5 Termisk energi

5.1

a $p_s = \dfrac{F}{A_s} = \dfrac{10\ \text{N}}{0{,}10 \cdot \left(10^{-3}\ \text{m}\right)^2} = 10^8\ \text{Pa} = \underline{\underline{100\ \text{MPa}}}$

b $p_b = \dfrac{F}{A_b} = \dfrac{10\ \text{N}}{80{,}0 \cdot \left(10^{-3}\ \text{m}\right)^2} = 125 \cdot 10^3\ \text{Pa} = \underline{\underline{125\ \text{kPa}}} = \underline{\underline{0{,}125\ \text{MPa}}}$

c $\dfrac{p_s}{p_b} = \dfrac{100\ \text{MPa}}{0{,}125\ \text{MPa}} = \underline{\underline{800}}$

5.2

a Vi finner først massetettheten til kvikksølv.

$$\rho_{Hg} = 13{,}6\frac{\text{kg}}{l} = 13{,}6\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 13{,}6\frac{\text{kg}}{(0{,}1\ \text{m})^3} = 13{,}6 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3$$

Vi bruker samme metode som i eksempel 4 for å finne høyden:

$$h = \frac{\Delta p}{\rho_{Hg} g} = \frac{101 \cdot 10^3\ \text{Pa}}{13{,}6 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}81\ \text{m/s}^2} = \underline{\underline{0{,}757\ \text{m}}} = \underline{\underline{75{,}7\ \text{cm}}}.$$

b Hvis vi sammenlikner svaret i oppgave a med svaret i eksempel 4 ser vi at et barometer med vann ville kreve mye større plass enn et barometer med kvikksølv.

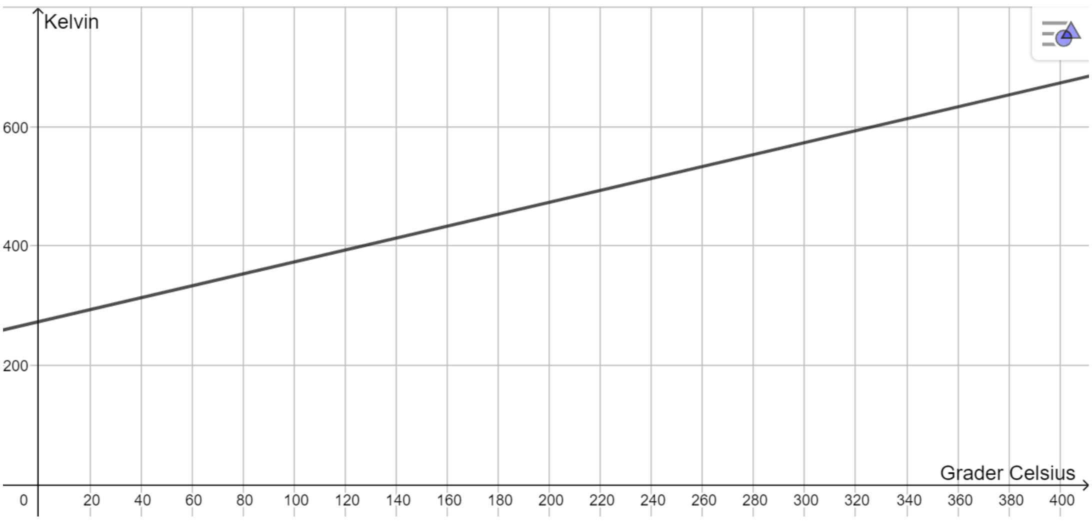
5.3

a $T = t + 273 = 24 + 273 = 297$. Dette betyr at 24 °C er det samme som 297 K.

b $t = T - 273 = 600{,}1 - 273 = 327{,}6$. Smeltepunktet for bly er omtrent 328 °C.

c $t = T - 273 = 1201 - 273 = 928$. 1201 K er det samme som 928 °C.

d



Over har vi tegnet grafen for $y = x + 273$. Vi ser at x og y ikke er proporsjonale størrelser, så en dobling av én verdi fører ikke til dobling av den andre.

5.4

a E_k er for den kinetiske energien til en gjenstand med masse m og fart v.

b $\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2}\cdot 1{,}38\cdot 10^{-23}\ \text{J/K}\cdot(20+273)K = \underline{\underline{6{,}1\cdot 10^{-21}\ \text{J}}}$

c $\frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}m\overline{v}^2$

$$\Rightarrow \overline{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3\cdot 1{,}38\cdot 10^{-23}\ \text{J/K}\cdot(20+273)\ \text{K}}{2{,}66\cdot 10^{-26}\ \text{kg}}} = 675\ \text{m/s} = \underline{\underline{0{,}68\ \text{km/s}}}$$

5.5

a Temperatur er et mål på hvor stor indre kinetisk energi molekylene i et stoff har, varme er energi som overføres på grunn av temperaturforskjell.

b Indre potensiell energi skyldes krefter mellom partikler. Den består av kjemisk energi og energien har sammenheng med hvilken fase stoffet befinner seg i.

c Indre kinetisk energi er den kinetiske energien til atomer og molekyler i stoffet. Disse har både en masse og fart, og dermed en kinetisk energi, selv om gjenstanden selv er i ro.

5.6

a Jo større varmekapasitet noe har, jo mer energi må overføres for å endre temperaturen med et visst antall grader. Stål har større varmekapasitet, så høyre hånd har fått tilført mest energi.

b $c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad \Rightarrow \quad Q = cm\Delta T$

Jern: $Q_{jern} = 450\ \text{J/kgK}\cdot 0{,}500\ \text{kg}\cdot(50-37)\ \text{K} = 2925\ \text{J} = \underline{\underline{2{,}9\ \text{kJ}}}$

Stål: $Q_{stål} = 490\ \text{J/kgK}\cdot 0{,}500\ \text{kg}\cdot(50-37)\ \text{K} = 3185\ \text{J} = \underline{\underline{3{,}2\ \text{kJ}}}$

5.7

a Vi finner først energien som kreves for å varme vannet i termosen:

$Q_{vann} = c_{vann}m\Delta T = 4183\ \text{J}\cdot 40\cdot 10^{-3}\ \text{kg}\cdot(25{,}0-19{,}1)\ \text{K} = 987{,}2\ \text{J}$

Vi finner energien som avgis til termosen:

$Q_{ut} = C_{termos}\Delta T = 55\ \text{J/K}\cdot(25{,}0-19{,}1)\ \text{K} = 324{,}5\ \text{J}$

Energien som tilføres, må være lik summen av det som går videre til termosen og det som går med til å varme vannet:

$Q_{inn} = Q_{ut} + Q_{vann} = 987{,}2\ \text{J} + 324{,}5\ \text{J} = 1311{,}7\ \text{J}$

Den spesifikke varmekapasiteten til metallbitene er da:

$$c = \frac{Q_{inn}}{m_{metall}\Delta T_{metall}} = \frac{1311{,}7\ \text{J}}{50{,}0\cdot 10^{-3}\ \text{kg}\cdot(97{,}0-25{,}0)\ \text{K}} = \underline{\underline{364\ \text{J/kgK}}}$$

b Vi sammenlikner med tallene i tabellen på s. 248 i boka. Der ser vi at metallet sink har varmekapasitet nærmest det vi fant.

5.8

Merk: Dette er ment som et eksempel på hvordan man kan argumentere, ikke som en endelig fasit.

Vi antar at alle punktene gjelder bollen med vann, og at vannet og bollen i utgangspunktet hadde samme temperatur som omgivelsene. Under diskusjonen kan dere gjerne forandre dette utgangspunktet, da kan det hende svarene blir annerledes!

Når vi rører i vannet gjør vi et arbeid på vannmolekylene slik at vannet får større indre kinetisk energi, og dermed også høyere temperatur. Siden det ikke skjer kjemiske endringer eller faseoverganger, vil vannets indre potensielle energi ikke endres.

Vannet vil settes i bevegelse, man kan altså argumentere for at vannets ytre kinetiske energi økes. Samtidig vil bollen som inneholder vannet bli stående i ro (vi antar at vi holder såpass kontroll på vispingen at dette er tilfellet). Dermed vil vi ha fart lik null og ytre kinetisk energi lik null dersom vi ser på bollen som systemet. Det vil ikke være noen endring i den ytre potensielle energien til systemet.

Før vi begynner å vispe er det ingen temperaturforskjell mellom vannet og omgivelsene, så da vil det ikke være noen varme. Når vi begynner å vispe slik at temperaturen øker vil det begynne å skje en varmeoverføring fra vannet til omgivelsene.

5.9

a $\Delta U = W + Q = -4{,}0\,\text{kJ} + 16\,\text{kJ} = \underline{\underline{12\,\text{kJ}}}$

b I en adiabatisk prosess er det ikke varme. Da er arbeidet lik endringen i indre energi og vi har: $Q = 0\,\text{kJ}$ og $W = \Delta U = \underline{\underline{2{,}0\ \text{kJ}}}$.

5.10

Væsker har mer indre potensiell energi enn faste stoffer. Når stearinen størkner overføres den overflødige energien til omgivelsene, blant annet til huden din.

5.11

a 2,0 dl vann har masse 0,2 kg.

$$q = \frac{Q}{m} \;\Rightarrow\; Q = qm = 2260\ \text{kJ/kg} \cdot 0{,}20\ \text{kg} = 452\ \text{kJ} = \underline{\underline{0{,}45\ \text{MJ}}}$$

b Væsken vil raskt miste energi i form av varme til omgivelsene. Deretter vil den fordampe. Dette krever energi som den tar fra omgivelsene, her fra personens kropp.

5.12

Her er det vanskelig å lage et generelt løsningsforslag. I de fleste tilfellene vil evighetsmaskinene ikke kunne fungere fordi mekanisk energi blir omgjort til termisk energi eller andre energiformer med lavere energikvalitet.

5.13

-

5.14

a Når kniven er skarp, blir kontaktflaten mellom kniven og det du skjærer mindre. Da blir trykket større.

b Kontaktflaten mellom underlaget og føttene er mindre når du går på grus. Da blir trykket større, og det er mer ubehagelig å gå.

c Kontaktflaten mellom kroppen og madrassen er større hvis madrassen er myk. Da blir trykket mindre.

d Sugekopper fungerer fordi vi får en trykkforskjell mellom innsiden og utsiden av sugekoppen. Da vil det virke en kraft inn mot sugekoppen slik at den kan holde den fast. På månen er det ingen atmosfære, da vil det heller ikke bli noen trykkforskjell, og sugekoppen vil ikke kunne brukes.

e Trykkforskjellen mellom innsiden og utsiden av kinnene gjør at det virker en kraft som trykker kinnene inn.

f Det er høyere trykk inne i flyet enn utenfor. Da virker det en kraft mot innsiden av veggen til flyet. Hvis det blir et hull skyves gjenstander ut.

g Trykket i flyet synker når flyet stiger. Hvis innpakningen er lufttett får vi større trykk på innsiden enn utsiden av innpakningen, og den blåser seg opp fram til trykket er utlignet eller innpakningen selv bidrar med en kraft som holder størrelsen stabil.

h Når lufta inne i flasken blir kald, synker gjennomsnittsfarten til molekylene i gassen. Da reduseres kreftene mot innsiden av flasken, og trykket i flasken synker. Lufttrykket er da større på utsiden enn på innsiden av flasken, og flasken presses sammen av trykkreftene.

i Trykket på innsiden av kroppene våre balanserer trykket på utsiden.

j Før du åpner lokket er trykket likt på innsiden og utsiden av fryseren, mens temperaturen er lavere i fryseren enn utenfor. Når du åpner, vil temperaturen i fryseren øke. Når fryseren lukkes, vil den måtte senke temperaturen på denne lufta. Når temperaturen synker, vil trykket i fryseren minke, og det blir vanskelig å åpne fryseren. I løpet av noen minutter vil fryseren ha sluppet inn mer luft fra utsiden slik at trykket igjen er det samme på innsiden og utsiden.

k Trykket fra vannet ville tilsvare en kraft lik tyngden til vannet over et tilsvarende areal. På 10 meters dyp ville dette tilsvare tyngden til omtrent 1 kg per kvadratcentimeter. Dersom en liten person skal ha håp om å holde tilbake store vannmengder, må det forutsettes at vannet på andre siden av diken ikke er særlig dypt, eller at hullet er nær vannoverflaten.

5.15

a
$$p_s = \frac{F}{A} = \frac{50\ \text{N}}{0{,}25 \cdot \left(10^{-3}\ \text{m}\right)^2} = 2{,}0 \cdot 10^8\ \text{Pa} = \underline{\underline{0{,}20\ \text{GPa}}}$$

b
$$\frac{p}{p_{\text{luft}}} = \frac{2{,}0 \cdot 10^8\ \text{Pa}}{100 \cdot 10^3 \text{Pa}} = \underline{\underline{2000}}$$

5.16

a På denne oppgaven vil svaret variere fra person til person. La oss si du har masse $m = 70\ \text{kg}$ og har føtter som er 24 cm lange og omtrent 9 cm brede. Da er trykket når du står på to føtter:

$$p = \frac{mg}{A} = \frac{70\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \text{m/s}^2}{2 \cdot 0{,}24\ \text{m} \cdot 0{,}09\ \text{m}} = 1{,}6 \cdot 10^4\ \text{Pa}$$

For denne personen vil trykket være omtrent 16 kPa.

b Når vi står på tå på én fot, vil arealet være en god del mindre enn i oppgave a, mens kraften blir den samme. Da vil trykket bli større.

Merk: Fasitsvaret som er trykket i boka gjelder dersom du står på hele foten. Hvis du står på tå vil arealet bli enda en del mindre og trykket større enn dobbelt så mye som i a.

5.17

a Jordas radius er omtrent 6370 km, og jorda er tilnærmet sfærisk. Da er arealet:

$$A = 4\pi r^2 = 4\pi \cdot (6\,370\,000 \text{ m})^2 = \underline{\underline{5{,}1 \cdot 10^{14} \text{ m}^2}}$$

b Vi bruker gjennomsnittlig lufttrykk og den vanlige formelen for trykk og løser for masse:

$$p = \frac{mg}{A} \Rightarrow m = \frac{pA}{g} = \frac{101\,325 \text{ Pa} \cdot 5{,}099 \cdot 10^{14} \text{ m}^2}{9{,}81 \text{ m/s}^2} = \underline{\underline{5{,}3 \cdot 10^{18} \text{ kg}}}$$

5.18

a Det er normalkraften fra bordet som gir trykket, denne er lik tyngdekraften på boka i alle tre tilfeller. Arealene vil endre seg avhengig av hvordan vi snur boka;

$$A_1 = 0{,}20 \text{ m} \cdot 0{,}25 \text{ m} = 0{,}050 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow p_1 = \frac{mg}{A_1} = \frac{0{,}600 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2}{0{,}050 \text{ m}^2} = 118 \text{ Pa} = \underline{\underline{0{,}12 \text{ kPa}}}$$

$$A_2 = 0{,}20 \text{ m} \cdot 0{,}025 \text{ m} = 0{,}0050 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{mg}{A_2} = \frac{0{,}600 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2}{0{,}0050 \text{ m}^2} = 1177 \text{ Pa} = \underline{\underline{1{,}2 \text{ kPa}}}$$

$$A_3 = 0{,}25 \text{ m} \cdot 0{,}025 \text{ m} = 0{,}00625 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow p_3 = \frac{mg}{A_3} = \frac{0{,}600 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2}{0{,}00625 \text{ m}^2} = 942 \text{ Pa} = \underline{\underline{0{,}94 \text{ kPa}}}$$

b Vi velger å bruke den omtrentlige verdien 100 kPa for lufttrykket. Da er kreftene:

$$F_1 = p_{\text{luft}} A_1 = 100 \text{ kN} \cdot 0{,}050 \text{ m}^2 = \underline{\underline{5{,}0 \text{ kN}}}$$

$$F_2 = p_{\text{luft}} A_2 = 100 \text{ kN} \cdot 0{,}0050 \text{ m}^2 = \underline{\underline{0{,}50 \text{ kN}}}$$

$$F_3 = p_{\text{luft}} A_3 = 100 \text{ kN} \cdot 0{,}00625 \text{ m}^2 = \underline{\underline{0{,}63 \text{ kN}}}$$

c Når boka er åpen, vil det virke like store krefter fra lufttrykket på innsiden av boka. Da vil summen av kraftsummen på boka være 0 N, og boka blir liggende i ro.

d
$$p = \frac{mg}{A} = \frac{0{,}600 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2}{(0{,}01 \text{ m})^2} = 5{,}89 \cdot 10^4 \text{ Pa} = \underline{\underline{59 \text{ kPa}}}$$

5.19

a Tyngden til bilen er $G = mg = 1700 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2 = 16\,677 \text{ N} = \underline{\underline{16{,}7 \text{ kN}}}$

Når bilen står i ro, er tyngden av bilen lik normalkraften. Hvis vi «zoomer inn» på gummien der bildekkene er i kontakt med bakken, ser vi at dette også er lik det samlede lufttykket.
Det totale arealet som er i kontakt med bakken, er da:

$$A_{\text{tot}} = \frac{G}{p} = \frac{16\,677 \text{ N}}{354 \cdot 10^3 \text{ Pa}} = 0{,}0471 \text{ m}^2 = 471 \text{ cm}^2$$

Arealet på hvert hjul er da omtrent en firedel av dette: $A = \underline{\underline{118 \text{ cm}^2}}$

5.20

a $\underline{\underline{0\ ^\circ\text{C}}}$,

$0+273=273 \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{273\ \text{K}}}$

b $\underline{\underline{100\ ^\circ\text{C}}}$,

$100+273=373 \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{373\ \text{K}}}$

c $\underline{\underline{37\ ^\circ\text{C}}}$,

$37+273=310 \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{310\ \text{K}}}$

d + e Her er det vanskelig å lage et fasitsvar, metoden ser du over!

5.21

a $21\ \text{K}=(21-273)\ ^\circ\text{C}=\underline{\underline{-252\ ^\circ\text{C}}}$

b $294\ \text{K}=(294-273)\ ^\circ\text{C}=\underline{\underline{21\ ^\circ\text{C}}}$

c $730\ \text{K}=(730-273)\ ^\circ\text{C}=\underline{\underline{457\ ^\circ\text{C}}}$

5.22

a Når de to gassene har samme temperatur, har de også samme gjennomsnittlig kinetisk energi.

b Vi vet at $E_k=\frac{1}{2}mv^2$. Hvis den kinetiske energien er konstant, og massen til molekylene i gass A er større, har molekylene i gass A også lavere gjennomsnittsfart.

5.23

a $\overline{E_k}=\frac{3}{2}kT \quad \Rightarrow \quad T=\frac{2\overline{E_k}}{3k}=\frac{2\cdot 1{,}2\cdot 10^{-19}\ \text{J}}{3\cdot 1{,}38\cdot 10^{-23}\ \text{J/K}}=5797\ \text{K}$

Temperaturen på overflaten av sola er rundt 5800 K.

b $E_k=\frac{1}{2}mv^2 \quad \Rightarrow \quad v=\sqrt{\frac{2E_k}{m}}=\sqrt{\frac{2\cdot 2\cdot 1{,}2\cdot 10^{-19}\ \text{J}}{6{,}64\cdot 10^{-27}\ \text{kg}}}=6012\ \text{m/s}=\underline{\underline{6{,}0\ \text{km/s}}}$

5.24

a $10\ ^\circ\text{C}=(10+273)\ \text{K}=\underline{\underline{283\ \text{K}}}$

b $\overline{E_k}=\frac{3}{2}kT=\frac{3}{2}\cdot 1{,}38\cdot 10^{-23}\ \text{J/K}\cdot 283\ \text{K}=\underline{\underline{5{,}9\cdot 10^{-21}\ \text{J}}}$

c $\frac{1}{2}m\bar{v}^2=\frac{3}{2}kT \quad \Rightarrow \quad \bar{v}=\sqrt{\frac{3kT}{m}}=\sqrt{\frac{3\cdot 1{,}38\cdot 10^{-23}\ \text{J/K}\cdot 283\ \text{K}}{6{,}64\cdot 10^{-27}\ \text{kg}}}=1328\ \text{m/s}=\underline{\underline{1{,}3\ \text{km/s}}}$

d Vi dobler temperaturen i Kelvin. Da er temperaturen $2\cdot 283\ \text{K}=\underline{\underline{566\ \text{K}}}$.

I Celsiusgrader blir dette: $(566-273)\ ^\circ\text{C}=\underline{\underline{293\ ^\circ\text{C}}}$

e Vi finner den nye kinetiske energien ved å bruke uttrykket fra b:

$\frac{3}{2}k(2T)=2\cdot\left(\frac{3}{2}kT\right)=2\overline{E_k}$.

Når den kinetiske energien blir dobbelt så stor, er økningen like stor som den var før, altså $\underline{\underline{5{,}9\cdot 10^{-21}\ \text{J}}}$.

Vi finner den nye farten ved å bruke uttrykket fra c:

$$\sqrt{\frac{3k(2T)}{m}} = \sqrt{2}\cdot \overline{v}$$

Da er endringen i gjennomsnittsfart

$$\left(\sqrt{2}-1\right)\cdot \overline{v} = \left(\sqrt{2}-1\right)\cdot 1328\ \text{m/s} = 550\ \text{m/s} = \underline{\underline{0{,}55\ \text{km/s}}}$$

5.25

A: Påstanden er sann. Et termometer viser sin egen temperatur. Hvis det har ligget lenge nok i omgivelser med stabil temperatur, viser det også omgivelsenes temperatur.

B: Påstanden er sann (se kommentar til A)

C: Påstanden er sann. Temperaturen i Kelvin er alltid 273 grader høyere enn temperaturen i Celsius.

D: Påstanden er usann. En Kelvin og en grad Celsius er like mye, så temperaturforskjeller vil alltid være like store uavhengig av hvilken skala vi velger å bruke.

E: Påstanden er sann. Den gjennomsnittlige kinetiske energien i et stoff er proporsjonal med temperaturen.

F: Påstanden er usann. Siden kinetisk energi er proporsjonal med farten i annen potens, blir den gjennomsnittlige farten fire ganger så høy.

G: Påstanden er usann. Jo større masse, jo lavere fart dersom den gjennomsnittlige kinetiske energien er den samme for alle gassene i blandingen.

H: Påstanden er usann. Den gjennomsnittlige kinetiske energien vil være lik.

5.26

a Når vi gnir hendene mot hverandre, gjør friksjonskraften mellom håndflatene et arbeid på molekylene i håndflatene. Molekylene får høyere kinetisk energi, og temperaturen i håndflatene øker.

b Når vi holder hendene over en panelovn, overføres det varme fra lufta over panelovnen til hendene våre. Luftmolekylene i lufta har høyere termisk energi enn molekylene i hendene våre. Luftmolekylene overfører energien når de kolliderer med molekylene i hendene.

c Energioverføringen når vi holder hendene over flammen på en parafinlampe skjer på samme måte som når vi holder den over en panelovn. I en parafinlampe stiger det opp varme gasser, slik at energien er konsentrert rett over lampa, mens den er fordelt rundt hele panelovnen.

d Det virker en friksjonskraft på fyrstikken fra riveflaten, og denne gjør et arbeid på molekylene slik at de får større kinetisk energi og dermed til slutt så stor temperatur at fyrstikken antennes.

e Energien fra fyrstikkflammen frigir mer kjemisk energi, og fyrstikken omdannes blant annet til gasser med høy temperatur. Energien i gassen kan overføres som varme til hendene våre slik at vi brenner oss.

f Friksjonskraften fra tauet gjør et arbeid på molekylene i håndflaten. Disse får høyere kinetisk energi, og dermed høyere temperatur.

5.27

Varme overføres alltid fra et område med høyere temperatur til et område med lavere temperatur.

a Hånda har en temperatur på omtrent 37 °C. Det går derfor varme fra vannet til hånda.

b Isklumpen har en temperatur på maksimalt 0 °C. Det går derfor varme fra hånda til isen.

c Rommet har høyere temperatur enn melkeglasset, så det går varme fra rommet til glasset.

d Hvis temperaturen er lik, går det ikke varme.

5.28

A: Påstanden er usann. Varme er energi som overføres på grunn av temperaturforskjellen mellom to gjenstander. En gjenstand kan ikke inneholde varme, men kan inneholde termisk energi eller ha høyere eller lavere temperatur.

B: Påstanden er sann, og kan fungere som definisjonen av temperatur.

C: Påstanden er usann. Varme går fra gjenstander med høyere til gjenstander med lavere temperatur.

D: Påstanden er sann dersom gjenstanden ikke samtidig gjør et arbeid på omgivelsene. Dersom gjenstanden gjør et arbeid avhenger svaret av om varmen eller arbeidet er størst.

5.29

a $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 10\ \text{kg} \cdot (5{,}0\ \text{m/s})^2 = 125\ \text{J} = \underline{\underline{0{,}13\ \text{kJ}}}$

b $m = 4{,}0026\ \text{u} = 4{,}0026 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ \text{kg} = \underline{\underline{6{,}64 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}}}$

c $\frac{10\ \text{kg}}{6{,}64 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}} = \underline{\underline{1{,}5 \cdot 10^{27}}}$

d $\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ \text{J/K} \cdot (20 + 273)\ \text{K} = \underline{\underline{6{,}1 \cdot 10^{-21}\ \text{J}}}$

e $1{,}5 \cdot 10^{27} \cdot 6{,}1 \cdot 10^{-21}\ \text{J} = 9{,}1 \cdot 10^{6}\ \text{J} = \underline{\underline{9{,}1\ \text{MJ}}}$

f $\frac{E_{\text{Indre}}}{E_{\text{Ytre}}} = \frac{9{,}1 \cdot 10^{6}\ \text{J}}{125\ \text{J}} \approx \underline{\underline{73\,000}}$

5.30

a Massen til alt sjøvannet er omtrent $m_s = 0{,}965 \cdot 1{,}26 \cdot 10^{21}\ \text{kg}$.

Den spesifikke varmekapasiteten til sjøvann er $c_s = 3850\ \text{J/kgK}$.

Vi finner energien som skal til for å varme opp sjøvannet med 1,00 °C:

$$c_s = \frac{Q_s}{m_s \Delta T} \quad \Rightarrow \quad Q_s = c_s m_s \Delta T$$

$$Q_s = c_s m_s \Delta T = 3850\ \text{J/kgK} \cdot 0{,}965 \cdot 1{,}26 \cdot 10^{21}\ \text{kg} \cdot 1{,}00\ \text{K} = 4{,}6812 \cdot 10^{24}\ \text{J} = \underline{\underline{4{,}68 \cdot 10^{24}\ \text{J}}}$$

b Massen til alt ferskvann er omtrent $m_f = (1 - 0{,}965) \cdot 1{,}26 \cdot 10^{21}\ \text{kg}$.

Den spesifikke varmekapasiteten til ferskvann er $c_f = 4183\ \text{J/kgK}$.

Temperaturforskjellen er også nå $\Delta T = 1{,}00\ \text{K}$

Energien som kreves er:

$$Q_f = c_f m_f \Delta T = 4183\ \text{J/kgK} \cdot (1 - 0{,}965) \cdot 1{,}26 \cdot 10^{21}\ \text{kg} \cdot 1{,}00\ \text{K} = \underline{\underline{1{,}84 \cdot 10^{23}\ \text{J}}}$$

c Vi finner Norges årlige forbruk i standardbenevningen Joule:

$$147\ \text{TWh} = 147 \cdot 10^{12} \cdot \left(\frac{\text{J}}{\text{s}}\right) \cdot 3600\ \text{s} = 5{,}292 \cdot 10^{17}\ \text{J}$$

Vi finner forholdstallene:

Sjøvann: $\frac{4,6812 \cdot 10^{24}\ \text{J}}{5,292 \cdot 10^{17}\ \text{J}} = \underline{\underline{8,85 \cdot 10^{6}}}$

Ferskvann: $\frac{4,6812 \cdot 10^{24}\ \text{J}}{5,292 \cdot 10^{17}\ \text{J}} = \underline{\underline{3,49 \cdot 10^{5}}}$

Energien som skal til for å varme opp havene med én grad er altså rundt 8,85 millioner ganger mer enn Norges årlige forbruk, og energien som skal til for å varme opp alt ferskvannet på jorden er rundt 349 000 ganger mer enn Norges årlige forbruk.

5.31

a Fra eksempel 9 på s. 249 i boka vet vi at $1\ \text{kcal} = 4183\ \text{J}$.

Dagsbehovet for kvinner: $2000 \cdot 4183\ \text{J} = 8,366 \cdot 10^{6}\ \text{J} = \underline{\underline{8,4\ \text{MJ}}}$

Dagsbehov for menn: $2600 \cdot 4183\ \text{J} = 1,088 \cdot 10^{7}\ \text{J} = \underline{\underline{11\ \text{MJ}}}$

b 1 liter vann har masse 1 kg. Merk at vi regner dette tallet for nøyaktig i utregningen under. Siden temperaturforskjeller er like store uavhengig om vi måler i Kelvin eller grader Celsius har vi $\Delta T = (37 - 10)\ \text{K} = 27\ \text{K}$.

Energien om kreves for å øke temperaturen i 1 liter vann er da:

$Q = cm\Delta T = 4183\ \text{J/kgK} \cdot 1\ \text{kg} \cdot 27\ \text{K} = 1,129 \cdot 10^{5}\ \text{J}$

Vi finner antall liter kvinner og menn må drikke for å forbrenne halvparten av dagsbehovet:

Kvinner: $\frac{1}{2} \cdot \frac{8,366 \cdot 10^{6}\ \text{J}}{1,129 \cdot 10^{5}\ \text{J/liter}} = \underline{\underline{37\ \text{liter}}}$

Menn: $\frac{1}{2} \cdot \frac{1,088 \cdot 10^{7}\ \text{J}}{1,129 \cdot 10^{5}\ \text{J/liter}} = \underline{\underline{48\ \text{liter}}}$

5.32

a Siden temperaturforskjeller er like store uavhengig om vi måler i Kelvin eller grader Celsius har vi $\Delta T = (25 - 10)\ \text{K} = 15\ \text{K}$.

Energien om kreves for å øke temperaturen i 260 kg vann er da:

$Q = cm\Delta T = 4183\ \text{J/kgK} \cdot 260\ \text{kg} \cdot 15\ \text{K} = 1,631 \cdot 10^{7}\ \text{J} = \underline{\underline{16\ \text{MJ}}}$

b Fra eksempel 9 på s. 249 i boka vet vi at $1\ \text{kcal} = 4183\ \text{J}$.

Energien i benevningen kcal er da:

$$Q = (cm\Delta T) \cdot \left(\frac{1\ \text{kcal}}{4183\ \text{J}}\right)$$

$$= 4183\ \text{J/kgK} \cdot 260\ \text{kg} \cdot 15\ \text{K} \cdot \left(\frac{1\ \text{kcal}}{4183\ \text{J}}\right) = 1\ \text{kcal/kgK} \cdot 260\ \text{kg} \cdot 15\ \text{K} = \underline{\underline{3900\ \text{kcal}}}$$

Det kreves omtrent 3900 kcal å øke temperaturen i vannet.

5.33

a Kleberstein har omtrent dobbelt så høy spesifikk varmekapasitet som jern. Dette betyr at en klebersteinsovn krever mer energi for å øke temperaturen med et bestemt antall grader, og at den avgir mer energi hver gang temperaturen synker med et bestemt antall grader. Dette fører igjen til en mer stabil innetemperatur, og en ovn som «holder godt på varmen».

b $Q = cm\Delta T = 830\ \text{J/kgK} \cdot 400\ \text{kg} \cdot (100 - 10)\ \text{K} = 2,988 \cdot 10^{7}\ \text{J} = \underline{\underline{30\ \text{MJ}}}$

c $c = \dfrac{Q}{m\Delta T} \quad \Rightarrow \quad m = \dfrac{Q}{c\Delta T} = \dfrac{2{,}988 \cdot 10^7\ \text{J}}{450\ \text{J/kgK} \cdot (100-10)\ \text{K}} = \underline{\underline{738\ \text{kg}}}$

Jernovnen ville måtte ha en masse på omtrent 740 kg.

5.34

Den totale innstrålte effekten er $P = 700\ \text{W/m}^2 \cdot 25\ \text{m}^2 = 1{,}75 \cdot 10^4\ \text{W}$. Da er mengden energi som stråles inn i løpet av tiden t er: $W = Pt = 1{,}75 \cdot 10^4\ \text{W} \cdot t$. Mengden energi som går med til å øke temperaturen i vannet er $Q = 0{,}40Pt$.

Vi bruker formelen for spesifikk varmekapasitet, og finner:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{0{,}40Pt}{m\Delta T}$$

$$\Rightarrow \quad t = \frac{cm\Delta T}{0{,}40P} = \frac{4183\ \text{J/kgK} \cdot 200\ \text{kg} \cdot (50-20)\ \text{K}}{0{,}40 \cdot 1{,}75 \cdot 10^4\ \text{W}} = 3585\ \text{s}$$

Siden 1 time = 3600 sekunder, ser vi at det vil ta ganske nøyaktig en time å øke temperaturen i vannet.

5.35

a Væsken gjør et arbeid på omgivelsene, og da synker den indre energien i væsken.

b Du gjør et arbeid på spikeren med hammeren. Da øker spikerens indre energi, og temperaturen blir høyere.

c Når det blåser over et fjell, blir lufta presset oppover. I det det når toppen, vil lufta få mer plass, og utvide seg. Da gjør den et arbeid på omgivelsene, temperaturen i lufta synker, og vanndampen kondenserer til væskefase og blir til skyer.

d Når temperaturen i luft synker, kondenserer vanndampen i lufta. Når lufta rundt glasset avkjøles, legger dampen seg seg da som dugg på utsiden av glasset.

e Pusten din inneholder fuktighet. Når den varme pusten treffer bilruta overføres det energi til ruta, vanndampen kondneserer og legger seg som vanndråper på ruta. Hvis temperaturen i ruta er virkelig lav, fryser disse vanndråpene til rim.

f Stempelet i sylinderen trykkes inn så raskt at det ikke skjer noen særlig stor overføring av varme underveis. Vi har da en tilnærmet adiabatisk prosess, og temperaturen i dieselgassen blir så høy at dieselen selvantennes.

g Lufta utvider seg og gjør et arbeid på omgivelsene slik at den indre energien, og dermed temperaturen, synker.

h Pusten har omtrent samme temperatur som kroppen. Når vi puster sakte ut uten å presse lufta ut gjennom en smal munnåpning, utvider ikke lufta seg noe særlig, og den gjør ikke noe stort arbeid på omgivelsene før den treffer hånda. Temperaturen i pusten forblir dermed tilnærmet lik kroppstemperaturen.

i Her er det flere prosesser som virker. Grafen i eksempel 16 på s. 258 i boka viser at energitilførselen først vil bidra til å øke temperaturen i isen og snøen, deretter vil den bidra til å øke den indre potensielle energien slik at snøen går fra fast fase til væske. I tillegg kan kald luft ikke inneholde store mengder vann. Dette begrenser smeltehastigheten.

j Det krever energi å fordampe svette fra huden. Denne energien blir hentet fra kroppen, og huden blir avkjølt.

5.36

a $\Delta U = W + Q$

b Endring i indre energi (ΔU) til et system, er lik arbeidet (W) som gjøres på systemet og varmen (Q) som tilføres systemet.

ΔU er positiv hvis den indre energien øker, og negativ hvis den minker.

W er positiv hvis omgivelsene gjør et arbeid på systemet, og negativ hvis systemet gjør et arbeid på omgivelsene.

Q er positiv hvis varmen går fra omgivelsene til systemet, og negativ hvis den går fra systemet til omgivelsene.

c Den indre energien øker dersom systemet blir tilført energi i form av arbeid eller varme. Energien til omgivelsene synker tilsvarende.

5.37

a Både arbeidet og endringen i kinetisk energi er positivt. Arbeidet er større enn endringen i kinetisk energi. Da må varmen være negativ for at termofysikkens første lov skal være oppfylt, og varmen er avgitt til omgivelsene.

b $\Delta U = W + Q \quad \Rightarrow \quad W = \Delta U - Q = 3{,}0\ \text{kJ} - 5{,}0\ \text{kJ} = \underline{\underline{-2{,}0\ \text{kJ}}}$

5.38

a Hvis beholderen er godt varmeisolert, vil det ikke bli avgitt noe varme. Prosessen er da adiabatisk.

b $\Delta U = W + Q = W = \underline{\underline{30\ \text{kJ}}}$

5.39

Vi slår opp at den spesifikke smeltevarmen for vannis er: $q = \dfrac{Q}{m} = 334\ \text{kJ/kg}$. Da har vi:

$$m = \frac{Q}{q} = \frac{Pt}{q} = \frac{500\ \text{W} \cdot 3600\ \text{s}}{334 \cdot 10^3\ \text{J/kg}} = \underline{\underline{5{,}4\ \text{kg}}}$$

5.40

a De nøyaktige svarene på denne oppgaven vil variere. Her velger vi å se på en brus med energiinnhold 1800 kJ/kg.

b Energiinnholdet i en halvliter brus er 900 kJ. Vi slår opp at den spesifikke smeltevarmen for is av vann er $q = 334\ \text{kJ/kg}$. Mengden is som skal til er da:

$$m = \frac{Q}{q} = \frac{900\ \text{kJ}}{334\ \text{kJ/kg}} = \underline{\underline{2{,}7\ \text{kg}}}$$

5.41

Den spesifikke fordampingsvarmen for vann er 2260 kJ/kg. Da er

$$m = \frac{Q}{q} = \frac{Pt}{q} = \frac{800\ \text{W} \cdot 45 \cdot 60\ \text{s}}{2260 \cdot 10^3\ \text{J/kg}} = \underline{\underline{0{,}96\ \text{kg}}}$$

Siden 1 liter vann har masse 1 kg, tilsvarer dette omtrent 9,6 dl vann.

5.42

Vi ramser her opp noen eksempler: Kjemisk energi, kinetisk energi, potensiell energi, elektrisk energi, termisk energi, lydenergi, kjerneenergi, bølgeenergi…

Av energiformene over regnes spesielt ytre kinetisk og potensiell energi, elektrisk, kjemisk og kjerneenergi som høyverdige former. Det er spesielt termisk energi som regnes som en lavverdig energiform.

5.43

Ifølge termofysikkens andre lov, synker den totale energikvaliteten i alle prosesser. Det er derfor høyverdig energi som forbrukes og tapes.

5.44

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 36 \cdot 10^6\ \text{J}}{20 \cdot 10^3\ \text{kg}}} = \underline{\underline{60\ \text{m/s}}}$$

Lastebilen måtte hatt en fart på 60 m/s, eller omtrent 220 km/h for å ha like stor ytre kinetisk energi. Det er energien til lastebilen som har høyest kvalitet, for når den kjører er bevegelsen mer ordnet enn i lufta. Når lastebilen kjører, har hele massen samme fartsretning.

5.45

Vi lar Q stå for energien varmepumpa avgir, og E stå for den elektriske energien varmepumpa tilføres.

a

$$COP = \frac{Q}{E} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{Q}{COP} = \frac{15\,000\ \text{kWh}}{3{,}0} = \underline{\underline{5000\ \text{kWh}}}$$

$$5000\ \text{kWh} = 5000 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{J}{s}\right) \cdot 3600\ \text{s} = 1{,}8 \cdot 10^{10}\ \text{J} = \underline{\underline{18\ \text{GJ}}}$$

Varmepumpa krever 5000 kWh, eller 18 GJ elektrisk energi per år.

b Vi kan regne ved å bruke energiforbruket:

$$\frac{Q - E}{Q} = \frac{15\,000\ \text{kWh} - 5000\ \text{kWh}}{15\,000\ \text{kWh}} = 0{,}67 = \underline{\underline{67\ \%}}$$

Vi kunne regnet ut dette uten å vite akkurat hvor mye energi huset trengte:

$$\frac{Q - E}{Q} = \frac{Q - \frac{Q}{COP}}{Q} = \frac{COP - 1}{COP} = \frac{3 - 1}{3} = 0{,}67 = \underline{\underline{67\ \%}}$$

c Siden man sparer 10 000 kWh vil man spare omtrent 10 000 kr hvert år. Da tar det 2,5 år før man har spart inn de 25 000 kr varmepumpa kostet.

5.46

Til denne oppgaven er det vanskelig å lage et generelt løsningsforslag. Vi oppfordrer dere til å løse oppgaven både med tanke på forskjellige løsninger (luft til vann, vann til vann…) og forskjellige produsenter.

5.47

a

$$COP_{\text{Carnot}} = \frac{T_{\text{avgitt}}}{T_{\text{avgitt}} - T_{\text{opptatt}}} = \frac{(30 + 273)\ \text{K}}{(30 + 273)\ \text{K} - (0 + 273)\ \text{K}} = \frac{(30 + 273)\ \text{K}}{30\ \text{K}} = \underline{\underline{10}}$$

b

$$COP_{\text{Carnot}} = \frac{T_{\text{avgitt}}}{T_{\text{avgitt}} - T_{\text{opptatt}}} = \frac{(40 + 273)\ \text{K}}{(40 + 273)\ \text{K} - (0 + 273)\ \text{K}} = \frac{(40 + 273)\ \text{K}}{40\ \text{K}} = \underline{\underline{7{,}8}}$$

c Det lønner seg med liten temperaturforskjell. Vi ser dette tydelig om vi skriver inn det siste uttrykket. Da vil nevneren i formelen for COP_{Carnot} være liten, og den maksimale virkningsgraden blir stor.

5.48

a Vi finner mengden vann Sadia bruker hver dag:

$$m = 8{,}0\ \text{min} \cdot 12\ \text{liter/min} \cdot 1{,}0\ \text{kg/liter} = 96\ \text{kg}$$

Vi finner hvor mye energi som går med til oppvarming:

$$Q = cm\Delta T = 4183\ \text{J/kgK} \cdot 96\ \text{kg} \cdot (40 - 10)\ \text{K} = 1{,}205 \cdot 10^7\ \text{J}$$

Vi vet at $1\ \text{kWh} = 1 \cdot 10^3 \left(\frac{J}{s}\right) \cdot 3600\ \text{s} = 3{,}6 \cdot 10^6\ \text{J}$. Energiforbruket i kWh er da:

$$Q = \frac{1{,}205 \cdot 10^7\ \text{J}}{3{,}6 \cdot 10^6\ \text{J/kWh}} = 3{,}346\ \text{kWh}$$

Vi finner ut hvor mye den daglige dusjen koster:

$$3{,}346\ \text{kWh} \cdot 0{,}90\ \text{kr/kWh} = \underline{\underline{3{,}01\ \text{kr}}}$$

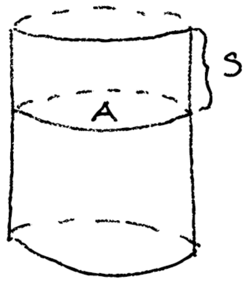
b Hvis mengden vann halveres, halveres også de daglige utgiftene. På et år kan hun da spare:

$$365 \cdot \left(\frac{3{,}01\ \text{kr}}{2}\right) = \underline{\underline{550\ \text{kr}}}$$

5.49

Trykk er gitt ved: $p = \frac{F}{A}$. Da er kraften på innsiden av stempelet er $F = pA$.

Volumet av en sylinder er areal ganget med høyde. Når stempelet presses inn, vil endringen i volumet være: $\Delta V = As$.



Vi løser for A og får $A = \frac{\Delta V}{s}$. Når vi setter dette inn i formelen for kraft får vi: $F = pA = \frac{p\Delta V}{s}$. Vi ganger begge sider med strekningen, og får $Fs = p\Delta V$. Kraft ganget med strekning er det samme som arbeidet kraften F utfører på gjenstanden, så $W = p\Delta V$.

5.50

a $Q = cm\Delta T = 4183\ \text{J/kgK} \cdot 300\ \text{kg} \cdot (65 - 20)\ \text{K} = 5{,}647 \cdot 10^7\ \text{J} = \underline{\underline{56\ \text{MJ}}}$

b $P = 0{,}50 \cdot 700\ \text{W/m}^2 \cdot 3{,}0\ \text{m}^2 = 1050\ \text{W} = \underline{\underline{1{,}1\ \text{kW}}}$

c $P = \frac{W}{t} \quad \Rightarrow \quad t = \frac{W}{P} = \frac{5{,}647 \cdot 10^7\ \text{J}}{1050\ \text{W}} = 53\,781\ \text{s} = \frac{53\,781\ \text{s}}{3600\ \text{s/time}} = \underline{\underline{15\ \text{timer}}}$

5.51

a $COP_{\text{Carnot}} = \frac{T_{\text{avgitt}}}{T_{\text{avgitt}} - T_{\text{opptatt}}} = \frac{(20 + 273)\ \text{K}}{(20 + 273)\ \text{K} - (0 + 273)\ \text{K}} = \frac{293\ \text{K}}{20\ \text{K}} = 14{,}65 = \underline{\underline{15}}$

b Desember har 31 dager. Da er energibehovet:

$$Q = Pt = 6000\ \text{W} \cdot 31 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60\ \text{s} = 1{,}607 \cdot 10^{10}\ \text{J} = \underline{\underline{16\ \text{GJ}}}$$

c
$$E = \frac{Q}{0{,}5 \cdot COP_{\text{Carnot}}} = \frac{1{,}607 \cdot 10^{10}\ \text{J}}{0{,}5 \cdot 14{,}65} = 2{,}194 \cdot 10^{9}\ \text{J} = \underline{\underline{2{,}2\ \text{GJ}}}$$

d
$$Q - E = 1{,}607 \cdot 10^{10}\ \text{J} - 2{,}194 \cdot 10^{9}\ \text{J} = 1{,}3976 \cdot 10^{10}\ \text{J} = \underline{\underline{14\ \text{GJ}}}$$

e Vi regner om svaret fra oppgave d til kWh.

$$1\ \text{kWh} = 1 \cdot 10^{3} \left(\frac{J}{s}\right) \cdot 3600\ \text{s} = 3{,}6 \cdot 10^{6}\ \text{J}$$

Da er $Q - E = \dfrac{1{,}3976 \cdot 10^{10}\ \text{J}}{3{,}6 \cdot 10^{6}\ \text{J/kWh}} = 3882\ \text{kWh}$

Med en pris på omtrent 1,00kr per kWh vil huseieren spare omtrent 3900 kr i desember.

5.52

a Siden taket løftes opp, må lufttrykket være større inne i huset enn ute. (Bernoullis prinsipp handler om at lufttrykket mot en overflate er lavere jo større fart lufta over flaten har).

b En “løftekraft på 10 tonn» tilsvarer tyngdekraften som virker på en masse på 10 tonn.

c Vi bruker den tilnærmede verdien 100 kPa for lufttrykket. En trykkforskjell på 1 % tilsvarer da $\Delta p = p_{\text{inne}} - p_{\text{ute}} = 1\ \text{kPa} = 1000\ \text{Pa}$.

Kraftsummen på taket er:

$$\Sigma F = F_{\text{inne}} - F_{\text{ute}} = Ap_{\text{inne}} - Ap_{\text{ute}} = A\Delta p = 100\ \text{m}^2 \cdot 1000\ \text{Pa} = 10^{5}\ \text{N}$$

Vi bruker verdien $g = 10\ \text{m/s}^2$ for tyngdeakselerasjonen. Kraftsummen tilsvarer da tyngdekraften på en masse m der:

$$m = \frac{\Sigma F}{g} = \frac{10^{5}\ \text{N}}{10\ \text{m/s}^2} = 10^{4}\ \text{kg} = 10\ \text{tonn}$$

Som var det vi skulle vise.

d Når vi åpner ventilene gir vi lufta en mulighet til å bevege seg mellom innsiden og utsiden av huset. Slik utliknes trykkforskjellen, og løftekraften reduseres betraktelig.

KAPITTELTEST

Oppgave 1

a

$$\begin{aligned}\Sigma F &= F_{\text{inne}} - F_{\text{ute}} = p_{\text{inne}}A - p_{\text{ute}}A = (p_{\text{inne}} - p_{\text{ute}})A \\ &= (80\ \text{kPa} - 30\ \text{kPa}) \cdot 1{,}5\ \text{m}^2 \\ &= \underline{\underline{75\ \text{kN}}}\end{aligned}$$

Trykket er størst på innsiden, så kraftsummen peker utover.

Merk: Vi valgte å beholde «kilo» som prefiks foran Pa i utregningen, da kommer svaret ut i kilonewton, kN.

b 75 kN er en kraft av en betraktelig størrelse (den tilsvarer tyngden av ca 75 tonn på jorden). Hvis flydøra svingte utover ville faren være større for at den åpnet seg av seg selv.

Oppgave 2

a $2\ ^\circ\text{C} = (2+273)\ \text{K} = \underline{\underline{275\ \text{K}}}$

b Vi må doble temperaturen i kelvin, altså varme den opp til $2 \cdot 275\ \text{K} = \underline{\underline{550\ \text{K}}}$, som tilsvarer $(550-273)\ ^\circ\text{C} = \underline{\underline{277\ ^\circ\text{C}}}$.

c Vi finner sammenhengen mellom temperatur og fart ved å sette det vanlige uttrykket for kinetisk energi lik den gjennomsnittlige kinetiske energien i en gass med temperatur T:

$$\frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}m\overline{v}^2 \quad \Rightarrow \overline{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

Hvis hastigheten skal dobles får vi:

$$2\overline{v} = 2 \cdot \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{4 \cdot \frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3k(4T)}{m}}$$

Opprinnelig hadde gassen en temperatur på $T = 275\ \text{K}$, den nye temperaturen må være fire ganger dette, $4 \cdot 275\ \text{K} = \underline{\underline{1100\ \text{K}}}$. Dette tilsvarer $(1100-273)\ ^\circ\text{C} = \underline{\underline{827\ ^\circ\text{C}}}$.

Oppgave 3

a $\Delta U = W + Q$

Endring i indre energi (ΔU) til et system, er lik arbeidet (W) som gjøres på systemet og varmen (Q) som tilføres systemet.

b Vi kan enten tilføre varme ved å legge systemet i omgivelser med høyere temperatur, eller gjøre et arbeid på systemet ved å virke på det med en kraft, for eksempel en friksjonskraft.

c $\Delta U = W + Q \quad \Rightarrow \quad W = \Delta U - Q = 10\ \text{kJ} - 25\ \text{kJ} = \underline{\underline{-15\ \text{kJ}}}$

Det gikk 15 kJ med varme *ut* av systemet.

d En adiabatisk prosess er en prosess der den indre kinetiske energien til et system endres uten at det skjer noen overføring av varme. For at dette skal være mulig må systemet enten være fullstendig varmeisolert fra omgivelsene, eller prosessen må skje så raskt at det ikke er tid for at det skal overføres varme underveis i prosessen. Ingen fysiske prosesser er fullstendig adiabatiske, men «å riste en termos», «adiabatisk fyrtøy», eller enkelte former for skydannelse kan være eksempler på tilnærmede adiabatiske prosesser.

Oppgave 4

Vi vet at $c = \dfrac{Q}{m\Delta T} \quad \Rightarrow \quad Q = cm\Delta T$. På grunn av energibevaring må vannet motta like mye energi som glasset mister: $c_g m_g \Delta T_g = c_v m_v \Delta T_v$. Vi vet at $m_g = m_v = 1{,}00\ \text{kg}$. Da er

$$\Delta T_v = \frac{c_g}{c_v}\Delta T_g = \frac{0{,}84\ \text{kJ/kgK}}{4{,}18\ \text{kJ/kgK}} \cdot 5{,}0\ \text{K} = \underline{\underline{1{,}0\ \text{K}}}$$

Oppgave 5

$$q = \frac{Q}{m} \quad \Rightarrow \quad m = \frac{Q}{q} = \frac{1{,}5\ \text{kWh}}{334\ \text{kJ/kg}} = \frac{1{,}5\ \text{k} \cdot (\text{J/s}) \cdot 3600\ \text{s}}{334\ \text{kJ/kg}} = \underline{\underline{16\ \text{kg}}}$$

Oppgave 6

a $COP_{\text{Carnot}} = \dfrac{T_{\text{avgitt}}}{T_{\text{avgitt}} - T_{\text{opptatt}}} = \dfrac{(32+273)\ \text{K}}{(32+273)\ \text{K} - (-5+273)\ \text{K}} = 8{,}243 = \underline{\underline{8{,}2}}$

b $COP = \dfrac{Q}{E} = 0{,}40 \cdot COP_{\text{Carnot}} \quad \Rightarrow \quad E = \dfrac{Q}{0{,}40 \cdot COP_{\text{Carnot}}}$

Vi deler med samme tid *t* på begge sider. kan vi skrive:

$P_E = \dfrac{P_Q}{0{,}40 \cdot COP_{\text{Carnot}}} = \dfrac{55\,000\ \text{W}}{0{,}40 \cdot 8{,}243} = 1{,}67 \cdot 10^4\ \text{W} = \underline{\underline{17\ \text{kW}}}$

c Den elektriske energien har høyere effekt enn den termiske, fordi den er enklere å utnytte til arbeid. Dette følger også av termofysikkens 2. lov, som sier at den totale energikvaliteten synker når energi omformes eller overføres.