{m/s}^2]$ :

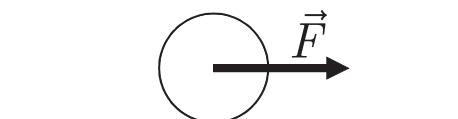
2. Un proiettile viene sparato con velocità  $\vec{v}_0$  di modulo  $\|\vec{v}_0\| = 2(1 + 10^{-2}\xi)$  m/s in direzione orizzontale a un'altezza  $h$  dal suolo. Determinare quale debba essere il rapporto  $\rho = \frac{\|\vec{v}_0\|}{h}$  affinché il proiettile raggiunga il suolo con il vettore velocità inclinato di un angolo di  $30^\circ$  rispetto alla verticale.

Rapporto  $\rho = \frac{\|\vec{v}_0\|}{h} [\text{s}^{-1}]$ :

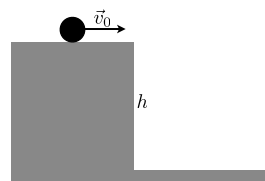
3. Un sistema termodinamico, composto da  $n = \frac{1}{100} \xi$  mol di gas perfetto biatomico, si trova nello stato iniziale con pressione  $p_i = 25$  Pa e volume  $V_i = 64$  m<sup>3</sup>. Il sistema subisce una successione di trasformazioni quasi-statiche che lo portano allo stato finale, con pressione  $p_f = 30$  Pa e volume  $V_f = 78$  m<sup>3</sup>. Calcolare la variazione di entropia del sistema.

Variazione di entropia  $[\text{J/K}]$ :

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 2

---

Numero progressivo: 29

$\xi = 884$

Turno: 1 Fila: 6 Posto: 10

Matricola: 0000628626

Cognome e nome: **(dati nascosti per tutela privacy)**

---

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

---

1. Il punto di fusione normale del piombo è pari a  $t_{\text{PFN}} = 327\text{ }^\circ\text{C}$  e il suo calore latente di fusione è  $c_l = 23\text{ J/g}$ . (a) Calcolare il calore  $Q$  che è necessario cedere a una massa  $m = \xi\text{ kg}$  di piombo solido a temperatura  $t_{\text{PFN}}$  per farlo fondere. (b) Calcolare la variazione di entropia  $\Delta S$  di una massa  $m$  di piombo durante la fusione alla temperatura  $t_{\text{PFN}}$ , e specificare se essa è positiva, negativa o nulla.

---

Calore  $Q$  [J]:

---

Variazione di entropia  $\Delta S$  [J/K]:

---

2. Una sfera omogenea è fatta rotolare lungo un piano inclinato in presenza di attrito radente. Determinare il massimo angolo di inclinazione del piano,  $\theta_{\text{max}}$ , oltre il quale il moto non è più un moto di puro rotolamento, sapendo che il coefficiente di attrito statico è  $f = 10^{-4}\xi$ .

---

Massimo angolo di inclinazione  $\theta_{\text{max}}$  [°]:

---

3. (a) Attorno a un pianeta, di massa  $M = 10^{24}\text{ kg}$ , è posto, in un'orbita circolare di raggio  $r_1$ , un satellite di massa  $m = 100\text{ kg}$ . Sapendo che il satellite ha un periodo di rivoluzione attorno al pianeta pari a  $T_1 = \xi\text{ h}$ , determinare l'energia totale del satellite (considerando nulla l'energia potenziale a distanza infinita dal pianeta). (b) A un certo punto si azionano i motori e il satellite passa su di un'altra orbita circolare con distanza dal centro del pianeta pari a  $r_2 = \frac{2}{3}r_1$ . Quanto vale il nuovo periodo di rivoluzione  $T_2$ ?

---

Energia totale [J]:

---

Nuovo periodo [s]:

---

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665\text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}\text{ m}^3\text{ kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ ,  $R = 8.314\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$ ,  $0\text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 273.15\text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16\text{ K}$ .]

Numero progressivo: 18

 $\xi = 21$ 

Turno: 1 Fila: 6 Posto: 14

Matricola: 0000671945

Cognome e nome: **(dati nascosti per tutela privacy)**

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Un punto materiale è vincolato a una guida circolare di raggio  $r = 4$  m, su cui può scorrere senza attrito. Esso si muove secondo la legge oraria  $s(t) = kt^2$ , con  $k = \frac{1}{200} \xi$  m/s<sup>2</sup>. Calcolare la componente tangenziale e la componente normale dell'accelerazione nell'istante  $t = 2$  s.

Componente tangenziale dell'accelerazione  $a_t$  [m/s<sup>2</sup>]:

Componente normale dell'accelerazione  $a_n$  [m/s<sup>2</sup>]:

2. Un sistema termodinamico, costituito di  $n = 8$  mol di gas perfetto monoatomico, compie una trasformazione quasi-statica  $\gamma$ , lungo la quale il calore molare ha l'espressione  $c_\gamma(T) = c_V + \frac{aR}{T^3}$ , con  $a = 3 \cdot 10^5 \xi$  K<sup>3</sup>. Nello stato iniziale il volume è  $V_i = 7$  l e la temperatura è  $T_i = 310$  K, mentre nello stato finale la temperatura è  $T_f = 700$  K. Determinare il volume  $V_f$  del sistema nello stato finale.

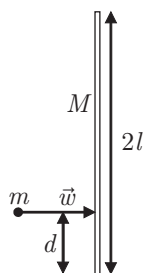
Volume finale  $V_f$  [l]:

3. Un punto materiale di massa  $m = 10$  g si muove, con velocità di modulo pari a  $w = 100$  cm/s, senza attrito su di un piano orizzontale. Il punto si conficca in un'asta sottile, omogenea, di massa  $M = m(1 + \frac{1}{1000} \xi)$  e lunghezza  $2l = 20$  cm, appoggiata senza altri vincoli e senza attrito sullo stesso piano orizzontale e inizialmente in quiete, rimanendovi attaccato. La velocità del punto materiale è perpendicolare all'asta e il punto d'impatto dista  $d = \frac{1}{1000} l \xi$  dall'estremità dell'asta. Trovare la velocità  $v_{G'}$  del centro di massa del sistema asta+punto dopo l'urto e la velocità angolare  $\omega$  del sistema asta+punto dopo l'urto.

Velocità  $v_{G'}$  del centro di massa del sistema asta+punto dopo l'urto [cm/s]:

Velocità angolare  $\omega$  del sistema asta+punto dopo l'urto [rad/s]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 26       $\xi = 128$       Turno: 1    Fila: 8    Posto: 1  
Matricola: 0000660931      Cognome e nome: **[dati nascosti per tutela privacy]**

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. È dato il campo scalare  $f(x, y, z) = \frac{1}{2}x^2y^2z$ . Determinare i valori delle componenti cartesiane del gradiente del campo scalare  $f$  nel punto  $P$  di coordinate cartesiane  $(\xi, \frac{1}{2}, \frac{1}{5})$ .

Componente  $x$  del gradiente  $(\vec{\nabla}f)_x(\xi, \frac{1}{2}, \frac{1}{5})$  [numero puro]:

Componente  $y$  del gradiente  $(\vec{\nabla}f)_y(\xi, \frac{1}{2}, \frac{1}{5})$  [numero puro]:

Componente  $z$  del gradiente  $(\vec{\nabla}f)_z(\xi, \frac{1}{2}, \frac{1}{5})$  [numero puro]:

2. Una mole di gas perfetto monoatomico, inizialmente all'equilibrio termodinamico a temperatura  $T_1 = 300$  K e volume  $V_1 = 1$  dm<sup>3</sup>, compie un ciclo costituito dalle seguenti trasformazioni: 1 → 2: espansione isobara quasi-statica; 2 → 3: espansione libera adiabatica; 3 → 4: abbassamento isocoro quasi-statico della temperatura; 4 → 1: compressione adiabatica quasi-statica. Sapendo che  $V_2 = (1 + \frac{1}{100}\xi)V_1$  e  $V_3 = (1 + \frac{2}{100}\xi)V_1$  determinare: (a) Il rendimento  $\eta$  del ciclo; (b) la variazione di entropia del sistema in un ciclo  $\Delta S_S$ ; (c) la variazione di entropia dell'ambiente in un ciclo  $\Delta S_A$ .

Rendimento  $\eta$  [adimensionale]:

Variazione di entropia del sistema  $\Delta S_S$  [J/K]:

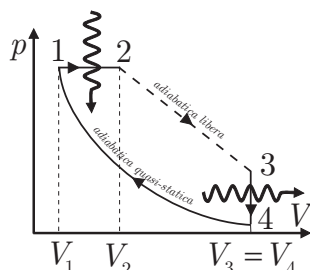
Variazione di entropia dell'ambiente  $\Delta S_A$  [J/K]:

3. Un punto materiale  $P$ , di massa  $m = 10$  g, si muove in un piano verticale, saldato a un'asticella rigida, di massa trascurabile e lunghezza  $l = 20$  cm, vincolata in un punto fisso  $O$ . Quando l'asticella è disposta in posizione verticale e il punto  $P$  si trova ad altezza minima  $z_0 = 0$ , mediante una forza impulsiva si imprime al punto una velocità iniziale  $v_0 = (150 + \frac{1}{5}\xi)$  cm/s. Determinare la quota massima  $z_M$  raggiunta dal punto  $P$  e la norma  $v_M$  della velocità del punto  $P$  nel momento in cui esso raggiunge la quota massima.

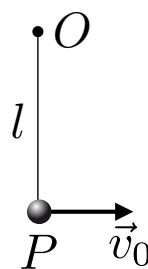
Quota massima  $z_M$  [cm]:

Velocità alla quota massima  $v_M$  [cm/s]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 2



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 25  
 Matricola: 0000660392

$\xi = 235$   
 Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

Turno: 1 Fila: 8 Posto: 5

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Una scala a pioli, il cui peso è distribuito uniformemente lungo tutta la sua lunghezza, poggia con un'estremità su di un piano orizzontale scabro (coefficiente di attrito statico  $f = \frac{1}{1000} \xi$ ) e con l'altra contro una parete verticale liscia (in assenza di attrito). Si determini l'angolo di minima inclinazione  $\theta_{\min}$  che la scala può formare con il piano orizzontale senza scivolare.

Angolo di minima inclinazione [°]:

2. Negli ultimi anni sono stati scoperti numerosi oggetti planetari oltre all'orbita del pianeta Nettuno con caratteristiche fisiche comparabili a quelle del pianeta nano Plutone. Supponendo che uno di tali pianetini abbia massa  $M = 10^{-6} \xi^2 m_p$  e raggio  $R = r_p$ , dove  $r_p = 1150$  km e  $m_p = 1.3 \cdot 10^{22}$  kg sono rispettivamente il raggio e la massa e di Plutone, determinare la velocità di fuga dal pianetino.

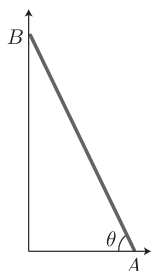
Velocità di fuga [m/s]:

3. Una mole di gas perfetto monoatomico è inizialmente in equilibrio termodinamico in uno stato 1, alla temperatura  $T_1 = (400 + \xi)$  K, in un volume  $V_1 = 10^{-2} \text{ m}^3$ . A un certo istante il gas viene portato in uno stato 2 da un'espansione adiabatica quasi-statica  $1 \rightarrow 2$ . In tale trasformazione il gas compie un lavoro pari a  $L_{1 \rightarrow 2} = 800$  J. (a) Calcolare il rapporto  $\rho = \frac{V_1}{V_2}$ , essendo  $V_2$  il volume del gas al termine della trasformazione  $1 \rightarrow 2$ . A questo punto, tramite la successione di una compressione  $2 \rightarrow 3$ , isoterma, e una trasformazione  $3 \rightarrow 1$ , isocora, (entrambe quasi-statiche) il sistema è riportato alle condizioni iniziali. (b) Calcolare il rendimento  $\eta$  del ciclo.

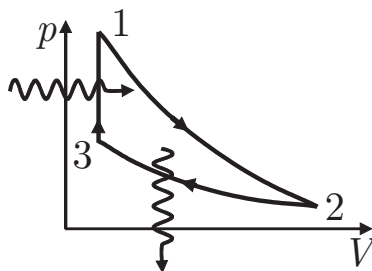
Rapporto  $\rho = \frac{V_1}{V_2}$  [adimensionale]:

Rendimento  $\eta$  [adimensionale]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $0^\circ \text{C} \rightarrow 273.15 \text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16 \text{ K}$ .]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 3  
Matricola: 0000658321

$\xi = 342$   
Cognome e nome: (dati nascosti per tutela privacy)

Turno: 1 Fila: 8 Posto: 10

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Una massa  $M = \frac{1}{500} \xi$  kg è sorretta dal sistema di carrucole illustrato nella figura. A equilibrare tale massa contribuiscono una molla di costante elastica  $k = \frac{1}{1000} \xi^2$  N/m e una massa  $m = 3 \times 10^{-6} \xi^2$  kg appoggiata su di un piano inclinato di un angolo  $\alpha = \frac{\pi}{6}$  rad rispetto al piano orizzontale con attrito trascurabile. Determinare, nelle condizioni di equilibrio statico: (a) l'intensità  $T$  della reazione vincolare  $\vec{T}$  del soffitto; (b) la deformazione  $\delta l$  della molla (utilizzando il segno positivo per l'allungamento e il segno negativo per la contrazione); (c) l'intensità  $R$  della reazione vincolare  $\vec{R}$  esercitata dal piano inclinato sulla carrucola fissa.

Intensità  $T$  della reazione vincolare del soffitto [N]:

Deformazione  $\delta l$  della molla [m]:

Intensità  $R$  della reazione vincolare del piano inclinato [N]:

2. Un rullo cilindrico omogeneo, di massa  $m = 1$  kg, rotola senza strisciare, con l'asse parallelo alle isoipse e in assenza di attrito volvente, lungo il piano inclinato di un cuneo, di massa  $M = 2$  kg e inclinazione  $\alpha = \frac{4}{100} \xi^\circ$ . Il cuneo, a sua volta, può muoversi senza attrito su di un piano orizzontale. Calcolare la norma dell'accelerazione del cuneo.

Accelerazione [ $\text{m/s}^2$ ]:

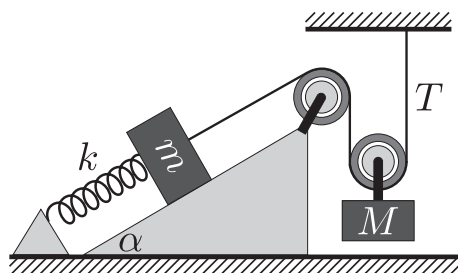
3. Un blocco di ghiaccio di massa  $m = \frac{1}{10} \xi$  g a temperatura  $t_g = 0.0$  °C viene gettato in un lago, la cui acqua si trova alla temperatura  $t_l = 15.0$  °C. Determinare, la variazione di entropia del ghiaccio, del lago e dell'universo nel raggiungimento dello stato di equilibrio (si prenda il calore latente di fusione del ghiaccio pari a  $c_f = 333$  kJ/kg e il calore specifico dell'acqua pari a  $c = 4.186$  kJ kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>).

Variazione dell'entropia del blocco di ghiaccio [J/K]:

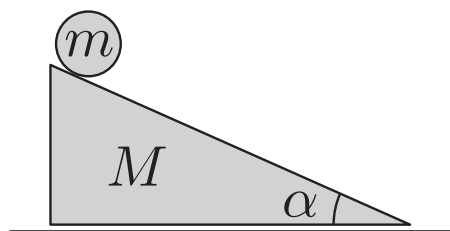
Variazione dell'entropia del lago [J/K]:

Variazione dell'entropia dell'universo [J/K]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0$  °C  $\rightarrow$  273.15 K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 2

Numero progressivo: 11

$\xi = 449$

Turno: 1 Fila: 8 Posto: 14

Matricola: 0000459499

Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Un punto materiale si muove su di un piano. A partire da un certo istante  $t = 0$ , le norme della velocità e dell'accelerazione diminuiscono con il tempo secondo le leggi:  $v(t) = \frac{L}{t+T}$  e  $a(t) = \frac{kL}{(t+T)^2}$ , dove  $L = \xi$  m,  $T = 2$  s e  $k = 1 + \frac{1000}{\xi}$  (numero puro). Trovare: (a) lo spostamento del punto materiale, misurato lungo la traiettoria, dopo  $\xi$  s; (b) il raggio di curvatura della traiettoria, dopo  $\xi$  s.

Spostamento lungo la traiettoria [m]:

Raggio di curvatura [m]:

2. Un pallone di lattice immerso nell'aria è gonfiato con gas metano. Il pallone è sferico, con raggio di 0.8 m. (a) Determinare il numero di moli di metano contenute nel pallone sapendo che la pressione interna del pallone è pari a  $p = \frac{\xi}{300} p_A$  (dove  $p_A = 101325$  Pa è la pressione atmosferica) e che la temperatura del sistema aria-pallone è pari a  $27^\circ\text{C}$ . (b) Determinare la densità del metano contenuto nel pallone. (c) Sapendo che la massa del lattice è pari a 0.1 kg e che la densità dell'aria è  $1.27 \text{ kg/m}^3$  quanto vale la componente verticale  $\mathcal{R}_z$  della forza risultante che agisce sul pallone pieno di metano? (Scrivere  $\mathcal{R}_z$  positiva se la forza è diretta in basso e negativa se la forza è diretta in alto).

Quantità di metano  $n$  contenuta nel pallone [mol]:

Densità  $\rho$  del metano nel pallone [ $\text{kg/m}^3$ ]:

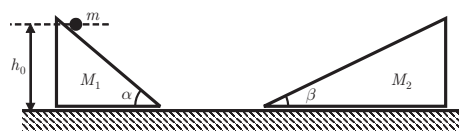
Componente  $\mathcal{R}_z$  della forza risultante  $\vec{\mathcal{R}}$  [N]:

3. Un punto materiale, di massa  $m = 100$  g è appoggiato su di un cuneo liscio, di massa  $M_1 = \frac{1}{100} \xi m$  e angolo  $\alpha = 10^\circ$ . Il cuneo, a sua volta, è vincolato a scorrere senza attrito su di un piano orizzontale liscio. Supponendo che inizialmente tutto sia in quiete e che il punto materiale si trovi a un'altezza  $h_0 = 50$  cm rispetto al piano orizzontale, calcolare: (a) la velocità di traslazione del cuneo quando il punto materiale è sceso sul piano orizzontale; (b) supponendo poi che il punto, una volta raggiunto il piano orizzontale, incontri un secondo cuneo liscio, di massa  $M_2 = 4m$  e angolo  $\beta = 20^\circ$ , anch'esso libero di scorrere senza attrito sul piano orizzontale, calcolare la massima altezza  $h$  raggiunta dal punto materiale sul secondo cuneo.

Velocità di traslazione del cuneo [cm/s]:

Altezza raggiunta dal punto sul secondo cuneo [cm]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15 \text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16 \text{ K}$ .]



Esercizio n. 3



Numero progressivo: 22  
 Matricola: 0000652969

$\xi = 556$   
 Cognome e nome: **[dati nascosti per tutela privacy]**

Turno: 1 Fila: 10 Posto: 1

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Un grave si trova a un certo istante alla quota  $h = 210$  m rispetto alla superficie terrestre, con velocità di modulo  $v_0 = 50$  m/s e direzione che forma un angolo  $\alpha = \frac{9}{100} \xi^\circ$  rispetto alla verticale discendente (vedi figura). Calcolare il raggio di curvatura della traiettoria in tale istante.

Raggio di curvatura [m]:

2. Un blocco di ferro, di massa pari a  $m_1 = \frac{1}{500} \xi$  kg e calore specifico pari a  $c_1 = 444$  J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>, alla temperatura  $t_1 = 300$  °C, viene posto a contatto termico con un blocco di piombo, di massa  $m_2 = \frac{1}{16} \sqrt{\xi}$  kg e calore specifico  $c_2 = 167$  J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>, alla temperatura  $t_2 = 0$  °C. I due blocchi non scambiano calore con alcun altro sistema. (a) Trovare la temperatura dei due blocchi (in °C) una volta che è stato raggiunto l'equilibrio termodinamico. (b) Trovare la variazione di entropia del blocco di ferro. (c) Trovare la variazione di entropia del blocco di piombo.

Temperatura finale dei due blocchi [°C]:

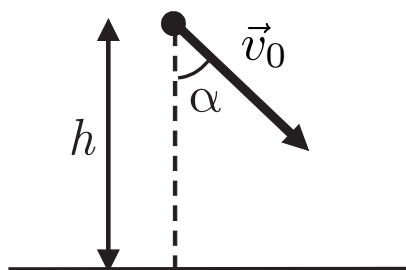
Variazione di entropia del blocco di ferro [J/K]:

Variazione di entropia del blocco di piombo [J/K]:

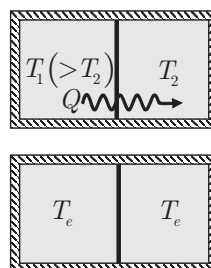
3. Un'asta omogenea di massa  $m$  e lunghezza  $l = 100$  cm reca agli estremi due masse puntiformi:  $m_1 = 10^{-3} \xi m$  ed  $m_2 = (1 - 10^{-3} \xi) m$ . L'asta è posta in rotazione con una certa velocità angolare attorno a un asse, a essa ortogonale, passante per il punto dell'asta che si trova a distanza  $x$  dalla massa  $m_1$ . Sapendo che il sistema è soggetto a una coppia frenante di momento costante, determinare il valore di  $x$  affinché esso si fermi nel minor tempo possibile.

Distanza  $x$  [cm]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0$  °C  $\rightarrow$  273.15 K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 2

Numero progressivo: 7  
Matricola: 0000652375

$\xi = 663$   
Cognome e nome: **[dati nascosti per tutela privacy]**

Turno: 1 Fila: 10 Posto: 5

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Due sfere omogenee, entrambe di raggio  $R = 1$  cm, aventi la medesima massa  $m = 100$  g, scendono lungo un piano inclinato, di inclinazione  $\alpha = \frac{1}{2000} \xi \pi$  rad: la prima strisciando senza rotolare in assenza di ogni forma di attrito, la seconda rotolando senza strisciare, in assenza di attrito volvente. Determinare le accelerazioni dei centri di massa delle 2 sfere.

Accelerazione della sfera che striscia [ $\text{m/s}^2$ ]:

Accelerazione della sfera che rotola [ $\text{m/s}^2$ ]:

2. Un sistema termodinamico, costituito di  $n = 5$  mol di gas perfetto biatomico, compie una trasformazione quasi-statica  $\gamma$ , lungo la quale il calore molare ha l'espressione  $c_\gamma(T) = c_V + aRT^2$ , con  $a = 10^{-8} \xi \text{ K}^{-2}$ . Nello stato iniziale il volume è  $V_i = 7 \ell$  e la temperatura è  $T_i = 310$  K, mentre nello stato finale la temperatura è  $T_f = 700$  K. Determinare il volume  $V_f$  del sistema nello stato finale.

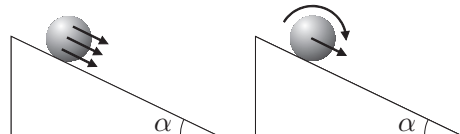
Volume finale  $V_f$  [ $\ell$ ]:

3. Un punto materiale, di massa  $m = 2$  kg, si muove con velocità di modulo pari a  $v = 10$  m/s, avente direzione orizzontale e giacente su di un piano verticale. Il punto materiale urta elasticamente e istantaneamente nel punto  $A$  (vedi figura) una sbarra rigida omogenea di massa pari a  $M = 1$  kg e lunghezza pari ad  $a = 1$  m, incernierata allo stesso piano verticale nel punto  $O$ , con  $d = \frac{1}{2000} \xi a$  e  $b = (1 - \frac{1}{1000} \xi) a$ . Determinare la velocità del punto materiale subito dopo l'urto (indicandola positiva se concorde alla velocità prima dell'urto e negativa in caso contrario) e la velocità angolare della sbarra subito dopo l'urto.

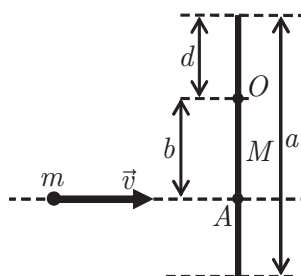
Velocità del punto materiale subito dopo l'urto [ $\text{m/s}$ ]:

Velocità angolare della sbarra subito dopo l'urto [ $\text{rad/s}$ ]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $0^\circ \text{C} \rightarrow 273.15 \text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16 \text{ K}$ .]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 24  
Matricola: 0000659128

$\xi = 770$   
Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

Turno: 1 Fila: 10 Posto: 10

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Sia dato il sistema di carrucole di massa trascurabile mostrato in figura. Determinare la forza  $F$  necessaria per stabilizzare il sistema se la massa  $M$  ha peso  $p = \xi$  N. Se la forza stabilizzante  $\vec{F}$  è diretta lungo la verticale verso terra, determinare inoltre la reazione vincolare  $R$  del soffitto.

Forza stabilizzante  $F$  [N]:

Reazione vincolare  $R$  del soffitto [N]:

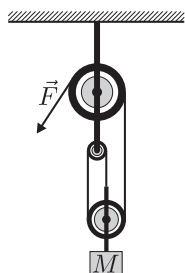
2. La lastra quadrata mostrata nella figura ha i lati lunghi  $L = \frac{1}{30} \xi$  cm. Inoltre, nel sistema di coordinate mostrato nella figura, la densità superficiale di massa è data da  $\sigma(x, y) = c_0 + c_1 x$ , dove  $c_0 = 2$  kg/m<sup>2</sup> e  $c_1 = 4$  kg/m<sup>3</sup>. Determinare il momento d'inerzia rispetto all'asse delle ascisse.

Momento d'inerzia [kg m<sup>2</sup>]:

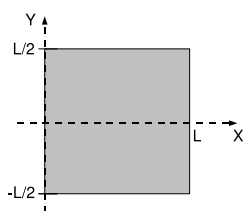
3. Un recipiente cilindrico, dotato di una base mobile (pistone) contiene 3 moli di gas perfetto biatomico alla temperatura  $t_i = 0$  °C. Mediante lo spostamento del pistone, si comprime quasi staticamente il gas, riducendone il volume dal valore iniziale  $V_i = 2$  l al valore finale  $V_f = \frac{1}{1000} \xi$  l. Se la capacità termica del contenitore è  $C_c = \frac{1}{10} \xi R$ , supponendo che il contenitore non scambi calore con sistemi esterni, calcolare la temperatura finale del gas.

Temperatura finale del gas  $t_f$  [°C]:

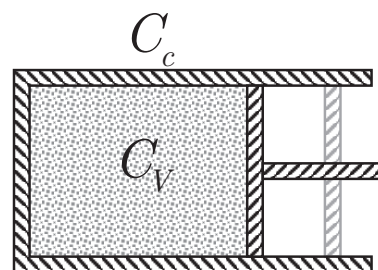
[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0$  °C  $\rightarrow$  273.15 K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 2



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 20       $\xi = 877$       Turno: 1    Fila: 10    Posto: 14  
Matricola: 0000664764      Cognome e nome: (dati nascosti per tutela privacy)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo  $-$  può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Un punto materiale si muove in un piano seguendo la legge oraria  $s(t) = kt^2$ , con  $k = 2.00 \text{ m/s}^2$ . Trovare il raggio di curvatura della traiettoria al tempo  $t = \xi \text{ s}$ , se il modulo dell'accelerazione cresce con il tempo, secondo la legge:  $a(t) = 2k\sqrt{1 + (\frac{t}{T})^4}$ , con  $T = \frac{1}{100} \xi \text{ s}$ .

Raggio di curvatura [m]:

2. Un sistema termodinamico è costituito da  $n = 7 \text{ mol}$  di freon ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ). Calcolare il lavoro compiuto dal sistema se esso subisce un'espansione isoterma quasi-statica alla temperatura  $T = (250 + \frac{1}{10}\xi) \text{ K}$  che lo porta dal volume iniziale  $V_i = 10 \text{ l}$  al volume finale  $V_f = (1 + \frac{1}{100}\xi) V_i$ , nelle seguenti due ipotesi: (a) il sistema è un gas ideale; (b) il sistema è un fluido che segue l'equazione di Van der Waals, con costante della pressione interna  $a = 1.078 \text{ J m}^3 \text{ mol}^{-2}$  e covolume molare  $b = 9.98 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$ .

Lavoro compiuto (gas ideale) [J]:

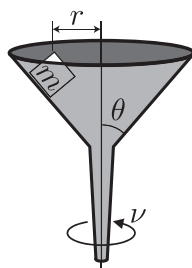
Lavoro compiuto (gas di Van der Waals) [J]:

3. Un cubetto, di massa  $m = 1 \text{ g}$ , è posto all'interno di un imbuto che ruota attorno al proprio asse, disposto verticalmente (vedi figura), con frequenza pari a  $\nu \text{ s}^{-1}$  (cioè  $\nu$  giri/s). Le pareti dell'imbuto sono inclinate di un angolo  $\theta = 60^\circ$  rispetto alla verticale, il coefficiente di attrito statico tra cubetto e imbuto è pari a  $f = \frac{1}{1000} \xi$  e il centro del cubetto si trova a una distanza  $r = 5 \text{ cm}$  dall'asse dell'imbuto. Quali sono i valori minimo e massimo della frequenza di rotazione  $\nu$  per i quali il cubetto non si muove rispetto all'imbuto?

Frequenza minima [ $\text{s}^{-1}$ ]:

Frequenza massima [ $\text{s}^{-1}$ ]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $0^\circ \text{C} \rightarrow 273.15 \text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16 \text{ K}$ .]



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 19       $\xi = 14$       Turno: 1    Fila: 12    Posto: 1  
Matricola: 0000660844      Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\phi$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. È dato il campo vettoriale  $\vec{V}(x, y, z) = -\frac{1}{2}x^2y\hat{i} + xy\hat{j} - xyz^2\hat{k}$ . Determinare il valore della divergenza del campo vettoriale  $\vec{V}$  nel punto  $P$  di coordinate cartesiane  $(2, \xi, 3)$ .

Divergenza  $(\vec{\nabla} \cdot \vec{V})(2, \xi, 3)$  [numero puro]:

2. Un punto materiale  $A$  si muove di moto rettilineo uniforme, con velocità di modulo  $v \equiv v_0 = \frac{1}{100}\xi$  m/s, lungo la retta  $y \equiv d$ , con  $d = 50$  m. Un secondo punto materiale  $B$  parte dall'origine, nello stesso istante in cui il punto materiale  $A$  attraversa l'asse  $y$ , lungo una retta che forma un angolo  $\theta$  con l'asse  $y$  (vedi figura), con velocità nulla e accelerazione costante, di modulo  $a \equiv a_0 = 0.40$  m/s<sup>2</sup>. Per quale angolo  $\theta$  i due punti materiali collidono?

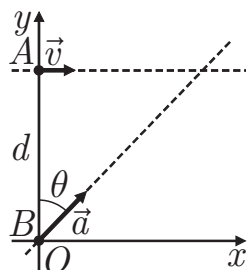
Angolo  $\theta$  [°]:

3. Un sistema termodinamico, composto da  $n = \frac{1}{10}\xi$  mol di gas perfetto biatomico, si trova nello stato iniziale 1, con pressione  $p_1 = (108 + \frac{1}{100}\xi)$  Pa e volume  $V_1 = 32$  m<sup>3</sup>. Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: (1 → 2) trasformazione isocora che permette di raggiungere la pressione  $p_2 = 234$  Pa; (2 → 3) trasformazione isoterma fino al raggiungimento del volume  $V_3 = \frac{1}{10}\xi V_2$ ; (3 → 4) trasformazione isocora; (4 → 1) trasformazione isoterma che chiude il ciclo. Determinare il lavoro compiuto dal sistema in un ciclo e il rendimento del ciclo.

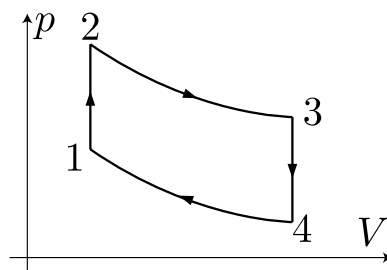
Lavoro in un ciclo [J]:

Rendimento  $\eta$  [adimensionale]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 2



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 28

$\xi = 121$

Turno: 1 Fila: 12 Posto: 5

Matricola: 0000448856

Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, – (operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Un razzo, di massa a vuoto pari a  $m_0 = 20$  kg, è rifornito con una quantità di gas pari a  $m_{g0} = (\frac{1}{10} \xi + 10)$  kg. All'istante iniziale il razzo inizia a espellere il gas contenuto al suo interno verso il basso, con velocità costante  $v_g$ , e rateo costante di massa espulsa per unità di tempo pari a  $k = 10$  kg/s. Determinare la minima velocità di espulsione del gas  $v_g$  affinché il razzo inizi a sollevarsi nel momento in cui si accende il motore.

Velocità minima [m/s]:

2. Uno sciatore si trova fermo nel punto mediano di un ponte avente raggio di curvatura  $\rho = 2(1 + 10^{-2}\xi)$  m (vedi figura). Sia  $R_n^{(0)}$  il modulo della reazione vincolare che deve esercitare il ponte in queste condizioni. Determinare il rapporto  $r = \frac{R_n}{R_n^{(0)}}$  dove  $R_n$  è la reazione vincolare che deve esercitare il ponte quando lo stesso sciatore transita per il suo punto mediano con moto uniforme e velocità di modulo  $v = (1 + 10^{-2}\xi)$  m/s.

Rapporto  $r = \frac{R_n}{R_n^{(0)}}$  [adimensionale]:

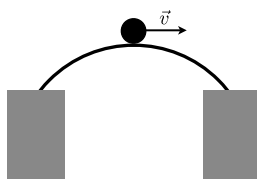
3. Un sistema termodinamico, composto da  $n = \frac{1}{10} \xi$  mol di gas perfetto monoatomico, si trova inizialmente nello stato 1, a pressione  $p_1 = 400$  Pa e volume  $V_1 = 50$  m<sup>3</sup>. Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: (1 → 2) trasformazione isocora che ne triplica la pressione; (2 → 3) trasformazione isoterma che ne triplica il volume. Calcolare la variazione di entropia del sistema.

Variazione di entropia [J/K]:

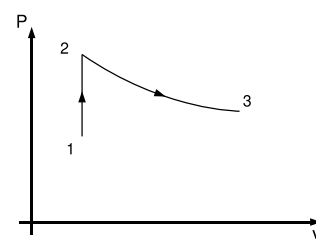
[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 2



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 31       $\xi = 228$       Turno: 1    Fila: 12    Posto: 10  
Matricola: 0000660620      Cognome e nome: **(dati nascosti per tutela privacy)**

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. L'energia interna di un gas dipende da temperatura e pressione del gas come  $U(T, p) = 2nRT - \varepsilon p + \text{cost.}$ , dove  $n = 2.0$  mol e  $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-2}$  J/Pa. Determinare quanto varia la temperatura del gas, se esso, partendo da una pressione iniziale  $p_i = 2 \cdot 10^5$  Pa, raggiunge la pressione finale  $p_f = \frac{1}{1000} \xi p_i$  mediante un'espansione libera adiabatica.

Variazione di temperatura  $\Delta T = T_f - T_i$  [K]:

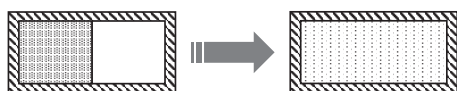
2. Una scala a pioli, il cui peso è distribuito uniformemente lungo tutta la sua lunghezza, poggia con un'estremità su di un piano orizzontale scabro (con coefficiente di attrito statico  $f = \frac{1}{1000} \xi$ ) e con l'altra contro una parete verticale anch'essa scabra (con coefficiente di attrito statico  $f = 0.2$ ). Si determini l'angolo di minima inclinazione  $\theta_{\min}$  che la scala può formare con il piano orizzontale senza scivolare.

Angolo di minima inclinazione [°]:

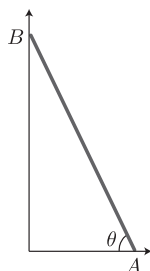
3. In astronomia, il termine *galassia* designa un sistema, legato dalla forza di gravità e costituito da stelle, gas interstellare, polveri e, probabilmente, da un tipo di materia ancora sconosciuto — denominato *materia oscura* — in grado di interagire soltanto gravitazionalmente e non osservabile direttamente tramite emissione elettromagnetica (mediante telescopi, radiotelescopi, ecc.). Si schematizzi la galassia nella figura con un nucleo sferico centrale (denominato *bulge*), omogeneo, di densità  $\rho = 10^{-25}$  g/cm<sup>3</sup> (densità della materia ordinaria) e raggio  $R = 1$  kpc, e un disco attorno a esso di massa trascurabile. Sapendo che è stata misurata la velocità di rotazione delle stelle (si ipotizzi un'orbita circolare) e che, a una distanza  $r = 10$  kpc dal centro, essa è risultata pari a  $v_s = (800 + 3\xi)$  m/s, si valuti il rapporto tra la massa totale  $M$  (materia oscura + materia ordinaria) e la massa della sola materia ordinaria  $M_g$  affinché la galassia sia un sistema stabile e non si disgreghi. [1 pc =  $3.08568025 \cdot 10^{16}$  m].

Rapporto  $M/M_g$  [numero puro]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ \text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 2



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 32

$\xi = 335$

Turno: 1 Fila: 12 Posto: 14

Matricola: 0000661732

Cognome e nome: **(dati nascosti per tutela *privacy*)**

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, – (operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. È dato il campo vettoriale  $\vec{V}(x, y, z) = z\hat{i} - xyz\hat{j} + 3xz^2\hat{k}$ . Determinare il valore della divergenza del campo vettoriale  $\vec{V}$  dal punto  $P$  di coordinate cartesiane  $(\frac{1}{7}, \xi, \xi)$ .

Divergenza  $(\vec{\nabla} \cdot \vec{V})(\frac{1}{7}, \xi, \xi)$  [numero puro]:

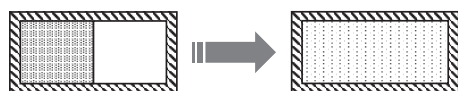
2. L'energia interna di un gas dipende da temperatura e pressione del gas come  $U(T, p) = 6nRT - \varepsilon p^2 + \text{cost.}$ , dove  $n = 6.0$  mol e  $\varepsilon = 6 \cdot 10^{-7}$  J/Pa<sup>2</sup>. Determinare quanto varia la temperatura del gas, se esso, partendo da una pressione iniziale  $p_i = 2 \cdot 10^5$  Pa, raggiunge la pressione finale  $p_f = \frac{1}{1000} \xi p_i$  mediante un'espansione libera adiabatica.

Variazione di temperatura  $\Delta T = T_f - T_i$  [K]:

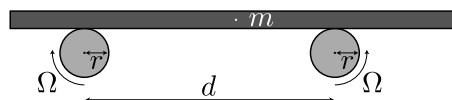
3. Una sbarra omogenea, di massa  $m = 100$  g e spessore trascurabile è appoggiata orizzontalmente su due rulli uguali, di raggio  $r = 2$  cm, con gli assi paralleli e orizzontali, situati a distanza  $d = (5 + \frac{1}{100} \xi)$  cm l'uno dall'altro. I rulli ruotano con velocità angolare costante  $\Omega = 20\pi$  rad/s con verso opposto, nel senso indicato in figura. Detto  $\mu = 0.3$  il coefficiente di attrito dinamico tra sbarra e rulli, determinare il periodo  $T$  del moto della sbarra.

Periodo  $T$  del moto [s]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 2



Esercizio n. 3



Numero progressivo: 12       $\xi = 442$       Turno: 1    Fila: 14    Posto: 5  
 Matricola: 0000605727      Cognome e nome: **(dati nascosti per tutela privacy)**

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. È dato il campo scalare  $f(x, y, z) = x^2 + xyz$ . Determinare i valori delle componenti cartesiane del gradiente del campo scalare  $f$  nel punto  $P$  di coordinate cartesiane  $(\xi, 2, 3)$ .

Componente  $x$  del gradiente  $(\vec{\nabla}f)_x(\xi, 2, 3)$  [numero puro]:

Componente  $y$  del gradiente  $(\vec{\nabla}f)_y(\xi, 2, 3)$  [numero puro]:

Componente  $z$  del gradiente  $(\vec{\nabla}f)_z(\xi, 2, 3)$  [numero puro]:

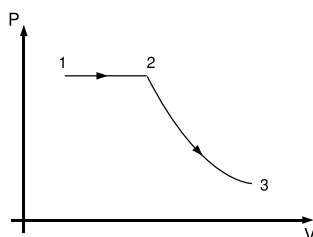
2. Un'asta rigida omogenea  $AB$ , di massa  $m = 4$  kg e lunghezza  $l = \left(78 + \frac{\xi}{2}\right)$  cm, ruota attorno a un asse  $u$ , passante per l'estremo  $A$  e formante un angolo  $\alpha = 30^\circ$  con l'asta stessa. Calcolare il momento d'inerzia dell'asta rispetto a tale asse.

Momento d'inerzia [kg m<sup>2</sup>]:

3. Un sistema termodinamico, composto da  $m = \frac{1}{10} \xi$  g di elio, si trova inizialmente nello stato 1, con pressione  $p_1 = 75$  Pa e volume  $V_1 = 30$  m<sup>3</sup>. Il sistema subisce una successione di trasformazioni quasi-statiche. La prima, (1 → 2), è una trasformazione isobara che lo porta al volume  $V_2 = 40$  m<sup>3</sup>. La seconda, (2 → 3), è una trasformazione adiabatica che lo porta al volume  $V_3 = 80$  m<sup>3</sup>. Calcolare la variazione di entropia del sistema.

Variazione di entropia [J/K]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Numero progressivo: 30       $\xi = 656$       Turno: 1    Fila: 14    Posto: 10  
 Matricola: 0000490229      Cognome e nome: **(dati nascosti per tutela privacy)**

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli** ( $\pi$ , +, – (operatore binario),  $\sqrt{\quad}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.). Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. È dato il campo vettoriale  $\vec{V}(x, y, z) = -\frac{1}{2}x^2 \hat{i} + xy \hat{j} + xyz \hat{k}$ . Determinare il valore della divergenza del campo vettoriale  $\vec{V}$  nel punto  $P$  di coordinate cartesiane  $(2, \xi, 3)$ .

Divergenza  $(\vec{\nabla} \cdot \vec{V})(2, \xi, 3)$  [numero puro]:

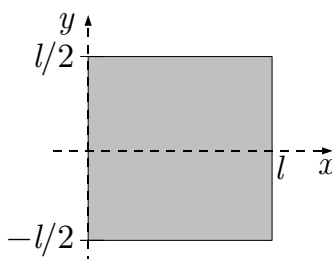
2. Un sistema termodinamico, costituito di  $n = 7$  mol di gas perfetto biatomico, compie una trasformazione quasi-statica  $\gamma$ , lungo la quale il calore molare ha l'espressione  $c_\gamma(T) = c_V + aRT^3$ , con  $a = 3 \cdot 10^{-11} \xi \text{ K}^{-3}$ . Nello stato iniziale il volume è  $V_i = 7 \ell$  e la temperatura è  $T_i = 310 \text{ K}$ , mentre nello stato finale la temperatura è  $T_f = 700 \text{ K}$ . Determinare il volume  $V_f$  del sistema nello stato finale.

Volume finale  $V_f$  [ $\ell$ ]:

3. La lastra quadrata mostrata nella figura ha i lati lunghi  $l = \frac{1}{30} \xi \text{ cm}$ . Inoltre, nel sistema di coordinate mostrato nella figura, la densità superficiale di massa è data da  $\sigma(x, y) = c_0 + c_1 y^2$ , dove  $c_0 = 2 \text{ kg/m}^2$  e  $c_1 = 4 \text{ kg/m}^4$ . Determinare il momento d'inerzia della lastra rispetto all'asse delle ordinate.

Momento d'inerzia [ $\text{kg m}^2$ ]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $0^\circ \text{C} \rightarrow 273.15 \text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16 \text{ K}$ .]



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 2

$\xi = 763$

Turno: 1 Fila: 14 Posto: 14

Matricola: 0000663611

Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli** ( $\pi$ , +, – (operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\phi$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.). Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Una scala a pioli, il cui peso è distribuito uniformemente lungo tutta la sua lunghezza, poggia con un'estremità su di un piano orizzontale scabro (con coefficiente di attrito statico  $f = \frac{1}{1000} \xi$ ) e con l'altra contro una parete verticale anch'essa scabra (con il medesimo coefficiente di attrito statico  $f = \frac{1}{1000} \xi$ ). Si determini l'angolo di minima inclinazione  $\theta_{\min}$  che la scala può formare con il piano orizzontale senza scivolare.

Angolo di minima inclinazione [°]:

2. Un blocco di ferro, di massa pari a  $m_1 = \frac{1}{1000} \xi$  kg e calore specifico pari a  $c_1 = 444 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , alla temperatura  $T_1 = (10 + 2\xi) \text{ }^\circ\text{C}$ , è lasciato cadere nell'acqua del mare, a temperatura  $T_2 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Trovare: (a) quanto varia l'entropia del blocco di ferro nel raggiungimento dell'equilibrio termico; (b) quanto varia l'entropia del mare nel raggiungimento dell'equilibrio termico; (c) quanto varia l'entropia dell'universo nel raggiungimento dell'equilibrio termico. Si supponga che il blocco e il mare non scambino calore con altri sistemi.

Variazione dell'entropia del blocco di ferro [J/K]:

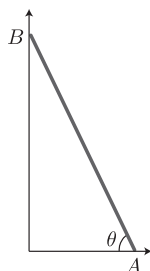
Variazione dell'entropia del mare [J/K]:

Variazione dell'entropia dell'universo [J/K]:

3. Un disco omogeneo è fatto rotolare lungo un piano inclinato, con l'asse di rotazione parallelo alle isoipse, in presenza di attrito radente. Determinare il massimo angolo di inclinazione del piano,  $\theta_{\max}$ , oltre il quale il moto non è più un moto di puro rotolamento, sapendo che il coefficiente di attrito statico è  $f = 10^{-4} \xi$ .

Massimo angolo di inclinazione  $\theta_{\max}$  [°]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $0 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 273.15 \text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16 \text{ K}$ .]



Esercizio n. 1

Numero progressivo: 8  
 Matricola: 0000659096

$\xi = 870$   
 Cognome e nome: (dati nascosti per tutela privacy)

Turno: 1 Fila: 16 Posto: 1

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Un punto materiale è vincolato a una guida circolare di raggio  $r = 4$  m, su cui può scorrere senza attrito. Esso si muove secondo la legge oraria  $s(t) = kt^3$ , con  $k = \frac{1}{200} \xi$  m/s<sup>3</sup>. Calcolare la componente tangenziale e la componente normale dell'accelerazione nell'istante  $t = 2$  s.

Componente tangenziale dell'accelerazione  $a_t$  [m/s<sup>2</sup>]:

Componente normale dell'accelerazione  $a_n$  [m/s<sup>2</sup>]:

2. Un punto materiale di peso  $p = \frac{1}{200} \xi$  N è situato all'estremità di una sbarretta indeformabile, di peso trascurabile e lunghezza  $r = 0.1$  m (vedi figura). L'estremità opposta della sbarra è incernierata in  $O$  a una parete verticale in modo tale che la sbarra stessa si possa muovere soltanto in senso verticale. A una distanza  $h = 0.2$  m da  $O$ , verticalmente sopra al punto, è fissato l'estremo di una molla, di costante elastica pari a  $k = 50$  N/m e lunghezza a riposo pari a  $l_0 = 0.1$  m. La molla è fissata al punto materiale nel suo estremo opposto. Determinare, all'equilibrio statico, l'allungamento  $\Delta l$  della molla.

Allungamento  $\Delta l$  della molla [m]:

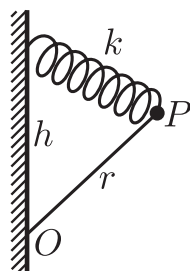
3. Una mole di gas perfetto monoatomico, inizialmente all'equilibrio termodinamico a temperatura  $T_1 = 300$  K e volume  $V_1 = 1$  dm<sup>3</sup>, compie un ciclo costituito dalle seguenti trasformazioni: (1 → 2) espansione isobara ottenuta ponendo in contatto il sistema con un termostato a temperatura  $T_2$  incognita; (2 → 3): espansione adiabatica quasi-statica; (3 → 4): abbassamento isocoro quasi-statico della temperatura; (4 → 1): compressione adiabatica quasi-statica. Sapendo che  $V_2 = (1 + \frac{1}{100} \xi) V_1$  e  $V_3 = (1 + \frac{2}{100} \xi) V_1$  determinare: (a) Il rendimento  $\eta$  del ciclo; (b) la variazione di entropia del sistema in un ciclo  $\Delta S_S$ ; (c) la variazione di entropia dell'ambiente in un ciclo  $\Delta S_A$ .

Rendimento  $\eta$  [adimensionale]:

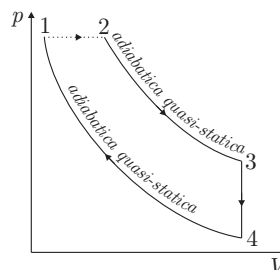
Variazione di entropia del sistema  $\Delta S_S$  [J/K]:

Variazione di entropia dell'ambiente  $\Delta S_A$  [J/K]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 2



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 27

$\xi = 977$

Turno: 1 Fila: 16 Posto: 5

Matricola: 0000658992

Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo  $-$  può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Tre corpi omogenei, una sfera, un cilindro e un tubo di spessore trascurabile, tutti di raggio  $R = 2$  cm, e aventi la medesima massa  $m = 300$  g, scendono lungo un piano inclinato, di inclinazione  $\alpha = \frac{1}{2000} \xi \pi$  rad, rotolando senza strisciare, in assenza di attrito volvente e con l'asse di rotazione parallelo alle isoipse. Determinare le accelerazioni dei 3 corpi.

Accelerazione della sfera  $[m/s^2]$ :

Accelerazione del cilindro  $[m/s^2]$ :

Accelerazione del tubo  $[m/s^2]$ :

2. Un disco in quiete, all'istante  $t = 0$  inizia a ruotare attorno al proprio asse, con accelerazione angolare costante pari a  $\dot{\omega} = 2$  rad/s<sup>2</sup>. Determinare la norma dell'accelerazione  $\|\vec{a}\|$  di un punto  $P$  situato sul disco, a distanza  $r = 5$  m dall'asse, nell'istante  $t = \frac{1}{10} \xi$  s.

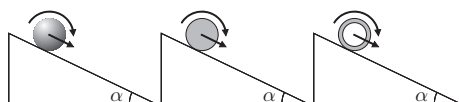
Norma  $\|\vec{a}\|$  dell'accelerazione del punto  $P$   $[m/s^2]$ :

3. Un sistema termodinamico, composto da  $n = \frac{1}{10} \xi$  mol di gas perfetto monoatomico, si trova nello stato iniziale 1, con pressione  $p_1 = 60$  Pa e volume  $V_1 = 108$  m<sup>3</sup>. Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: (1  $\rightarrow$  2) trasformazione isocora fino alla pressione  $p_2 = (140 + \xi)$  Pa; (2  $\rightarrow$  3) trasformazione isoterma; (3  $\rightarrow$  1) trasformazione isobara che chiude il ciclo. Determinare il lavoro compiuto dal sistema in un ciclo e il rendimento del ciclo.

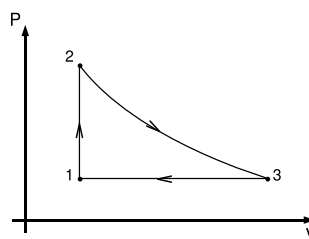
Lavoro in un ciclo [J]:

Rendimento  $\eta$  [adimensionale]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 16

$\xi = 114$

Turno: 1 Fila: 16 Posto: 10

Matricola: 0000441846

Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Sia dato il sistema meccanico rappresentato nella figura (*verricello semplice*) costituito da un disco omogeneo di massa  $M$  dotato di due scanalature, poste a distanza  $r_1$  e  $r_2 = r_1(2 + 10^{-2}\xi)$  dall'asse del disco (con  $r_1 < r_2$ ), all'interno delle quali può essere avvolto un filo. Nell'ipotesi in cui una massa  $m$  sia sospesa a un filo inestensibile di massa trascurabile passante nella scanalatura esterna e il dispositivo sia sospeso a sua volta mediante un filo inestensibile di massa trascurabile avvolto nella scanalatura interna, determinare il rapporto delle masse  $\rho = \frac{M}{m}$  affinché il disco sia in equilibrio.

Rapporto  $\rho = \frac{M}{m}$  [adimensionale]:

2. Un sistema termodinamico, costituito di  $n = 4$  mol di gas perfetto monoatomico, compie una trasformazione quasi-statica  $\gamma$ , lungo la quale il calore molare ha l'espressione  $c_\gamma(T) = c_V + \frac{aR}{T}$ , con  $a = \xi$  K. Nello stato iniziale il volume è  $V_i = 7 \ell$  e la temperatura è  $T_i = 310$  K, mentre nello stato finale la temperatura è  $T_f = 700$  K. Determinare il volume  $V_f$  del sistema nello stato finale.

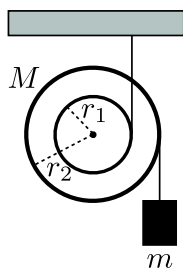
Volume finale  $V_f$  [ $\ell$ ]:

3. Un filo sottile e inestensibile, di massa trascurabile, è avvolto attorno a un rullo cilindrico pieno, di massa  $m = 100$  g e raggio  $r = 2$  cm. Il filo passa nella gola di una carrucola di massa trascurabile e priva di attrito e sostiene un blocco di massa  $M = 50$  g. Il cilindro rotola senza strisciare su di un piano inclinato, di inclinazione  $\alpha = \frac{9}{100} \xi^\circ$ . Determinare: (a) l'accelerazione del cilindro; (b) la tensione del filo.

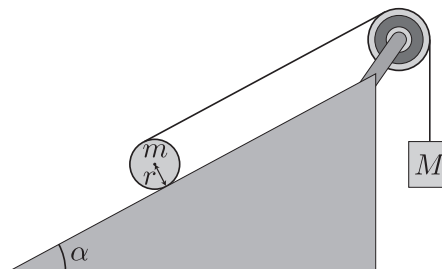
Accelerazione del cilindro [ $\text{m/s}^2$ ]:

Tensione del filo [N]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $0^\circ \text{C} \rightarrow 273.15 \text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16 \text{ K}$ .]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 1       $\xi = 221$       Turno: 1    Fila: 16    Posto: 14  
 Matricola: 0000658412      Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Il punto di ebollizione normale dell'alcool etilico è pari a  $t_{PEN} = 78.5^\circ\text{C}$  e il suo calore latente di vaporizzazione è  $c_l = 885\text{ J/g}$ . (a) Calcolare il calore  $Q$  che è necessario cedere a una massa  $m = \xi\text{ kg}$  di alcool etilico liquido a temperatura  $t_{PEN}$  per farlo evaporare. (b) Calcolare la variazione di entropia  $\Delta S$  di una massa  $m$  di alcool etilico durante l'evaporazione alla temperatura  $t_{PEN}$ , e specificare se essa è positiva, negativa o nulla.

Calore  $Q$  [J]:

Variazione di entropia  $\Delta S$  [J/K]:

2. Un punto materiale si muove lungo una guida circolare di raggio  $r = 3\text{ m}$ , con la componente intrinseca  $\ddot{s}$  dell'accelerazione costante (essendo  $s$  lo spostamento lungo la guida). In un certo istante  $t_1$ , l'accelerazione  $\vec{a}$  del punto materiale forma un angolo  $\alpha(t_1) = \frac{\pi}{2000}\xi\text{ rad}$  con la direzione  $\hat{v}$  della velocità e la norma della velocità è pari a  $\|\vec{v}(t_1)\| = 10\text{ m/s}$ . Di quanto aumenta, in mezzo secondo, la norma della velocità? Quanto vale, all'istante  $t_1$ , la norma dell'accelerazione?

$\Delta\|\vec{v}\|$  [m/s]:

$\|\vec{a}(t_1)\|$  [m/s<sup>2</sup>]:

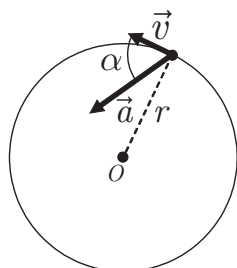
3. Un punto materiale di massa  $m = 10\text{ g}$  si muove, con velocità di modulo pari a  $w = 100\text{ cm/s}$ , senza attrito su di un piano orizzontale. Il punto materiale urta elasticamente un'asta sottile, omogenea, di massa  $M = m(1 + \frac{1}{1000}\xi)$  e lunghezza  $2l = 20\text{ cm}$ , appoggiata senza altri vincoli e senza attrito sullo stesso piano orizzontale e inizialmente in quiete. La velocità del punto è perpendicolare all'asta e il punto d'impatto dista  $d = \frac{1}{1000}l\xi$  dall'estremità dell'asta. Trovare: (a) la velocità  $v$  del punto materiale dopo l'urto; (b) la velocità  $v_G$  del centro di massa dell'asta dopo l'urto; (c) la velocità angolare  $\omega$  dell'asta dopo l'urto.

Velocità  $v$  del punto materiale dopo l'urto [cm/s]:

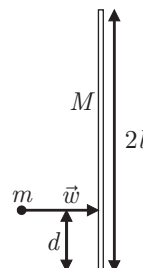
Velocità  $v_G$  del centro di massa dell'asta dopo l'urto [cm/s]:

Velocità angolare  $\omega$  dell'asta dopo l'urto [rad/s]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665\text{ m/s}^2$ ,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}\text{ m}^3\text{ kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ ,  $R = 8.314\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$ ,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15\text{ K}$ ,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16\text{ K}$ .]



Esercizio n. 2



Esercizio n. 3

Numero progressivo: 6       $\xi = 328$       Turno: 1    Fila: 18    Posto: 1  
 Matricola: 0000483377      Cognome e nome: (dati nascosti per tutela *privacy*)

**Produrre i risultati numerici con 3 cifre significative esatte e senza simboli ( $\pi$ , +, –(operatore binario),  $\sqrt{\phantom{x}}$ , sin, cos,  $\int$ ,  $\oint$ ,  $\frac{d}{dt}$ , ecc.).** Il simbolo – può essere utilizzato (come operatore unario) per indicare i numeri negativi.

1. Un rullo cilindrico omogeneo, di raggio  $r = 3$  cm e massa  $m = 100$  g, rotola senza strisciare su di un piano orizzontale, soggetto all'azione della forza costante  $\vec{F}$ , di modulo pari a  $F = \xi$  N, parallela al piano orizzontale, applicata al centro di massa del rullo e perpendicolare a al suo asse (vedi figura). Determinare l'accelerazione del centro di massa del rullo (supponendo che l'attrito volvente sia trascurabile).

Accelerazione  $[m/s^2]$ :

2. La posizione iniziale di un pendolo — costituito da un filo inestensibile di massa trascurabile e lunghezza  $l$  cui è sospeso un punto materiale di massa  $m$  — forma un angolo  $\alpha$  con la verticale. Determinare l'angolo  $\alpha$  in modo che la tensione del filo nel punto più basso della traiettoria sia, in modulo, pari a  $\|\vec{R}\| = (2 + 10^{-3}\xi) mg$ .

Angolo  $\alpha$   $[^\circ]$ :

3. Un sistema termodinamico, composto da  $n = \frac{1}{10} \xi$  mol di gas perfetto biatomico, si trova nello stato iniziale 1, con pressione  $p_1 = (88 - \frac{1}{100} \xi)$  Pa e volume  $V_1 = 110$  m<sup>3</sup>. Il sistema subisce le seguenti trasformazioni quasi-statiche: (1 → 2) trasformazione isocora fino alla pressione  $p_2 = (160 + \xi)$  Pa; (2 → 3) trasformazione adiabatica; (3 → 4) trasformazione isobara che chiude il ciclo. Determinare il lavoro compiuto dal sistema in un ciclo e il rendimento del ciclo.

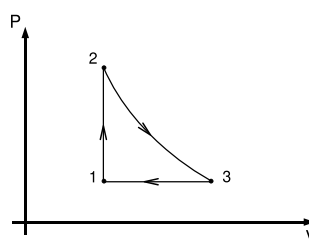
Lavoro in un ciclo [J]:

Rendimento  $\eta$  [adimensionale]:

[Costanti fisiche:  $g = 9.80665$  m/s<sup>2</sup>,  $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>,  $R = 8.314$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $0^\circ\text{C} \rightarrow 273.15$  K,  $p_T(\text{H}_2\text{O}) = 273.16$  K.]



Esercizio n. 1



Esercizio n. 3