

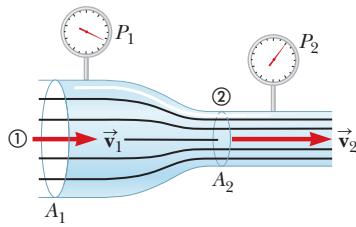
# Esercizi per il corso di Fisica (parte II)

CdL in Viticoltura ed Enologia, a.a. 2018/2019

Nota: molti degli esercizi qui riportati sono ripresi (o riadattati) dal libro: R. A. Serway and J. W. Jewett, «Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics», 9th edition, Brooks/Cole.

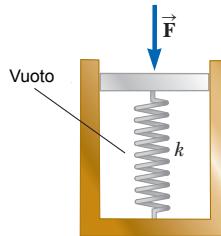
## 1 Fisica dei fluidi

1. Un lingotto d'oro a forma di parallelepipedo ha dimensioni  $4.50\text{ cm} \times 11.0\text{ cm} \times 26.0\text{ cm}$ . Calcolare la sua massa e il suo peso sapendo che la densità dell'oro è  $19.3 \times 10^3\text{ kg/m}^3$ .
2. Il nucleo dell'atomo può essere pensato come formato da diversi protoni e neutroni strettamente impacchettati. Sapendo che la massa di un protone è  $1.67 \times 10^{-27}\text{ kg}$  e il raggio del nucleo è circa  $10^{-15}\text{ m}$  calcolare la densità del nucleo (per semplicità assumere che il nucleo contenga un solo protone). Confrontate la densità del nucleo con quella dell'acciaio ( $\rho = 7.86 \times 10^3\text{ kg/m}^3$ ). Cosa potete concludere riguardo alla struttura della materia?
3. Un materasso ad acqua è lungo 2 m, largo 2 m e alto 30 cm.
  - (a) Trovare il peso dell'acqua nel materasso.
  - (b) Trovare la pressione esercitata dall'acqua sul pavimento assumendo che sia contatto con esso con tutta la superficie inferiore.
  - (c) Confrontare il risultato precedente con la pressione esercitata da un letto di massa 130 kg posto su un supporto a quattro piedi (ogni piede ha sezione circolare di raggio 2 cm).
4. Una pressa idraulica usata in una stazione di servizio ha due pistoni di raggio 5 cm e 15 cm rispettivamente.
  - (a) Che forza deve essere applicata al pistone piccolo per sollevare un'automobile del peso di 13300 N appoggiata sul pistone grande?
  - (b) Quale è la pressione del fluido all'interno della pressa (calcolare la pressione relativa, trascurando la pressione atmosferica)?
5. Calcolare la pressione esercitata dall'acqua sul timpano di un orecchio quando ci si immerge in piscina alla profondità di 5 m. (Assumere che il timpano abbia area di circa  $1\text{ cm}^2$ . Calcolare solo la forza data dall'acqua e non quella data dalla pressione atmosferica.)
6. Un oggetto posto in aria su una bilancia pesa 7.84 N. Quando l'oggetto è immerso in acqua il suo peso diventa 6.84 N. Calcolare la densità dell'oggetto.
7. Un lingotto d'oro di massa 1 kg è immerso in acqua, determinare il suo peso quando immerso (usare il fatto che la densità dell'oro è  $19.3 \times 10^3\text{ kg/m}^3$ ). Confrontare col peso in aria. Quanto vale la spinta di Archimede dovuta all'aria (usare come densità dell'aria  $1.20\text{ kg/m}^3$ )?
8. Un giardiniere impiega 1 min per riempire un secchio da 30 L con un tubo dell'acqua. Un ugello di sezione  $0.5\text{ cm}^2$  è poi attaccato al tubo. L'ugello è poi mantenuto in direzione orizzontale ad un'altezza di 1 m dal suolo. Calcolare a quale distanza orizzontale rispetto all'ugello il getto d'acqua arriva a terra. (Nota: questo problema richiede nozioni sia di fluidodinamica che di meccanica.)
9. *Il Tubo Venturi.* La condotta orizzontale mostrata in figura può essere utilizzata per misurare la velocità di un fluido incomprimibile. Determinare la velocità del fluido nel punto 2 se sono note le sezioni  $A_1$  e  $A_2$  e la differenza di pressione  $P_1 - P_2$ . (Suggerimento: applicare il teorema di Bernoulli e l'equazione di continuità ai punti 1 e 2.)

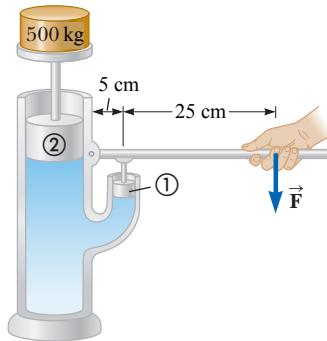


Si supponga che il tubo Venturi sia usato per determinare il flusso di benzina (densità della benzina  $\rho = 7.0 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ ) in una pompa. L'ugello della pompa ha sezione circolare con raggio 1.2 cm e il tubo della pompa ha sezione circolare e raggio 2.4 cm, mentre la differenza di pressione della benzina tra l'ugello e il tubo è di  $P_1 - P_2 = 1.2 \text{ kPa}$ , calcolare:

- (a) la velocità con cui la benzina esce dall'ugello;
  - (b) il flusso del carburante in  $\text{m}^3/\text{s}$ .
10. Un cilindro con pistone attaccato ad una molla come nella figura. La molla quando è compressa esercita una forza pari a  $1250 \text{ N/m} \times x$  dove  $x$  è la distanza di cui la molla è compressa. Se il pistone ha un diametro di 1.2 cm, a che profondità deve essere immerso il cilindro in un lago perché la molla sia compressa di una distanza di 0.75 cm?

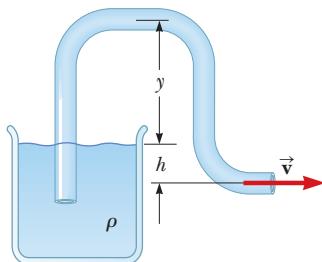


11. Un contenitore è riempito con 20.0 cm di acqua. Sull'acqua galleggia uno strato di olio alto 30.0 cm (la densità dell'olio è  $\rho = 0.92 \text{ g/cm}^3$ ). Calcolare la pressione assoluta sul fondo del contenitore (tenere conto che all'esterno c'è la pressione atmosferica).
12. Il pistone 1 in figura ha un diametro di 2.5 cm, mentre il pistone 2 ha un diametro di 15.0 cm. Determinare la forza  $F$  che è necessario esercitare per sorreggere il carico di 500 kg. (suggerimento: usare le proprietà delle leve e le proprietà della pressa idraulica.)



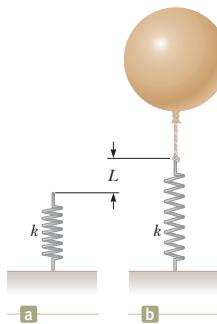
13. La pressione atmosferica standard è  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ . Un temporale causa l'abbassamento della colonna di mercurio in un barometro di 20.0 mm rispetto all'altezza standard. Quale è la pressione atmosferica?
14. Una sfera di plastica galleggia in acqua con il 50% del volume sommerso. La stessa sfera galleggia nella glicerina con il 40% del volume sommerso. Determinare
- (a) la densità della sfera;
  - (b) la densità della glicerina.

15. Una grande cisterna aperta in cima e riempita di acqua ha un piccolo foro in un lato in un punto a 16.0 m sotto il livello dell'acqua. L'acqua fluisce dal foro con una portata di  $2.50 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$ . Determinare la velocità dell'acqua all'uscita dal foro e il diametro del foro.
16. Dell'acqua scorre in una condotta in salita la cui sezione si restringe gradualmente. Nel punto di ingresso in basso la pressione è  $P_1 = 1.75 \times 10^4 \text{ Pa}$  e il diametro della condotta è 6.0 cm. All'uscita, posta  $y = 0.25 \text{ m}$  più in alto, la pressione è  $P_2 = 1.20 \times 10^4 \text{ Pa}$  e il diametro della condotta è 3.0 cm. Calcolare la velocità del flusso d'acqua all'ingresso della condotta e all'uscita della condotta. Calcolare la portata in volume della condotta. (suggerimento: usare il teorema di Bernoulli e l'equazione di continuità.)
17. Dell'acqua che cade da una diga di altezza  $h$  con una portata  $R$  misurata in kg/s. Mostrare che la potenza fornita dall'acqua alla fine della caduta è  $P = Rgh$ , dove  $g$  è l'accelerazione di gravità. Una centrale idroelettrica sfrutta dell'acqua con una portata  $8.50 \times 10^5 \text{ kg/s}$  che cade da un'altezza di 87.0 m. La potenza prodotta dall'acqua è trasformata in elettricità con un'efficienza dell'85.0%. Quanta potenza elettrica produce la centrale?
18. L'acqua di un fiume posto ad una quota di 564 m viene pompata lungo una condotta del diametro di 15.0 cm tramite una pompa posta all'inizio della condutture. La conduttura fornisce acqua ad un villaggio posto ad un'altezza di 2096 m. Quale è la pressione minima alla quale la pompa deve portare l'acqua per farla arrivare sino al villaggio? Se  $4500 \text{ m}^3$  di acqua sono pompati ogni giorno, quale è la velocità dell'acqua nella condotta (assumere che l'acqua sia pompata uniformemente durante tutto il giorno)?
19. Un sifone come quello mostrato in figura è utilizzato per svuotare una cisterna piena d'acqua.



Assumendo che il flusso dell'acqua sia stazionario rispondere alle seguenti domande.

- (a) Se  $h = 1 \text{ m}$  quale è la velocità dell'acqua all'uscita dal sifone?
- (b) Quale è l'altezza  $y$  massima a cui si può porre la parte superiore del sifone per permettere il passaggio dell'acqua? (Nota: il flusso del liquido si interrompe se la pressione nella parte superiore del sifone scende sotto la pressione di vapore dell'acqua. Usare la pressione di vapore dell'acqua a  $20^\circ$  che è pari a 2.3 kPa.)
20. Una molla con costante elastica  $k = 90.0 \text{ N/m}$  (una molla di costante elastica  $k$  esercita una forza pari a  $F = kx$  dove  $x$  è l'allungamento o la compressione della molla, la forza si oppone all'allungamento o alla compressione) è attaccata verticalmente ad un tavolo come in figura. Un palloncino del peso di 2.0 g è riempito di elio (la cui densità è  $0.179 \text{ kg/m}^3$ ) sino a raggiungere un volume di  $5.0 \text{ m}^3$ . Il palloncino è attaccato alla molla, causando un allungamento della stessa. Calcolare l'allungamento  $L$  della molla quando il pallone è in equilibrio. (Tenere presente che la densità dell'aria è pari a  $1.29 \text{ kg/m}^3$ .)



## 2 Termodinamica

### Temperatura ed equazione di stato dei gas perfetti

1. Convertire la temperatura di  $50^{\circ}\text{F}$  in gradi Celsius e in Kelvin.
2. Convertire la temperatura di  $20^{\circ}\text{C}$  in Kelvin e in Fahrenheit.
3. La differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno di un edificio è pari a  $57^{\circ}\text{F}$ . Quanto vale la differenza di temperatura in Celsius e in Kelvin?
4. La temperatura di ebollizione dell'azoto a pressione atmosferica è  $20.3\text{K}$ . Quanto vale in Kelvin e in Fahrenheit?
5. Un binario di acciaio ha una lunghezza di  $30000\text{ m}$  quando la temperatura è  $0^{\circ}\text{C}$ . Quale è la sua lunghezza ad una temperatura di  $40^{\circ}\text{C}$ . (Il coefficiente di espansione lineare dell'acciaio è  $11 \times 10^{-6}(\text{ }^{\circ}\text{C})^{-1}$ .)
6. Una lattina del volume di  $125\text{ cm}^3$  contiene del gas ad una pressione pari al doppio di quella atmosferica ( $202\text{ kPa}$ ) alla temperatura di  $22^{\circ}\text{C}$ . Se la lattina è gettata nel fuoco e raggiunge una temperatura di  $195^{\circ}\text{C}$ , quale è la pressione del gas nella lattina assumendo che il volume della lattina non vari? Assumiamo ora che la lattina sia fatta di acciaio (il coefficiente di espansione lineare dell'acciaio è  $11 \times 10^{-6}(\text{ }^{\circ}\text{C})^{-1}$ ) e si dilati con la temperatura. Come cambia la risposta alla domanda precedente?
7. Un foro quadrato di lato  $8.0\text{ cm}$  è tagliato in una lastra di rame (coefficiente di espansione lineare  $17 \times 10^{-6}(\text{ }^{\circ}\text{C})^{-1}$ ).
  - (a) Calcolare la variazione dell'area del foro quando la temperatura della lastra aumenta di  $50\text{ K}$ .
  - (b) Questa variazione corrisponde ad un aumento o ad una diminuzione dell'area del foro?
8. Un blocco di piombo ha massa  $20\text{ kg}$  e densità  $11.3 \times 10^3\text{ kg/m}^3$  a  $0^{\circ}\text{C}$ .
  - (a) Quale è la densità del piombo a  $90^{\circ}\text{C}$  (coefficiente di espansione lineare  $29 \times 10^{-6}(\text{ }^{\circ}\text{C})^{-1}$ )?
  - (b) Quale è la massa del blocco alla temperatura di  $90^{\circ}\text{C}$ .
9. Un contenitore contiene  $1.5$  moli di un gas ideale. Determinare il numero di moli di gas che devono essere rimosse dal contenitore per abbassare la pressione del gas da  $25.0\text{ atm}$  a  $5.0\text{ atm}$ . (Assumere che il volume del gas e la temperatura restino costanti.)
10. Un gas è contenuto in un contenitore a pressione  $11.0\text{ atm}$  e temperatura  $25^{\circ}\text{C}$ . Se due terzi del gas sono rimossi dal contenitore e la temperatura del gas viene aumentata di  $75^{\circ}\text{C}$ , quale è la pressione del gas rimasto nel contenitore?
11. Un gas è contenuto in un contenitore della capacità di  $8\text{ L}$  alla temperatura di  $20^{\circ}\text{C}$  e alla pressione di  $9.0\text{ atm}$ .
  - (a) Determinare il numero di moli di gas.
  - (b) Quante molecole di gas sono contenute nel contenitore?
12. Trovare il numero di moli in un metro cubo di un gas ideale alla temperatura di  $20^{\circ}\text{C}$ . Per l'aria un numero di Avogadro di molecole ha massa  $28.9\text{ g}$ . Calcolare la massa di un metro cubo di aria.

### Primo principio della termodinamica

1. Un pezzo di metallo di massa  $0.05\text{ kg}$  è portato alla temperatura di  $200^{\circ}\text{C}$  e successivamente è immerso in un contenitore contenente  $0.4\text{ kg}$  di acqua alla temperatura di  $20^{\circ}\text{C}$ . Quando il sistema raggiunge l'equilibrio la temperatura dello stesso è di  $22.4^{\circ}\text{C}$ . Determinare il calore specifico del metallo.
2. Un proiettile di argento è sparato alla velocità di  $200\text{ m/s}$  e si conficca in un pezzo di legno. Assumendo che l'energia generata dall'impatto (cioè l'energia cinetica del proiettile) rimanga tutta nel proiettile, calcolare di quanto aumenta la temperatura del proiettile stesso. (Il calore specifico dell'argento è pari a  $234\text{ J/kg}\cdot\text{ }^{\circ}\text{C}$ .)

3. Quanto calore è necessario trasferire ad un bicchiere di vetro di 100 g contenente 200 g d'acqua alla temperatura di 20°C per portare tutto il sistema alla temperatura di 50°C? (Si noti che si deve riscaldare sia l'acqua che il vetro. Il calore specifico del vetro è 837 J/kg ·°C.)

**Soluzione:** La quantità di calore necessaria è data dalla somma del calore trasferito all'acqua e del calore trasferito al vetro. Sia acqua che vetro subiscono un'aumento di temperatura di  $\Delta T = 50^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$ . Quindi otteniamo

$$\begin{aligned} Q &= m_{\text{acqua}} c_{\text{acqua}} \Delta T + m_{\text{vetro}} c_{\text{vetro}} \Delta T \\ &= (0.2 \text{ kg})(4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C})(30^\circ\text{C}) + (0.1 \text{ kg})(837 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C})(30^\circ\text{C}) = 27630 \text{ J}. \end{aligned}$$

4. Una mole di gas ideale è mantenuta alla temperatura di 0°C durante una espansione reversibile che varia il volume da 3.0 L a 10.0 L.

- (a) Quanto lavoro è fatto sul gas durante l'espansione?
  - (b) Quanto calore è assorbito dal gas durante l'espansione? (Tenete conto che essendo la temperatura uguale all'inizio e alla fine dell'espansione, l'energia interna del gas non varia durante la trasformazione.)
  - (c) Se il gas è riportato al volume iniziale tramite una trasformazione isobara reversibile, quanto lavoro è fatto sul gas?
5. Si consideri l'esperimento di Joule in cui due pesi di massa 1.50 kg sono collegati ad una ruota a pale immersa in un contenitore riempito con 200 g di acqua. Se ogni blocco si abbassa per una distanza di 3.0 m, quale è la temperatura finale dell'acqua?
6. In un contenitore isolato contenente 0.25 kg di acqua alla temperatura di 20°C, sono immersi un pezzo di alluminio di 0.4 kg alla temperatura di 26°C e un pezzo di rame di 0.1 kg alla temperatura di 100°C. Calcolare la temperatura del sistema una volta raggiunto l'equilibrio termico. (I calori specifici dell'alluminio e del rame sono rispettivamente 900 J/kg ·°C e 387 J/kg ·°C.)

**Soluzione:** Utilizzando il primo principio della termodinamica, concludiamo che la somma dei calori assorbiti (o ceduti) dai tre materiali (acqua, alluminio e rame) è zero:  $Q_{\text{acqua}} + Q_{\text{Al}} + Q_{\text{Cu}} = 0$ . Da notare che i calori scambiati hanno segno positivo se sono assorbiti e negativo se sono ceduti. Indichiamo con  $T_f$  la temperatura finale del sistema in equilibrio e con  $T_{\text{acqua}}$ ,  $T_{\text{Al}}$  e  $T_{\text{Cu}}$  le temperature iniziali dei tre materiali. Abbiamo che

$$\begin{cases} Q_{\text{acqua}} = m_{\text{acqua}} c_{\text{acqua}} (T_f - T_{\text{acqua}}) \\ Q_{\text{Al}} = m_{\text{Al}} c_{\text{Al}} (T_f - T_{\text{Al}}) \\ Q_{\text{Cu}} = m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} (T_f - T_{\text{Cu}}) \end{cases}$$

quindi

$$\begin{aligned} 0 &= Q_{\text{acqua}} + Q_{\text{Al}} + Q_{\text{Cu}} \\ &= m_{\text{acqua}} c_{\text{acqua}} (T_f - T_{\text{acqua}}) + m_{\text{Al}} c_{\text{Al}} (T_f - T_{\text{Al}}) + m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} (T_f - T_{\text{Cu}}). \end{aligned}$$

Da questa equazione, con semplici passaggi algebrici, otteniamo

$$(m_{\text{acqua}} c_{\text{acqua}} + m_{\text{Al}} c_{\text{Al}} + m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}}) T_f = m_{\text{acqua}} c_{\text{acqua}} T_{\text{acqua}} + m_{\text{Al}} c_{\text{Al}} T_{\text{Al}} + m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} T_{\text{Cu}},$$

ovvero

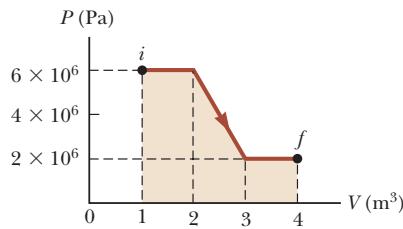
$$T_f = \frac{m_{\text{acqua}} c_{\text{acqua}} T_{\text{acqua}} + m_{\text{Al}} c_{\text{Al}} T_{\text{Al}} + m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} T_{\text{Cu}}}{m_{\text{acqua}} c_{\text{acqua}} + m_{\text{Al}} c_{\text{Al}} + m_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}}}.$$

Sostituendo i valori numerici si ottiene

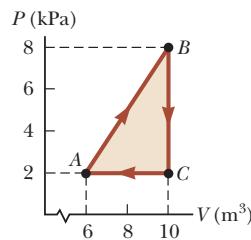
$$T_f = 23.64^\circ\text{C}.$$

7. La temperatura di una barra di metallo aumenta di 10°C quando essa assorbe 1.23 kJ di calore. La massa della barra è 525 g. Calcolare da questi dati il calore specifico del metallo. Confrontando il risultato con i calori specifici dati nella tabella del libro, determinare di che metallo si tratta.
8. Quanta energia è necessaria per trasformare 40 g di ghiaccio alla temperatura di  $-10^\circ\text{C}$  in vapore alla temperatura di  $110^\circ\text{C}$ ?

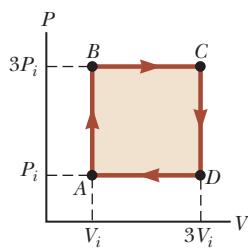
9. Un cubetto di ghiaccio di massa 75 g alla temperatura di  $0^{\circ}\text{C}$  è immerso in 825 g di acqua alla temperatura di  $25^{\circ}\text{C}$ . Quale è la temperatura del sistema dopo che si raggiunge l'equilibrio termico?
10. Un contenitore isolato è riempito con 600 g di acqua alla temperatura di  $18^{\circ}\text{C}$ . Si immergono nell'acqua 250 g di ghiaccio alla temperatura di  $0^{\circ}\text{C}$ . Quando si raggiunge l'equilibrio, quale è la quantità di ghiaccio rimasta nel contenitore?
11. Un gas ideale (0.2 moli) è contenuto in un cilindro con pistone mobile. Il pistone ha una massa di 8000 g ed un'area di  $5.0\text{ cm}^2$  ed è libero di scorrere in alto e in basso, mantenendo la pressione del gas costante. Quanto lavoro è fatto dal gas se la sua temperatura sale da  $20^{\circ}\text{C}$  a  $300^{\circ}\text{C}$ ? Quale è il volume del gas prima e dopo l'espansione?
12. Determinare il lavoro fatto dal gas mentre si espande reversibilmente seguendo le trasformazioni mostrate nel seguente diagramma PV.



13. Un gas compie il ciclo termodinamico mostrato nella figura. Trovare l'energia netta trasferita al gas sotto forma di calore durante un ciclo completo.



14. Un gas ideale compie una trasformazione in cui assorbe una quantità di calore  $Q = 10\text{ J}$ , compie un lavoro  $W = 12\text{ J}$  e la sua temperatura aumenta di  $2^{\circ}\text{C}$ . Spiegare perché questa trasformazione è impossibile.
15. 2.0 moli di gas ideale, inizialmente alla temperatura di  $300\text{ K}$  e alla pressione di  $0.4\text{ atm}$ , è compresso isotermicamente sino a raggiungere una pressione di  $1.2\text{ atm}$ . Trovare:
- il volume finale del gas;
  - il lavoro fatto dal gas;
  - l'energia trasferita al gas sotto forma di calore.
16. Un gas ideale inizialmente alla temperatura di  $300\text{ K}$  si espande isobaricamente ad una pressione di  $2.5\text{ kPa}$ . Se il volume aumenta da  $1\text{ m}^3$  a  $3\text{ m}^3$  e  $12.5\text{ kJ}$  di energia sono trasferiti al gas sotto forma di calore, calcolare la variazione di energia interna del gas e la sua temperatura finale.
17. Una mole di gas ideale inizialmente alla temperatura di  $0^{\circ}\text{C}$  compie il ciclo mostrato in figura partendo dal punto A. Calcolare il lavoro fatto dal gas per ogni ciclo completo.



18. Un sistema termodinamico compie una trasformazione durante la quale la sua energia interna decresce di 500 J. Se durante la trasformazione un lavoro di 220 J è fatto sul sistema, determinare quale è l'energia ceduta dal sistema sotto forma di calore.

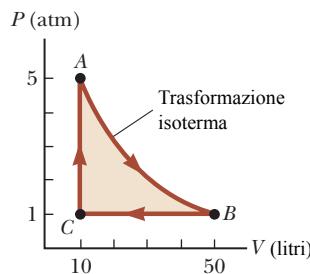
### Teoria cinetica dei gas

- Quanti atomi di elio riempiono un pallone del volume di 30 L alla temperatura di 20°C e alla pressione di 1 atm? Quale è l'energia cinetica media di un atomo? Quale è la velocità quadratica media di un atomo? (Tenere conto che la massa di un atomo di elio è  $6.7 \times 10^{-27}$  kg.)
- La velocità quadratica media delle molecole di elio contenute in un pallone è  $\sqrt{v^2} = 1.93 \times 10^3$  m/s. Calcolare la temperatura del gas. (Tenere conto che la massa di una molecola di elio è  $6.7 \times 10^{-27}$  kg.)

### Secondo principio della termodinamica

- Una macchina termica in ogni ciclo preleva 500 J di energia da una sorgente calda e cede 150 J di energia ad una sorgente fredda.
  - Calcolare l'efficienza della macchina termica.
  - Calcolare il lavoro fatto dalla macchina in un ciclo.
  - Supponendo che la macchina compia 1500 cicli al minuto, calcolare la potenza sviluppata.
- Tre macchine di Carnot operano tra due sorgenti di calore le cui temperature differiscono di 300 K. Supponendo che le temperature delle sorgenti calde delle tre macchine siano rispettivamente 1000 K, 800 K e 600 K, calcolare quali sono le efficienze delle tre macchine.
- Un recipiente contenente 500 g di vapore d'acqua alla temperatura di 130°C è posto in un frigorifero. Se il frigorifero ha un coefficiente di prestazione  $COP_F = 6$  e assorbe una potenza di 500 W, quanto tempo occorre perché il vapore si trasformi in ghiaccio e raggiunga la temperatura di -5°C?
- Una motore a vapore ha una caldaia che opera a  $T_H = 500$  K. L'energia derivante dalla combustione del carburante trasforma acqua in vapore che mette in movimento un pistone. Il motore utilizza come sorgente fredda l'aria dell'ambiente esterno, alla temperatura di  $T_C = 300$  K. Calcolare l'efficienza teorica massima del motore. Se si vuole ottenere un aumento di efficienza, è più conveniente aumentare  $T_H$  di  $\Delta T = 100$  K oppure diminuire  $T_C$  della stessa quantità?
- Durante un'espansione reversibile a temperatura costante  $T = 400$  K un gas assorbe una quantità di calore pari a 750 J. Calcolare la variazione di entropia del gas. Se sappiamo che il volume alla fine della trasformazione è il doppio di quello iniziale, calcolare il numero di moli del gas. (Suggerimento, utilizzare la formula che dà la quantità di calore assorbita dal gas in una trasformazione isoterma reversibile, in alternativa si può utilizzare la formula per il lavoro fatto dal gas o quella per la variazione di entropia.)
- Una sostanza ha calore latente di fusione  $L_F = 24.5 \times 10^3$  J/kg e fonde alla temperatura di 327°C. Assumendo che un campione della sostanza di massa 300 g passi dallo stato liquido a quello solido, calcolare la variazione dell'entropia del campione. Se la trasformazione è reversibile, quale è la variazione di entropia  $\Delta S_{ambiente}$  dell'ambiente esterno durante la transizione di fase? Se la trasformazione non è reversibile, la variazione di entropia dell'ambiente è minore, maggiore o uguale a quella calcolata nel caso reversibile?
- Un motore fornisce una potenza di 5.0 kW ed ha un'efficienza del 25.0%. Il motore cede 8000 J di calore alla sorgente fredda in ogni ciclo. Determinare
  - il calore assorbito dalla sorgente calda in ogni ciclo,
  - il tempo impiegato per un ciclo.
- Il lavoro prodotto da una macchina termica è pari ad un quarto dell'energia assorbita dalla sorgente calda. Quale è la sua efficienza? Che frazione dell'energia assorbita è ceduta alla sorgente fredda?
- Una macchina termica preleva 360 J di energia da una sorgente calda e produce 25 J di lavoro in ogni ciclo. Trovare l'efficienza della macchina e l'energia ceduta alla sorgente fredda in ogni ciclo. Se ogni ciclo dura 0.3 s, quale è la potenza generata dalla macchina termica?

10. Un frigorifero ha coefficiente di prestazione pari a 5.0. In ogni ciclo esso preleva 120 J dalla sorgente fredda. Calcolare il lavoro richiesto per ogni ciclo e l'energia ceduta alla sorgente calda.
11. Una pompa di calore ha coefficiente di prestazione pari a 3.8 e assorbe una potenza di 7030 W. Quanta energia rilascia nell'ambiente da riscaldare in 8.0 ore di utilizzo continuo? Quanta energia estrae dalla sorgente fredda?
12. Una pompa di calore ha un coefficiente di prestazione pari a 4.2 e richiede 1.75 kW per funzionare. Quanta energia viene pompata nell'ambiente da riscaldare in un'ora? Se la pompa di calore viene invertita, essa può funzionare da condizionatore. Quale è il coefficiente di prestazione della pompa quando opera come condizionatore?
13. Un motore termico opera tra le temperature di  $25^{\circ}\text{C}$  e  $375^{\circ}\text{C}$ . Quale è la massima efficienza teorica del motore?
14. Un motore di Carnot produce una potenza di 150 kW. Il motore opera tra le temperature di  $20^{\circ}\text{C}$  e  $500^{\circ}\text{C}$ . Quanto calore è assorbito dal motore dalla sorgente calda in un'ora? Quanto calore è ceduto alla sorgente fredda in un'ora?
15. Quale è il coefficiente di prestazione di un frigorifero che opera con efficienza di Carnot tra le temperature di  $-3.0^{\circ}\text{C}$  e  $+27^{\circ}\text{C}$ ?
16. Quanto lavoro richiede un frigorifero ideale di Carnot per rimuovere 1.0 J di energia da un contenitore di elio liquido alla temperatura di 4.0 K e cedere la stessa all'ambiente esterno alla temperatura di 293 K?
17. Un motore di Carnot ha un'efficienza del 65%. Se la temperatura della sorgente fredda è  $20^{\circ}\text{C}$ , quale è la temperatura della sorgente calda?
18. Un'automobile di massa 1500 kg viaggia alla velocità di 20 m/s. Il guidatore frena ad uno stop. I freni assorbono l'energia cinetica e la cedono sotto forma di calore all'aria che rimane alla temperatura di  $20^{\circ}\text{C}$ . Calcolare la variazione di entropia. (Suggerimento: i freni sono nello stesso stato prima della frenata e dopo che si sono raffreddati cedendo il calore. Il calore è ceduto ad un sistema a temperatura costante.)
19. Una mole di gas ideale compie il ciclo reversibile mostrato in figura. Il processo  $A \rightarrow B$  è un'espansione isoterma.



Calcolare:

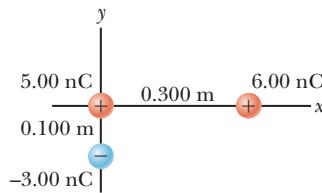
- il lavoro fatto dal gas;
- l'energia assorbita dal gas in forma di calore;
- l'energia ceduta sotto forma di calore;
- l'efficienza del ciclo.

Calcolare l'efficienza di una macchina di Carnot che opera tra le stesse temperature estreme (la temperatura della sorgente fredda è la temperatura nel punto  $C$ , mentre la sorgente calda è alla temperatura della trasformazione isoterma). Per risolvere i quesiti usare il fatto che il gas ha un calore specifico molare a volume costante pari a  $C_V = 3R/2$  e un calore specifico molare a pressione costante pari a  $C_P = 5R/2$ .

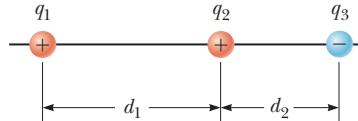
### 3 Elettrodinamica

#### Elettrostatica

- Due protoni nel nucleo sono separati da una distanza dell'ordine di  $2 \times 10^{-15}$  m. La repulsione elettrica tra di loro è enorme, ma è compensata dalle forze nucleari che sono attrattive. Quale è la grandezza della forza di repulsione elettrica tra due protoni nel nucleo? (La carica del protone è pari a  $e = 1.602 \times 10^{-19}$  C.)
- Una particella carica A esercita una forza di  $2.62 \mu\text{N}$  su una particella B quando le due sono ad una distanza di 13.7 mm. Che forza esercita la particella A sulla particella B quando le due sono ad una distanza di 17.7 mm? Che forza esercita la particella B sulla particella A?
- Una particella di carica  $5.5 \times 10^{-9}$  C è posta ad una distanza di 1.8 m da una particella di carica  $4.2 \times 10^{-9}$  C. Trovare la forza elettrica tra le due particelle. La forza è attrattiva o repulsiva?
- Tre particelle puntiformi sono poste come in figura. Calcolare l'intensità e la direzione della forza che agisce sulla particella all'origine degli assi. (Nota: nC denota  $10^{-9}$  C.)

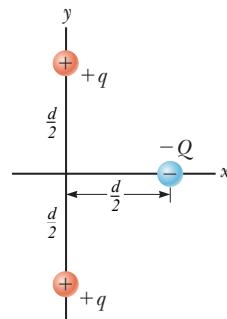


- Tre particelle puntiformi sono collocate lungo un segmento come mostrato in figura.



Se le cariche sono  $q_1 = 6.0 \mu\text{C}$ ,  $q_2 = 1.5 \mu\text{C}$  e  $q_3 = -2.0 \mu\text{C}$ , e le separazioni sono  $d_1 = 3.0 \text{ cm}$  e  $d_2 = 2.0 \text{ cm}$ . Calcolare la grandezza e il verso delle forze elettriche sulle tre particelle.

- Tre particelle sono disposte come in figura.



Calcolare la forza che agisce sulla particella di carica negativa. (Suggerimento, notare che tutte le particelle sono alla stessa distanza dall'origine, quindi gli angoli tra i segmenti che collegano le particelle positive e quella negativa formano angoli di  $45^\circ$  con gli assi.)

#### Resistenze e correnti

- Un filo del diametro di 32 mm ha una resistività di  $1.0 \times 10^{-6} \Omega \text{ m}$ . Calcolare la resistenza del filo per unità di lunghezza. Se il filo è lungo 1 m e ai capi di un filo si applica una differenza di potenziale di 10 V, calcolare la corrente che scorre nel filo.

- Un bollitore è costruito applicando una differenza di potenziale di 120 V ad una resistenza di  $8.0\ \Omega$ . Trovare la corrente che percorre la resistenza e la potenza assorbita. Come cambiano i risultato precedenti se si usa una differenza di potenziale di 240 V?
- Un bollitore che opera a 110 V è usato per riscaldare 1.5 kg di acqua dalla temperatura di  $10^\circ\text{C}$  alla temperatura di  $50^\circ\text{C}$  in 10 min. Quale è la resistenza usata nel bollitore? Se un kWh di elettricità costa 0.12 euro, quanto costa riscaldare l'acqua col bollitore?

**Soluzione:** La potenza emessa dalla resistenza  $R$  è

$$P = \frac{(\Delta V)^2}{R},$$

dove  $\Delta V = 110\text{ V}$  è la differenza di potenziale ai suoi capi. Nel tempo  $\Delta t = 10\text{ min} = 600\text{ s}$  la quantità di energia trasferita all'acqua (sotto forma di calore) è  $Q = P \cdot \Delta t$ . Il trasferimento di calore determina l'aumento di temperatura dell'acqua secondo la legge dei calori specifici

$$Q = m_{\text{acqua}} c_{\text{acqua}} (T_f - T_i),$$

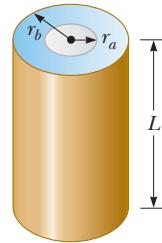
dove  $T_f = 50^\circ\text{C}$  e  $T_i = 10^\circ\text{C}$ . Mettendo insieme le equazioni troviamo

$$\frac{(\Delta V)^2}{R} \Delta t = m_{\text{acqua}} c_{\text{acqua}} (T_f - T_i),$$

e quindi

$$R = \frac{(\Delta V)^2 \Delta t}{m_{\text{acqua}} c_{\text{acqua}} (T_f - T_i)} = \frac{(110\text{ V})^2 (600\text{ s})}{(1.5\text{ kg})(4186\text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C})(50^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})} = 28.91\ \Omega.$$

- Ai capi di un filo di tungsteno di lunghezza 1.5 m e sezione  $0.6\text{ mm}^2$  è applicata una differenza di potenziale di 0.9 V. Quale è l'intensità della corrente che scorre nel filo? (La resistività del tungsteno è  $5.6 \times 10^{-8}\ \Omega\text{ m}$ .)
- Una resistenza assorbe 1.0 kW di potenza quando è connessa ad una differenza di potenziale di 120 V. Che corrente scorre nella resistenza? Quanto vale la resistenza?
- Un conduttore metallico ha la forma di un filo cilindrico cavo, come mostrato in figura. Il raggio interno del cilindro è  $r_a$ , mentre il raggio esterno è  $r_b$ . La lunghezza del conduttore è  $L$ . Se la conduttività del metallo è  $\sigma$ , calcolare la resistenza del conduttore tra i due estremi superiore e inferiore.

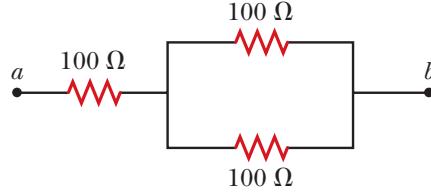


### Forza elettromotrice

- Una batteria eroga una f.e.m. pari a 15.0 V. La batteria ha una differenza di potenziale di 11.6 V quando eroga 20.0 W di potenza ad una resistenza di carico  $R$ . Calcolare
  - quale è il valore di  $R$ ;
  - quale è la resistenza interna della batteria.
- Due batterie di 1.50 V sono collegate in serie (con i poli positivi nella stessa direzione). Le batterie hanno resistenza interna 0.255  $\Omega$  e 0.153  $\Omega$ . Le due batterie sono poi collegate in un circuito che alimenta una lampadina. Se la corrente che attraversa la lampadina è 600 mA, quale è la resistenza della lampadina?
- La batteria di un'automobile fornisce una f.e.m. di 12.6 V ed ha una resistenza interna di 0.08  $\Omega$ . Le luci dell'automobile, considerate insieme, hanno una resistenza equivalente di 5  $\Omega$ . Quale è la caduta di potenziale dovuta alle luci (a) quando la batteria alimenta solo le luci e (b) quando la batteria alimenta anche lo starter con una corrente di 35.0 A?

### Resistori in serie e in parallelo

1. Tre resistori da  $100 \Omega$  sono collegati come mostrato in figura. La potenza massima che può essere fornita ad uno qualsiasi dei resistori è  $25.0 \text{ W}$ .



- (a) Quale è la massima differenza di potenziale che può essere applicata ai terminali  $a$  e  $b$ ?
- (b) Usando il voltaggio trovato nel punto (a), quale è la potenza assorbita da ciascun resistore?
- (c) Quale è la potenza totale assorbita dai resistori?

**Soluzione:**

- (a) Il circuito consiste in due resistori in parallelo (i due uno sull'altro a destra del diagramma) che a loro volta sono in serie con il resistore a sinistra. La resistenza equivalente dei due resistori in parallelo è

$$R_{eq1} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{R}{2},$$

dove abbiamo indicato con  $R$  la resistenza dei vari resistori (per semplicità usiamo lo stesso simbolo per tutti e tre i resistori poiché hanno uguale resistenza). La resistenza equivalente di tutto il circuito è quindi

$$R_{eq} = R + R_{eq1} = \frac{3}{2}R = 150 \Omega.$$

La corrente che scorre tra i punti  $a$  e  $b$  quando è applicata una differenza di potenziale  $\Delta V$  è data da

$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{2}{3} \frac{\Delta V}{R}.$$

Il resistore sulla sinistra è attraversato da tutto il flusso di corrente  $I$  (mentre i resistori in parallelo sono attraversati da parte della corrente totale). Quindi il resistore sulla sinistra è quello che assorbe più potenza. La potenza assorbita da questo resistore è

$$P = I^2 \cdot R = \frac{4}{9} \frac{(\Delta V)^2}{R} \Rightarrow \Delta V = \sqrt{\frac{9}{4} R P} = \frac{3}{2} \sqrt{RP}. \quad (1)$$

Poiché la potenza massima è  $P_{max} = 25.0 \text{ W}$ , otteniamo che la massima differenza di potenziale è

$$\Delta V_{max} = \frac{3}{2} \sqrt{R P_{max}} = \frac{3}{2} \sqrt{(100 \Omega)(25.0 \text{ W})} = 75 \text{ V}.$$

Nota: si può anche procedere determinando la massima intensità  $I_{max}$  dall'eq. (1),

$$I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}} = 0.5 \text{ A}.$$

E a questo punto determinare la massima differenza di potenziale da

$$\Delta V_{max} = R_{eq} I_{max} = (150 \Omega)(0.5 \text{ A}) = 75 \text{ V}.$$

- (b) Per una differenza di potenziale pari a  $\Delta V_{max}$  la potenza assorbita dal resistore sulla sinistra è ovviamente  $P_p = P_{max} = 25.0 \text{ W}$ , come visto nella soluzione al quesito a. Poiché i due resistori in parallelo hanno la stessa resistenza, è facile vedere che essi sono attraversati dalla stessa corrente, che ovviamente è la metà della corrente che scorre tra i punti  $a$  e  $b$  del circuito,  $I = I_{max}/2$ . La potenza assorbita da ciascuno dei due resistori in parallelo è quindi

$$P_s = I^2 R = \frac{I_{max}^2}{4} R = \frac{1}{4}(0.5 \text{ A})^2(100 \Omega) = 6.25 \text{ W}.$$

Un modo equivalente per ottenere lo stesso risultato è calcolare la differenza di potenziale ai capi delle resistenze in parallelo. La caduta di potenziale ai capi della resistenza a sinistra è data da  $\Delta V_s = RI_{max} = (100\Omega)(0.5\text{ A}) = 50\Omega$ . La differenza di potenziale ai capi delle due resistenze in parallelo è quindi  $\Delta V_p = \Delta V_{max} - \Delta V_s = 25\Omega$ . La potenza assorbita da ognuna delle due resistenze in parallelo è quindi  $P_s = (\Delta V_p)^2/R = 6.25\text{ W}$ .

- (c) Un modo banale per calcolare la potenza totale assorbita è sommare le potenze assorbite dai tre resistori

$$P_{tot} = P_p + 2P_s = 37.5\text{ W}.$$

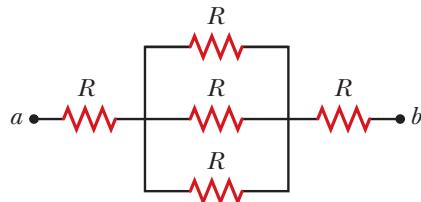
In alternativa si può usare il fatto che la potenza assorbita è uguale alla potenza assorbita dalla resistenza equivalente

$$P_{tot} = I^2 R_{eq} = (0.5\text{ A})^2(150\Omega) = 37.5\text{ W}.$$

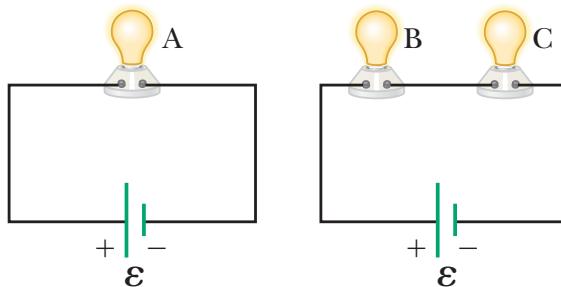
Un terzo modo per giungere al risultato è calcolare la potenza a partire dall'intensità di corrente e dalla differenza di potenziale

$$P_{tot} = I \cdot \Delta V = (0.5\text{ A})(75\text{ V}) = 37.5\text{ W}.$$

2. Quale è la resistenza equivalente della combinazione di resistori (tutti di resistenza  $R$ ) mostrati in figura?

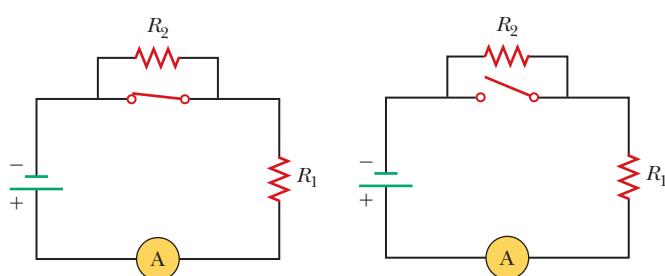


3. Si considerino i due circuiti mostrati in figura, formati da batterie identiche (f.e.m.  $= \mathcal{E}$ ) e da lampadine con la stessa resistenza  $R$ .

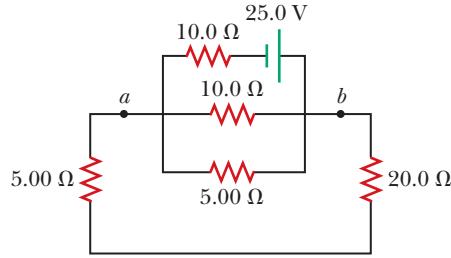


Trascurando la resistenza interna delle batterie, rispondere (spiegando) alle seguenti domande:

- (a) Trovare la corrente che attraversa le lampadine nei due circuiti.  
 (b) Come è la brillantezza della lampadina B rispetto a quella C?  
 (c) Come è la brillantezza della lampadina A rispetto a B e C?
4. Un circuito come quello mostrato in figura ha uno switch che può essere aperto o chiuso. Calcolare la corrente che scorre nel circuito nel caso in cui lo switch è aperto e nel caso in cui è chiuso.



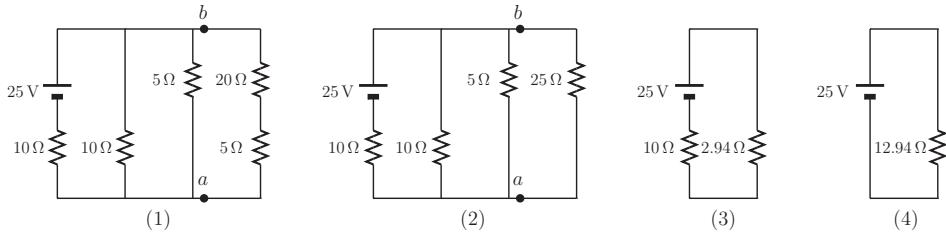
5. Si consideri il circuito mostrato in figura.



Trovare:

- (a) la corrente che attraversa ogni resistore;
- (b) la differenza di potenziale tra i punti *a* e *b*.

**Soluzione:** Il circuito può essere risolto utilizzando il concetto di resistenza equivalente. Il procedimento è illustrato nei seguenti diagrammi.



Prima di tutto notiamo che il circuito è equivalente al circuito mostrato nel diagramma (1). Le due resistenze all'estrema destra sono in serie e possono essere sostituite da una resistenza equivalente pari a  $R = 20\Omega + 5\Omega = 25\Omega$ , come illustrato nel diagramma (2). Nel diagramma (2) le resistenze sulla seconda, terza e quarta colonna sono in parallelo, quindi possono essere sostituite da un'unica resistenza equivalente

$$R = \frac{1}{\frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{5\Omega} + \frac{1}{25\Omega}} = 2.94\Omega, \quad (2)$$

come mostrato nel diagramma (3). Infine le due resistenze nel diagramma (3) sono in serie e sono equivalenti ad una resistenza  $R = 10\Omega + 2.94\Omega = 12.94\Omega$  (diagramma (4)). Possiamo ora risolvere il circuito. Usando il diagramma (4) calcoliamo l'intensità di corrente fornita dal generatore (ovvero la corrente che attraversa il generatore)

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{25\text{ V}}{12.94\Omega} = 1.932\text{ A}.$$

Come si vede dal diagramma (1) tutta la corrente fornita dal generatore attraversa la resistenza da  $10\Omega$  nella colonna a sinistra del circuito (la resistenza immediatamente sotto il generatore). Quindi questa resistenza è percorsa dalla corrente  $I = 1.932\text{ A}$ . Da questi risultati possiamo calcolare la differenza di potenziale tra i punti *a* e *b* del circuito. Si può infatti notare (dal diagramma (1)) che questa differenza di potenziale è semplicemente data dalla differenza di potenziale agli estremi del filo sulla colonna all'estrema sinistra, cioè è la differenza di potenziale del generatore meno la caduta di potenziale dovuta alla resistenza da  $10\Omega$  sulla colonna a sinistra. Ottieniamo quindi

$$\Delta V_{ab} = (25\text{ V}) - (10\Omega)(1.932\text{ A}) = 5.68\text{ V}.$$

Notate che questo risultato fornisce la risposta al quesito b). Un modo alternativo per calcolare questa differenza di potenziale è usare il diagramma (3), notando che la differenza di potenziale tra i punti *a* e *b* è semplicemente la caduta di potenziale ai capi della resistenza da  $2.94\Omega$ , ovvero

$$\Delta V_{ab} = (2.94\Omega)(1.932\text{ A}) = 5.68\text{ V}.$$

Da questo risultato possiamo calcolare l'intensità di corrente nel secondo, terzo e quarto filo verticale nel diagramma (1). Otteniamo che il resistore da  $10\Omega$  sul secondo filo verticale da sinistra è attraversato da una corrente

$$I = \frac{\Delta V_{ab}}{R} = \frac{5.68\text{ V}}{10\Omega} = 0.568\text{ A}.$$

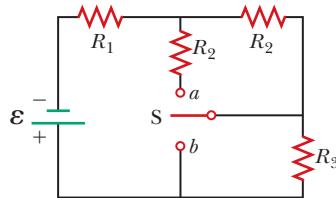
Il resistore da  $5\Omega$  sul terzo filo è attraversato da una corrente

$$I = \frac{\Delta V_{ab}}{R} = \frac{5.68\text{ V}}{5\Omega} = 1.136\text{ A}.$$

Mentre i due resistori sul quarto filo (che sono in serie tra di loro) sono attraversati entrambi da una corrente

$$I = \frac{\Delta V_{ab}}{R_1 + R_2} = \frac{5.68\text{ V}}{(5\Omega) + (20\Omega)} = 0.227\text{ A}.$$

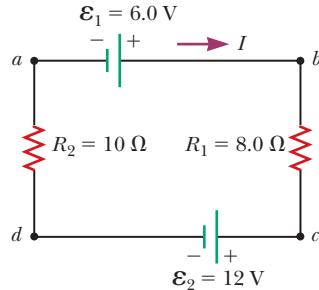
6. Una batteria con  $\mathcal{E} = 6.0\text{V}$  e con resistenza interna nulla è inserita nel circuito mostrato di seguito.



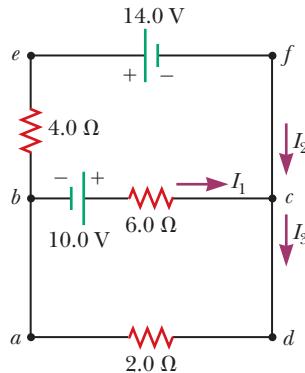
Quando lo switch S è aperto, la corrente data dalla batteria è  $1.0\text{ mA}$ . Quando lo switch è collegato al capo a la corrente è  $1.2\text{ mA}$ . Quando lo switch è collegato al capo b, la corrente è  $2.0\text{ mA}$ . Determinare le resistenze  $R_1$ ,  $R_2$  ed  $R_3$ . (Suggerimento: trovare le resistenze equivalenti per le tre posizioni dello switch.)

### Leggi di Kirchhoff

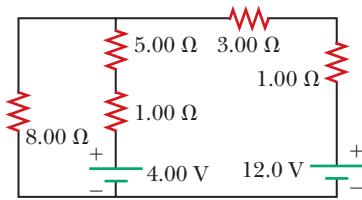
1. Calcolare la corrente che scorre nel seguente circuito.



2. Trovare le correnti  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$  che scorrono nei rami del seguente circuito.



3. Calcolare le correnti che scorrono nei rami del seguente circuito.



4. Assumendo che  $R = 1.0 \Omega$  e  $\mathcal{E} = 250 \text{ V}$ , determinare la direzione della corrente che scorre nei vari segmenti del seguente circuito. (Suggerimento: notare che i punti  $a$  ed  $e$  sono connessi da un filo senza resistenza, quindi sono allo stesso potenziale.)

