

II sessione di Fisica Generale L-A
Corsi di laurea in Ingegneria Aerospaziale e Meccanica
II Facoltà di Ingegneria, sede di Forlì
Prof. D. Galli
28 marzo 2003

(1)

Cinematica e statica

1. Le equazioni parametriche cartesiane del moto di un punto materiale sono: $x = k_1 - k_2 \cos(\omega t)$, $y = k_3 + k_4 \sin(\omega t)$, con $k_1 = 2$ m, $k_2 = 3$ m, $k_3 = 4$ m, $k_4 = 5$ m, $\omega = 10$ s⁻¹. Determinare l'equazione della traiettoria.
2. Un grave si trova a un certo istante alla quota $h = 11$ m rispetto alla superficie terrestre, con velocità di modulo $v_0 = 10$ m/s e direzione che forma un angolo $\alpha = 30^\circ$ rispetto alla verticale discendente (vedi figura). Calcolare il raggio di curvatura della traiettoria in tale istante (si prenda $g = 9.81$ m/s²).
3. Un punto materiale, di massa $m = 1.2$ kg è fissato al soffitto tramite un cavo inestensibile, di massa trascurabile e lunghezza $r = 1.2$ m, e una molla di lunghezza a riposo trascurabile ($l_0 = 0$ m) e costante elastica $k = 40$ N/m. Cavo e molla sono entrambi fissati in un'estremità al soffitto (a distanza r l'uno dall'altro) e nell'altra al punto materiale. Calcolare, all'equilibrio, la distanza d del punto dal soffitto.

Dinamica

4. Calcolare il periodo di rivoluzione attorno alla Terra di un satellite artificiale che si muove su di un'orbita circolare a una quota (rispetto alla superficie terrestre) pari a metà della quota dell'orbita geostazionaria (orbita sulla quale un satellite si trova in quiete rispetto alla superficie terrestre).
5. Sia dato il campo di forza: $\vec{F}(x, y, z) = 2\alpha(xy^2 \hat{i} + x^2y \hat{j} + 2z^3 \hat{k})$, definito in \mathbb{R}^3 . Verificare se esso è conservativo ed eventualmente determinarne il potenziale.
6. Un punto materiale di massa m nota (vedi figura) è appoggiato su di un cuneo liscio, di massa $M_1 = 3m$ 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 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.

Termodinamica

7. L'energia interna di un gas (non perfetto) è data da $U(T, V) = 2nRT - \epsilon/V^2 + \text{cost}$. Calcolare quanto varia la temperatura del gas quando esso, partendo da un volume iniziale V_A , raddoppia il proprio volume con un'espansione libera adiabatica.
8. In una stanza, perfettamente adiabatica, di volume $V_0 = 100$ m³, sono contenute $n_A = 5$ moli di gas perfetto, di calore specifico molare a volume costante $c_V = 2R$, in equilibrio alla temperatura $T_0 = 290$ K. All'interno della stanza, a un certo istante, viene prodotta dagli elettrodomestici una quantità di calore pari a $\Delta Q = 100$ J. Sapendo che idealmente possiamo attribuire a tali elettrodomestici una capacità termica $C_E = 10 R$, calcolare quante moli dello stesso gas perfetto già presente nella stanza, a temperatura $T = 270$ K, è necessario introdurre nell'ambiente per riportare la temperatura al valore iniziale.
9. Un contenitore di forma cilindrica ha una base fissa diatermica, la superficie laterale adiabatica, e l'altra base, libera di scorrere, anch'essa adiabatica, di massa $M = 200$ kg e area $A = 0.1$ m². Inizialmente il cilindro è appoggiato a terra sulla base fissa diatermica, contiene $n = 2$ moli di gas perfetto monoatomico ed è in equilibrio alla temperatura $T_0 = 300$ K. A un certo istante la base fissa viene isolata con un pannello adiabatico e, in modo lento e reversibile, il cilindro viene ruotato di 90° e quindi appoggiato a terra. Da quella posizione, una volta rimosso il pannello adiabatico, tramite la successione di una trasformazione isobara ed una isocora (entrambe quasi-statiche) il gas viene riportato nelle condizioni iniziali. Infine, viene bloccata la base mobile e il cilindro viene ruotato istantaneamente di -90° e riappoggiato a terra sulla base fissa. A questo punto, semplicemente sbloccando la base mobile si è nelle condizioni di iterare il ciclo descritto sopra. Calcolare il rendimento del ciclo nell'ipotesi che la pressione esterna sia $P_0 = 10^4$ Pa.
10. La funzione di Helmholtz, per un certo gas, dipende dalla temperatura e dal volume nel modo seguente: $F(V, T) = -nRT \ln(VT^2) + \epsilon V$, dove ϵ è una costante. a) Trovare l'equazione di stato del gas. b) trovare l'energia interna U e l'entropia S del gas in funzione di V e T . c) Trovare la capacità termica a volume costante C_V del gas.

Rispondere alle seguenti domande (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte).

Cinematica e statica

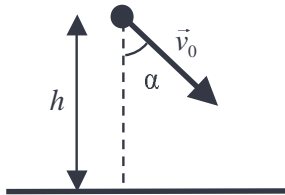
1. Dati i moduli fissati e non nulli a e b , diversi tra loro, di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere il modulo della somma $\vec{a} + \vec{b}$ al variare dell'angolo compreso tra i due vettori?
2. Quali, tra le componenti tangenziale, normale e binormale dell'accelerazione, sono nulle in un moto curvilineo uniforme?
3. Due corpi di massa diversa sono appoggiati su di un tavolo. La forza vincolare esercitata dal tavolo sul corpo di massa maggiore è minore, uguale o maggiore della forza esercitata sul corpo di massa minore?
4. In quale condizione il momento risultante di un insieme di vettori non dipende dal centro di riduzione? Perché?

Dinamica

5. Che tipo di deviazione subiscono i gravi in caduta libera a causa della forza di Coriolis?
6. Quale condizione è necessaria affinché il momento angolare di un sistema meccanico si conservi?
7. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, si conserva il momento angolare del pianeta rispetto al centro del Sole? Si conserva il momento angolare del pianeta rispetto a un punto arbitrario? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti e motivare la risposta.
8. In assenza di vincoli, si conserva la quantità di moto di un sistema meccanico in presenza di sole forze esterne conservative con risultante non nulla?

Termodinamica

9. Tracciare nel diagramma di Clapeyron l'isoterma di un gas perfetto. Tracciare nel diagramma di Clapeyron l'isoterma di un vapore in equilibrio col proprio liquido.
10. Nella pentola a pressione, l'acqua bolle a una temperatura inferiore, uguale o superiore a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$? Per quale motivo?
11. Un sistema subisce un'espansione libera adiabatica. Dire se è positiva, negativa o nulla: a) la variazione di entropia del sistema; b) la variazione di entropia dell'ambiente; c) la variazione di entropia dell'universo.
12. Si può trasferire calore da un corpo più freddo a un corpo più caldo? In che modo?



II sessione di Fisica Generale L-A
Corsi di laurea in Ingegneria Aerospaziale e Meccanica
II Facoltà di Ingegneria, sede di Forlì
Prof. D. Galli
28 marzo 2003

(2)

Cinematica e statica

1. Le equazioni parametriche cartesiane del moto di un punto materiale sono: $x = k_1 + k_2 \sin(\omega t)$, $y = -k_3 + k_4 \cos(\omega t)$, con $k_1 = 3$ m, $k_2 = 4$ m, $k_3 = 5$ m, $k_4 = 2$ m, $\omega = 20$ s⁻¹. Determinare l'equazione della traiettoria.
2. Un grave si trova a un certo istante alla quota $h = 12$ m rispetto alla superficie terrestre, con velocità di modulo $v_0 = 30$ m/s e direzione che forma un angolo $\alpha = 45^\circ$ rispetto alla verticale discendente (vedi figura). Calcolare il raggio di curvatura della traiettoria in tale istante (si prenda $g = 9.81$ m/s²).
3. Un punto materiale, di massa $m = 2$ kg è fissato al soffitto tramite un cavo inestensibile, di massa trascurabile e lunghezza $r = 5$ m, e una molla di lunghezza a riposo trascurabile ($l_0 = 0$ m) e costante elastica $k = 30$ N/m. Cavo e molla sono entrambi fissati in un'estremità al soffitto (a distanza r l'uno dall'altro) e nell'altra al punto materiale. Calcolare, all'equilibrio, la distanza d del punto dal soffitto.

Dinamica

4. Calcolare il periodo di rivoluzione attorno alla Terra di un satellite artificiale che si muove su di un'orbita circolare a una quota (rispetto alla superficie terrestre) pari a 1/3 della quota dell'orbita geostazionaria (orbita sulla quale un satellite si trova in quiete rispetto alla superficie terrestre).
5. Sia dato il campo di forza: $\vec{F}(x, y, z) = \alpha(2xy\hat{i} + x^2\hat{j} + 3z^2\hat{k})$, definito in \mathbb{R}^3 . Verificare se esso è conservativo ed eventualmente determinarne il potenziale.
6. Un punto materiale di massa m nota (vedi figura) è appoggiato su di un cuneo liscio, di massa $M_1 = m$ e angolo $\alpha = 20^\circ$. 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 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 $M_2 = m$ e angolo $\beta = 30^\circ$, anch'esso libero di scorrere senza attrito sul piano orizzontale, calcolare la massima altezza h raggiunta dal punto materiale sul secondo cuneo.

Termodinamica

7. L'energia interna di un gas (non perfetto) è data da $U(T, p) = 2nRT - \varepsilon p + \text{cost}$. Calcolare quanto varia la temperatura del gas quando esso, partendo da una pressione iniziale p_A , dimezza la propria pressione con un'espansione libera adiabatica.
8. In una stanza, perfettamente adiabatica, di volume $V_0 = 200$ m³, sono contenute $n_A = 6$ moli di gas perfetto, di calore specifico molare a volume costante $c_V = 3R$, in equilibrio alla temperatura $T_0 = 290$ K. All'interno della stanza, a un certo istante, viene prodotta dagli elettrodomestici una quantità di calore pari a $\Delta Q = 200$ J. Sapendo che idealmente possiamo attribuire a tali elettrodomestici una capacità termica $C_E = 12 R$, calcolare quante moli dello stesso gas perfetto già presente nella stanza, a temperatura $T = 280$ K, è necessario introdurre nell'ambiente per riportare la temperatura al valore iniziale.
9. Un contenitore di forma cilindrica ha una base fissa diatermica, la superficie laterale adiabatica, e l'altra base, libera di scorrere, anch'essa adiabatica, di massa $M = 500$ kg e area $A = 0.2$ m². Inizialmente il cilindro è appoggiato a terra sulla base fissa diatermica, contiene $n = 3$ moli di gas perfetto biatomico ed è in equilibrio alla temperatura $T_0 = 350$ K. A un certo istante la base fissa viene isolata con un pannello adiabatico e, in modo lento e reversibile, il cilindro viene ruotato di 90° e quindi appoggiato a terra. Da quella posizione, una volta rimosso il pannello adiabatico, tramite la successione di una trasformazione isobara ed una isocora (entrambe quasi-statiche) il gas viene riportato nelle condizioni iniziali. Infine, viene bloccata la base mobile e il cilindro viene ruotato istantaneamente di -90° e riappoggiato a terra sulla base fissa. A questo punto, semplicemente sbloccando la base mobile si è nelle condizioni di iterare il ciclo descritto sopra. Calcolare il rendimento del ciclo nell'ipotesi che la pressione esterna sia $P_0 = 2 \times 10^4$ Pa.

10. La funzione di Helmholtz, per un certo gas, dipende dalla temperatura e dal volume nel modo seguente:

$F(V, T) = -nRT \ln(VT^2) + \varepsilon V^2$, dove ε è una costante. a) Trovare l'equazione di stato del gas. b) trovare l'energia interna U e l'entropia S del gas in funzione di V e T . c) Trovare la capacità termica a volume costante C_V del gas.

Rispondere alle seguenti domande (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte).

Cinematica e statica

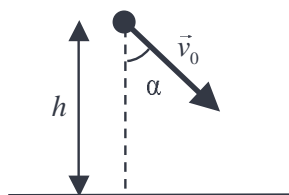
1. Dati i moduli fissati e non nulli a e b , diversi tra loro, di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere il modulo della differenza $\vec{a} - \vec{b}$ al variare dell'angolo compreso tra i due vettori?
2. Quali, tra le componenti tangenziale, normale e binormale dell'accelerazione, sono nulle in un moto rettilineo non uniforme?
3. Se si esercita una forza con direzione orizzontale e modulo pari a 2 N su di un tavolo di massa pari a 40 kg ma il tavolo non si muove, quanto vale l'intensità della forza di attrito?
4. Qual'è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati con risultante nulla?

Dinamica

5. Che tipo di deviazione subiscono i gravi in moto sulla superficie terrestre a causa della forza di Coriolis?
6. Quale condizione è necessaria affinché l'energia meccanica di un sistema meccanico si conservi?
7. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, si conserva la quantità di moto del pianeta? Si conserva la somma delle quantità di moto del pianeta e del Sole? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti e motivare la risposta.
8. In assenza di vincoli, si conserva il momento angolare (rispetto a un centro di riduzione arbitrario) di un sistema meccanico isolato in presenza di forze interne non conservative?

Termodinamica

9. Che cosa rappresenta la temperatura critica? Qual è approssimativamente la temperatura critica dell'acqua?
10. Perché a temperature inferiori al punto di ebollizione l'acqua non bolle?
11. Un sistema subisce una compressione isoterma quasi-statica. Dire se è positiva, negativa o nulla: a) la variazione di entropia del sistema; b) la variazione di entropia dell'ambiente; c) la variazione di entropia dell'universo.
12. Perché il calore ceduto da una macchina termica all'ambiente non può essere convertito in energia meccanica con buona efficienza?



II sessione di Fisica Generale L-A
Corsi di laurea in Ingegneria Aerospaziale e Meccanica
II Facoltà di Ingegneria, sede di Forlì
Prof. D. Galli
28 marzo 2003

(3)

Cinematica e statica

1. Le equazioni parametriche cartesiane del moto di un punto materiale sono: $x = k_1 + k_2 \cos(\omega t)$, $y = k_3 - k_4 \sin(\omega t)$, con $k_1 = 4$ m, $k_2 = 5$ m, $k_3 = 2$ m, $k_4 = 3$ m, $\omega = 30$ s⁻¹. Determinare l'equazione della traiettoria.
2. Un grave si trova a un certo istante alla quota $h = 13$ m rispetto alla superficie terrestre, con velocità di modulo $v_0 = 50$ m/s e direzione che forma un angolo $\alpha = 60^\circ$ rispetto alla verticale discendente (vedi figura). Calcolare il raggio di curvatura della traiettoria in tale istante (si prenda $g = 9.81$ m/s²).
3. Un punto materiale, di massa $m = 3$ kg è fissato al soffitto tramite un cavo inestensibile, di massa trascurabile e lunghezza $r = 5$ m, e una molla di lunghezza a riposo trascurabile ($l_0 = 0$ m) e costante elastica $k = 20$ N/m. Cavo e molla sono entrambi fissati in un'estremità al soffitto (a distanza r l'uno dall'altro) e nell'altra al punto materiale. Calcolare, all'equilibrio, la distanza d del punto dal soffitto.

Dinamica

4. Calcolare il periodo di rivoluzione attorno alla Terra di un satellite artificiale che si muove su di un'orbita circolare a una quota (rispetto alla superficie terrestre) pari a 1/4 della quota dell'orbita geostazionaria (orbita sulla quale un satellite si trova in quiete rispetto alla superficie terrestre).
5. Sia dato il campo di forza: $\vec{F}(x, y, z) = \alpha(3x^2 y \hat{i} + x^3 \hat{j})$, definito in \mathbb{R}^3 . Verificare se esso è conservativo ed eventualmente determinarne il potenziale.
6. Un punto materiale di massa m nota (vedi figura) è appoggiato su di un cuneo liscio, di massa $M_1 = m/2$ e angolo $\alpha = 30^\circ$. 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 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 $M_2 = m/3$ e angolo $\beta = 40^\circ$, anch'esso libero di scorrere senza attrito sul piano orizzontale, calcolare la massima altezza h raggiunta dal punto materiale sul secondo cuneo.

Termodinamica

7. L'energia interna di un gas (non perfetto) è data da $U(T, V) = 2nRT + \varepsilon V^2 + \text{cost}$. Calcolare quanto varia la temperatura del gas quando esso, partendo da un volume iniziale V_A , raddoppia il proprio volume con un'espansione libera adiabatica.
8. In una stanza, perfettamente adiabatica, di volume $V_0 = 100$ m³, sono contenute $n_A = 5$ moli di gas perfetto, di calore specifico molare a volume costante $c_V = 4R$, in equilibrio alla temperatura $T_0 = 290$ K. All'interno della stanza, a un certo istante, viene prodotta dagli elettrodomestici una quantità di calore pari a $\Delta Q = 300$ J. Sapendo che idealmente possiamo attribuire a tali elettrodomestici una capacità termica $C_E = 15 R$, calcolare quante moli dello stesso gas perfetto già presente nella stanza, a temperatura $T = 270$ K, è necessario introdurre nell'ambiente per riportare la temperatura al valore iniziale.
9. Un contenitore di forma cilindrica ha una base fissa diatermica, la superficie laterale adiabatica, e l'altra base, libera di scorrere, anch'essa adiabatica, di massa $M = 400$ kg e area $A = 0.3$ m². Inizialmente il cilindro è appoggiato a terra sulla base fissa diatermica, contiene $n = 4$ moli di gas perfetto monoatomico ed è in equilibrio alla temperatura $T_0 = 400$ K. A un certo istante la base fissa viene isolata con un pannello adiabatico e, in modo lento e reversibile, il cilindro viene ruotato di 90° e quindi appoggiato a terra. Da quella posizione, una volta rimosso il pannello adiabatico, tramite la successione di una trasformazione isobara ed una isocora (entrambe quasi-statiche) il gas viene riportato nelle condizioni iniziali. Infine, viene bloccata la base mobile e il cilindro viene ruotato istantaneamente di -90° e riappoggiato a terra sulla base fissa. A questo punto, semplicemente sbloccando la base mobile si è nelle condizioni di iterare il ciclo descritto sopra. Calcolare il rendimento del ciclo nell'ipotesi che la pressione esterna sia $P_0 = 3 \times 10^4$ Pa.

10. La funzione di Helmholtz, per un certo gas, dipende dalla temperatura e dal volume nel modo seguente:
 $F(V, T) = -nRT \ln(VT^3) + \varepsilon V$, dove ε è una costante. a) Trovare l'equazione di stato del gas. b) trovare l'energia interna U e l'entropia S del gas in funzione di V e T . c) Trovare la capacità termica a volume costante C_V del gas.

Rispondere alle seguenti domande (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte).

Cinematica e statica

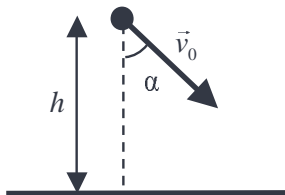
1. Dati i moduli fissati e non nulli a e b , diversi tra loro, di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere il prodotto scalare $\vec{a} \cdot \vec{b}$ al variare dell'angolo compreso tra i due vettori?
2. La velocità e l'accelerazione di un punto materiale sono sempre tangenti alla sua traiettoria? Motivare la risposta.
3. Un corpo di massa pari a 1 kg è appoggiato su di un tavolo. Qual'è l'intensità della reazione vincolare del tavolo sul corpo?
4. Qual'è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati con momento risultante nullo?

Dinamica

5. Un punto materiale si muove di moto circolare uniforme su di un piano orizzontale. Enumerare le forze osservate da un osservatore fermo e da un osservatore solidale al punto materiale.
6. Quale condizione è necessaria affinché la quantità di moto di un sistema meccanico si conservi?
7. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, si conserva il momento angolare del pianeta rispetto al centro del Sole? Si conserva il momento angolare del pianeta rispetto a un punto arbitrario? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti e motivare la risposta.
8. In assenza di vincoli, si conserva il momento angolare (rispetto a un centro di riduzione arbitrario) di un sistema meccanico in presenza di sole forze esterne conservative con momento risultante non nullo?

Termodinamica

9. Un sistema è costituito di acqua e vapore acqueo in equilibrio. Comprimendo a temperatura costante tale sistema, la pressione aumenta, rimane costante o diminuisce?
10. In alta montagna, l'acqua bolle a una temperatura inferiore, uguale o superiore a 100 °C? Per quale motivo?
11. Un gas perfetto subisce un'espansione isobara quasi-statica. Dire se è positiva, negativa o nulla: a) la variazione di entropia del sistema; b) la variazione di entropia dell'ambiente; c) la variazione di entropia dell'universo.
12. Come si definisce il rendimento di una macchina termica? Quanto vale il massimo rendimento di una macchina termica che scambia calore con due soli termostati?



II sessione di Fisica Generale L-A
Corsi di laurea in Ingegneria Aerospaziale e Meccanica
II Facoltà di Ingegneria, sede di Forlì
Prof. D. Galli
28 marzo 2003

(4)

Cinematica e statica

1. Le equazioni parametriche cartesiane del moto di un punto materiale sono: $x = -k_1 + k_2 \sin(\omega t)$, $y = k_3 + k_4 \cos(\omega t)$, con $k_1 = 5$ m, $k_2 = 2$ m, $k_3 = 3$ m, $k_4 = 4$ m, $\omega = 40$ s⁻¹. Determinare l'equazione della traiettoria.
2. Un grave si trova a un certo istante alla quota $h = 14$ m rispetto alla superficie terrestre, con velocità di modulo $v_0 = 60$ m/s e direzione che forma un angolo $\alpha = 120^\circ$ rispetto alla verticale discendente (vedi figura). Calcolare il raggio di curvatura della traiettoria in tale istante (si prenda $g = 9.81$ m/s²).
3. Un punto materiale, di massa $m = 0.5$ kg è fissato al soffitto tramite un cavo inestensibile, di massa trascurabile e lunghezza $r = 1.2$ m, e una molla di lunghezza a riposo trascurabile ($l_0 = 0$ m) e costante elastica $k = 10$ N/m. Cavo e molla sono entrambi fissati in un'estremità al soffitto (a distanza r l'uno dall'altro) e nell'altra al punto materiale. Calcolare, all'equilibrio, la distanza d del punto dal soffitto.

Dinamica

4. Calcolare il periodo di rivoluzione attorno alla Terra di un satellite artificiale che si muove su di un'orbita circolare a una quota (rispetto alla superficie terrestre) pari a 1/5 della quota dell'orbita geostazionaria (orbita sulla quale un satellite si trova in quiete rispetto alla superficie terrestre).
5. Sia dato il campo di forza: $\vec{F}(x, y, z) = \alpha(y\hat{i} + x\hat{j} - 2z\hat{k})$, definito in \mathbb{R}^3 . Verificare se esso è conservativo ed eventualmente determinarne il potenziale.
6. Un punto materiale di massa m nota (vedi figura) è appoggiato su di un cuneo liscio, di massa $M_1 = 3m$ e angolo $\alpha = 20^\circ$. 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 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 $M_2 = 3m$ e angolo $\beta = 10^\circ$, anch'esso libero di scorrere senza attrito sul piano orizzontale, calcolare la massima altezza h raggiunta dal punto materiale sul secondo cuneo.

Termodinamica

7. L'energia interna di un gas (non perfetto) è data da $U(T, p) = 2nRT + \varepsilon/p^2 + \text{cost}$. Calcolare quanto varia la temperatura del gas quando esso, partendo da una pressione iniziale p_A , dimezza la propria pressione con un'espansione libera adiabatica.
8. In una stanza, perfettamente adiabatica, di volume $V_0 = 120$ m³, sono contenute $n_A = 4$ moli di gas perfetto, di calore specifico molare a volume costante $c_V = 1.5R$, in equilibrio alla temperatura $T_0 = 300$ K. All'interno della stanza, a un certo istante, viene prodotta dagli elettrodomestici una quantità di calore pari a $\Delta Q = 400$ J. Sapendo che idealmente possiamo attribuire a tali elettrodomestici una capacità termica $C_E = 11 R$, calcolare quante moli dello stesso gas perfetto già presente nella stanza, a temperatura $T = 280$ K, è necessario introdurre nell'ambiente per riportare la temperatura al valore iniziale.
9. Un contenitore di forma cilindrica ha una base fissa diatermica, la superficie laterale adiabatica, e l'altra base, libera di scorrere, anch'essa adiabatica, di massa $M = 250$ kg e area $A = 0.1$ m². Inizialmente il cilindro è appoggiato a terra sulla base fissa diatermica, contiene $n = 5$ moli di gas perfetto biatomico ed è in equilibrio alla temperatura $T_0 = 400$ K. A un certo istante la base fissa viene isolata con un pannello adiabatico e, in modo lento e reversibile, il cilindro viene ruotato di 90° e quindi appoggiato a terra. Da quella posizione, una volta rimosso il pannello adiabatico, tramite la successione di una trasformazione isobara ed una isocora (entrambe quasi-statiche) il gas viene riportato nelle condizioni iniziali. Infine, viene bloccata la base mobile e il cilindro viene ruotato istantaneamente di -90° e riappoggiato a terra sulla base fissa. A questo punto, semplicemente sbloccando la base mobile si è nelle condizioni di iterare il ciclo descritto sopra. Calcolare il rendimento del ciclo nell'ipotesi che la pressione esterna sia $P_0 = 1.5 \times 10^4$ Pa.

10. La funzione di Helmholtz, per un certo gas, dipende dalla temperatura e dal volume nel modo seguente:
 $F(V, T) = -nRT \ln(VT^3) + \varepsilon V^2$, dove ε è una costante. a) Trovare l'equazione di stato del gas. b) trovare l'energia interna U e l'entropia S del gas in funzione di V e T . c) Trovare la capacità termica a volume costante C_V del gas.

Rispondere alle seguenti domande (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte).

Cinematica e statica

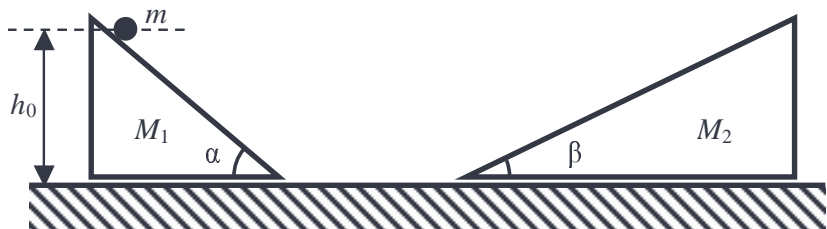
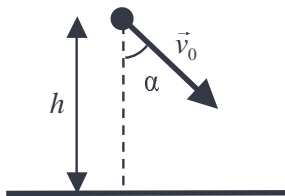
1. Dati i moduli fissati e non nulli a e b , diversi tra loro, di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere il modulo del prodotto vettoriale $\vec{a} \wedge \vec{b}$ al variare dell'angolo compreso tra i due vettori?
2. Per quale tipo di moto l'accelerazione è tangente alla traiettoria? Per quale tipo di moto l'accelerazione è normale alla traiettoria? Motivare la risposta.
3. Se si esercita una forza con direzione orizzontale e modulo pari a 1 N su di un tavolo di massa pari a 35 kg ma il tavolo non si muove, quanto vale l'intensità della forza di attrito?
4. Si può trovare un vettore applicato che sia equivalente a un sistema di vettori applicati con risultante nulla e momento risultante diverso da zero?

Dinamica

5. Che tipo di deviazione subiscono i gravi in caduta libera a causa della forza di Coriolis?
6. Quale condizione è necessaria affinché il momento angolare di un sistema meccanico si conservi?
7. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, si conserva la quantità di moto del pianeta? Si conserva la somma delle quantità di moto del pianeta e del Sole? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti e motivare la risposta.
8. In assenza di vincoli, si conserva l'energia meccanica di un sistema meccanico isolato in presenza di forze interne non conservative?

Termodinamica

9. Che cosa rappresenta il punto triplo? Qual è la temperatura del punto triplo dell'acqua? Al punto triplo dell'acqua è associata una ben definita pressione o si può avere il punto triplo a pressioni diverse?
10. L'acqua può evaporare a temperatura inferiore a 100 °C? Quale condizione fisica causa l'ebollizione dell'acqua a 100 °C?
11. Un gas perfetto subisce una compressione isobara quasi-statica. Dire se è positiva, negativa o nulla: a) la variazione di entropia del sistema; b) la variazione di entropia dell'ambiente; c) la variazione di entropia dell'universo.
12. Qual'è la massima efficienza di conversione dell'energia meccanica in energia termica? Qual'è la massima efficienza di conversione dell'energia termica in energia meccanica?



II sessione di Fisica Generale L-A
Corsi di laurea in Ingegneria Aerospaziale e Meccanica
II Facoltà di Ingegneria, sede di Forlì
Prof. D. Galli
28 marzo 2003

(5)

Cinematica e statica

1. Le equazioni parametriche cartesiane del moto di un punto materiale sono: $x = -k_1 - k_2 \cos(\omega t)$, $y = k_3 + k_4 \sin(\omega t)$, con $k_1 = 2$ m, $k_2 = 3$ m, $k_3 = 5$ m, $k_4 = 4$ m, $\omega = 50$ s⁻¹. Determinare l'equazione della traiettoria.
2. Un grave si trova a un certo istante alla quota $h = 15$ m rispetto alla superficie terrestre, con velocità di modulo $v_0 = 40$ m/s e direzione che forma un angolo $\alpha = 135^\circ$ rispetto alla verticale discendente (vedi figura). Calcolare il raggio di curvatura della traiettoria in tale istante (si prenda $g = 9.81$ m/s²).
3. Un punto materiale, di massa $m = 2$ kg è fissato al soffitto tramite un cavo inestensibile, di massa trascurabile e lunghezza $r = 1.2$ m, e una molla di lunghezza a riposo trascurabile ($l_0 = 0$ m) e costante elastica $k = 30$ N/m. Cavo e molla sono entrambi fissati in un'estremità al soffitto (a distanza r l'uno dall'altro) e nell'altra al punto materiale. Calcolare, all'equilibrio, la distanza d del punto dal soffitto.

Dinamica

4. Calcolare il periodo di rivoluzione attorno alla Terra di un satellite artificiale che si muove su di un'orbita circolare a una quota (rispetto alla superficie terrestre) pari a 1/6 della quota dell'orbita geostazionaria (orbita sulla quale un satellite si trova in quiete rispetto alla superficie terrestre).
5. Sia dato il campo di forza: $\vec{F}(x, y, z) = \alpha(y^2 \hat{i} + 2xy \hat{j} - 6z^2 \hat{k})$, definito in \mathbb{R}^3 . Verificare se esso è conservativo ed eventualmente determinarne il potenziale.
6. Un punto materiale di massa m nota (vedi figura) è appoggiato su di un cuneo liscio, di massa $M_1 = m/3$ e angolo $\alpha = 30^\circ$. 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 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 $M_2 = 3m$ 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.

Termodinamica

7. L'energia interna di un gas (non perfetto) è data da $U(T, V) = 2nRT - \varepsilon/V^3 + \text{cost}$. Calcolare quanto varia la temperatura del gas quando esso, partendo da un volume iniziale V_A , raddoppia il proprio volume con un'espansione libera adiabatica.
8. In una stanza, perfettamente adiabatica, di volume $V_0 = 220$ m³, sono contenute $n_A = 7$ moli di gas perfetto, di calore specifico molare a volume costante $c_V = 2.5R$, in equilibrio alla temperatura $T_0 = 300$ K. All'interno della stanza, a un certo istante, viene prodotta dagli elettrodomestici una quantità di calore pari a $\Delta Q = 500$ J. Sapendo che idealmente possiamo attribuire a tali elettrodomestici una capacità termica $C_E = 11 R$, calcolare quante moli dello stesso gas perfetto già presente nella stanza, a temperatura $T = 270$ K, è necessario introdurre nell'ambiente per riportare la temperatura al valore iniziale.
9. Un contenitore di forma cilindrica ha una base fissa diatermica, la superficie laterale adiabatica, e l'altra base, libera di scorrere, anch'essa adiabatica, di massa $M = 300$ kg e area $A = 0.2$ m². Inizialmente il cilindro è appoggiato a terra sulla base fissa diatermica, contiene $n = 6$ moli di gas perfetto monoatomico ed è in equilibrio alla temperatura $T_0 = 350$ K. A un certo istante la base fissa viene isolata con un pannello adiabatico e, in modo lento e reversibile, il cilindro viene ruotato di 90° e quindi appoggiato a terra. Da quella posizione, una volta rimosso il pannello adiabatico, tramite la successione di una trasformazione isobara ed una isocora (entrambe quasi-statiche) il gas viene riportato nelle condizioni iniziali. Infine, viene bloccata la base mobile e il cilindro viene ruotato istantaneamente di -90° e riappoggiato a terra sulla base fissa. A questo punto, semplicemente sbloccando la base mobile si è nelle condizioni di iterare il ciclo descritto sopra. Calcolare il rendimento del ciclo nell'ipotesi che la pressione esterna sia $P_0 = 2.5 \times 10^4$ Pa.

10. La funzione di Helmholtz, per un certo gas, dipende dalla temperatura e dal volume nel modo seguente:

$F(V, T) = -nRT \ln(VT^4) + \varepsilon V$, dove ε è una costante. a) Trovare l'equazione di stato del gas. b) trovare l'energia interna U e l'entropia S del gas in funzione di V e T . c) Trovare la capacità termica a volume costante C_V del gas.

Rispondere alle seguenti domande (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte).

Cinematica e statica

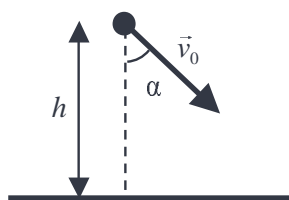
1. Dati i moduli fissati e non nulli a e b , diversi tra loro, di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere il modulo della differenza $\vec{a} - \vec{b}$ al variare dell'angolo compreso tra i due vettori?
2. La velocità e l'accelerazione di un punto materiale sono sempre tangenti alla sua traiettoria? Motivare la risposta.
3. Se si esercita una forza con direzione orizzontale e modulo pari a 2 N su di un tavolo di massa pari a 40 kg ma il tavolo non si muove, quanto vale l'intensità della forza di attrito?
4. Qual'è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati con momento risultante nullo?

Dinamica

5. Che tipo di deviazione subiscono i gravi in moto sulla superficie terrestre a causa della forza di Coriolis?
6. Quale condizione è necessaria affinché l'energia meccanica di un sistema meccanico si conservi?
7. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, si conserva il momento angolare del pianeta rispetto al centro del Sole? Si conserva il momento angolare del pianeta rispetto a un punto arbitrario? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti e motivare la risposta.
8. In assenza di vincoli, si conserva l'energia meccanica di un sistema meccanico in presenza di sole forze esterne conservative con risultante non nulla?

Termodinamica

9. Che curva rappresenta nel diagramma di Clapeyron un'espansione isoterma quasi-statica di un sistema costituito di acqua e vapore acqueo (specificare l'equazione della curva)?
10. Quanto vale approssimativamente la pressione di vapor saturo dell'acqua a 100 °C? Da quale prova sperimentale si può desumere?
11. Un sistema termodinamico a temperatura più alta viene messo a contatto con un sistema termodinamico a temperatura più bassa. Dire se è positiva, negativa o nulla: a) la variazione di entropia del sistema a temperatura più alta; b) la variazione di entropia del sistema a temperatura più bassa; c) la variazione di entropia complessiva dei due sistemi.
12. Specificare (a) le dimensioni e (b) le unità di misura nel Sistema Internazionale delle seguenti grandezze: energia, calore, lavoro, lavoro tecnico, capacità termica, entalpia, entropia, pressione.



II sessione di Fisica Generale L-A
Corsi di laurea in Ingegneria Aerospaziale e Meccanica
II Facoltà di Ingegneria, sede di Forlì
Prof. D. Galli
28 marzo 2003

(6)

Cinematica e statica

1. Le equazioni parametriche cartesiane del moto di un punto materiale sono: $x = k_1 - k_2 \sin(\omega t)$, $y = -k_3 + k_4 \cos(\omega t)$, con $k_1 = 3$ m, $k_2 = 5$ m, $k_3 = 4$ m, $k_4 = 2$ m, $\omega = 60$ s⁻¹. Determinare l'equazione della traiettoria.
2. Un grave si trova a un certo istante alla quota $h = 16$ m rispetto alla superficie terrestre, con velocità di modulo $v_0 = 20$ m/s e direzione che forma un angolo $\alpha = 150^\circ$ rispetto alla verticale discendente (vedi figura). Calcolare il raggio di curvatura della traiettoria in tale istante (si prenda $g = 9.81$ m/s²).
3. Un punto materiale, di massa $m = 3$ kg è fissato al soffitto tramite un cavo inestensibile, di massa trascurabile e lunghezza $r = 5$ m, e una molla di lunghezza a riposo trascurabile ($l_0 = 0$ m) e costante elastica $k = 30$ N/m. Cavo e molla sono entrambi fissati in un'estremità al soffitto (a distanza r l'uno dall'altro) e nell'altra al punto materiale. Calcolare, all'equilibrio, la distanza d del punto dal soffitto.

Dinamica

4. Calcolare il periodo di rivoluzione attorno alla Terra di un satellite artificiale che si muove su di un'orbita circolare a una quota (rispetto alla superficie terrestre) pari a 1/7 della quota dell'orbita geostazionaria (orbita sulla quale un satellite si trova in quiete rispetto alla superficie terrestre).
5. Sia dato il campo di forza: $\vec{F}(x, y, z) = 2\alpha(y^2 z^3 \hat{i} + 2xyz^3 \hat{j} + 3xy^2 z^2 \hat{k})$, definito in \mathbb{R}^3 . Verificare se esso è conservativo ed eventualmente determinarne il potenziale.
6. Un punto materiale di massa m nota (vedi figura) è appoggiato su di un cuneo liscio, di massa $M_1 = 4m$ e angolo $\alpha = 40^\circ$. 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 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 $M_2 = m/4$ e angolo $\beta = 30^\circ$, anch'esso libero di scorrere senza attrito sul piano orizzontale, calcolare la massima altezza h raggiunta dal punto materiale sul secondo cuneo.

Termodinamica

7. L'energia interna di un gas (non perfetto) è data da $U(T, p) = 3nRT - \varepsilon p^2 + \text{cost}$. Calcolare quanto varia la temperatura del gas quando esso, partendo da una pressione iniziale p_A , dimezza la propria pressione con un'espansione libera adiabatica.
8. In una stanza, perfettamente adiabatica, di volume $V_0 = 150$ m³, sono contenute $n_A = 6$ moli di gas perfetto, di calore specifico molare a volume costante $c_V = 3.5R$, in equilibrio alla temperatura $T_0 = 300$ K. All'interno della stanza, a un certo istante, viene prodotta dagli elettrodomestici una quantità di calore pari a $\Delta Q = 600$ J. Sapendo che idealmente possiamo attribuire a tali elettrodomestici una capacità termica $C_E = 12 R$, calcolare quante moli dello stesso gas perfetto già presente nella stanza, a temperatura $T = 280$ K, è necessario introdurre nell'ambiente per riportare la temperatura al valore iniziale.
9. Un contenitore di forma cilindrica ha una base fissa diatermica, la superficie laterale adiabatica, e l'altra base, libera di scorrere, anch'essa adiabatica, di massa $M = 450$ kg e area $A = 0.3$ m². Inizialmente il cilindro è appoggiato a terra sulla base fissa diatermica, contiene $n = 7$ moli di gas perfetto biatomico ed è in equilibrio alla temperatura $T_0 = 300$ K. A un certo istante la base fissa viene isolata con un pannello adiabatico e, in modo lento e reversibile, il cilindro viene ruotato di 90° e quindi appoggiato a terra. Da quella posizione, una volta rimosso il pannello adiabatico, tramite la successione di una trasformazione isobara ed una isocora (entrambe quasi-statiche) il gas viene riportato nelle condizioni iniziali. Infine, viene bloccata la base mobile e il cilindro viene ruotato istantaneamente di -90° e riappoggiato a terra sulla base fissa. A questo punto, semplicemente sbloccando la base mobile si è nelle condizioni di iterare il ciclo descritto sopra. Calcolare il rendimento del ciclo nell'ipotesi che la pressione esterna sia $P_0 = 3.5 \times 10^4$ Pa.

10. La funzione di Helmholtz, per un certo gas, dipende dalla temperatura e dal volume nel modo seguente:

$F(V, T) = -nRT \ln(VT^2) + \varepsilon V^3$, dove ε è una costante. a) Trovare l'equazione di stato del gas. b) trovare l'energia interna U e l'entropia S del gas in funzione di V e T . c) Trovare la capacità termica a volume costante C_V del gas.

Rispondere alle seguenti domande (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte).

Cinematica e statica

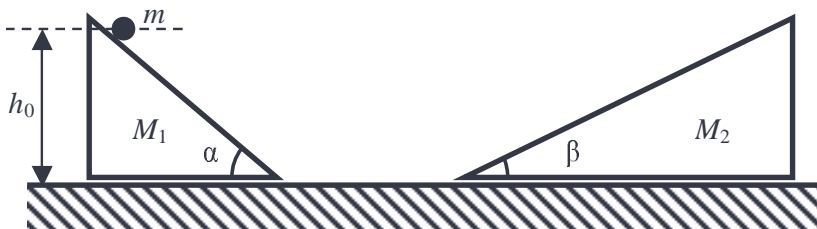
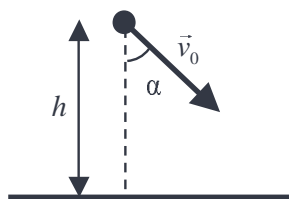
1. Dati i moduli fissati e non nulli a e b , diversi tra loro, di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere il prodotto scalare $\vec{a} \cdot \vec{b}$ al variare dell'angolo compreso tra i due vettori?
2. Quali, tra le componenti tangenziale, normale e binormale dell'accelerazione, sono nulle in un moto rettilineo non uniforme?
3. Un corpo di massa pari a 1 kg è appoggiato su di un tavolo. Qual'è l'intensità della reazione vincolare del tavolo sul corpo?
4. Qual'è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati con risultante nulla?

Dinamica

5. Un punto materiale si muove di moto circolare uniforme su di un piano orizzontale. Enumerare le forze osservate da un osservatore fermo e da un osservatore solidale al punto materiale.
6. Quale condizione è necessaria affinché la quantità di moto di un sistema meccanico si conservi?
7. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, si conserva la quantità di moto del pianeta? Si conserva la somma delle quantità di moto del pianeta e del Sole? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti e motivare la risposta.
8. In assenza di vincoli, si conserva la quantità di moto di un sistema meccanico isolato in presenza di forze interne non conservative?

Termodinamica

9. Che curva rappresenta nel diagramma di Clapeyron un'espansione adiabatica quasi-statica di un gas perfetto (specificare l'equazione della curva)?
10. Che cosa contengono le bolle di una pentola d'acqua in ebollizione? Perché l'acqua, in condizioni standard, bolle proprio a quella data temperatura (100 °C nella scala Celsius)?
11. Un sistema subisce un'espansione isoterma quasi-statica. Dire se è positiva, negativa o nulla: a) la variazione di entropia del sistema; b) la variazione di entropia dell'ambiente; c) la variazione di entropia dell'universo.
12. Può diminuire l'entropia di un sistema? Può diminuire l'entropia dell'ambiente esterno? Può diminuire l'entropia dell'universo (sistema + ambiente)?



(1)

Cognome e nome:

Intendo svolgere: ☐ Compito completo ☐ Recupero I parziale ☐ Recupero II parziale ☐ Recupero III parziale

1. Equazione della traiettoria.

7. Variazione di temperatura.

2. Raggio di curvatura [m].

8. Moli di gas.

3. Distanza del punto dal soffitto [m].

9. Rendimento.

4. Periodo di rivoluzione [s].

10.1. Equazione di stato.

5. Potenziale (altrimenti specificare che il campo non è conservativo).

10.2. Energia interna.

6.1. Velocità del cuneo [m/s].

10.3. Entropia.

6.2. Altezza massima raggiunta [m].

10.4. Capacità termica a volume costante.

(2)

Cognome e nome:

Intendo svolgere: ☐ Compito completo ☐ Recupero I parziale ☐ Recupero II parziale ☐ Recupero III parziale

1. Equazione della traiettoria.

7. Variazione di temperatura.

2. Raggio di curvatura [m].

8. Moli di gas.

3. Distanza del punto dal soffitto [m].

9. Rendimento.

4. Periodo di rivoluzione [s].

10.1. Equazione di stato.

5. Potenziale (altrimenti specificare che il campo non è conservativo).

10.2. Energia interna.

6.1. Velocità del cuneo [m/s].

10.3. Entropia.

6.2. Altezza massima raggiunta [m].

10.4. Capacità termica a volume costante.

(3)

Cognome e nome:

Intendo svolgere: ☐ Compito completo ☐ Recupero I parziale ☐ Recupero II parziale ☐ Recupero III parziale

1. Equazione della traiettoria.

7. Variazione di temperatura.

2. Raggio di curvatura [m].

8. Moli di gas.

3. Distanza del punto dal soffitto [m].

9. Rendimento.

4. Periodo di rivoluzione [s].

10.1. Equazione di stato.

5. Potenziale (altrimenti specificare che il campo non è conservativo).

10.2. Energia interna.

6.1. Velocità del cuneo [m/s].

10.3. Entropia.

6.2. Altezza massima raggiunta [m].

10.4. Capacità termica a volume costante.

(4)

Cognome e nome:

Intendo svolgere: ☐ Compito completo ☐ Recupero I parziale ☐ Recupero II parziale ☐ Recupero III parziale

1. Equazione della traiettoria.

7. Variazione di temperatura.

2. Raggio di curvatura [m].

8. Moli di gas.

3. Distanza del punto dal soffitto [m].

9. Rendimento.

4. Periodo di rivoluzione [s].

10.1. Equazione di stato.

5. Potenziale (altrimenti specificare che il campo non è conservativo).

10.2. Energia interna.

6.1. Velocità del cuneo [m/s].

10.3. Entropia.

6.2. Altezza massima raggiunta [m].

10.4. Capacità termica a volume costante.

(5)

Cognome e nome:

Intendo svolgere: ☐ Compito completo ☐ Recupero I parziale ☐ Recupero II parziale ☐ Recupero III parziale

1. Equazione della traiettoria.

7. Variazione di temperatura.

2. Raggio di curvatura [m].

8. Moli di gas.

3. Distanza del punto dal soffitto [m].

9. Rendimento.

4. Periodo di rivoluzione [s].

10.1. Equazione di stato.

5. Potenziale (altrimenti specificare che il campo non è conservativo).

10.2. Energia interna.

6.1. Velocità del cuneo [m/s].

10.3. Entropia.

6.2. Altezza massima raggiunta [m].

10.4. Capacità termica a volume costante.

(6)

Cognome e nome:

Intendo svolgere: ☐ Compito completo ☐ Recupero I parziale ☐ Recupero II parziale ☐ Recupero III parziale

1. Equazione della traiettoria.

7. Variazione di temperatura.

2. Raggio di curvatura [m].

8. Moli di gas.

3. Distanza del punto dal soffitto [m].

9. Rendimento.

4. Periodo di rivoluzione [s].

10.1. Equazione di stato.

5. Potenziale (altrimenti specificare che il campo non è conservativo).

10.2. Energia interna.

6.1. Velocità del cuneo [m/s].

10.3. Entropia.

6.2. Altezza massima raggiunta [m].

10.4. Capacità termica a volume costante.