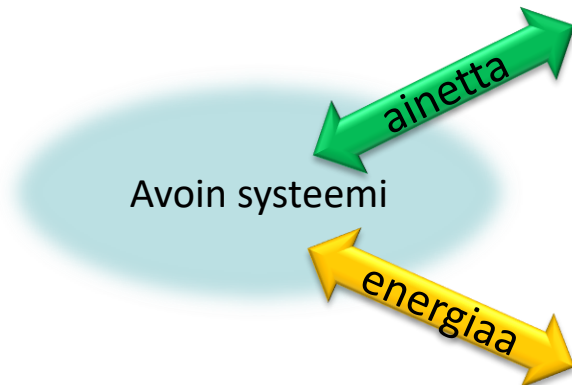
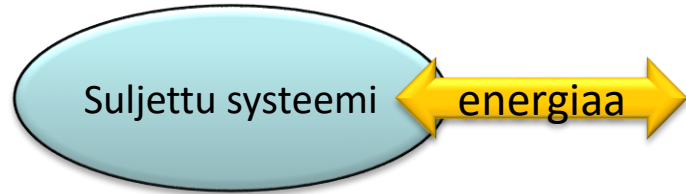
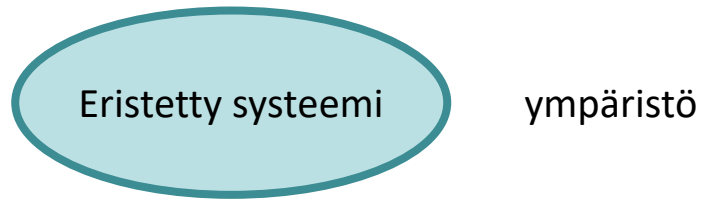


Termodynaamisten systeemien perustyytit



- Eristetty systeemi ei ole vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Se ei vaihda ympäristönsä kanssa ainetta, eikä energiaa.
- Systeemi on harvoin täysin eristetty, mutta esim. termospulloa voidaan mallintaa eristettynä systeeminä.
- Suljettu systeemi vaihtaa ympäristön kanssa energiaa, mutta ei ainetta
 - Esim. suljettu limsapullo, kaukolämpöverkosto, ...
- Avoin systeemi vaihtaa ympäristön kanssa sekä ainetta että energiaa
 - Esim. maitolasi, luokkahuone, ...

Energia

- Energia on ”systeemin kykyä tehdä työtä”
- Energiaa voi esiintyä monissa muodoissa:
 - Esim. kemiallinen energia, säteilyenergia, liike-energia, potentiaalienergia, ...
- Termodynaamisen systeemin rakenneosasten (lämpö)liikkeeseen ja kemiallisiin sidoksiin (sähkömagneettisen vuorovaikutuksen potentiaalienergiaa) liittyvää energiaa kutsutaan *sisäenergiaksi*
- Sisäenergia on ”piilossa”: sen suuruutta ei voida mitata, ainoastaan sen muutoksia
- Energian säilymislaki:
- *Energia voi siirtyä tai muuttua muodosta toiseen, mutta sen kokonaismäärä säilyy.*
- Energian E yksikkö on $[E] = 1 \text{ J}$ (joule)

Lämpö ja lämpötila

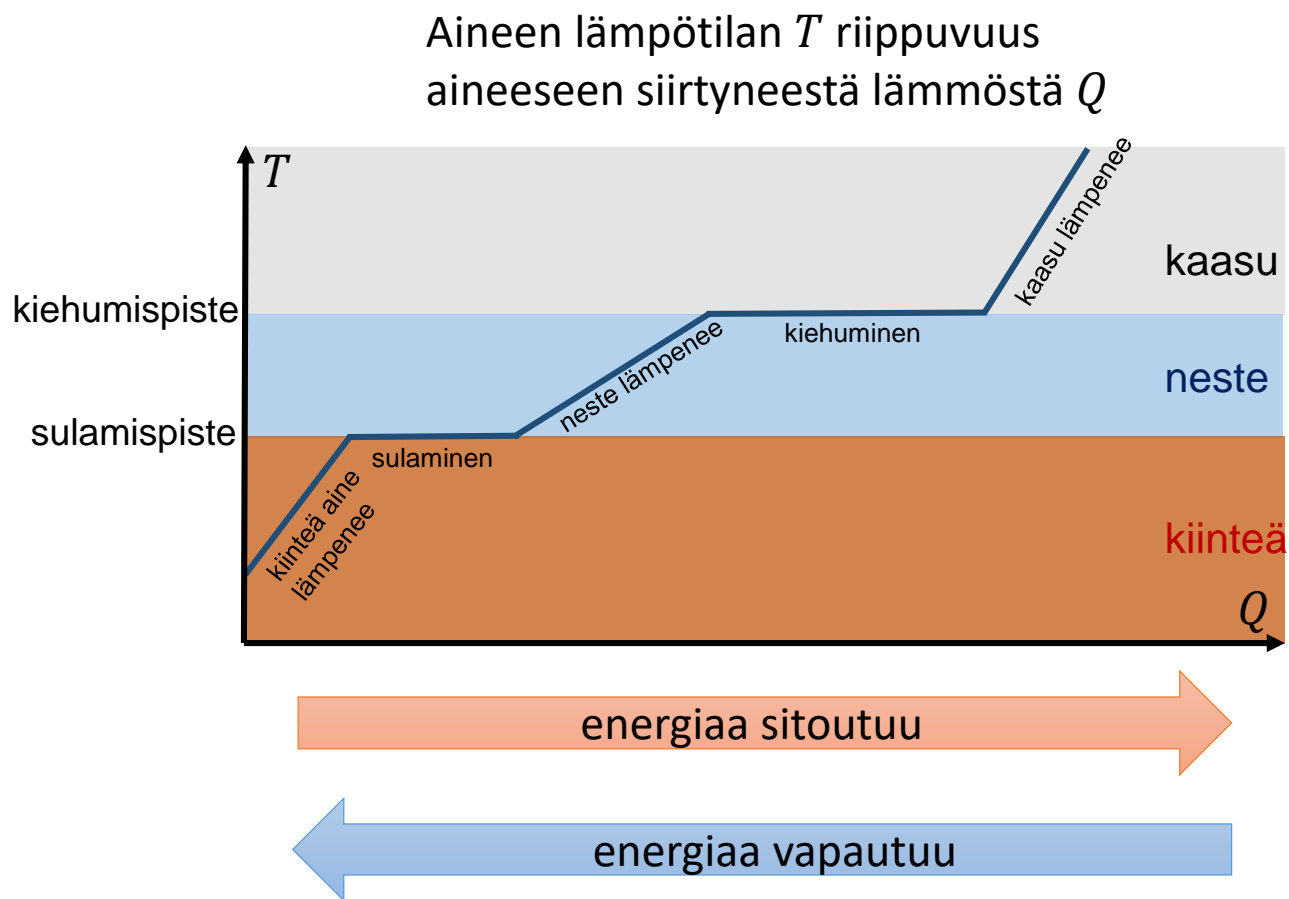
- Mikrotasolla lämpö (lämpöenergia) tarkoittaa aineen rakenneosasten satunnaisen liikkeen, värähtelyn ja pyörimisen liike-energiaa
- Lämpö ilmenee makrotasolla lämpötilaerosta johtuvana energian siirtymisenä korkeammasta lämpötilasta matalempaan
- Lämpötila T on tilastollinen suure, joka määrittää aineen rakennehiukkasten keskimääräisen liike-energian avulla
 - Mitä suurempi keskimääräinen lämpöliike, sitä suurempi lämpötila
- Absoluuttisessa nollassa $-273,15\text{ °C} = 0\text{ K}$ lämpöliike olisi kokonaan pysähtynyt
 - Tätä pistettä ei voida koskaan saavuttaa

Lämmön siirtymistavat

- Lämmön kuljettuminen eli *konvektio*
 - lämpöenergia siirtyy virtaavan väliaineen mukana
 - esim. ilmanvaihtojärjestelmät, kaukolämpö, lämpöpattereissa virtaava vesi, golf-virta,...
- Lämmön johtuminen
 - lämpöenergia siirtyy aineessa sen rakenneosien (molekyylien) lämpöliikkeenä
 - nopeasti liikkuvat rakenneosat välittävät liike-energiaansa hitaammin liikkuvien rakenneosien kanssa ja lämpötilaerot tasoittuvat
 - metalleilla on erityisen hyvä *lämmönjohtokyky*
 - huokoiset materiaalit eristävät hyvin lämpöä
- Lämpösäteily
 - energia siirtyy sähkömagneettisena säteilynä (väliainetta ei tarvita)
 - kaikki kappaleet lähettävät lämpösäteilyä
 - säteilyn teho ja taajuus kasvavat kappaleen lämpötilan noustessa

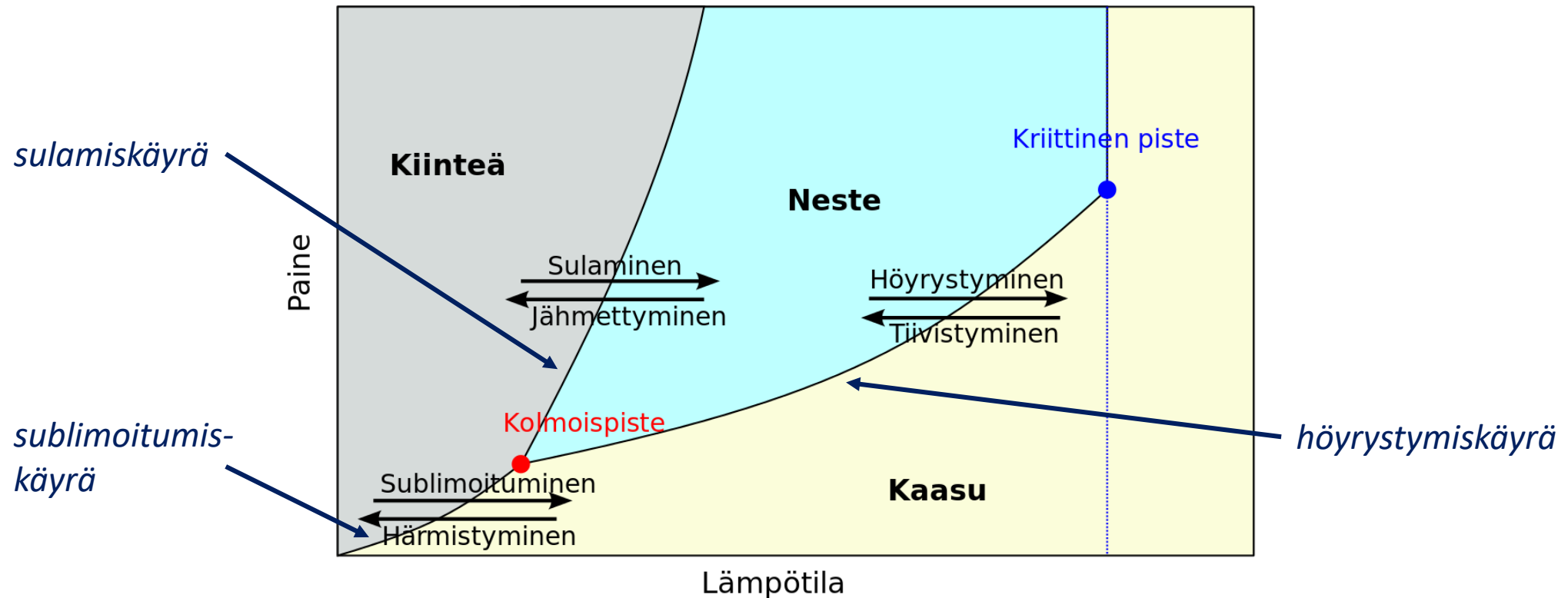
Aineen olomuotojen muutokset

- Aineen kiehuessa tai sulaessa sen lämpötila ei muutu (jos paine on vakio).
- Olomuodon muutoksissa sitoutuu tai vapautuu energiaa.



Faasikaavio

- Faasi on systeemin tasa-aineinen (homogeeninen) osa-alue.
- Saman aineen eri olomuodot ovat eri faaseja
- Faasikaaviossa esitetään miten aineen olomuoto riippuu lämpötilasta ja paineesta.



- Aineelle ominaisen *kolmoispisteen* paineessa ja lämpötilassa kaikki kolme olomuotoa ovat tasapainossa.
- Veden kolmoispisteen paine on n. 0,006 bar ja lämpötila $273,16\text{ K} = 0,01\text{ °C}$
 - Tämä lämpötila on asetettu kelvin-asteikon toiseksi peruspisteeksi (toinen on absoluuttinen nollapiste)
- Höyrystymiskäyrä päättyy *kriittiseen pisteeseen*, joka on myös kullekin aineelle ominainen.
- Tätä suuremmissa lämpötiloissa ja paineissa nestemäisen ja kaasumaisen olomuodon raja häviää.
- Jos aineen lämpötila on kriittistä lämpötilaa korkeampi, aine ei nesteydy painetta kasvattamalla.
- Kaasumaista vettä kutsutaan vesihöyryksi, jos sen lämpötila on alle kriittisen lämpötilan, ja kaasuksi jos lämpötila on tätä rajaa suurempi.

Lämpökapasiteetti ja ominaislämpökapasiteetti

- Lämpökapasiteetti $C = Q/\Delta T$
 - ilmaisee kuinka paljon *kappale* voi ottaa vastaan tai luovuttaa energiaa lämpönä yhtä lämpötilayksikköä kohti
- Ominaislämpökapasiteetti c
 - ilmaisee *aineen* lämpönä luovuttaman tai vastaanottaman energian massa- ja lämpötilayksikköä kohti
- Kappaleen lämmittämiseen vaadittava energia Q (tai vastaavasti kappaleen jäähtyessään luovuttama energia) saadaan kaavalla

$$Q = cm\Delta T$$

Energia olomuodon muutoksissa

- Ominaishöyrystymislämpö $r = Q/m$
 - se energia Q massayksikköä m kohti, joka on vietävä lämpönä kiehumispisteessä olevaan nesteeseen, jotta se höyrystyisi
- Ominaissulamislämpö $s = Q/m$
 - se energia Q massayksikköä m kohti, joka on vietävä lämpönä sulamispisteessä olevaan kiinteään aineeseen, jotta se sulaisi nesteeksi
- Laskutehtävissä piirrä kaavio, josta näkee mihin prosesseihin (lämmitys, olomuodon muutokset) lämpömäärä ”kuluu”

Yo-tehtävä K2000/5

Termospullossa on 0,60 kg vettä, jonka lämpötila on 25 °C. Pulloon kaadetaan 0,41 kg jääpaloja, joiden lämpötila on −8,0 °C, ja sekoitetaan. Kuinka paljon jäätä jää sulamatta?

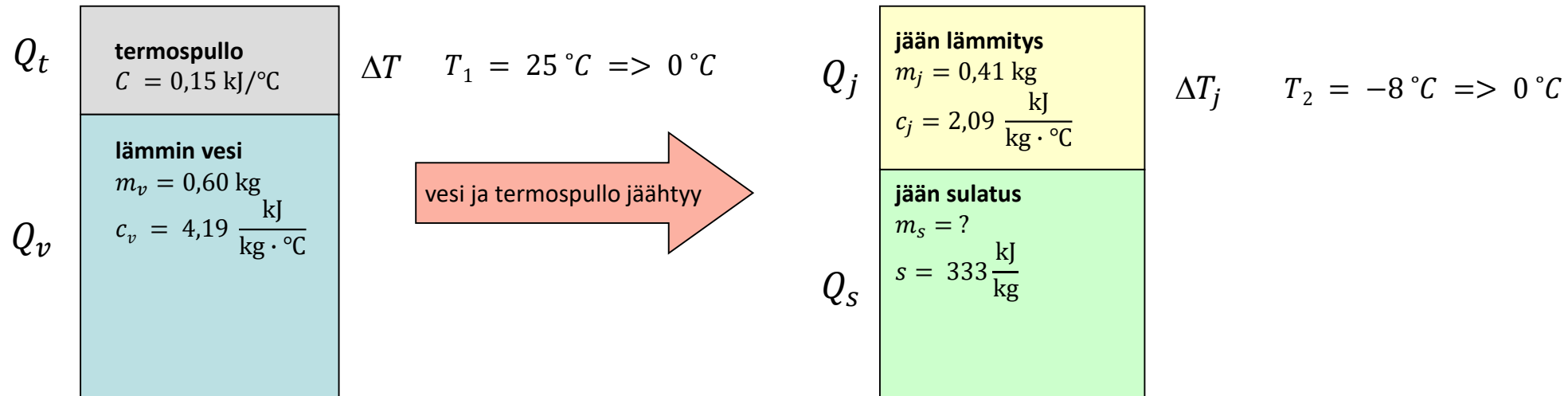
Kuinka pitkän ajan kuluttua jää on kokonaan sulanut, kun ympäristöstä siirtyy pulloon lämpövirta 11 kJ/h?

Termospullon lämpökapasiteetti on 0,15 kJ/°C.

Ratkaisu:

Mieti mitä tapahtuu? Mitä säilymlakia voidaan soveltaa?

Termospullon ja termospullon veden lämpö lämmittää jään sulamispisteeseen ja sulattaa osan jäästä.



Tasapainotila saavutetaan käytännössä niin nopeasti, ettei sekoitusaikana pulloon siirtyvää lämpö määrää tarvitse huomioida. Kaavion perusteella saadaan siis yhtälö

$$Q_t + Q_v = Q_j + Q_s$$

$$C\Delta T + c_v m_v \Delta T = c_j m_j \Delta T_j + s m_s$$

$$m_s = \frac{C\Delta T + c_v m_v \Delta T - c_j m_j \Delta T_j}{s}$$

$$m_s = \frac{0,15 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \cdot 25 \text{ K} + 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,60 \text{ kg} \cdot 25 \text{ K} - 2,09 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,41 \text{ kg} \cdot 8 \text{ K}}{333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$m_s \approx 0,1794 \text{ kg}$$

$$\text{Sulamatta jäi } 0,41 \text{ kg} - 0,1794 \text{ kg} = 0,2306 \text{ kg} \approx \underline{\underline{0,23 \text{ kg}}}$$

Sulamiseen vaaditaan energiamäärä

$$Q = sm = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,2306 \text{ kg} \approx 76,79 \text{ kJ}$$

Lämpöä virtaa systeemiin teholla $P = 11 \text{ kJ/h}$. Sulamiseen kuluu aika:

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{76,79 \text{ kJ}}{11 \text{ kJ/h}} \approx 7,0 \text{ h} \quad \underline{\underline{\text{V: Sulamiseen kuluu aikaa 7 tuntia}}}$$