

10. Aineen lämpeneminen ja jäähdyminen

OPIT

- ▶ Aine lämmitessään **sitoo** energiaa ja jäähtyessään **luovuttaa** energiaa
- ▶ Energian määrään vaikuttavat **tekijät**
- ▶ Määritetään siirtyvän energian eli **lämmön suuruus**

Lämpötilaerot tasoittuvat

- ▶ Kylmempi kappale vastaanottaa lämpöä kuumemman kappaleen luovuttaman energian eli lämmön Q .


Lämpö ja lämpömäärä

Makrotasolla

- ◇ Lämpö on lämpötilaeroista johtuvaa energian siirtymistä
- ◇ Lämpömäärä = siirtyvän energian määrä, $[Q] = 1 \text{ J}$

Mikrotasolla

- ◇ Lämpö on lämpöenergian siirtymistä systeemin ja ympäristön välillä
- ◇ Lämpöenergia on aineen rakenneosasten lämpöliikkeeseen liittyvää energiaa
- ◇ Lämpötila kuvaa aineen rakenneosasten liikettä



Äiti, minulla on lämpöä!
En voi mennä kouluun.



???

Lämpöopin nollas pääsääntö

Eristetyssä termodynaamisessa systeemissä lämpötilaerot tasoittuvat itsestään.

Systeemi saavuttaa siis termodynaamisen tasapainon.



Lämpöopin I pääsääntö

Systeemin sisäenergian muutos on $\Delta U = Q + W$.

Lämpöopin II pääsääntö

Termodynaamiset prosessit suuntautuvat kohti tasapainoa

ELI

Eristetyn systeemin entropia kasvaa, kunnes tasapaino on saavutettu

ELI

Ei ole olemassa konetta ideaalista lämpövoimakonetta

Lämpöopin II pääsääntö

- ◇ Entropia on epäjärjestyksestä kuvaava suure: mitä suurempi epäjärjestys on, sitä suurempi entropia
- ◇ Epäjärjestyksen kasvaminen tarkoittaa energian jakautumista tasaisemmin systeemin sisällä
 - ◇ Esim. jääpalan sulaminen tai väriaineen sekoittuminen veteen
- ◇ Itsestään tapahtuvissa reaktioissa entropia kasvaa

Kykyä sitoa/luovuttaa energiaa $Q = E$

Ominaislämpökapasiteetti c

- Ominaislämpökapasiteetti on aineelle ominainen suure, joka kertoo kuinka paljon energiaa tarvitaan tietyn massaisen kappaleen lämpötilan nostamiseen haluttuun lämpötilaan
- Kertoo myös kuinka paljon aine luovuttaa energiaa jäähtyessään

Aine	$c \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right)$
vesi	4,19
jää	2,09
alumiini	0,900
tiili	0,8
hiili (grafitti)	0,712
rauta	0,450
nikkeli	0,444
kupari	0,387
messinki	0,38
lasi	0,84

Aineen sitoma tai luovuttama lämpömäärä

Aineen sitoma tai luovuttama lämpömäärä on

$$Q = cm\Delta T,$$

jossa c on ominaislämpökapasiteetti, m aineen massa, ja ΔT lämpötilan muutos.

- a) Kuinka paljon tarvitaan energiaa lämmittämään tyhjä 45 kg:n massainen raudasta valmistettu saunapata lämpötilasta 15 °C lämpötilaan 95 °C?
- b) Paljonko enemmän tarvitaan energiaa, jos padassa on 20 litraa vettä?

Ratkaisu

$$\Delta t = 80 \text{ °C}, \Delta T = 80 \text{ K}, m_{\text{pata}} = 45 \text{ kg}, m_{\text{vesi}} = 20 \text{ kg}, c_{\text{vesi}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

- a) Raudan ominaislämpökapasiteetti on $0,450 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, joten tyhjän padan lämmittäminen vaatii energian

$$Q = c_{\text{rauta}} m_{\text{pata}} \Delta T = 0,450 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 45 \text{ kg} \cdot 80 \text{ K} \approx 1600 \text{ kJ}.$$

- b) Jos padassa on 20 kg vettä, lämmittämiseen tarvitaan lisäenergiaa

$$Q = c_{\text{vesi}} m_{\text{vesi}} \Delta T = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 20 \text{ kg} \cdot 80 \text{ K} \approx 6700 \text{ kJ}.$$

Veden lämmittäminen vaatii paljon enemmän energiaa kuin rautapadan lämmittäminen.

Vastaus

- a) Energiaa tarvitaan 1600 kJ. b) Tarvitaan 6700 kJ enemmän energiaa.

Lämpökapasiteetti C

- Kuvaa kappaleen kykyä luovuttaa ja vastaanottaa energiaa
- Voidaan laskea yhtälöstä $Q = C\Delta T$ eli $C = \frac{Q}{\Delta T}$
- Kun tunnetaan lämpömäärä ja lämpötilan muutos, voidaan selvittää kappaleen lämpökapasiteetti
- Jos kappaleen materiaali on tunnettu, lämpökapasiteetti voidaan myös selvittää yhtälöstä $C = cm$

Ihmisen (massa 60 kg) lämpökapasiteetti on noin 200 kJ/K. Kuinka paljon 60-kilogrammassen Raimon keho on tuottanut lisäenergiaa, kun hänen lämpötilansa on noussut kuumeen takia 36,5 °C:sta 40,0 °C:een? Onko se mielestäsi paljon vai vähän?

Ratkaisu

$$\Delta t = 3,5 \text{ } ^\circ\text{C}, \Delta T = 3,5 \text{ K}, C = 200 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

Lämpötilan nousu vastaa energiaa

$$Q = C\Delta t = 200 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \cdot 3,5 \text{ K} = 700 \text{ kJ.}$$

Tätä voi verrata ihmisen normaaliin päivittäiseen energiankulutukseen, joka on noin 10 000 kJ.

Vastaus

Keho on tuottanut lisäenergiaa 700 kJ.

Teho

- **Teho** ilmaisee, kuinka **nopeasti voima tekee työtä**.
- Teho ilmaisee myös **energian muuttumisnopeuden**.

Kun tiedetään energian Q siirtymiseen kulunut aika Δt , saadaan laitteen lämmitystehoksi P

$$P = \frac{Q}{\Delta t}.$$

$$[P] = \frac{[Q]}{[\Delta t]} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W}$$

Esimerkki 5

Kalorimetriastiassa on 266 g tuntematonta nestettä. Kalorimetrin lämpökapasiteetti on 47 J/K . Nesteen lämpötilaa mitattiin, kun sitä lämmitettiin 300 W:n teholla. Määritä kuvaajan avulla nesteen ominaislämpökapasiteetti.

