

---

Numero progressivo: 5

Turno: 1 Fila: 2 Posto: 1

Matricola: 0000663611

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. In quale condizione il moto di un corpo rigido si dice (a) rotatorio, (b) traslatorio e (c) rototraslatorio?
2. (a) Definire la temperatura critica di una sostanza. (b) Quanto vale approssimativamente la temperatura critica dell'acqua?
3. Due sferette di diversa massa sono lanciate verticalmente verso l'alto da due forze impulsive uguali, che agiscono per lo stesso breve intervallo di tempo. Trascurando la resistenza dell'aria, quale delle due raggiunge una quota più elevata? Motivare la risposta.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *sovrasmorzato* (fino a trovare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo).

---

Numero progressivo: 61

Turno: 1 Fila: 2 Posto: 3

Matricola: 0000659631

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quale condizione (sulle forze) è necessaria affinché la quantità di moto di un sistema meccanico si conservi? Motivare la risposta sulla base della prima equazione cardinale della dinamica.
2. Se si mette in funzione un ventilatore in una stanza racchiusa da pareti adiabatiche, la temperatura della stanza: (a) diminuisce, (b) aumenta o (c) rimane costante? Spiegarne esaurientemente il motivo?
3. (a) Definire la massa inerziale e la massa gravitazionale. (b) Quale esperimento può mostrare la proporzionalità tra massa inerziale e massa gravitazionale?
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $S = - \left( \frac{\partial G}{\partial T} \right)_p$ , dove  $S$  è l'entropia,  $G$  è la funzione (o potenziale termodinamico) di Gibbs,  $T$  è la temperatura assoluta e  $p$  è la pressione. .

---

Numero progressivo: 49

Turno: 1 Fila: 2 Posto: 6

Matricola: 0000672201

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Date le norme fissate  $a = 15$  e  $b = 27$  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? Esprimere i valori minimo e massimo con due numeri e motivare la risposta sulla base della definizione del prodotto scalare.
2. Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema di 2, 3, 4 o 5 punti materiali vincolati a mantenere inalterate le distanze reciproche? Motivare le risposte sulla base di considerazioni geometriche.
3. Definire *lavoro tecnico* ed *entalpia* e descriverne l'utilità pratica.
4. Dimostrare le 2 equazioni del TdS:  $TdS = nc_VdT + T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V dV$  e  $TdS = nc_pdT - T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p dp$ , a partire dal primo principio della termodinamica, dalla definizione di entalpia, dalle due relazioni  $C_V = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$  e  $C_p = \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_p$  per le capacità termiche, dalla definizione di entropia, dalla equazione dell'energia interna  $\left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V - p$  e dall'equazione dell'entalpia  $\left( \frac{\partial H}{\partial p} \right)_T = V - T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$ .

---

Numero progressivo: 6

Turno: 1 Fila: 2 Posto: 9

Matricola: 0000662756

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

---

Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.

---

1. Se si esercita una forza attiva  $\vec{F}$  con direzione orizzontale e modulo pari a 50 N sui piedi di un tavolo di peso pari a 100 N, essendo il coefficiente di attrito statico  $f = 0.4$  e il coefficiente di attrito dinamico  $\mu = 0.2$ , quanto vale l'intensità della forza di attrito  $\vec{R}_t$ ? Motivare la risposta.
2. Scrivere le espressioni (a) della forza di trascinamento e (b) della forza di Coriolis che agiscono su di un punto materiale in funzione della massa del punto, del suo vettore posizionale e della sua velocità nel SdR "mobile", dell'accelerazione dell'origine del SdR "mobile" rispetto al SdR "fisso", della velocità angolare e dell'accelerazione angolare del SdR "mobile" rispetto al SdR "fisso".
3. (a) Definire la *funzione di Helmholtz*. (b) Definire la *funzione di Gibbs*. (c) Mostrarne la relazione che lega le due funzioni.
4. Enunciare la *relazione* che sussiste tra il momento assiale risultante delle forze esterne  $\mathcal{M}_u^{(e)}$  e l'accelerazione angolare  $\dot{\omega}$  e dimostrare tale relazione a partire dalla relazione tra il momento angolare assiale  $K_u$  di un corpo rigido che ruota attorno a un asse fisso e la sua velocità angolare  $\omega$  e dalla seconda equazione cardinale della dinamica.

---

Numero progressivo: 17

Turno: 1 Fila: 2 Posto: 12

Matricola: 0000483377

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Indicare di quali, delle seguenti tre sostanze, possono essere costituite le nuvole (è ammessa una risposta multipla): (i) di vapore acqueo; (ii) di goccioline di acqua liquida; (iii) di cristallini di acqua solida? (b) Come mai le nuvole non "cadono"? Motivare esaurientemente le risposte.
2. Definire la velocità areolare istantanea (aiutandosi con un disegno) e scriverne l'espressione matematica, definendo accuratamente il significato dei simboli che compaiono nell'espressione.
3. Nella descrizione microscopica dei gas come si spiega che l'espansione libera avviene spontaneamente, mentre il suo processo inverso non ha luogo?
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto per una sfera soggetta *soltanto a resistenza idraulica* (in assenza di gravità e di altre forze), fino a trovare la velocità e lo spostamento in funzione del tempo [si ricordi che  $\int \frac{dx}{kx+q} = \frac{1}{k} \ln(kx+q) + C$ ].

---

Numero progressivo: 29

Turno: 1 Fila: 2 Posto: 14

Matricola: 0000658700

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Se si esercita una forza attiva  $\vec{F}$  con direzione orizzontale e modulo pari a 10 N sui piedi di un tavolo di peso pari a 100 N, essendo il coefficiente di attrito statico  $f = 0.2$  e il coefficiente di attrito dinamico  $\mu = 0.15$ , quanto vale l'intensità della forza di attrito  $\vec{R}_t$ ? Motivare la risposta.
2. Definire il numero dei gradi di libertà di un sistema meccanico.
3. Un gas perfetto 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. Ricavare la relazione tra  $dU$  e  $dT$  per un gas perfetto.

---

Numero progressivo: 45

Turno: 1 Fila: 4 Posto: 1

Matricola: 0000669312

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Di quanto ruota in un giorno sidereo il piano di oscillazione del pendolo di Foucault a  $30^\circ$  di latitudine nord? Motivare la risposta.
2. (a) Enunciare, nella sua formulazione matematica, il primo principio della termodinamica, spiegando accuratamente il significato dei simboli. (b) Con che modalità si può trasferire energia da un sistema termodinamico a un altro?
3. In assenza di vincoli, si conserva l'energia meccanica di un sistema meccanico isolato se sono presenti forze interne non conservative? Motivare la risposta.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $V = \left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T$ , dove  $G$  è la funzione di Gibbs, mentre  $p$ ,  $V$  e  $T$  sono rispettivamente la pressione, il volume e la temperatura.

---

Numero progressivo: 21

Turno: 1 Fila: 4 Posto: 3

Matricola: 0000628376

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. La somma delle forze applicate a un corpo rigido è nulla. Si può per questo affermare che il corpo è in equilibrio? Motivare la risposta.
2. Un gas perfetto subisce: (a) un'espansione adiabatica quasi-statica; (b) un'espansione libera adiabatica. In entrambi i casi dire se la sua temperatura subisce variazioni e in caso affermativo specificare se la temperatura finale è superiore o inferiore a quella iniziale motivando esaurientemente le risposte sulla base del primo principio della termodinamica e delle proprietà dei gas perfetti.
3. Enunciare, specificando accuratamente il significato dei simboli, la formula fondamentale della cinematica dei corpi rigidi.
4. Dimostrare — a partire dal primo principio della termodinamica, dalla definizione di entalpia  $H$  e dall'espressione del lavoro  $\delta L$  compiuto in una trasformazione quasi-statica — che, per un gas generico, si ha  $\left(\frac{\partial H}{\partial V}\right)_p = p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_p$ , dove  $U$  è l'energia interna del sistema. *Consiglio:* considerare, come variabili termodinamiche indipendenti, la pressione  $p$  e il volume  $V$ .



---

Numero progressivo: 14

Turno: 1 Fila: 4 Posto: 6

Matricola: 0000675506

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Date le norme fissate  $a = 15$  e  $b = 27$  di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere la norma della differenza  $\vec{a} - \vec{b}$  al variare dell'angolo compreso tra i due vettori? Esprimere i valori minimo e massimo con due numeri e motivare la risposta sulla base della definizione di differenza di due vettori.
2. In assenza di vincoli, si conserva l'energia meccanica di un sistema meccanico non isolato se sono presenti soltanto forze esterne conservative con risultante non nulla? Motivare la risposta.
3. Si può rappresentare una trasformazione irreversibile nel diagramma di Clapeyron? Motivare esaurientemente la risposta.
4. Dimostrare che il minimo della funzione di Gibbs per un sistema a pressione costante rappresenta uno stato di equilibrio stabile.

---

Numero progressivo: 13

Turno: 1 Fila: 4 Posto: 9

Matricola: 0000365299

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Di quanto ruota in un giorno sidereo il piano di oscillazione del pendolo di Foucault a  $45^\circ$  di latitudine nord? Motivare la risposta.
2. (a) Definire l'*energia interna* di un sistema termodinamico. (b) L'energia interna è una funzione di stato? Motivare esaurientemente quest'ultima risposta.
3. Descrivere il procedimento di misura della *temperatura del termometro a gas perfetto*.
4. Enunciare e dimostrare il *teorema delle forze vive*. Nell'enunciazione, specificare se esso è valido soltanto per forze conservative o se esso vale anche per forze dissipative.

---

Numero progressivo: 66

Turno: 1 Fila: 4 Posto: 12

Matricola: 0000634245

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esauritivi.**

---

1. Due corpi di massa diversa sono appoggiati su di un tavolo. L'intensità della forza vincolare esercitata dal tavolo sul corpo di massa maggiore è minore, uguale o maggiore dell'intensità della forza esercitata dal tavolo sul corpo di massa minore? Motivare la risposta sulla base delle equazioni cardinali della statica.
2. (a) Enunciare il principio dell'aumento dell'entropia. (b) Può diminuire l'entropia di un sistema? (c) Può diminuire l'entropia dell'ambiente esterno? (d) Può diminuire l'entropia dell'universo (sistema + ambiente)? Motivare esaurientemente le risposte.
3. (a) Qual è la massima efficienza di conversione dell'energia meccanica in energia termica? (b) Qual è la massima efficienza di conversione dell'energia termica in energia meccanica, date le temperature massima,  $T_H$ , e minima,  $T_C$ , dei termostati cui si dispone? Motivare esaurientemente le due risposte.
4. Dimostrare che condizione necessaria e sufficiente affinché il campo di forza  $\vec{F}(P)$  sia conservativo è che *esista una funzione scalare della posizione*  $U(P)$  tale che  $\vec{F} = \vec{\nabla}U$ .

---

Numero progressivo: 77

Turno: 1 Fila: 4 Posto: 14

Matricola: 0000652969

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Come si può osservare sperimentalmente la presenza della forza di Coriolis (dovuta alla rotazione terrestre) sulla superficie della Terra?
2. (a) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 2 punti materiali liberi? (b) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 2 punti materiali vincolati a giacere su di una circonferenza? (c) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 2 punti materiali vincolati a giacere su di una superficie sferica? Motivare le Risposte sulla base di considerazioni geometriche.
3. Qual è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati? Motivare la risposta.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $H = G - T \left( \frac{\partial G}{\partial T} \right)_p$ , dove  $H$  è l'entalpia,  $T$  è la temperatura (assoluta),  $G$  è la funzione (o potenziale termodinamico) di Gibbs e  $p$  è la pressione.

---

Numero progressivo: 93

Turno: 1 Fila: 6 Posto: 1

Matricola: 0000628626

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Qual è il numero minimo di termostati di cui ha bisogno una macchina termica ciclica per operare? Motivare esaurientemente la risposta sulla base del secondo principio della termodinamica e delle proprietà della macchina di Carnot.
2. In assenza di vincoli, si conserva il momento angolare (rispetto a un centro di riduzione arbitrario ma fisso) di un sistema meccanico isolato se sono presenti forze interne non conservative? Motivare la risposta.
3. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, rispetto a un SdR inerziale: (a) si conserva il momento angolare del pianeta rispetto al centro del Sole? (b) Si conserva il momento angolare del pianeta rispetto a un punto arbitrario? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti ma non il moto del centro del Sole e motivare le 2 risposte.
4. Ricavare, a partire dalle definizioni di centro di massa e di quantità di moto, la *relazione* tra la *quantità di moto* di un sistema meccanico e la *velocità del suo centro di massa*.

---

Numero progressivo: 46

Turno: 1 Fila: 6 Posto: 3

Matricola: 0000629429

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Tracciare nel diagramma di Clapeyron l'isoterma di un gas perfetto e scriverne l'equazione. (b) Tracciare nel diagramma di Clapeyron l'isoterma di un vapore in equilibrio col proprio liquido e scriverne l'equazione (tracciare soltanto il tratto dell'isoterma in cui il vapore è in equilibrio col proprio liquido).
2. In quale condizione il momento risultante  $\vec{M}^{(O)}$  di un insieme di vettori applicati non dipende dalla scelta del centro di riduzione  $O$ ? Perché?
3. Un gas perfetto 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto per una sfera soggetta *soltanto a resistenza viscosa* (in assenza di gravità e di altre forze), fino a trovare la velocità e lo spostamento in funzione del tempo [si ricordi che  $\int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax} + C$ ].

---

Numero progressivo: 84

Turno: 1 Fila: 6 Posto: 6

Matricola: 0000183259

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, rispetto a un SdR inerziale: (a) si conserva la quantità di moto del pianeta? (b) Si conserva la somma delle quantità di moto del pianeta e del Sole? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti e motivare le 2 risposte.
2. Un sistema meccanico può avere energia cinetica totale non nulla e quantità di moto totale nulla? Motivare la risposta.
3. Descrivere (a) il moto perpetuo di prima specie e (b) il moto perpetuo di seconda specie, chiarendo il motivo per cui essi risultano impossibili e i principi che essi violano.
4. Ricavare l'espressione della pressione di un gas sulla parete di un recipiente che lo contiene, in funzione del valor medio della componente perpendicolare alla parete della velocità molecolare.

---

Numero progressivo: 71

Turno: 1 Fila: 6 Posto: 9

Matricola: 0000659394

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Come si può mostrare sperimentalmente che il sistema di riferimento costituito dai corpi di questa stanza non è perfettamente inerziale (senza poter guardare all'esterno attraverso le finestre)?
2. Un sistema meccanico può avere energia cinetica totale nulla e quantità di moto totale non nulla? Motivare la risposta.
3. Scrivere nel caso più generale, specificando accuratamente il significato dei simboli, la relazione che lega le espressioni dell'accelerazione di uno stesso punto materiale in due diversi sistemi di riferimento, in moto l'uno rispetto all'altro.
4. Dimostrare il principio dell'aumento dell'entropia a partire dal Teorema di Clausius.



---

Numero progressivo: 57

Turno: 1 Fila: 6 Posto: 12

Matricola: 0000628378

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Il "fumo" che si osserva uscire da una pentola di acqua in ebollizione è costituito da vapore acqueo o da piccole goccioline di acqua liquida? Motivare esaurientemente la risposta.
2. Quanto vale approssimativamente la pressione di vapor saturo dell'acqua a 100 °C? Motivare esaurientemente la risposta.
3. (a) Definire il *baricentro* (o *centro di gravità*) di un corpo rigido. (b) Scrivere l'espressione matematica vettoriale che definisce la posizione del baricentro. (c) Scrivere l'espressione matematica delle tre coordinate cartesiane del baricentro.
4. Ricavare, a partire dall'espressione generale della forza di trascinamento, l'espressione dell'*accelerazione  $g$  di caduta dei corpi* sulla terra (che include gli effetti della forza di gravità della forza centrifuga) *in funzione della latitudine*.

---

Numero progressivo: 28

Turno: 1 Fila: 6 Posto: 14

Matricola: 0000654188

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. In assenza di vincoli, si conserva la quantità di moto di un sistema meccanico se sono presenti soltanto forze esterne conservative con risultante non nulla? Motivare la risposta.
2. In alta montagna, l'acqua bolle a una temperatura inferiore, uguale o superiore a 100 °C? Motivare esaurientemente la risposta?
3. Quale principio della meccanica può spiegare la costanza della velocità areolare nel moto dei pianeti? Motivare la risposta.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $p = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T$  dove  $F$  è la funzione di Helmholtz, mentre  $p$ ,  $V$  e  $T$  sono rispettivamente la pressione, il volume e la temperatura.

---

Numero progressivo: 64

Turno: 1 Fila: 8 Posto: 1

Matricola: 0000652749

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. In quale condizione il moto di un corpo rigido si dice (a) rotatorio, (b) traslatorio e (c) rototraslatorio?
2. Quale condizione (sulle forze) è necessaria affinché il momento angolare di un sistema meccanico rispetto a un punto fisso  $O$  si conservi? Motivare la risposta sulla base della seconda equazione cardinale della dinamica.
3. Scrivere nel caso più generale, specificando accuratamente il significato dei simboli, la relazione che lega le espressioni della velocità di uno stesso punto materiale in due diversi sistemi di riferimento, in moto l'uno rispetto all'altro.
4. Dimostrare l'equazione dell'energia interna:  $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p$ , a partire dal primo principio della termodinamica e dal fatto che il differenziale dell'entropia,  $dS$ , è un differenziale esatto.

---

Numero progressivo: 39

Turno: 1 Fila: 8 Posto: 3

Matricola: 0000661596

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Date le norme fissate  $a = 13$  e  $b = 25$  di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere la norma della somma  $\vec{a} + \vec{b}$  al variare dell'angolo compreso tra i due vettori? Esprimere i valori minimo e massimo con due numeri e motivare la risposta sulla base della definizione di somma di vettori.
2. Come si descrive, in un modello microscopico, la pressione che un gas esercita sulle pareti del recipiente che lo contiene? Che relazione esiste tra la pressione e la velocità delle molecole?
3. Due sferette di diversa massa sono lanciate verticalmente verso l'alto da due forze impulsive uguali, che agiscono per lo stesso breve intervallo di tempo. Trascurando la resistenza dell'aria, quale delle due raggiunge una quota più elevata? Motivare la risposta.
4. Dimostrare — a partire dal primo principio della termodinamica, dalla definizione di capacità termica a volume costante  $C_V$  e dall'espressione del lavoro  $\delta L$  compiuto in una trasformazione quasi-statica — che per un gas generico si ha  $C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$ , dove  $U$  è l'energia interna. *Consiglio:* considerare, come variabili termodinamiche indipendenti, il volume  $V$  e la temperatura  $T$ .

---

Numero progressivo: 90

Turno: 1 Fila: 8 Posto: 6

Matricola: 0000660931

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Se si esercita una forza attiva  $\vec{F}$  con direzione orizzontale e modulo pari a 50 N sui piedi di un tavolo di peso pari a 100 N, essendo il coefficiente di attrito statico  $f = 0.4$  e il coefficiente di attrito dinamico  $\mu = 0.2$ , quanto vale l'intensità della forza di attrito  $\vec{R}_t$ ? Motivare la risposta.
2. Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema di 2, 3, 4 o 5 punti materiali vincolati a mantenere inalterate le distanze reciproche? Motivare le risposte sulla base di considerazioni geometriche.
3. Il passaggio diretto di calore da un corpo più caldo a un corpo più freddo (senza modificazioni dell'ambiente circostante) è un processo reversibile? Motivare esaurientemente la risposta.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $S = - \left( \frac{\partial G}{\partial T} \right)_p$ , dove  $S$  è l'entropia,  $G$  è la funzione (o potenziale termodinamico) di Gibbs,  $T$  è la temperatura assoluta e  $p$  è la pressione. .

---

Numero progressivo: 43

Turno: 1 Fila: 8 Posto: 9

Matricola: 0000605727

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Di quanto ruota in un giorno sidereo il piano di oscillazione del pendolo di Foucault a  $30^\circ$  di latitudine nord? Motivare la risposta.
2. Definire la velocità areolare istantanea (aiutandosi con un disegno) e scriverne l'espressione matematica, definendo accuratamente il significato dei simboli che compaiono nell'espressione.
3. Come si concilia la reversibilità meccanica microscopica con l'irreversibilità termodinamica macroscopica?
4. Enunciare la *relazione* che sussiste tra il momento assiale risultante delle forze esterne  $\mathcal{M}_u^{(e)}$  e l'accelerazione angolare  $\dot{\omega}$  e dimostrare tale relazione a partire dalla relazione tra il momento angolare assiale  $K_u$  di un corpo rigido che ruota attorno a un asse fisso e la sua velocità angolare  $\omega$  e dalla seconda equazione cardinale della dinamica.

---

Numero progressivo: 63

Turno: 1 Fila: 8 Posto: 12

Matricola: 0000671945

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Un corpo di peso pari a 10 N è appoggiato su di un tavolo, in quiete. Qual è l'intensità della reazione vincolare che il tavolo esercita sul corpo? Motivare la risposta sulla base delle equazioni cardinali della statica.
2. Definire il numero dei gradi di libertà di un sistema meccanico.
3. Nella descrizione microscopica dei gas come si spiega che l'espansione libera avviene spontaneamente, mentre il suo processo inverso non ha luogo?
4. Dimostrare che, se un sistema meccanico non è troppo esteso, allora il suo *centro di massa*  $G$  coincide con il suo *centro di gravità* (o *baricentro*)  $B$ .

---

Numero progressivo: 58

Turno: 1 Fila: 8 Posto: 14

Matricola: 0000659216

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. La somma delle forze applicate a un corpo rigido è nulla. Si può per questo affermare che il corpo è in equilibrio? Motivare la risposta.
2. (a) Enunciare, nella sua formulazione matematica, il primo principio della termodinamica, spiegando accuratamente il significato dei simboli. (b) Con che modalità si può trasferire energia da un sistema termodinamico a un altro?
3. Un gas perfetto 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto per una sfera soggetta *soltanto a resistenza idraulica* (in assenza di gravità e di altre forze), fino a trovare la velocità e lo spostamento in funzione del tempo [si ricordi che  $\int \frac{dx}{kx+q} = \frac{1}{k} \ln(kx+q) + C$ ].



---

Numero progressivo: 59

Turno: 1 Fila: 10 Posto: 1

Matricola: 0000441846

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Date le norme fissate  $a = 15$  e  $b = 27$  di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere la norma della differenza  $\vec{a} - \vec{b}$  al variare dell'angolo compreso tra i due vettori? Esprimere i valori minimo e massimo con due numeri e motivare la risposta sulla base della definizione di differenza di due vettori.
2. (a) Definire il *calore*. (b) Il calore è una funzione di stato? Motivare esaurientemente quest'ultima risposta.
3. In assenza di vincoli, si conserva l'energia meccanica di un sistema meccanico isolato se sono presenti forze interne non conservative? Motivare la risposta.
4. Ricavare la relazione tra  $dU$  e  $dT$  per un gas perfetto.

---

Numero progressivo: 47

Turno: 1 Fila: 10 Posto: 3

Matricola: 0000661049

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Si può avere, a pressione atmosferica, l'equilibrio tra le fasi liquida, solida e gassosa dell'acqua? Motivare esaurientemente la risposta.
2. In assenza di vincoli, si conserva l'energia meccanica di un sistema meccanico non isolato se sono presenti soltanto forze esterne conservative con risultante non nulla? Motivare la risposta.
3. Enunciare, specificando accuratamente il significato dei simboli, la formula fondamentale della cinematica dei corpi rigidi.
4. Mostrare almeno una forza che *non sia conservativa*. Motivare la risposta dimostrando che essa viola almeno una condizione necessaria.

---

Numero progressivo: 30

Turno: 1 Fila: 10 Posto: 6

Matricola: 0000658208

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Tracciare il grafico qualitativo dello spostamento in funzione del tempo (*a*) per un oscillatore sottosmorzato (*b*) per un oscillatore criticamente smorzato e (*c*) per un oscillatore sovrasmorzato.
2. (*a*) Definire un "Sistema di Riferimento". (*b*) Quando un Sistema di Riferimento si dice inerziale?
3. Si può rappresentare una trasformazione irreversibile nel diagramma di Clapeyron? Motivare esaurientemente la risposta.
4. Dimostrare — a partire dal primo principio della termodinamica, dalla definizione di entalpia  $H$  e dall'espressione del lavoro  $dL$  compiuto in una trasformazione quasi-statica — che, per un gas generico, si ha  $(\frac{\partial H}{\partial V})_p = p + (\frac{\partial U}{\partial V})_p$ , dove  $U$  è l'energia interna del sistema. *Consiglio*: considerare, come variabili termodinamiche indipendenti, la pressione  $p$  e il volume  $V$ .

---

Numero progressivo: 60

Turno: 1 Fila: 10 Posto: 9

Matricola: 0000628849

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Definire il prodotto scalare di due vettori senza fare riferimento a una loro particolare rappresentazione, aiutandosi eventualmente con un disegno. (b) Esprimere la regola di calcolo del prodotto scalare di due vettori nella rappresentazione cartesiana.
2. Che tipo di deviazione subiscono i gravi in caduta libera a causa della forza di Coriolis? Motivare la risposta.
3. 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. Dimostrare che condizione necessaria e sufficiente affinché il campo di forza  $\vec{F}(P)$  sia conservativo è che *esista una funzione scalare della posizione*  $U(P)$  tale che  $L_{\gamma(A,B)} = U(B) - U(A)$ .

---

Numero progressivo: 94

Turno: 1 Fila: 10 Posto: 12

Matricola: 0000490229

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Due corpi di massa diversa sono appoggiati su di un tavolo. L'intensità della forza vincolare esercitata dal tavolo sul corpo di massa maggiore è minore, uguale o maggiore dell'intensità della forza esercitata dal tavolo sul corpo di massa minore? Motivare la risposta sulla base delle equazioni cardinali della statica.
2. 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. Motivare esaurientemente le risposte.
3. Enunciare e dimostrare il *teorema del moto del centro di massa*, a partire dalle definizioni di centro di massa e di quantità di moto e dalla prima equazione cardinale della dinamica.
4. Per quale principio della meccanica le orbite dei pianeti sono vincolate a giacere su di un piano? Motivare la risposta.

---

Numero progressivo: 18

Turno: 1 Fila: 10 Posto: 14

Matricola: 0000657793

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Definire la differenza di due vettori senza fare riferimento a una loro particolare rappresentazione, aiutandosi eventualmente con un disegno. (b) Esprimere la regola di sottrazione di due vettori nella rappresentazione cartesiana.
2. (a) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 2 punti materiali liberi? (b) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 2 punti materiali vincolati a giacere su di una circonferenza? (c) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 2 punti materiali vincolati a giacere su di una superficie sferica? Motivare le Risposte sulla base di considerazioni geometriche.
3. (a) Qual è la massima efficienza di conversione dell'energia meccanica in energia termica? (b) Qual è la massima efficienza di conversione dell'energia termica in energia meccanica, date le temperature massima,  $T_H$ , e minima,  $T_C$ , dei termostati cui si dispone? Motivare esaurientemente le due risposte.
4. Enunciare e dimostrare il *teorema delle forze vive*. Nell'enunciazione, specificare se esso è valido soltanto per forze conservative o se esso vale anche per forze dissipative.

---

Numero progressivo: 87

Turno: 1 Fila: 12 Posto: 1

Matricola: 0000460815

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Qual è il numero minimo di termostati di cui ha bisogno una macchina termica ciclica per operare? Motivare esaurientemente la risposta sulla base del secondo principio della termodinamica e delle proprietà della macchina di Carnot.
2. Enunciare e commentare il primo principio della dinamica: (a) nella formulazione classica; (b) nella formulazione moderna.
3. Qual è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati con risultante nulla? Motivare la risposta.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $H = G - T \left( \frac{\partial G}{\partial T} \right)_p$ , dove  $H$  è l'entalpia,  $T$  è la temperatura (assoluta),  $G$  è la funzione (o potenziale termodinamico) di Gibbs e  $p$  è la pressione.

---

Numero progressivo: 98

Turno: 1 Fila: 12 Posto: 3

Matricola: 0000588181

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, rispetto a un SdR inerziale: (a) si conserva la quantità di moto del pianeta? (b) Si conserva la somma delle quantità di moto del pianeta e del Sole? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti e motivare le 2 risposte.
2. In quale condizione il momento risultante  $\vec{M}^{(O)}$  di un insieme di vettori applicati non dipende dalla scelta del centro di riduzione  $O$ ? Perché?
3. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, rispetto a un SdR inerziale: (a) si conserva il momento angolare del pianeta rispetto al centro del Sole? (b) Si conserva il momento angolare del pianeta rispetto a un punto arbitrario? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti ma non il moto del centro del Sole e motivare le 2 risposte.
4. Dimostrare che la variazione della funzione di Helmholtz tra due stati è pari al massimo lavoro che il sistema può compiere in una trasformazione che collega tali stati.



---

Numero progressivo: 33

Turno: 1 Fila: 12 Posto: 6

Matricola: 0000665959

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quale condizione (sulle forze) è necessaria affinché l'energia meccanica di un sistema meccanico si conservi?
2. Che cosa accade se si scalda l'acqua a 100 °C entro un recipiente non poroso? Motivare esaurientemente la risposta.
3. Un gas perfetto 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. Ricavare, a partire dalle definizioni di centro di massa e di quantità di moto, la *relazione* tra la *quantità di moto* di un sistema meccanico e la *velocità del suo centro di massa*.

---

Numero progressivo: 54

Turno: 1 Fila: 12 Posto: 9

Matricola: 0000358028

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Definire il prodotto vettoriale di due vettori senza fare riferimento a una loro particolare rappresentazione, aiutandosi eventualmente con uno o più disegni. (b) Esprimere la regola di calcolo del prodotto vettoriale di due vettori nella rappresentazione cartesiana.
2. A partire dalla definizione di prodotto scalare tra due vettori e dalle relazioni di ortonormalità dei versori cartesiani, ricavare la regola di calcolo del prodotto scalare di due vettori nella rappresentazione cartesiana.
3. (a) Quale curva rappresenta, nel diagramma di Clapeyron, un'espansione isoterma quasi-statica di un gas perfetto?  
(b) Quale curva rappresenta, nel diagramma di Clapeyron, un'espansione adiabatica quasi-statica di un gas perfetto? Specificare le equazioni delle due curve descrivendo accuratamente il significato dei simboli.
4. Come si può osservare sperimentalmente la presenza della forza centrifuga (dovuta alla rotazione terrestre) sulla superficie della Terra?

---

Numero progressivo: 85

Turno: 1 Fila: 12 Posto: 12

Matricola: 0000671023

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Indicare nome e simbolo delle unità di misura del Sistema Internazionale per: (a) il peso; (b) la massa. (c) Indicare nome e simbolo dell'unità di misura del Sistema Tecnico per il peso.
2. Un sistema meccanico può avere energia cinetica totale nulla e quantità di moto totale non nulla? Motivare la risposta.
3. L'aria mossa da un ventilatore diminuisce effettivamente la temperatura della pelle dell'uomo o si tratta soltanto di un'illusione? Motivare esaurientemente la risposta.
4. Dimostrare che il minimo della funzione di Helmholtz per un sistema a volume costante rappresenta uno stato di equilibrio stabile.

---

Numero progressivo: 65

Turno: 1 Fila: 12 Posto: 14

Matricola: 0000640874

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Come si definisce un *gas perfetto*? (b) Quali proprietà soddisfano i suoi parametri di stato? (c) Quali proprietà soddisfa la sua energia interna?
2. (a) Definire le forze apparenti e chiarire la distinzione rispetto alle forze di interazione. (b) Nei Sistemi di Riferimento in cui esse si osservano, possono le forze apparenti essere considerate forze a tutti gli effetti?
3. Quale principio della meccanica può spiegare la costanza della velocità areolare nel moto dei pianeti? Motivare la risposta.
4. Ricavare, a partire dall'espressione generale della forza di trascinamento, l'espressione dell'*accelerazione  $g$  di caduta dei corpi* sulla terra (che include gli effetti della forza di gravità della forza centrifuga) *in funzione della latitudine*.

---

Numero progressivo: 19

Turno: 1 Fila: 14 Posto: 3

Matricola: 0000670837

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. In quale condizione il moto di un corpo rigido si dice (a) rotatorio, (b) traslatorio e (c) rototraslatorio?
2. Come si calcola la variazione di entropia di un sistema termodinamico conseguente a una trasformazione irreversibile?
3. Un punto materiale si muove di moto circolare uniforme, trattenuto da una cordicella, in assenza di attrito e di gravità. Descrivere (a) le forze agenti sul punto materiale, (b) la risultante di tali forze e (c) l'accelerazione del punto materiale. Produrre queste 3 risposte, sia dal punto di vista (1) di un osservatore in quiete nel Sistema di Riferimento del laboratorio (supposto inerziale) sia dal punto di vista (2) di un osservatore solidale al punto materiale in moto (ci si attendono, pertanto, 6 risposte).
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $p = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T$  dove  $F$  è la funzione di Helmholtz, mentre  $p$ ,  $V$  e  $T$  sono rispettivamente la pressione, il volume e la temperatura.

---

Numero progressivo: 80

Turno: 1 Fila: 14 Posto: 6

Matricola: 0000282648

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quale condizione (sulle forze) è necessaria affinché la quantità di moto di un sistema meccanico si conservi? Motivare la risposta sulla base della prima equazione cardinale della dinamica.
2. Quale condizione (sulle forze) è necessaria affinché il momento angolare di un sistema meccanico rispetto a un punto fisso  $O$  si conservi? Motivare la risposta sulla base della seconda equazione cardinale della dinamica.
3. Specificare (a) dimensioni (in termini delle dimensioni fondamentali del S.I.) e (b) unità di misura nel Sistema Internazionale delle seguenti grandezze: (i) energia, (ii) calore, (iii) calore molare, (iv) calore specifico, (v) lavoro, (vi) lavoro tecnico, (vii) capacità termica, (viii) entalpia, (ix) entropia, (x) pressione.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto per una sfera in *caduta nel campo gravitazionale*, soggetta a *resistenza idraulica* (fino a trovare la velocità in funzione del tempo) [si ricordi che  $\int \frac{dx}{1-x^2} = \operatorname{arctanh} x + C$ ].

---

Numero progressivo: 42

Turno: 1 Fila: 14 Posto: 9

Matricola: 0000441965

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Date le norme fissate  $a = 13$  e  $b = 25$  di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere la norma della somma  $\vec{a} + \vec{b}$  al variare dell'angolo compreso tra i due vettori? Esprimere i valori minimo e massimo con due numeri e motivare la risposta sulla base della definizione di somma di vettori.
2. Se si esercita una forza attiva  $\vec{F}$  con direzione orizzontale e modulo pari a 30 N sui piedi di un tavolo di peso pari a 100 N, essendo il coefficiente di attrito statico  $f = 0.4$  e il coefficiente di attrito dinamico  $\mu = 0.2$ , quanto vale l'intensità della forza di attrito  $\vec{R}_t$ ? Motivare la risposta.
3. Scrivere nel caso più generale, specificando accuratamente il significato dei simboli, la relazione che lega le espressioni della velocità di uno stesso punto materiale in due diversi sistemi di riferimento, in moto l'uno rispetto all'altro.
4. Ricavare la relazione tra la capacità termica a pressione costante  $C_p$ , la capacità termica a volume costante  $C_V$  e la quantità di sostanza (misurata in moli)  $n$  per un gas perfetto.

---

Numero progressivo: 56

Turno: 1 Fila: 14 Posto: 12

Matricola: 0000660961

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Se si esercita una forza attiva  $\vec{F}$  con direzione orizzontale e modulo pari a 50 N sui piedi di un tavolo di peso pari a 100 N, essendo il coefficiente di attrito statico  $f = 0.4$  e il coefficiente di attrito dinamico  $\mu = 0.2$ , quanto vale l'intensità della forza di attrito  $\vec{R}_t$ ? Motivare la risposta.
2. Se si mette in funzione un ventilatore in una stanza racchiusa da pareti adiabatiche, la temperatura della stanza: (a) diminuisce, (b) aumenta o (c) rimane costante? Spiegarne esaurientemente il motivo?
3. Due sferette di diversa massa sono lanciate verticalmente verso l'alto da due forze impulsive uguali, che agiscono per lo stesso breve intervallo di tempo. Trascurando la resistenza dell'aria, quale delle due raggiunge una quota più elevata? Motivare la risposta.
4. Dimostrare il teorema di Carnot (sul rendimento delle macchine termiche cicliche reversibili e non reversibili).



---

Numero progressivo: 1

Turno: 1 Fila: 14 Posto: 14

Matricola: 0000651517

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Indicare di quali, delle seguenti tre sostanze, possono essere costituite le nuvole (è ammessa una risposta multipla): (i) di vapore acqueo; (ii) di goccioline di acqua liquida; (iii) di cristallini di acqua solida? (b) Come mai le nuvole non "cadono"? Motivare esaurientemente le risposte.
2. Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema di 2, 3, 4 o 5 punti materiali vincolati a mantenere inalterate le distanze reciproche? Motivare le risposte sulla base di considerazioni geometriche.
3. (a) Definire la massa inerziale e la massa gravitazionale. (b) Quale esperimento può mostrare la proporzionalità tra massa inerziale e massa gravitazionale?
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *sovrasmorzato* (fino a trovare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo).

---

Numero progressivo: 37

Turno: 1 Fila: 16 Posto: 1

Matricola: 0000660433

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Di quanto ruota in un giorno sidereo il piano di oscillazione del pendolo di Foucault a  $30^\circ$  di latitudine nord? Motivare la risposta.
2. Scrivere le espressioni (*a*) della forza di trascinamento e (*b*) della forza di Coriolis che agiscono su di un punto materiale in funzione della massa del punto, del suo vettore posizionale e della sua velocità nel SdR "mobile", dell'accelerazione dell'origine del SdR "mobile" rispetto al SdR "fisso", della velocità angolare e dell'accelerazione angolare del SdR "mobile" rispetto al SdR "fisso".
3. Definire *lavoro tecnico* ed *entalpia* e descriverne l'utilità pratica.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $S = -\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p$ , dove  $S$  è l'entropia,  $G$  è la funzione (o potenziale termodinamico) di Gibbs,  $T$  è la temperatura assoluta e  $p$  è la pressione. .

---

Numero progressivo: 51

Turno: 1 Fila: 16 Posto: 3

Matricola: 0000257185

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

---

Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.

---

1. La somma delle forze applicate a un corpo rigido è nulla. Si può per questo affermare che il corpo è in equilibrio? Motivare la risposta.
2. Definire la velocità areolare istantanea (aiutandosi con un disegno) e scriverne l'espressione matematica, definendo accuratamente il significato dei simboli che compaiono nell'espressione.
3. (a) Definire la *funzione di Helmholtz*. (b) Definire la *funzione di Gibbs*. (c) Mostrarne la relazione che lega le due funzioni.
4. Dimostrare le 2 equazioni del TdS:  $TdS = nc_V dT + T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V dV$  e  $TdS = nc_p dT - T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p dp$ , a partire dal primo principio della termodinamica, dalla definizione di entalpia, dalle due relazioni  $C_V = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$  e  $C_p = \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_p$  per le capacità termiche, dalla definizione di entropia, dalla equazione dell'energia interna  $\left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V - p$  e dall'equazione dell'entalpia  $\left( \frac{\partial H}{\partial p} \right)_T = V - T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$ .

---

Numero progressivo: 88

Turno: 1 Fila: 16 Posto: 6

Matricola: 0000665364

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Date le norme fissate  $a = 15$  e  $b = 27$  di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere la norma della differenza  $\vec{a} - \vec{b}$  al variare dell'angolo compreso tra i due vettori? Esprimere i valori minimo e massimo con due numeri e motivare la risposta sulla base della definizione di differenza di due vettori.
2. Definire il numero dei gradi di libertà di un sistema meccanico.
3. Come si concilia la reversibilità meccanica microscopica con l'irreversibilità termodinamica macroscopica?
4. Dimostrare che condizione necessaria e sufficiente affinché il campo di forza  $\vec{F}(P)$ , definito in un dominio semplicemente connesso, sia conservativo è che il *rotore del campo sia ovunque nullo nel dominio di definizione*.

---

Numero progressivo: 97

Turno: 1 Fila: 16 Posto: 9

Matricola: 0000662861

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Scrivere le 12 relazioni di ortonormalità tra i versori cartesiani.
2. (a) Enunciare, nella sua formulazione matematica, il primo principio della termodinamica, spiegando accuratamente il significato dei simboli. (b) Con che modalità si può trasferire energia da un sistema termodinamico a un altro?
3. Nella descrizione microscopica dei gas come si spiega che l'espansione libera avviene spontaneamente, mentre il suo processo inverso non ha luogo?
4. Enunciare la *relazione* che sussiste tra il momento assiale risultante delle forze esterne  $\mathcal{M}_u^{(e)}$  e l'accelerazione angolare  $\dot{\omega}$  e dimostrare tale relazione a partire dalla relazione tra il momento angolare assiale  $K_u$  di un corpo rigido che ruota attorno a un asse fisso e la sua velocità angolare  $\omega$  e dalla seconda equazione cardinale della dinamica.

---

Numero progressivo: 31

Turno: 1 Fila: 16 Posto: 12

Matricola: 0000666551

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Tracciare il grafico qualitativo dello spostamento in funzione del tempo (*a*) per un oscillatore sottosmorzato (*b*) per un oscillatore criticamente smorzato e (*c*) per un oscillatore sovrasmorzato.
2. Un gas perfetto subisce: (*a*) un'espansione adiabatica quasi-statica; (*b*) un'espansione libera adiabatica. In entrambi i casi dire se la sua temperatura subisce variazioni e in caso affermativo specificare se la temperatura finale è superiore o inferiore a quella iniziale motivando esaurientemente le risposte sulla base del primo principio della termodinamica e delle proprietà dei gas perfetti.
3. In assenza di vincoli, si conserva l'energia meccanica di un sistema meccanico isolato se sono presenti forze interne non conservative? Motivare la risposta.
4. (*a*) Scrivere e (*b*) risolvere l'equazione differenziale del moto per una sfera soggetta *soltanto a resistenza idraulica* (in assenza di gravità e di altre forze), fino a trovare la velocità e lo spostamento in funzione del tempo [si ricordi che  $\int \frac{dx}{kx+q} = \frac{1}{k} \ln(kx+q) + C$ ].

---

Numero progressivo: 89

Turno: 1 Fila: 16 Posto: 14

Matricola: 0000661621

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quale condizione è necessaria e sufficiente per l'equilibrio di un punto materiale? Quale condizione è necessaria e sufficiente per l'equilibrio di un corpo rigido?
2. (a) Definire un "Sistema di Riferimento". (b) Quando un Sistema di Riferimento si dice inerziale?
3. Enunciare, specificando accuratamente il significato dei simboli, la formula fondamentale della cinematica dei corpi rigidi.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $V = \left( \frac{\partial G}{\partial p} \right)_T$ , dove  $G$  è la funzione di Gibbs, mentre  $p$ ,  $V$  e  $T$  sono rispettivamente la pressione, il volume e la temperatura.

---

Numero progressivo: 74

Turno: 1 Fila: 18 Posto: 1

Matricola: 0000660149

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Definire il prodotto scalare di due vettori senza fare riferimento a una loro particolare rappresentazione, aiutandosi eventualmente con un disegno. (b) Esprimere la regola di calcolo del prodotto scalare di due vettori nella rappresentazione cartesiana.
2. Che tipo di deviazione subiscono i gravi in moto sui due emisferi della superficie terrestre a causa della forza di Coriolis? Motivare la risposta.
3. Si può rappresentare una trasformazione irreversibile nel diagramma di Clapeyron? Motivare esaurientemente la risposta.
4. Mostrare almeno una forza che non sia conservativa. Motivare la risposta dimostrando che essa viola almeno una condizione necessaria.



---

Numero progressivo: 41

Turno: 1 Fila: 18 Posto: 3

Matricola: 0000659749

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Due corpi di massa diversa sono appoggiati su di un tavolo. L'intensità della forza vincolare esercitata dal tavolo sul corpo di massa maggiore è minore, uguale o maggiore dell'intensità della forza esercitata dal tavolo sul corpo di massa minore? Motivare la risposta sulla base delle equazioni cardinali della statica.
2. Un sistema è costituito di acqua e vapore acqueo in equilibrio. Comprimendo a temperatura costante tale sistema, specificare se la pressione: (a) aumenta; (b) rimane costante; (c) diminuisce. Motivare esaurientemente la risposta.
3. Si può trovare un vettore applicato che sia equivalente a un sistema di vettori applicati con risultante nulla e momento risultante diverso da zero? Motivare la risposta.
4. Dimostrare che il lavoro compiuto da un fluido in una trasformazione quasi-statica è pari a  $\oint L = p dV$ .

---

Numero progressivo: 102

Turno: 1 Fila: 18 Posto: 6

Matricola: 0000658374

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quando due insiemi di vettori applicati si dicono equivalenti?
2. 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. Motivare esaurientemente le risposte.
3. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, quale punto geometrico rimane in quiete in un opportuno SdR inerziale (trascurando l'effetto di tutti gli altri pianeti)? Motivare la risposta.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *criticamente smorzato* (fino a trovare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo).

---

Numero progressivo: 2

Turno: 1 Fila: 18 Posto: 9

Matricola: 0000658412

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, rispetto a un SdR inerziale: (a) si conserva la quantità di moto del pianeta? (b) Si conserva la somma delle quantità di moto del pianeta e del Sole? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti e motivare le 2 risposte.
2. (a) Che cosa contengono le bolle di una pentola d'acqua in ebollizione? (b) Perché l'acqua, in condizioni standard, bolle proprio a quella data temperatura (100 °C nella scala Celsius) e non bolle a temperatura più bassa? Motivare esaurientemente la risposta.
3. Qual è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati con risultante nulla? Motivare la risposta.
4. Dimostrare che condizione necessaria e sufficiente affinché il campo di forza  $\vec{F}(P)$  sia conservativo è che *esista una funzione scalare della posizione*  $U(P)$  tale che  $\vec{F} = -\vec{\nabla}U$ .

---

Numero progressivo: 82

Turno: 1 Fila: 18 Posto: 12

Matricola: 0000451464

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. In quali condizioni due sistemi termodinamici, entrambi in stato di equilibrio termodinamico, si dicono *in equilibrio termico tra loro*?
2. Che cosa accade se si scalda l'acqua a 100 °C entro un recipiente non poroso? Motivare esaurientemente la risposta.
3. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, rispetto a un SdR inerziale: (a) si conserva il momento angolare del pianeta rispetto al centro del Sole? (b) Si conserva il momento angolare del pianeta rispetto a un punto arbitrario? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti ma non il moto del centro del Sole e motivare le 2 risposte.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto per una sfera in *caduta nel campo gravitazionale*, soggetta a *resistenza viscosa* (fino a trovare la velocità in funzione del tempo) [si ricordi che  $\int \frac{dx}{x+a} = \ln(x+a) + C$ ].

---

Numero progressivo: 72

Turno: 1 Fila: 18 Posto: 14

Matricola: 0000658865

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esauritivi.**

---

1. (a) La velocità di un punto materiale è sempre tangente alla sua traiettoria? (b) L'accelerazione di un punto materiale è sempre tangente alla sua traiettoria? Motivare le due risposte.
2. Un sistema meccanico può avere energia cinetica totale non nulla e quantità di moto totale nulla? Motivare la risposta.
3. Un gas perfetto 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. Dimostrare che la variazione della funzione di Helmholtz tra due stati è pari al massimo lavoro che il sistema può compiere in una trasformazione che collega tali stati.

---

Numero progressivo: 95

Turno: 2 Fila: 2 Posto: 1

Matricola: 0000628245

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Qual è il numero dei gradi di libertà di un punto materiale libero? (b) Qual è il numero dei gradi di libertà di un punto materiale vincolato a giacere su di una circonferenza? (c) Qual è il numero dei gradi di libertà di un punto materiale vincolato a giacere su di una superficie sferica? Motivare le risposte sulla base di considerazioni geometriche.
2. Un sistema meccanico può avere energia cinetica totale nulla e quantità di moto totale non nulla? Motivare la risposta.
3. (a) Quale curva rappresenta, nel diagramma di Clapeyron, un'espansione isoterma quasi-statica di un gas perfetto? (b) Quale curva rappresenta, nel diagramma di Clapeyron, un'espansione adiabatica quasi-statica di un gas perfetto? Specificare le equazioni delle due curve descrivendo accuratamente il significato dei simboli.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *smorzato* e *forzato* (fino a ricavare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo nello stato stazionario e trascurando la fase transitoria).

---

Numero progressivo: 104

Turno: 2 Fila: 2 Posto: 3

Matricola: 0000661732

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. In assenza di vincoli, si conserva la quantità di moto di un sistema meccanico se sono presenti soltanto forze esterne conservative con risultante non nulla? Motivare la risposta.
2. (a) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 5 punti materiali liberi? (b) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 5 punti materiali vincolati a giacere su di una circonferenza? (c) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 5 punti materiali vincolati a giacere su di una superficie sferica? Motivare le risposte sulla base di considerazioni geometriche.
3. Scrivere nel caso più generale, specificando accuratamente il significato dei simboli, la relazione che lega le espressioni dell'accelerazione di uno stesso punto materiale in due diversi sistemi di riferimento, in moto l'uno rispetto all'altro.
4. Dimostrare che il minimo della funzione di Helmholtz per un sistema a volume costante rappresenta uno stato di equilibrio stabile.

---

Numero progressivo: 4

Turno: 2 Fila: 2 Posto: 6

Matricola: 0000668815

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) In quali condizioni un sistema termodinamico si dice essere in stato di *equilibrio termodinamico*? (b) Quali condizioni di equilibrio sono necessarie per aversi l'equilibrio termodinamico?
2. Nel moto vario di un punto materiale  $P$  lungo una traiettoria generica  $\gamma$ , sono corrette o errate le relazioni: (a)  $v = \frac{ds}{dt}$  e (b)  $a = \frac{d^2s}{dt^2}$ , dove  $s$  è la distanza percorsa dal punto materiale  $P$  (misurata lungo la traiettoria),  $t$  è il tempo,  $v = \|\vec{v}\|$  è la norma della velocità e  $a = \|\vec{a}\|$  è la norma dell'accelerazione? Motivare le risposte e scrivere l'espressione corretta nel caso una o entrambe le relazioni fossero errate.
3. Definire e scrivere l'espressione algebrica delle seguenti grandezze: (a) l'accelerazione di trascinamento, (b) l'accelerazione centrifuga e (c) l'accelerazione di Coriolis. Specificare accuratamente il significato dei simboli presenti nelle espressioni.
4. Dimostrare il principio dell'aumento dell'entropia a partire dal Teorema di Clausius.



---

Numero progressivo: 81

Turno: 2 Fila: 2 Posto: 9

Matricola: 0000629026

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quale condizione (sulle forze) è necessaria affinché la quantità di moto di un sistema meccanico si conservi? Motivare la risposta sulla base della prima equazione cardinale della dinamica.
2. Come si calcola la variazione di entropia di un sistema termodinamico conseguente a una trasformazione irreversibile?
3. Quale principio della meccanica può spiegare la costanza della velocità areolare nel moto dei pianeti? Motivare la risposta.
4. Dimostrare — a partire dal primo principio della termodinamica, dalla definizione di entalpia  $H$  e dall'espressione del lavoro  $\delta L$  compiuto in una trasformazione quasi-statica — che, per un gas generico, si ha  $\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_V = V + \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_V$ , dove  $U$  è l'energia interna del sistema. *Consiglio:* considerare, come variabili termodinamiche indipendenti, la pressione  $p$  e il volume  $V$ .

---

Numero progressivo: 91

Turno: 2 Fila: 2 Posto: 12

Matricola: 0000658992

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Date le norme fissate  $a = 15$  e  $b = 27$  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? Esprimere i valori minimo e massimo con due numeri e motivare la risposta sulla base della definizione del prodotto scalare.
2. Quale condizione (sulle forze) è necessaria affinché il momento angolare di un sistema meccanico rispetto a un punto fisso  $O$  si conservi? Motivare la risposta sulla base della seconda equazione cardinale della dinamica.
3. (a) Scrivere e commentare l'equazione di stato di Van der Waals. In particolare spiegare il significato (b) del *covolume molare* e (c) della *pressione interna* e (d) giustificare l'espressione  $a \frac{n^2}{V^2}$  di quest'ultima.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $p = - \left( \frac{\partial F}{\partial V} \right)_T$  dove  $F$  è la funzione di Helmholtz, mentre  $p$ ,  $V$  e  $T$  sono rispettivamente la pressione, il volume e la temperatura.

---

Numero progressivo: 35

Turno: 2 Fila: 2 Posto: 14

Matricola: 0000658246

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Se si esercita una forza attiva  $\vec{F}$  con direzione orizzontale e modulo pari a 50 N sui piedi di un tavolo di peso pari a 100 N, essendo il coefficiente di attrito statico  $f = 0.4$  e il coefficiente di attrito dinamico  $\mu = 0.2$ , quanto vale l'intensità della forza di attrito  $\vec{R}_t$ ? Motivare la risposta.
2. (a) Definire la temperatura critica di una sostanza. (b) Quanto vale approssimativamente la temperatura critica dell'acqua?
3. Scrivere nel caso più generale, specificando accuratamente il significato dei simboli, la relazione che lega le espressioni della velocità di uno stesso punto materiale in due diversi sistemi di riferimento, in moto l'uno rispetto all'altro.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto per una sfera in *caduta nel campo gravitazionale*, soggetta a *resistenza idraulica* (fino a trovare la velocità in funzione del tempo) [si ricordi che  $\int \frac{dx}{1-x^2} = \operatorname{arctanh} x + C$ ].

---

Numero progressivo: 48

Turno: 2 Fila: 4 Posto: 1

Matricola: 0000658749

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Se si esercita una forza attiva  $\vec{F}$  con direzione orizzontale e modulo pari a 10 N sui piedi di un tavolo di peso pari a 100 N, essendo il coefficiente di attrito statico  $f = 0.2$  e il coefficiente di attrito dinamico  $\mu = 0.15$ , quanto vale l'intensità della forza di attrito  $\vec{R}_t$ ? Motivare la risposta.
2. (a) Quando una trasformazione termodinamica si dice *quasi-statica*? (b) Quando una trasformazione termodinamica si dice *reversibile*? (c) Quando una trasformazione quasi-statica risulta essere reversibile?
3. Due sferette di diversa massa sono lanciate verticalmente verso l'alto da due forze impulsive uguali, che agiscono per lo stesso breve intervallo di tempo. Trascurando la resistenza dell'aria, quale delle due raggiunge una quota più elevata? Motivare la risposta.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *sottosmorzato* (fino a trovare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo).

---

Numero progressivo: 105

Turno: 2 Fila: 4 Posto: 3

Matricola: 0000658235

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Un corpo di peso pari a 10 N è appoggiato su di un tavolo, in quiete. Qual è l'intensità della reazione vincolare che il tavolo esercita sul corpo? Motivare la risposta sulla base delle equazioni cardinali della statica.
2. (a) Si può trasferire calore da un corpo più freddo a un corpo più caldo? In che modo? (b) È possibile effettuare tale trasferimento senza modificare lo stato dell'ambiente? Motivare esaurientemente quest'ultima risposta.
3. (a) Definire la massa inerziale e la massa gravitazionale. (b) Quale esperimento può mostrare la proporzionalità tra massa inerziale e massa gravitazionale?
4. Dimostrare — a partire dal primo principio della termodinamica, dalla definizione di capacità termica a volume costante  $C_V$  e dall'espressione del lavoro  $\delta L$  compiuto in una trasformazione quasi-statica — che per un gas generico si ha  $C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$ , dove  $U$  è l'energia interna. *Consiglio*: considerare, come variabili termodinamiche indipendenti, il volume  $V$  e la temperatura  $T$ .

---

Numero progressivo: 101

Turno: 2 Fila: 4 Posto: 6

Matricola: 0000660620

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. La somma delle forze applicate a un corpo rigido è nulla. Si può per questo affermare che il corpo è in equilibrio? Motivare la risposta.
2. Scrivere le espressioni (*a*) della forza di trascinamento e (*b*) della forza di Coriolis che agiscono su di un punto materiale in funzione della massa del punto, del suo vettore posizionale e della sua velocità nel SdR "mobile", dell'accelerazione dell'origine del SdR "mobile" rispetto al SdR "fisso", della velocità angolare e dell'accelerazione angolare del SdR "mobile" rispetto al SdR "fisso".
3. Il passaggio diretto di calore da un corpo più caldo a un corpo più freddo (senza modificazioni dell'ambiente circostante) è un processo reversibile? Motivare esaurientemente la risposta.
4. (*a*) Scrivere e (*b*) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *sovrasmorzato* (fino a trovare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo).

---

Numero progressivo: 34

Turno: 2 Fila: 4 Posto: 9

Matricola: 0000665779

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Scrivere le 12 relazioni di ortonormalità tra i versori cartesiani.
2. Definire la velocità areolare istantanea (aiutandosi con un disegno) e scriverne l'espressione matematica, definendo accuratamente il significato dei simboli che compaiono nell'espressione.
3. Perché il calore ceduto da una macchina termica all'ambiente non può essere convertito in energia meccanica con buona efficienza? Motivare esaurientemente la risposta.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $S = - \left( \frac{\partial G}{\partial T} \right)_p$ , dove  $S$  è l'entropia,  $G$  è la funzione (o potenziale termodinamico) di Gibbs,  $T$  è la temperatura assoluta e  $p$  è la pressione. .

---

Numero progressivo: 86

Turno: 2 Fila: 4 Posto: 12

Matricola: 0000660392

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. In assenza di vincoli, si conserva la quantità di moto di un sistema meccanico isolato se sono presenti forze interne non conservative? Motivare la risposta.
2. (a) Definire il *calore*. (b) Il calore è una funzione di stato? Motivare esaurientemente quest'ultima risposta.
3. Nella descrizione microscopica dei gas come si spiega che l'espansione libera avviene spontaneamente, mentre il suo processo inverso non ha luogo?
4. Dimostrare che condizione necessaria e sufficiente affinché il campo di forza  $\vec{F}(P)$ , definito in un dominio semplicemente connesso, sia conservativo è che il *rotore del campo sia ovunque nullo nel dominio di definizione*.



---

Numero progressivo: 53

Turno: 2 Fila: 4 Posto: 14

Matricola: 0000657508

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quale condizione è necessaria e sufficiente per l'equilibrio di un punto materiale? Quale condizione è necessaria e sufficiente per l'equilibrio di un corpo rigido?
2. Un gas perfetto subisce: (a) un'espansione adiabatica quasi-statica; (b) un'espansione libera adiabatica. In entrambi i casi dire se la sua temperatura subisce variazioni e in caso affermativo specificare se la temperatura finale è superiore o inferiore a quella iniziale motivando esaurientemente le risposte sulla base del primo principio della termodinamica e delle proprietà dei gas perfetti.
3. Un gas perfetto 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. Enunciare la *relazione* che sussiste tra il momento assiale risultante delle forze esterne  $\mathcal{M}_u^{(e)}$  e l'accelerazione angolare  $\dot{\omega}$  e dimostrare tale relazione a partire dalla relazione tra il momento angolare assiale  $K_u$  di un corpo rigido che ruota attorno a un asse fisso e la sua velocità angolare  $\omega$  e dalla seconda equazione cardinale della dinamica.

---

Numero progressivo: 38

Turno: 2 Fila: 6 Posto: 1

Matricola: 0000660702

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Come mai si forma la "condensa" sulle bottiglie di vetro estratte dal frigorifero? (b) Da dove proviene tale condensa? Motivare esaurientemente le risposte.
2. Che tipo di deviazione subiscono i gravi in moto sui due emisferi della superficie terrestre a causa della forza di Coriolis? Motivare la risposta.
3. Enunciare, specificando accuratamente il significato dei simboli, la formula fondamentale della cinematica dei corpi rigidi.
4. Ricavare la relazione tra  $dU$  e  $dT$  per un gas perfetto.

---

Numero progressivo: 26

Turno: 2 Fila: 6 Posto: 3

Matricola: 0000659753

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Due corpi di massa diversa sono appoggiati su di un tavolo. L'intensità della forza vincolare esercitata dal tavolo sul corpo di massa maggiore è minore, uguale o maggiore dell'intensità della forza esercitata dal tavolo sul corpo di massa minore? Motivare la risposta sulla base delle equazioni cardinali della statica.
2. Se si esercita una forza attiva  $\vec{F}$  con direzione orizzontale e modulo pari a 50 N sui piedi di un tavolo di peso pari a 200 N, essendo il coefficiente di attrito statico  $f = 0.4$  e il coefficiente di attrito dinamico  $\mu = 0.3$ , quanto vale l'intensità della forza di attrito  $\vec{R}_t$ ? Motivare la risposta.
3. 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. Dimostrare che il minimo della funzione di Gibbs per un sistema a pressione costante rappresenta uno stato di equilibrio stabile.

---

Numero progressivo: 76

Turno: 2 Fila: 6 Posto: 6

Matricola: 0000665916

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quando due insiemi di vettori applicati si dicono equivalenti?
2. Un sistema è costituito di acqua e vapore acqueo in equilibrio. Comprimendo a temperatura costante tale sistema, specificare se la pressione: (a) aumenta; (b) rimane costante; (c) diminuisce. Motivare esaurientemente la risposta.
3. 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. Dimostrare che condizione necessaria e sufficiente affinché il campo di forza  $\vec{F}(P)$  sia conservativo è che *esista una funzione scalare della posizione*  $U(P)$  tale che  $L_{\gamma(A,B)} = U(B) - U(A)$ .

---

Numero progressivo: 16

Turno: 2 Fila: 6 Posto: 9

Matricola: 0000586296

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Qual è il numero minimo di termostati di cui ha bisogno una macchina termica ciclica per operare? Motivare esaurientemente la risposta sulla base del secondo principio della termodinamica e delle proprietà della macchina di Carnot.
2. (a) Definire l'energia interna di un sistema termodinamico. (b) L'energia interna è una funzione di stato? Motivare esaurientemente quest'ultima risposta.
3. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, quale punto geometrico rimane in quiete in un opportuno SdR inerziale (trascurando l'effetto di tutti gli altri pianeti)? Motivare la risposta.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto per una sfera lanciata lungo la verticale verso l'alto nel campo gravitazionale e soggetta a resistenza idraulica (fino a trovare la velocità in funzione del tempo) [si ricordi che  $\int \frac{dx}{1+x^2} = \arctan x + C$ ].

---

Numero progressivo: 55

Turno: 2 Fila: 6 Posto: 12

Matricola: 0000594285

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Esporre e commentare le espressioni intrinseche della velocità e dell'accelerazione.
2. (a) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 2 punti materiali liberi? (b) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 2 punti materiali vincolati a giacere su di una circonferenza? (c) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 2 punti materiali vincolati a giacere su di una superficie sferica? Motivare le Risposte sulla base di considerazioni geometriche.
3. La trasformazione di energia meccanica in energia termica eseguita da un mulinello di Joule in un recipiente adiabatico è un processo reversibile? Motivare esaurientemente la risposta.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *armonico* (fino a trovare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo).

---

Numero progressivo: 62

Turno: 2 Fila: 6 Posto: 14

Matricola: 0000661388

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quale condizione (sulle forze) è necessaria affinché l'energia meccanica di un sistema meccanico si conservi?
2. Enunciare e commentare il primo principio della dinamica: (a) nella formulazione classica; (b) nella formulazione moderna.
3. (a) Qual è la massima efficienza di conversione dell'energia meccanica in energia termica? (b) Qual è la massima efficienza di conversione dell'energia termica in energia meccanica, date le temperature massima,  $T_H$ , e minima,  $T_C$ , dei termostati cui si dispone? Motivare esaurientemente le due risposte.
4. Dimostrare l'equivalenza degli enunciati di Kelvin-Planck e di Clausius del secondo principio della termodinamica.

---

Numero progressivo: 15

Turno: 2 Fila: 8 Posto: 1

Matricola: 0000660760

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quali, tra le componenti (*a*) tangenziale, (*b*) normale e (*c*) binormale dell'accelerazione, sono nulle in un moto curvilineo uniforme di un punto materiale? Motivare la risposta.
2. (*a*) Che cosa contengono le bolle di una pentola d'acqua in ebollizione? (*b*) Perché l'acqua, in condizioni standard, bolle proprio a quella data temperatura (100 °C nella scala Celsius) e non bolle a temperatura più bassa? Motivare esaurientemente la risposta.
3. Qual è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati? Motivare la risposta.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $U = F - T \left( \frac{\partial F}{\partial T} \right)_V$ , dove  $U$  è l'energia interna,  $T$  è la temperatura (assoluta),  $F$  è la funzione (o potenziale termodinamico) di Helmholtz e  $V$  è il volume.



---

Numero progressivo: 12

Turno: 2 Fila: 8 Posto: 3

Matricola: 0000668825

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. In quali condizioni due sistemi termodinamici, entrambi in stato di equilibrio termodinamico, si dicono *in equilibrio termico tra loro*?
2. In assenza di vincoli, si conserva il momento angolare (rispetto a un centro di riduzione arbitrario ma fisso) di un sistema meccanico isolato se sono presenti forze interne non conservative? Motivare la risposta.
3. Qual è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati con risultante nulla? Motivare la risposta.
4. Enunciare e dimostrare il *teorema delle forze vive*. Nell'enunciazione, specificare se esso è valido soltanto per forze conservative o se esso vale anche per forze dissipative.

---

Numero progressivo: 78

Turno: 2 Fila: 8 Posto: 6

Matricola: 0000680009

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Indicare nome e simbolo delle unità di misura del Sistema Internazionale per: (a) il peso; (b) la massa. (c) Indicare nome e simbolo dell'unità di misura del Sistema Tecnico per il peso.
2. In assenza di vincoli, si conserva il momento angolare (rispetto a un centro di riduzione arbitrario ma fisso) di un sistema meccanico se sono presenti soltanto forze esterne conservative con momento risultante diverso da zero rispetto a tale centro di riduzione? Motivare la risposta.
3. Un gas perfetto 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto per una sfera in *caduta nel campo gravitazionale*, soggetta a *resistenza viscosa* (fino a trovare la velocità in funzione del tempo) [si ricordi che  $\int \frac{dx}{x+a} = \ln(x+a) + C$ ].

---

Numero progressivo: 22

Turno: 2 Fila: 8 Posto: 9

Matricola: 0000651610

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Qual è il numero dei gradi di libertà di un punto materiale libero? (b) Qual è il numero dei gradi di libertà di un punto materiale vincolato a giacere su di una circonferenza? (c) Qual è il numero dei gradi di libertà di un punto materiale vincolato a giacere su di una superficie sferica? Motivare le risposte sulla base di considerazioni geometriche.
2. Nella pentola a pressione, l'acqua bolle a una temperatura inferiore, uguale o superiore a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Motivare esaurientemente la risposta?
3. Descrivere (a) il moto perpetuo di prima specie e (b) il moto perpetuo di seconda specie, chiarendo il motivo per cui essi risultano impossibili e i principi che essi violano.
4. Ricavare, a partire dalle definizioni di centro di massa e di quantità di moto, la *relazione* tra la *quantità di moto* di un sistema meccanico e la *velocità del suo centro di massa*.

---

Numero progressivo: 24

Turno: 2 Fila: 8 Posto: 12

Matricola: 0000652375

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) In quali condizioni un sistema termodinamico si dice essere in stato di *equilibrio termodinamico*? (b) Quali condizioni di equilibrio sono necessarie per aversi l'equilibrio termodinamico?
2. (a) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 5 punti materiali liberi? (b) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 5 punti materiali vincolati a giacere su di una circonferenza? (c) Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema costituito di 5 punti materiali vincolati a giacere su di una superficie sferica? Motivare le risposte sulla base di considerazioni geometriche.
3. L'aria mossa da un ventilatore diminuisce effettivamente la temperatura della pelle dell'uomo o si tratta soltanto di un'illusione? Motivare esaurientemente la risposta.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *smorzato* e *forzato* (fino a ricavare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo nello stato stazionario e trascurando la fase transitoria).

---

Numero progressivo: 68

Turno: 2 Fila: 8 Posto: 14

Matricola: 0000663315

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. In quale condizione il moto di un corpo rigido si dice (a) rotatorio, (b) traslatorio e (c) rototraslatorio?
2. Nel moto vario di un punto materiale  $P$  lungo una traiettoria generica  $\gamma$ , sono corrette o errate le relazioni: (a)  $v = \frac{ds}{dt}$  e (b)  $a = \frac{d^2s}{dt^2}$ , dove  $s$  è la distanza percorsa dal punto materiale  $P$  (misurata lungo la traiettoria),  $t$  è il tempo,  $v = \|\vec{v}\|$  è la norma della velocità e  $a = \|\vec{a}\|$  è la norma dell'accelerazione? Motivare le risposte e scrivere l'espressione corretta nel caso una o entrambe le relazioni fossero errate.
3. (a) Enunciare il secondo principio della termodinamica nella formulazione di Kelvin-Planck. (b) Enunciare il secondo principio della termodinamica nella formulazione di Clausius.
4. Dimostrare che il minimo della funzione di Helmholtz per un sistema a volume costante rappresenta uno stato di equilibrio stabile.

---

Numero progressivo: 75

Turno: 2 Fila: 10 Posto: 1

Matricola: 0000666235

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quali, tra le componenti (*a*) tangenziale, (*b*) normale e (*c*) binormale dell'accelerazione, sono nulle in un moto rettilineo non uniforme di un punto materiale? Motivare la risposta.
2. Quanto vale approssimativamente la pressione di vapor saturo dell'acqua a 100 °C? Motivare esaurientemente la risposta.
3. Definire e scrivere l'espressione algebrica delle seguenti grandezze: (*a*) l'accelerazione di trascinamento, (*b*) l'accelerazione centrifuga e (*c*) l'accelerazione di Coriolis. Specificare accuratamente il significato dei simboli presenti nelle espressioni.
4. Ricavare la relazione tra  $dH$  e  $dT$  per un gas perfetto.

---

Numero progressivo: 83

Turno: 2 Fila: 10 Posto: 3

Matricola: 0000659128

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Date le norme fissate  $a = 15$  e  $b = 27$  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? Esprimere i valori minimo e massimo con due numeri e motivare la risposta sulla base della definizione del prodotto scalare.
2. Come si calcola la variazione di entropia di un sistema termodinamico conseguente a una trasformazione irreversibile?
3. (a) Definire il *baricentro* (o *centro di gravità*) di un corpo rigido. (b) Scrivere l'espressione matematica vettoriale che definisce la posizione del baricentro. (c) Scrivere l'espressione matematica delle tre coordinate cartesiane del baricentro.
4. Ricavare la *seconda equazione cardinale della dinamica* a partire dal secondo principio della dinamica e dal principio di "azione" e "reazione".

---

Numero progressivo: 23

Turno: 2 Fila: 10 Posto: 6

Matricola: 0000660062

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Se si esercita una forza attiva  $\vec{F}$  con direzione orizzontale e modulo pari a 50 N sui piedi di un tavolo di peso pari a 100 N, essendo il coefficiente di attrito statico  $f = 0.4$  e il coefficiente di attrito dinamico  $\mu = 0.2$ , quanto vale l'intensità della forza di attrito  $\vec{R}_t$ ? Motivare la risposta.
2. Quale condizione (sulle forze) è necessaria affinché il momento angolare di un sistema meccanico rispetto a un punto fisso  $O$  si conservi? Motivare la risposta sulla base della seconda equazione cardinale della dinamica.
3. Un punto materiale si muove di moto circolare uniforme, trattenuto da una cordicella, in assenza di attrito e di gravità. Descrivere (a) le forze agenti sul punto materiale, (b) la risultante di tali forze e (c) l'accelerazione del punto materiale. Produrre queste 3 risposte, sia dal punto di vista (1) di un osservatore in quiete nel Sistema di Riferimento del laboratorio (supposto inerziale) sia dal punto di vista (2) di un osservatore solidale al punto materiale in moto (ci si attendono, pertanto, 6 risposte).
4. Dimostrare — a partire dal primo principio della termodinamica, dalla definizione di entalpia  $H$  e dall'espressione del lavoro  $dL$  compiuto in una trasformazione quasi-statica — che, per un gas generico, si ha  $\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_V = V + \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_V$ , dove  $U$  è l'energia interna del sistema. *Consiglio:* considerare, come variabili termodinamiche indipendenti, la pressione  $p$  e il volume  $V$ .



---

Numero progressivo: 32

Turno: 2 Fila: 10 Posto: 9

Matricola: 0000658560

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Definire il giorno solare. (b) Definire il giorno sidereo. (c) Qual è la differenza (di tempo) fra la durata media di un giorno solare e quella di un giorno sidereo? Motivare la risposta al punto (c).
2. Se si esercita una forza attiva  $\vec{F}$  con direzione orizzontale e modulo pari a 30 N sui piedi di un tavolo di peso pari a 100 N, essendo il coefficiente di attrito statico  $f = 0.4$  e il coefficiente di attrito dinamico  $\mu = 0.2$ , quanto vale l'intensità della forza di attrito  $\vec{R}_t$ ? Motivare la risposta.
3. (a) Scrivere e commentare l'equazione di stato di Van der Waals. In particolare spiegare il significato (b) del *covolume molare* e (c) della *pressione interna* e (d) giustificare l'espressione  $a \frac{n^2}{V^2}$  di quest'ultima.
4. Ricavare, a partire dall'espressione generale della forza di trascinamento, l'espressione dell'*accelerazione g di caduta dei corpi* sulla terra (che include gli effetti della forza di gravità della forza centrifuga) *in funzione della latitudine*.

---

Numero progressivo: 52

Turno: 2 Fila: 10 Posto: 12

Matricola: 0000355592

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. La somma delle forze applicate a un corpo rigido è nulla. Si può per questo affermare che il corpo è in equilibrio? Motivare la risposta.
2. Qual è il numero dei gradi di libertà di un sistema di 2, 3, 4 o 5 punti materiali vincolati a mantenere inalterate le distanze reciproche? Motivare le risposte sulla base di considerazioni geometriche.
3. Due sferette di diversa massa sono lanciate verticalmente verso l'alto da due forze impulsive uguali, che agiscono per lo stesso breve intervallo di tempo. Trascurando la resistenza dell'aria, quale delle due raggiunge una quota più elevata? Motivare la risposta.
4. Dimostrare l'equazione dell'energia interna:  $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p$ , a partire dal primo principio della termodinamica e dal fatto che il differenziale dell'entropia,  $dS$ , è un differenziale esatto.

---

Numero progressivo: 9

Turno: 2 Fila: 10 Posto: 14

Matricola: 0000555598

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Scrivere le 12 relazioni di ortonormalità tra i versori cartesiani.
2. Scrivere le espressioni (*a*) della forza di trascinamento e (*b*) della forza di Coriolis che agiscono su di un punto materiale in funzione della massa del punto, del suo vettore posizionale e della sua velocità nel SdR "mobile", dell'accelerazione dell'origine del SdR "mobile" rispetto al SdR "fisso", della velocità angolare e dell'accelerazione angolare del SdR "mobile" rispetto al SdR "fisso".
3. (*a*) Definire la massa inerziale e la massa gravitazionale. (*b*) Quale esperimento può mostrare la proporzionalità tra massa inerziale e massa gravitazionale?
4. Dimostrare il teorema di Carnot (sul rendimento delle macchine termiche cicliche reversibili e non reversibili).

---

Numero progressivo: 106

Turno: 2 Fila: 12 Posto: 1

Matricola: 0000665475

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Tracciare il grafico qualitativo dello spostamento in funzione del tempo ( $a$ ) per un oscillatore sottosmorzato ( $b$ ) per un oscillatore criticamente smorzato e ( $c$ ) per un oscillatore sovrasmorzato.
2. Definire la velocità areolare istantanea (aiutandosi con un disegno) e scriverne l'espressione matematica, definendo accuratamente il significato dei simboli che compaiono nell'espressione.
3. Definire *lavoro tecnico* ed *entalpia* e descriverne l'utilità pratica.
4. ( $a$ ) Scrivere e ( $b$ ) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *sovrasmorzato* (fino a trovare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo).

---

Numero progressivo: 10

Turno: 2 Fila: 12 Posto: 3

Matricola: 0000658303

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. In assenza di vincoli, si conserva la quantità di moto di un sistema meccanico isolato se sono presenti forze interne non conservative? Motivare la risposta.
2. Definire il numero dei gradi di libertà di un sistema meccanico.
3. Perché il calore ceduto da una macchina termica all'ambiente non può essere convertito in energia meccanica con buona efficienza? Motivare esaurientemente la risposta.
4. Dimostrare che in una trasformazione isobara quasi-statica  $Q = \Delta H$ .

---

Numero progressivo: 73

Turno: 2 Fila: 12 Posto: 6

Matricola: 0000658342

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Come mai si forma la "condensa" sulle bottiglie di vetro estratte dal frigorifero? (b) Da dove proviene tale condensa? Motivare esaurientemente le risposte.
2. In assenza di vincoli, si conserva l'energia meccanica di un sistema meccanico non isolato se sono presenti soltanto forze esterne conservative con risultante non nulla? Motivare la risposta.
3. Un gas perfetto 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. Dimostrare che condizione necessaria e sufficiente affinché il campo di forza  $\vec{F}(P)$ , definito in un dominio semplicemente connesso, sia conservativo è che il *rotore del campo sia ovunque nullo nel dominio di definizione*.

---

Numero progressivo: 25

Turno: 2 Fila: 12 Posto: 9

Matricola: 0000640321

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Di quanto ruota in un giorno sidereo il piano di oscillazione del pendolo di Foucault a  $45^\circ$  di latitudine nord? Motivare la risposta.
2. (a) Definire il *punto triplo*. (b) Qual è la temperatura del punto triplo dell'acqua? (c) Al punto triplo dell'acqua è associata una ben definita pressione o si può avere il punto triplo a pressioni diverse?
3. Enunciare, specificando accuratamente il significato dei simboli, la formula fondamentale della cinematica dei corpi rigidi.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto per una sfera soggetta *soltanto a resistenza idraulica* (in assenza di gravità e di altre forze), fino a trovare la velocità e lo spostamento in funzione del tempo [si ricordi che  $\int \frac{dx}{kx+q} = \frac{1}{k} \ln(kx+q) + C$ ].

---

Numero progressivo: 96

Turno: 2 Fila: 12 Posto: 12

Matricola: 0000658210

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Due corpi di massa diversa sono appoggiati su di un tavolo. L'intensità della forza vincolare esercitata dal tavolo sul corpo di massa maggiore è minore, uguale o maggiore dell'intensità della forza esercitata dal tavolo sul corpo di massa minore? Motivare la risposta sulla base delle equazioni cardinali della statica.
2. Che tipo di deviazione subiscono i gravi in caduta libera a causa della forza di Coriolis? Motivare la risposta.
3. Si può rappresentare una trasformazione irreversibile nel diagramma di Clapeyron? Motivare esaurientemente la risposta.
4. Ricavare la relazione tra  $dU$  e  $dT$  per un gas perfetto.



---

Numero progressivo: 92

Turno: 2 Fila: 12 Posto: 14

Matricola: 0000318547

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Tracciare nel diagramma di Clapeyron l'isoterma di un gas perfetto e scriverne l'equazione. (b) Tracciare nel diagramma di Clapeyron l'isoterma di un vapore in equilibrio col proprio liquido e scriverne l'equazione (tracciare soltanto il tratto dell'isoterma in cui il vapore è in equilibrio col proprio liquido).
2. 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. Motivare esaurientemente le risposte.
3. Si può trovare un vettore applicato che sia equivalente a un sistema di vettori applicati con risultante nulla e momento risultante diverso da zero? Motivare la risposta.
4. Dimostrare che condizione necessaria e sufficiente affinché il campo di forza  $\vec{F}(P)$  sia conservativo è che *esista una funzione scalare della posizione*  $U(P)$  tale che  $L_{\gamma(A,B)} = U(B) - U(A)$ .

---

Numero progressivo: 100

Turno: 2 Fila: 14 Posto: 3

Matricola: 0000663367

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, rispetto a un SdR inerziale: (a) si conserva la quantità di moto del pianeta? (b) Si conserva la somma delle quantità di moto del pianeta e del Sole? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti e motivare le 2 risposte.
2. (a) Enunciare il principio dell'aumento dell'entropia. (b) Può diminuire l'entropia di un sistema? (c) Può diminuire l'entropia dell'ambiente esterno? (d) Può diminuire l'entropia dell'universo (sistema + ambiente)? Motivare esaurientemente le risposte.
3. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, quale punto geometrico rimane in quiete in un opportuno SdR inerziale (trascurando l'effetto di tutti gli altri pianeti)? Motivare la risposta.
4. Dimostrare che il lavoro compiuto da un fluido in una trasformazione quasi-statica è pari a  $\delta L = p dV$ .

---

Numero progressivo: 27

Turno: 2 Fila: 14 Posto: 6

Matricola: 0000659096

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quali, tra le componenti (*a*) tangenziale, (*b*) normale e (*c*) binormale dell'accelerazione, sono nulle in un moto curvilineo uniforme di un punto materiale? Motivare la risposta.
2. (*a*) Definire l'impulso di una forza. (*b*) Enunciare il teorema dell'impulso.
3. La trasformazione di energia meccanica in energia termica eseguita da un mulinello di Joule in un recipiente adiabatico è un processo reversibile? Motivare esaurientemente la risposta.
4. (*a*) Scrivere e (*b*) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *criticamente smorzato* (fino a trovare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo).

---

Numero progressivo: 40

Turno: 2 Fila: 14 Posto: 9

Matricola: 0000310199

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. In quali condizioni due sistemi termodinamici, entrambi in stato di equilibrio termodinamico, si dicono *in equilibrio termico tra loro*?
2. Enunciare e commentare il primo principio della dinamica: (a) nella formulazione classica; (b) nella formulazione moderna.
3. Descrivere il procedimento di misura della *temperatura del termometro a gas perfetto*.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *armonico* (fino a trovare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo).

---

Numero progressivo: 103

Turno: 2 Fila: 14 Posto: 12

Matricola: 0000669770

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Come si può mostrare sperimentalmente che il sistema di riferimento costituito dai corpi di questa stanza non è perfettamente inerziale (senza poter guardare all'esterno attraverso le finestre)?
2. In assenza di vincoli, si conserva il momento angolare (rispetto a un centro di riduzione arbitrario ma fisso) di un sistema meccanico isolato se sono presenti forze interne non conservative? Motivare la risposta.
3. Qual è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati? Motivare la risposta.
4. Dimostrare l'equivalenza degli enunciati di Kelvin-Planck e di Clausius del secondo principio della termodinamica.

---

Numero progressivo: 67

Turno: 2 Fila: 14 Posto: 14

Matricola: 0000665289

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Definire il prodotto vettoriale di due vettori senza fare riferimento a una loro particolare rappresentazione, aiutandosi eventualmente con uno o più disegni. (b) Esprimere la regola di calcolo del prodotto vettoriale di due vettori nella rappresentazione cartesiana.
2. In quale condizione il momento risultante  $\vec{M}^{(O)}$  di un insieme di vettori applicati non dipende dalla scelta del centro di riduzione  $O$ ? Perché?
3. Qual è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati con risultante nulla? Motivare la risposta.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $U = F - T \left( \frac{\partial F}{\partial T} \right)_V$ , dove  $U$  è l'energia interna,  $T$  è la temperatura (assoluta),  $F$  è la funzione (o potenziale termodinamico) di Helmholtz e  $V$  è il volume.

---

Numero progressivo: 36

Turno: 2 Fila: 16 Posto: 1

Matricola: 0000658429

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Qual è il numero dei gradi di libertà di un punto materiale libero? (b) Qual è il numero dei gradi di libertà di un punto materiale vincolato a giacere su di una circonferenza? (c) Qual è il numero dei gradi di libertà di un punto materiale vincolato a giacere su di una superficie sferica? Motivare le risposte sulla base di considerazioni geometriche.
2. In assenza di vincoli, si conserva il momento angolare (rispetto a un centro di riduzione arbitrario ma fisso) di un sistema meccanico se sono presenti soltanto forze esterne conservative con momento risultante diverso da zero rispetto a tale centro di riduzione? Motivare la risposta.
3. Nel moto di un pianeta attorno al Sole, rispetto a un SdR inerziale: (a) si conserva il momento angolare del pianeta rispetto al centro del Sole? (b) Si conserva il momento angolare del pianeta rispetto a un punto arbitrario? Trascurare l'effetto della presenza degli altri pianeti ma non il moto del centro del Sole e motivare le 2 risposte.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $H = G - T \left( \frac{\partial G}{\partial T} \right)_p$ , dove  $H$  è l'entalpia,  $T$  è la temperatura (assoluta),  $G$  è la funzione (o potenziale termodinamico) di Gibbs e  $p$  è la pressione.

---

Numero progressivo: 3

Turno: 2 Fila: 16 Posto: 3

Matricola: 0000660238

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Il "fumo" che si osserva uscire da una pentola di acqua in ebollizione è costituito da vapore acqueo o da piccole goccioline di acqua liquida? Motivare esaurientemente la risposta.
2. Date le norme fissate  $a = 13$  e  $b = 25$  di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere la norma del prodotto vettoriale  $\vec{a} \wedge \vec{b}$  al variare dell'angolo compreso tra i due vettori? Esprimere i valori minimo e massimo con due numeri e motivare la risposta sulla base della definizione del prodotto vettoriale.
3. Un gas perfetto 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. Enunciare e dimostrare il *teorema di König* (a) per un sistema meccanico generico costituito da  $n$  punti materiali; (b) per un corpo rigido.



---

Numero progressivo: 70

Turno: 2 Fila: 16 Posto: 6

Matricola: 0000658395

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Date le norme fissate  $a = 15$  e  $b = 27$  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? Esprimere i valori minimo e massimo con due numeri e motivare la risposta sulla base della definizione del prodotto scalare.
2. In alta montagna, l'acqua bolle a una temperatura inferiore, uguale o superiore a  $100\text{ }^\circ\text{C}$ ? Motivare esaurientemente la risposta?
3. Definire e scrivere l'espressione algebrica delle seguenti grandezze: (a) l'accelerazione di trascinamento, (b) l'accelerazione centrifuga e (c) l'accelerazione di Coriolis. Specificare accuratamente il significato dei simboli presenti nelle espressioni.
4. Dimostrare che il minimo della funzione di Helmholtz per un sistema a volume costante rappresenta uno stato di equilibrio stabile.

---

Numero progressivo: 69

Turno: 2 Fila: 16 Posto: 9

Matricola: 0000664764

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Definire il giorno solare. (b) Definire il giorno sidereo. (c) Qual è la differenza (di tempo) fra la durata media di un giorno solare e quella di un giorno sidereo? Motivare la risposta al punto (c).
2. Qual è il numero minimo di vettori applicati a cui si riesce a ridurre un generico sistema di vettori applicati con momento risultante nullo? Motivare la risposta.
3. (a) Definire il *baricentro* (o *centro di gravità*) di un corpo rigido. (b) Scrivere l'espressione matematica vettoriale che definisce la posizione del baricentro. (c) Scrivere l'espressione matematica delle tre coordinate cartesiane del baricentro.
4. Dimostrare l'equazione dell'entalpia:  $\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ , a partire dal primo principio della termodinamica e dal fatto che il differenziale dell'entropia,  $dS$ , è un differenziale esatto.

---

Numero progressivo: 99

Turno: 2 Fila: 16 Posto: 12

Matricola: 0000660193

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Indicare di quali, delle seguenti tre sostanze, possono essere costituite le nuvole (è ammessa una risposta multipla): (i) di vapore acqueo; (ii) di goccioline di acqua liquida; (iii) di cristallini di acqua solida? (b) Come mai le nuvole non "cadono"? Motivare esaurientemente le risposte.
2. Quale condizione (sulle forze) è necessaria affinché il momento angolare di un sistema meccanico rispetto a un punto fisso  $O$  si conservi? Motivare la risposta sulla base della seconda equazione cardinale della dinamica.
3. Quale principio della meccanica può spiegare la costanza della velocità areolare nel moto dei pianeti? Motivare la risposta.
4. Ricavare la *seconda equazione cardinale della dinamica* a partire dal secondo principio della dinamica e dal principio di "azione" e "reazione".

---

Numero progressivo: 50

Turno: 2 Fila: 16 Posto: 14

Matricola: 0000446937

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Un corpo di peso pari a 10 N è appoggiato su di un tavolo, in quiete. Qual è l'intensità della reazione vincolare che il tavolo esercita sul corpo? Motivare la risposta sulla base delle equazioni cardinali della statica.
2. Come si descrive, in un modello microscopico, la pressione che un gas esercita sulle pareti del recipiente che lo contiene? Che relazione esiste tra la pressione e la velocità delle molecole?
3. Specificare (a) dimensioni (in termini delle dimensioni fondamentali del S.I.) e (b) unità di misura nel Sistema Internazionale delle seguenti grandezze: (i) energia, (ii) calore, (iii) calore molare, (iv) calore specifico, (v) lavoro, (vi) lavoro tecnico, (vii) capacità termica, (viii) entalpia, (ix) entropia, (x) pressione.
4. Ricavare, a partire dall'espressione generale della forza di trascinamento, l'espressione dell'*accelerazione  $g$  di caduta dei corpi* sulla terra (che include gli effetti della forza di gravità della forza centrifuga) *in funzione della latitudine*.

---

Numero progressivo: 8

Turno: 2 Fila: 18 Posto: 1

Matricola: 0000454295

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. La somma delle forze applicate a un corpo rigido è nulla. Si può per questo affermare che il corpo è in equilibrio? Motivare la risposta.
2. Se si mette in funzione un ventilatore in una stanza racchiusa da pareti adiabatiche, la temperatura della stanza: (a) diminuisce, (b) aumenta o (c) rimane costante? Spiegarne esaurientemente il motivo?
3. Scrivere nel caso più generale, specificando accuratamente il significato dei simboli, la relazione che lega le espressioni della velocità di uno stesso punto materiale in due diversi sistemi di riferimento, in moto l'uno rispetto all'altro.
4. Dimostrare che in un sistema termodinamico vale la relazione  $p = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T$  dove  $F$  è la funzione di Helmholtz, mentre  $p$ ,  $V$  e  $T$  sono rispettivamente la pressione, il volume e la temperatura.

---

Numero progressivo: 79

Turno: 2 Fila: 18 Posto: 3

Matricola: 0000677143

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Date le norme fissate  $a = 15$  e  $b = 27$  di due vettori, quali sono i valori minimo e massimo che può assumere la norma della differenza  $\vec{a} - \vec{b}$  al variare dell'angolo compreso tra i due vettori? Esprimere i valori minimo e massimo con due numeri e motivare la risposta sulla base della definizione di differenza di due vettori.
2. (a) Quando una trasformazione termodinamica si dice *quasi-statica*? (b) Quando una trasformazione termodinamica si dice *reversibile*? (c) Quando una trasformazione quasi-statica risulta essere reversibile?
3. Enunciare e dimostrare il *teorema di Huygens-Steiner*, a partire dalla definizione di momento di inerzia e di centro di massa.
4. Mettendo in funzione un frigorifero con la porta aperta in una stanza racchiusa da pareti adiabatiche, la temperatura della stanza (a) diminuisce, (b) aumenta o (c) rimane costante? Motivare esaurientemente la risposta.

---

Numero progressivo: 7

Turno: 2 Fila: 18 Posto: 6

Matricola: 0000657922

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Quale condizione è necessaria e sufficiente per l'equilibrio di un punto materiale? Quale condizione è necessaria e sufficiente per l'equilibrio di un corpo rigido?
2. Definire la velocità areolare istantanea (aiutandosi con un disegno) e scriverne l'espressione matematica, definendo accuratamente il significato dei simboli che compaiono nell'espressione.
3. Il passaggio diretto di calore da un corpo più caldo a un corpo più freddo (senza modificazioni dell'ambiente circostante) è un processo reversibile? Motivare esaurientemente la risposta.
4. Dimostrare il teorema di Carnot (sul rendimento delle macchine termiche cicliche reversibili e non reversibili).

---

Numero progressivo: 20

Turno: 2 Fila: 18 Posto: 9

Matricola: 0000658179

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Definire il prodotto scalare di due vettori senza fare riferimento a una loro particolare rappresentazione, aiutandosi eventualmente con un disegno. (b) Esprimere la regola di calcolo del prodotto scalare di due vettori nella rappresentazione cartesiana.
2. Definire il numero dei gradi di libertà di un sistema meccanico.
3. Definire *lavoro tecnico* ed *entalpia* e descriverne l'utilità pratica.
4. Dimostrare — a partire dal primo principio della termodinamica, dalla definizione di capacità termica a volume costante  $C_V$  e dall'espressione del lavoro  $\delta L$  compiuto in una trasformazione quasi-statica — che per un gas generico si ha  $C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$ , dove  $U$  è l'energia interna. *Consiglio:* considerare, come variabili termodinamiche indipendenti, il volume  $V$  e la temperatura  $T$ .



---

Numero progressivo: 11

Turno: 2 Fila: 18 Posto: 12

Matricola: 0000658321

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. (a) Per quale tipo di moto di un punto materiale l'accelerazione è tangente alla traiettoria? (b) Per quale tipo di moto di un punto materiale l'accelerazione è normale alla traiettoria? Specificare le categorie più ampie di moti di un punto materiale che soddisfano i due suddetti requisiti e motivare la risposta.
2. (a) Enunciare, nella sua formulazione matematica, il primo principio della termodinamica, spiegando accuratamente il significato dei simboli. (b) Con che modalità si può trasferire energia da un sistema termodinamico a un altro?
3. Perché il calore ceduto da una macchina termica all'ambiente non può essere convertito in energia meccanica con buona efficienza? Motivare esaurientemente la risposta.
4. (a) Scrivere e (b) risolvere l'equazione differenziale del moto di un oscillatore *sovrasmorzato* (fino a trovare l'espressione dello spostamento in funzione del tempo).

---

Numero progressivo: 44

Turno: 2 Fila: 18 Posto: 14

Matricola: 0000654417

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

---

**Rispondere ai seguenti quesiti (si apprezza l'esattezza, la chiarezza, la completezza e la sintesi delle risposte). Le risposte debbono essere redatte esclusivamente sul presente foglio (fronte e retro). Nei quesiti in cui si chiede di motivare la risposta, ricavare un risultato o dimostrare un enunciato, su un totale di 3 punti, saranno assegnati 0.5 punti se la risposta, il risultato o l'enunciato sono corretti (e non già specificati nel testo) e 2.5 punti se la motivazione il procedimento o la dimostrazione sono esaustivi.**

---

1. Di quanto ruota in un giorno sidereo il piano di oscillazione del pendolo di Foucault a  $45^\circ$  di latitudine nord? Motivare la risposta.
2. (a) Definire un "Sistema di Riferimento". (b) Quando un Sistema di Riferimento si dice inerziale?
3. Un gas perfetto 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. Motivare esaurientemente le risposte.
4. Dimostrare le 2 equazioni del TdS:  $TdS = nc_VdT + T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V dV$  e  $TdS = nc_pdT - T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p dp$ , a partire dal primo principio della termodinamica, dalla definizione di entalpia, dalle due relazioni  $C_V = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$  e  $C_p = \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_p$  per le capacità termiche, dalla definizione di entropia, dalla equazione dell'energia interna  $\left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V - p$  e dall'equazione dell'entalpia  $\left( \frac{\partial H}{\partial p} \right)_T = V - T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$ .