

<p>2.4 L'aria contenuta in un pneumatico d'automobile con un volume di 0.015 m^3 è alla temperatura di $30 \text{ }^\circ\text{C}$ e alla pressione (pressione al manometro o relativa) di 150 kPa. Si determini la quantità d'aria che si deve introdurre nel pneumatico per innalzare la pressione al valore raccomandato di 200 kPa (pressione al manometro o relativa). Si supponga che la pressione atmosferica sia 98 kPa e che la temperatura e il volume rimangano costanti. [Soluzione: 0.0086 kg]</p>	<p>2.6 Un recipiente rigido di 800 L contiene 10 kg di aria a $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Si determini l'indicazione del manometro se la pressione atmosferica è 97 kPa. [Soluzione: $972,1 \text{ kPa}$]</p>
<p>2.15 Si osserva che l'acqua contenuta in una pentola a pressione bolle a $120 \text{ }^\circ\text{C}$. Quando vale la pressione assoluta, in kilopascal, nella pentola? [Soluzione: 198.5 kPa]</p>	<p>2.18 Si deve installare un ventilatore per aerare un locale riservato ai fumatori, il quale misura $10 \text{ m} \times 15 \text{ m} \times 2.4 \text{ m}$ (altezza). Gli standard di ventilazione indicano che l'aria fresca deve essere immessa nel locale a una portata volumetrica di almeno 30 L/s pro capite. Se il locale deve accogliere 25 fumatori, si determinino (a) la portata volumetrica del ventilatore che deve essere installato e (b) il ricambio d'aria del locale effettuato dal ventilatore, espresso come numero di ricambi d'aria all'ora (ACH, air changes per hour). [Soluzioni: (a) $0.750 \text{ m}^3/\text{s}$; (b) 7.5 h^{-1}]</p>
<p>2.19 Si deve installare un ventilatore per aerare una stanza da bagno che misura $2 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ (altezza). Si desidera che il ventilatore cambi tutta l'aria nel locale almeno una volta ogni 15 min. È disponibile un ventilatore la cui portata volumetrica nominale è di 25 L/s. Si determini se questo ventilatore sia grande a sufficienza per lo scopo. Si determini anche la portata massica dell'aria attraverso il ventilatore, espressa in kilogrammi al secondo (kg/s). Si facciano ipotesi ragionevoli. [Soluzioni: (a) il ventilatore è abbastanza grande; (b) 0.030 kg/s]</p>	<p>3.8 Un recipiente rigido contiene 10 kg di aria alla pressione di 200 kPa e alla temperatura di $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Si riscalda l'aria finché la sua pressione non raddoppia. Si determinino (a) il volume del recipiente e (b) la quantità di calore trasferita. [Soluzioni: (a) 4.305 m^3; (b) 2199 kJ]</p>
<p>3.9 Una stanza che misura $4 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ deve essere riscaldata da un riscaldatore a resistenza elettrica installato nello zoccolo della stanza. Si desidera che il riscaldatore a resistenza sia capace di innalzare la temperatura dell'aria nella stanza da $7 \text{ }^\circ\text{C}$ a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ entro 15 min. Supponendo che non vi siano dispersioni di calore dalla stanza e che la pressione atmosferica sia 100 kPa, si determini la potenza del riscaldatore a resistenza. Si assumano calori specifici costanti a temperatura ambiente. [Soluzione: 1.91 kW]</p>	<p>3.10 Uno studente che vive in una stanza di $4 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ accende il suo ventilatore da 150 W prima di uscire dalla stanza in una giornata estiva, sperando che la stanza si sia rinfrescata al suo ritorno alla sera. Supponendo che tutte le porte e tutte le finestre siano chiuse a tenuta d'aria e trascurando ogni scambio di calore attraverso le pareti e le finestre, si determini la temperatura nella stanza quando lo studente ritornerà 10 h dopo. Si usino valori dei calori specifici a temperatura ambiente e si supponga che la stanza sia alla pressione di 100 kPa e alla temperatura di $15 \text{ }^\circ\text{C}$ al mattino quando lo studente la lascia. [Soluzione: $58.2 \text{ }^\circ\text{C}$]</p>
<p>3.13 Si consideri un'aula che cede all'ambiente esterno una potenza termica di $20\,000 \text{ kJ/h}$. Se nell'aula sono presenti 30 studenti, ciascuno dei quali dissipa calore sensibile a una potenza di 100 W, si determini se sia necessario accendere il riscaldatore nell'aula per impedire alla temperatura dell'aula di diminuire. [Soluzione: sì, è necessario]</p>	<p>3.20 Per raffreddare 1 t (1000 kg) di acqua a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ in un recipiente isolato, una persona versa nell'acqua 80 kg di ghiaccio a $-5 \text{ }^\circ\text{C}$. Si determini la temperatura di equilibrio finale nel recipiente. La temperatura di fusione e il calore di fusione del ghiaccio a pressione atmosferica sono $0 \text{ }^\circ\text{C}$ e 333.7 kJ/kg, rispettivamente. [Soluzione: $12.4 \text{ }^\circ\text{C}$]</p>
<p>4.13 Una corrente d'aria fredda a 1 MPa e a $12 \text{ }^\circ\text{C}$ viene miscelata con un'altra corrente a 1 MPa e a $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Se la portata massica della corrente fredda è pari al doppio di quella della corrente calda, si determini la temperatura della corrente in uscita. Si usino calori specifici a temperatura ambiente. [Soluzione: $28 \text{ }^\circ\text{C}$]</p>	<p>4.14 In un sistema di riscaldamento ad acqua si riscalda l'aria facendola passare attraverso le alette di un radiatore. L'acqua calda entra nel radiatore a una temperatura di $90 \text{ }^\circ\text{C}$ e a una portata massica di 8 kg/min e ne esce a una temperatura di $70 \text{ }^\circ\text{C}$. L'aria entra a 100 kPa e a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ed esce a $47 \text{ }^\circ\text{C}$. Si determini la portata volumetrica dell'aria in entrata. [Soluzione: $0.431 \text{ m}^3/\text{s}$]</p>
<p>4.15 Una casa ha un sistema di riscaldamento elettrico costituito da un ventilatore di 300 W e da un elemento scaldante a resistenza elettrica installato in un condotto. La corrente d'aria attraversa il condotto in regime stazionario a una portata massica di 0.6 kg/s e subisce un aumento di temperatura di $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Si stima che la potenza termica ceduta dall'aria nel condotto sia pari a 400 W. Si determini la potenza nominale dell'elemento scaldante a resistenza elettrica. [Soluzione: 3.12 kW]</p>	<p>4.16 Una corrente d'aria entra nel condotto di un sistema di condizionamento d'aria a 105 kPa, a $12 \text{ }^\circ\text{C}$ e a una portata volumetrica di $12 \text{ m}^3/\text{min}$. Il condotto ha un diametro di 20 cm e l'aria nel condotto riceve dall'ambiente una potenza termica di 2 kW. Si determinino (a) la velocità dell'aria all'entrata del condotto e (b) la temperatura dell'aria all'uscita. [Soluzioni: (a) 6.37 m/s; (b) $19.74 \text{ }^\circ\text{C}$]</p>

<p>4.17 Una corrente d'acqua viene riscaldata in un tubo isolato di diametro costante da un riscaldatore a resistenza elettrica di 7 kW. Se la corrente d'acqua entra nel riscaldatore in regime stazionario a una temperatura di 15 °C e ne esce a una temperatura di 70 °C, si determini la portata massica. [Soluzione: 0.03 kg/s]</p>	<p>4.19 Si propone di realizzare uno scaldacqua costituito da un tubo isolato di 5 cm di diametro e da un resistore elettrico al suo interno. Una corrente d'acqua fredda entra in regime stazionario nella sezione scaldante a una temperatura di 15 °C e a una portata volumetrica di 30 L/min. Se la temperatura dell'acqua deve essere innalzata a 50 °C, si determinino (a) la potenza nominale del riscaldatore a resistenza e (b) la velocità media della corrente d'acqua nel tubo. [Soluzioni: (a) 73.2 kW; (b) 0.255 m/s]</p>
<p>4.20 Si determini la potenza termica ceduta da un edificio a causa di infiltrazioni se l'aria esterna a -10 °C e a 90 kPa entra nell'edificio con una portata volumetrica di 35 L/s quando l'aria interna è mantenuta alla temperatura di 22 °C. [Soluzione: 1.3 kW]</p>	<p>9.1 Una stanza contiene aria a una temperatura di 20 °C, a una pressione di 98 kPa e a un'umidità relativa dell'85%. Si determinino (a) la pressione parziale dell'aria secca, (b) l'umidità specifica dell'aria e (c) l'entalpia riferita all'unità di massa di aria secca. [Soluzioni: (a) 96.01 kPa (b) (0.0129 kg H₂O)/(kg aria secca); (c) 52.84 kJ/(kg aria secca)]</p>
<p>9.2 Si determinino le masse dell'aria secca e del vapore acqueo contenuti in una stanza di 240 m³ a una pressione di 98 kPa, a una temperatura di 23 °C e a un'umidità relativa del 50%. [Soluzioni: 273 kg, 2.5 kg]</p>	<p>9.3 Una casa contiene aria a una temperatura di 25 °C e a un'umidità relativa del 65%. Condenserà umidità sulle superfici interne delle finestre quando la temperatura delle finestre stesse scende a 10 °C? [Soluzione: Sì]</p>
<p>9.6 Una stanza contiene aria a una pressione di 1 atm, una temperatura di 26 °C e un'umidità relativa del 70%. Usando il diagramma psicrometrico, si determinino (a) l'umidità specifica, (b) l'entalpia [in kJ/(kg aria secca)], (c) la temperatura di bulbo umido, (d) la temperatura di rugiada e (e) il volume specifico dell'aria [in m³/(kg aria secca)]. [Soluzioni: (a) (0.0148 kg H₂O)/(kg aria secca); (b) (63.9 kJ)/(kg aria secca); (c) 21.9 °C; (d) 20.1 °C; (e) 0.868 m³/(kg aria secca)]</p>	<p>9.7 L'aria in una stanza ha una pressione di 1 atm, una temperatura di bulbo secco di 24 °C e una temperatura di bulbo umido di 17 °C. Usando il diagramma psicrometrico, si determinino (a) l'umidità specifica, (b) l'entalpia [in kJ/(kg aria secca)], (c) l'umidità relativa, (d) la temperatura di rugiada e (e) il volume specifico dell'aria [in m³/(kg aria secca)]. [Soluzioni: (a) (0.0092 kg H₂O)/(kg aria secca); (b) 47.6 kJ/(kg aria secca); (c) 49.6%; (d) 12.8 °C; (e) 0.855 m³/(kg aria secca)]</p>
<p>9.8 L'aria entra nella sezione di riscaldamento di un sistema di condizionamento dell'aria a una pressione di 95 kPa, a una temperatura di 15 °C, a un'umidità relativa del 30% e a una portata volumetrica di 4 m³/min e ne esce a una temperatura di 25 °C. Si determinino (a) la potenza termica scambiata nella sezione di riscaldamento e (b) l'umidità relativa dell'aria all'uscita. [Soluzioni: (a) 0.8 kW; (b) 16.1%]</p>	<p>9.9 L'aria entra nella sezione di raffreddamento di un sistema di condizionamento dell'aria, di 40 cm di diametro, a una pressione di 1 atm, a una temperatura di 32 °C, a un'umidità relativa del 30% e a una velocità di 18 m/s. La potenza termica sottratta all'aria è pari a 1200 kJ/min. Si determinino (a) la temperatura all'uscita, (b) l'umidità relativa dell'aria all'uscita e (c) la velocità all'uscita. [Soluzioni: (a) 24.4 °C; (b) 46.6%; (c) 17.6 m/s]</p>
<p>9.10 L'aria a una pressione di 1 atm, a una temperatura di 15 °C e a un'umidità relativa del 60% viene prima riscaldata fino a 20 °C nella sezione di riscaldamento di un sistema di condizionamento dell'aria e poi umidificata mediante l'introduzione di vapore acqueo. L'aria esce dalla sezione di umidificazione a una temperatura di 25 °C e a un'umidità relativa del 65%. Si determinino (a) la quantità di vapore introdotto nell'aria e (b) la quantità di calore somministrata all'aria nella sezione di riscaldamento. [Soluzioni: (a) (0.0065 kg H₂O)/(kg aria secca); (b) 5.1 kJ/(kg aria secca)]</p>	<p>9.11 Un sistema di condizionamento dell'aria funziona a una pressione totale di 1 atm ed è costituito da una sezione di riscaldamento e da un umidificatore che eroga vapore acqueo saturo a una temperatura di 100 °C. L'aria entra nella sezione di riscaldamento a una temperatura di 10 °C, a un'umidità relativa del 70% e a una portata volumetrica di 35 m³/min ed esce dalla sezione di umidificazione a una temperatura di 20 °C e a un'umidità relativa del 60%. Si determinino (a) la temperatura e l'umidità relativa dell'aria quando esce dalla sezione di riscaldamento, (b) la potenza termica scambiata nella sezione di riscaldamento e (c) la portata massica dell'acqua nella sezione di umidificazione. [Soluzioni: (a) 19.4 °C, 37.8%; (b) 6.8 kW; (c) 2.5 g/s]</p>
<p>9.12 L'aria entra in un condizionatore d'aria da finestra a una pressione di 1 atm, a una temperatura di 32 °C, a un'umidità relativa del 70% e a una portata volumetrica di 3 m³/min ed esce sotto forma di aria satura a una temperatura di 12 °C. Una parte dell'umidità presente nell'aria che condensa durante questo processo viene rimossa alla temperatura di 12 °C. Si determinino (a) la potenza termica sottratta all'aria e (b) la portata massica di acqua sottratta all'aria. [Soluzioni: (a) 2.9 kW; (b) 0.7 g/s]</p>	<p>9.20 Due correnti d'aria vengono mescolate in modo stazionario e adiabatico. La prima corrente entra a una temperatura di 32 °C, a un'umidità relativa del 40% e a una portata volumetrica di 20 m³/min, mentre la seconda corrente entra a una temperatura di 12 °C, a un'umidità relativa del 90% e a una portata volumetrica di 25 m³/min. Supponendo che il processo di mescolamento avvenga a una pressione di 1 atm, si determinino (a) l'umidità specifica, (b) l'umidità relativa, (c) la temperatura di bulbo secco e (d) la portata volumetrica della miscela. [Soluzioni: (a) (0.0096 kg H₂O)/(kg aria secca); (b) 63.4%; (c) 20.6 °C; (d) 0.75 m³/s]</p>

<p>10.4 Si consideri una parete di mattoni alta 4 m, larga 6 m e spessa 0.3 m, la cui conducibilità termica è $\lambda = 0.8 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$. In un certo giorno i valori misurati delle temperature della superficie interna e della superficie esterna della parete sono 14 °C e 6 °C, rispettivamente. Si determini la potenza termica dissipata attraverso la parete in quel giorno. [Soluzione: 512 W]</p>	<p>10.5 Si consideri una finestra di vetro alta 1.2 m e larga 2 m, il cui spessore è 6 mm e la cui conducibilità termica è $\lambda = 0.78 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$. Si determinino (a) la potenza termica trasmessa attraverso questa finestra in regime stazionario e (b) la temperatura della sua superficie interna in un giorno in cui la temperatura della stanza è mantenuta a 24 °C mentre la temperatura esterna è -5 °C. Si supponga che i coefficienti di scambio termico convettivo della superficie interna e della superficie esterna della finestra siano $h_1 = 10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$ e $h_2 = 25 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$, rispettivamente, e si trascuri la trasmissione di calore per irraggiamento. [Soluzioni: (a) 471 W; (b) 4.4 °C]</p>
<p>10.7 Si consideri una persona nuda in piedi in una stanza a 20 °C con una superficie esposta di area 1.7 m^2. La temperatura interna del corpo umano è 37 °C e la conducibilità termica dei tessuti biologici umani in prossimità della cute è di circa $0.3 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$. Il corpo cede all'ambiente una potenza termica di 150 W per convezione naturale e irraggiamento. Supponendo che la temperatura corporea a una profondità di 0.5 cm sotto la cute sia 37 °C, si determini la temperatura cutanea di questa persona. [Soluzione: 35.5 °C]</p>	<p>10.11 Una corrente di vapore acqueo a 320 °C fluisce in un tubo d'acciaio inossidabile [$\lambda = 15 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$] i cui diametri interno ed esterno sono 5 cm e 5.5 cm, rispettivamente. Il tubo è rivestito da una guaina isolante di lana di vetro [$\lambda = 0.038 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$] spessa 3 cm. Il vapore cede calore all'ambiente a 5 °C per convezione naturale e irraggiamento, con un coefficiente di scambio termico convettivo e radiativo combinato di $15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$. Supponendo che il coefficiente di scambio termico all'interno del tubo sia $80 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$, si determini (a) la potenza termica ceduta dal tubo all'ambiente riferita all'unità di lunghezza del tubo. Si determinino anche (b) le cadute di temperatura attraverso la parete del tubo e la guaina isolante. [Soluzioni: (a) 93.9 W; (b) 0.095 °C, 290 °C]</p>
<p>10.12 Una parete composta da una muratura di mattoni di 10 cm, da una cavità d'aria di 4 cm e da una muratura in pietra di 15 cm, è intonacata su entrambe le facce estreme con 1 cm di malta. La parete è posta tra due ambienti rispettivamente a 20 °C, 50%UR e 0 °C, 60%UR. La pressione di saturazione del vapore d'acqua vale 610 Pa a 0 °C e 2336 Pa a 20 °C. Il coefficiente di scambio di massa superficiale vale $\beta = 5 \cdot 10^{-8} \text{ s/m}$ su entrambe le facce. Il coefficiente di permeabilità (δ in Kg/(m s Pa)) vale $20 \cdot 10^{-12}$ per i mattoni, $25 \cdot 10^{-12}$ per la malta, $193 \cdot 10^{-12}$ per l'aria, $2 \cdot 10^{-12}$ per la pietra. Determinare la portata di vapore d'acqua che attraversa 1 m^2 di parete. [$9.9 \cdot 10^{-9} \text{ kg/(s m}^2)$]</p>	<p>10.13 L'involucro esterno di una cella frigorifera è costituito da una parete piana composta da uno strato di poliuretano espanso contenuto tra due lamiere metalliche. Le lamiere hanno resistenza termica trascurabile, il poliuretano presenta una conducibilità termica pari a $0,04 \text{ W/(m K)}$. I coefficienti liminari di scambio termico valgono $8 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$ all'interno e $20 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$ all'esterno. La temperatura nella cella è di -25 °C. L'aria esterna ha temperatura 30 °C ed umidità relativa 70%. Calcolare lo spessore minimo di poliuretano per evitare condensa sulla superficie esterna. 1,1 cm.</p>