

2. Energian siirtymistavat ja lämpö

Harjoittele

Tehtävä 2.1.

Väittämistä ovat oikein b), c), d), g) ja h).

Korjaukset vääriin väittämiin:

- a) Lämpö tarkoittaa lämpötilaeron takia siirtyvää energiaa. Lämpötila on tilanmuuttuja, joka riippuu aineen rakenneosasten keskimääräisestä liike-energiasta.
- e) Metalliesineet ja puuesineet lämpenevät samaan lämpötilaan. Metalliesineet kuitenkin tuntuvat käteen kuumemmilta, koska ne johtavat paremmin energiaa.
- f) Styroksi johtaa energiaa heikosti eli on lämmöneriste.
- i) Säteilevä kappale luovuttaa energiaa ympäristöönsä. Tämän vuoksi kappaleen sisäenergia pienenee.

Tehtävä 2.2.

- a) Kuljettuminen. Hiustenkuivaajasta ilmaan siirtynyt energia kuljettuu hiustenkuivaajan aiheuttaman ilmavirran sisäenergiana hiuksiin.
- b) Säteily. Infrapunasaunan lämmittimet säteilevät sähköverkosta ottamaansa energiaa lämpösäteilynä ympärilleen.
- c) Johtuminen. Vedenkeittimen sähkövastuksen luovuttama energia johtuu vastuksen ympärillä olevaan veteen.

Tehtävä 2.3.

a) Havaitaan, että muki lämmittää rannetta.

b) Energia siirtyy säteilynä.

Tehtävä 2.4.

a) Lämmittimen teho $P = 750 \text{ W}$.

Lämmittämiseen käytetty aika $t = 15 \cdot 60 \text{ s} = 900 \text{ s}$.

Lämmitin luovuttaa energiaa

$$E = Pt = 750 \text{ W} \cdot 900 \text{ s} = 675\,000 \text{ J} \approx 680 \text{ kJ}.$$

b) Lämmitin kasvattaa huoneilman sisäenergiaa.

c) Sisäenergian kasvu havaitaan huoneilman lämpötilan nousuna.

Tehtävä 2.5.

- a) Esimerkiksi kupari, rauta ja muut metallit johtavat energiaa hyvin.
- b) Esimerkiksi ilma, sahanpuru ja monet muovit kuten styroksi johtavat energiaa heikosti.

Tehtävä 2.6.

- a) Auringon paistaessa energia siirtyy säteilemällä.
- b) Tuulen mukana energiaa kuljettuu iholta, joten tuulinen sää tuntuu viileämmältä.

Sovella

Tehtävä 2.8.

- a) Mittauksen alussa veden lämpötila on molemmissa astioissa $87,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- b) Ajanhetkellä $t = 400\text{ s}$ vesien lämpötilat ovat $72,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $75,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- c) Se astia, josta siirtyy enemmän energiaa ympäristöön, jäähtyy nopeammin.

Energiaa johtuu molemmista astioista yhtä paljon, koska vettä on molemmissa astioissa yhtä paljon, astiat on valmistettu samasta materiaalista, ja astiat ovat samanmuotoiset. Molempien astioiden suuaukoista vettä haihtuu yhtä paljon, joten kuljettamalla niistä siirtyy yhtä paljon energiaa ympäristöön.

Koska astioiden värikykset ovat erilaiset, ne säteilevät energiaa ympäristöönsä eri tavalla. Mustaksi maalattu astia on parempi lämpösäteilijä. Siten väriltään musta astia jäähtyy nopeammin kuin hopeanvärinen. Tästä voidaan päätellä, että lämpötila 1 -käyrä esittää mustassa astiassa olevan veden jäähtymistä.

Tehtävä 2.9.

- a) Asbesti on 1900-luvulla rakennusmateriaaleissa käytetty terveydelle haitallinen mineraali. Asbestipölylle altistumisen on todettu aiheuttavan keuhkosairauksia. Asbesti on hyvä lämmöneriste ja paloturvallinen materiaali, joten sitä on käytetty muun muassa putkien eristeissä, kiinnityslaasteissa, kattomateriaaleissa ja muovimatoissa.
- b) Ikkunoiden ilmavuodot lisäävät energian siirtymistä kuljettamalla. Siksi ikkunoiden liitosten on oltava kunnossa, ja avattavien ikkunoiden tiivisteistä on pidettävä huolta. Lämpölasissa kaksi tai useampia lasia on liitetty yhteen ja lasien välissä on suojakaasua (usein jalokaasu argon), joka vähentää energian siirtymistä johtamalla. Laseissa olevat selektiivipinnoitteet ovat läpinäkyviä metalli- tai metallioksidipinnoitteita, jotka estävät infrapunasäteilyn kulkua. Talvella selektiivilasi estää energian siirtymisen sisältä ulos säteilynä. Kesällä selektiivilasi estää auringon infrapunasäteilyn pääsyä sisään.

Tehtävä 2.10.

Vetoketju on lämmönjohde, kun taas makuupussi muuten on hyvä lämmöneriste. Vetoketju siirtää energiaa johtumalla pussin sisältä ympäristöön.

Tehtävä 2.11.

- a) Kuva liittyy energian siirtymiseen johtumalla. Sormista siirtyy energiaa kappaleisiin johtumalla. Lämpökamerakuva paljastaa, että vasemmanpuoleinen kappale on lämpimämpi kuin oikeanpuoleinen. Tästä voidaan päätellä, että vasemmanpuoleinen kappale on parempi lämmönjohde kuin oikeanpuoleinen kappale.
- b) Kuva liittyy energian siirtymiseen kuljettumalla. Punaiseksi värjätty vesi kohoaa mittalasisista vadin pintaan, sillä lämpimän veden tiheys on pienempi kuin kylmemmän veden. Punaiseksi värjätty vesi on lämpimämpää kuin astiassa oleva kirkas vesi.
- c) Kuva liittyy energian siirtymiseen säteilemällä. Tilanteessa kuvataan ikkunalasia, josta säteily heijastuu. Tavallinen kamera muodostaa kuvan näkyvän valon avulla, ja siinä henkilö ei juurikaan erotu. Lämpökamera mittaa infrapunasäteilyä, jota lämpimät kohteet säteilevät enemmän kuin viileät. Koska henkilö on ympäristöään lämpimämpi, hän säteilee enemmän infrapunasäteilyä kuin ympäristönsä ja erottuu hyvin lämpökamerakuvassa.

Tehtävä 2.12.

- a) Opiskelija lähettää eniten lämpösäteilyä kasvoistaan sekä reisistään ja sääristään. Opiskelija lähettää vähiten lämpösäteilyä ylävartalostaan.
- b) Emittoituneen lämpösäteilyn määrää voi vähentää lisäämällä eristystä eli pukeutumalla lämpimämpiin vaatteisiin.

Tehtävä 2.13.

- a) Mitä kauemman paistinpannu on liedellä, sitä korkeammaksi pannun lämpötila nousee.
- b) Koska paistinpannun lämpötila kasvaa, voidaan päätellä, että pannun sisäenergia lisääntyy.
- c) Lämmön johtuminen näkyy lämpökamerakuvassa paistinpannun pohjan ja paistinpannun reunojen lämpenemisenä. Lämpökamera kuvaa paistinpannun lähettämää lämpösäteilyä.

Tehtävä 2.14.

Kahvi kannattaa pakata kannelliseen termosmukiin. Kansi eristää energian siirtymisen kuljettumalla kahvin höyryn mukana, heijastamalla lämpösäteilyä. Maito kannattaa lisätä kahviin heti alussa. Tällöin valmiin maitokahvin lämpötilaero ympäristön kanssa on pienempi, jolloin energiaa siirtyy ympäristöön hitaammin.

Tehtävä 2.15.

- a) Avaruudessa ei ole väliainetta, joten energian kuljettuminen ja johtuminen ei ole mahdollista. Mahdollinen lämmönsiirtymistapa satelliitin ja ympäristön välillä on säteily.
- b) Avaruudessa ei ole ilmakehää, joka absorboisi säteilyä. Auringon säteily lämmittää satelliittia vain Auringon puolelta. Tällöin satelliitin Auringon puoleisten kohtien lämpötilat nousisivat erittäin paljon ilman satelliittien lämpötilaerojen hallintaa. Satelliitin varjopuoli ei lämpene säteilyn vaikutuksesta ollenkaan.
- c) Satelliitin eri lämpöisten osien välistä lämmönjohtumista voidaan hallita eristämällä satelliitin osia toisistaan. Satelliittien kiiltävä pinta heijastaa Auringosta tulevaa säteilyä ja siten vähentää satelliitin lämpenemistä. Satelliiteissa käytetään myös muita menetelmiä esimerkiksi satelliitin tietokoneiden prosessorien luovuttaman energian siirtämiseksi.

Tehtävä 2.16.

Tutkimuksessa voidaan käyttää esimerkiksi eri materiaaleista valmistettuja lusikoita sekä kuumaa vettä. Kuumaa vettä sisältävälle astialle tehdään pahvinen kansi, joka estää kuuman vesihöyryn kuljettumisen tutkittaviin materiaaleihin. Pahviin tehdään juuri lusikoiden kokoiset reiät, joissa lusikat pysyvät pystyssä.

Johtumisen voi todeta tunnustelemalla kuumassa vedessä olevien lusikoiden varsia. Se lusikka, joka tuntuu sormissa kuumimmalta, johtaa parhaiten energiaa. Sormissa viileimmältä tuntuva lusikka johtaa energiaa huonoiten.

Johtumisen voi osoittaa myös esimerkiksi voinokareen ja pippurin avulla. Lusikoiden päähän laitetaan pieni nokare voita ja voihin painetaan pippuri. Astiaan kaadetaan kuuma vesi, asetetaan pahvinen kansi paikoilleen ja upotetaan lusikat veteen yhtä aikaa. Materiaalin lämmönjohtokyky on sitä parempi, mitä nopeammin voissa kiinni oleva pippuri alkaa valua.

Tehtävä 2.17.

a) Energia siirtyi uunivuokaan ja kasvisgratiiniin säteilemällä. Lisäksi uunivuokaan energiaa siirtyi metallista uuniritilää pitkin johtumalla. Uunivuusta energia siirtyi johtumalla kasvisgratiiniin.

b) Kasvisgratiiniin sitoutunut energia $E = 0,46$ MJ = $0,46 \cdot 10^6$ J.

Kasvisgratiinin lämmitysaika $t = 15,2$ min = $15,2 \cdot 60$ s = 912 s.

Uunin gratiinille teholla P luovuttama energia $E_{\text{uuni}} = Pt$ on yhtä suuri, kuin gratiinin vastaanottama energia E_{gratiini} eli

$$E_{\text{uuni}} = E_{\text{gratiini}}$$

$$Pt = E_{\text{gratiini}}$$

Uunin lämmitysteho on

$$P = \frac{E_{\text{gratiini}}}{t} = \frac{460000 \text{ J}}{912 \text{ s}} = 504,386 \text{ W} \approx 500 \text{ W}.$$

c) Uuni ei ole eristetty systeemi. Energiaa siirtyy uunin lämmitysvastuksilta uunin rakenteisiin ja seinämiin, josta se johtuu uunin ulkopuolelle. Uuni ei ole täysin suljettu systeemi, jolloin energiaa siirtyy uunin sisältä lämpimän ilman mukana kuljettumalla uunin ulkopuolelle. Nämä energian siirtymiset heikentävät uunin hyötysuhdetta.

Syvennä

Tehtävä 2.18.

- a) Entropia on lämpöopin suure, joka kuvaa systeemin epäjärjestyksen määrää. Eristetyn systeemin entropia voi vain pysyä samana tai kasvaa. Järjestyksen lisäämiseen eli entropian pienenemiseen tarvitaan energiaa systeemin ulkopuolelta.
- b) Tapahtuman, jossa energiaa siirtyisi itsestään kylmemmästä aineesta kuumempaan, todennäköisyys on niin pieni, että se on käytännössä mahdotonta. Jos esimerkiksi koskettaa vahingossa kuumaa uunipeltiä, ei ole mahdollista, että uunipelti kuumenisi edelleen ja käsi jäähtyisi.

Jos energia siirtyisi kylmemmästä kappaleesta kuumempaan, systeemin entropia vähenisi. Kun käden rakenneosasten lämpöliike vähenisi, myös entropia vähenisi. Tämä entropian muutos olisi paljon suurempi kuin kuumen uunipellin lämpöliikkeen lisääntymisestä johtuva entropian kasvu.

Tehtävä 2.19.

- a) Mitä pienempi aineen lämmönjohtavuus on, sitä vähemmän energiaa johtuu ympäristöön. Taulukon aineista polyuretaani on paras lämmöneriste, koska polyuretaanin lämmönjohtavuus on taulukon pienin.

b) Talon sisä- ja ulkopintojen välinen lämpötilaero

$$\Delta T = 44 \text{ °C} = 44 \text{ K}$$

Seinän pinta-ala $A = 124 \text{ m}^2$

Lämmönjohtumisaika $t = 8,5 \text{ h} = 30\,600 \text{ s}$

Siirtyneen energian määrä $E = 23\,000\,000 \text{ J}$

Mineraalivillan lämmönjohtavuus $\lambda = 0,035 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$

Siirtyvän energian määrä saadaan lämmönjohtumistehon ja lämmönjohtumisajan avulla

$$E = Pt \text{ eli } P = \frac{E}{t}$$

Lämmönjohtumisteho $P = \lambda A \frac{\Delta T}{l}$, josta

$$\frac{E}{t} = \lambda A \frac{\Delta T}{l}$$

Ratkaistaan, kuinka paksu kerros eristettä tarvitaan.

$$l = \frac{\lambda A \Delta T t}{E} = \frac{0,035 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \cdot 124 \text{ m}^2 \cdot 44 \text{ K} \cdot 30600 \text{ s}}{23 \cdot 10^6 \text{ J}} = 0,25406 \text{ m} \approx 25 \text{ cm}$$

c) Rakennusmääräysten mukaan seinän U -arvon pitää olla $0,17 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$. Edellisessä kohdassa laskettu seinän paksuus $l = 0,25406 \text{ m}$.

Lasketaan mineraalivillakerroksen U -arvo.

$$U = \frac{\lambda}{l} = \frac{0,035 \frac{\text{W}}{\text{mK}}}{0,25406 \text{ m}} = 0,13776 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \approx 0,14 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Rakennusmääräyksissä U -arvon ylärajana on $0,17 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$.

Koska seinän U -arvo on tätä pienempi, seinä on riittävän paksu. Energiaa ei siis siirry seinän läpi rakennusmääräystä suuremmalla teholla.

Tehtävä 2.20.

- a) Havaitaan, että vasemmanpuoleinen jääpala sulaa nopeammin kuin oikeanpuoleinen jääpala. (2 p)
- b) Lämpökamerakuvan väreistä havaitaan, että vasemmanpuoleinen levy lähettää energiaa ympäristöönsä suuremmalla teholla. (2 p) Tämä näkyy vasemmanpuoleisen levyn kirkkampana kuvana. (1 p)
- c) Vasemmanpuoleisen levyn päällä oleva jääpala sulii nopeammin kuin oikeanpuoleisen levyn päällä oleva jääpala. Vasemmanpuoleisen levyn päällä oleva jääpala vastaanotti ympäristöstään energiaa suuremmalla teholla (2 p). Metallit ovat parempia lämmönjohteita kuin muovit (1 p). Metallilevy luovutti suuremmalla teholla energiaa jääpalalle kuin muovi (1 p), jolloin jääpala sulaa metallilevyn pinnalla nopeammin kuin muovilevyn pinnalla (1 p).
- d) Metallit ovat muoveja parempia lämmönjohteita (1 p), joten ne vastaanottavat ja luovuttavat energiaa suuremmalla teholla kuin muovit (2 p).
- e) Johtuminen on merkittävin lämmönsiirtymistapa jääpalan ja levyn välillä (1 p).

f) Jään vastaanottama energia $E = 4100 \text{ J}$

Jään sulamiseen kulunut aika $t = 2,18 \text{ min} = 130,8 \text{ s}$ (1 p)

Ympäristö luovutti energiaa jääpalalle yhtä paljon, kuin jääpala vastaanotti energiaa

Jääpala vastaanotti energiaa paistinpannulta ja ympäristöstä teholla P , jolloin

$$E = Pt \text{ (1 p)}$$

Teho, jolla paistinpannu ja ympäristö luovutti energiaa jääpalalle

$$P = \frac{E}{t} = \frac{4100 \text{ J}}{130,8 \text{ s}} = 31,34 \text{ W} \approx 31 \text{ W. (2 p)}$$

