

FY3 kokeen ratkaisut (25 – 26)

1.

RATKAISU JA PISTEYTYYS

Jokaisessa kohdassa oikea vastaus on 2 p.

1.1

Veden sisäenergia ja tilavuus ovat kasvaneet.

PERUSTELU

Lämpötilan nousu on seurausta sisäenergian kasvusta. Lämpötilan nousun seurauksena tapahtuu myös tilavuuden lämpötilan muutos.

1.2

Säteilemällä

PERUSTELU

Avaruus on tyhjiö. Auringosta siirtyy energiaa ilman väliainetta säteilemällä.

1.3

200 m

PERUSTELU

Kokonaispaine on 21-kertainen ilmanpaineeseen verrattuna. Veden painosta johtuva paine on 20-kertainen ilmanpaineeseen verrattuna.

$$p_h = \rho g h \Rightarrow h = \frac{p_h}{\rho g} = \frac{20 \cdot p_0}{g h} = \frac{20 \cdot 101\,325 \text{ Pa}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \approx 207 \text{ m}$$

1.4

Kaasun lämpötila on 67 °C

PERUSTELU

Ideaalikaasun tilanyhtälö $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{1,2 V_1 \cdot T_1}{V_1} = 1,2 T_1 = 1,2 \cdot 283,15 \text{ K} \approx 340 \text{ K}$

1.5

Pullon kuori on painunut kasaan.

PERUSTELU

Korkealla vuoristossa on alhaisempi ilmanpaine kuin merenpinnan tasolla, joten pullossa on normaalia ilmanpainetta pienempi paine vuoristossa. Pullon tilavuus pienenee, jotta paine-ero pullon sisällä ja ympäristössä tasaantuvat siirryttäessä merenpinnan tasolle.

1.6

Veden (1 kg) höyrystäminen

PERUSTELU

Lämpötilan nostoon vaadittava energia: $Q = cm\Delta T$. Höyrystymiseen ja sulamiseen vaadittavat energiat: $Q = rm$, $Q = sm$. Massa jokaisessa tilanteessa sama. Suurin massa kerroin syntyy höyrystymisessä.

1.7

Mittalasisissa B on korkeampi lämpötila kuin mittalasisissa A.

PERUSTELU

Vedestä siirtyy energiaa mittariin. Mitä pienempi on veden massa, sitä enemmän sen lämpötila muuttuu.

1.8

Veden lämpötila on alhaisempi kuin ilman lämpötila.

PERUSTELU

Haihtuminen vaatii energiaa. Energia on peräisin veden sisäenergiasta. Koska sisäenergia pienenee, laskee veden lämpötila.

1.9

Lämmönsiirtoaine sitoo lämpöä sisäilmasta, jolloin lämmönsiirtoaine höyrystyy.

PERUSTELU

Höyrystyminen on olomuodon muutos, johon tarvitaan energiaa. Lämmönsiirtoaine ottaa energiaa sisäilmasta.

1.10

Kaasu tekee työtä.

PERUSTELU

Kaasu tekee työtä, kun sen tilavuus kasvaa.

2.

1. Kuvussa on ilmaa normaalissa ilmanpaineessa ja 21 °C lämpötilassa. Ilman moolimassa on 29 g/mol. Kuinka suurina ovat ilman ainemäärä ja ilman massa kuvun sisällä?

RATKAISU

Ratkaistaan ideaalikaasun tilanyhtälöstä ainemäärä n :

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT}$$

Kaavassa p on paine, V tilavuus, R kaasuvakio ja T lämpötila.

Ympyrälierion tilavuus: $\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot h$

$$n = \frac{p \cdot \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h}{RT}$$

$$n = \frac{101\,325\text{ Pa} \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,16\text{ m}}{2}\right)^2 \cdot 0,23\text{ m}}{8,3145 \frac{\text{Pa}\cdot\text{m}^3}{\text{mol}\cdot\text{K}} \cdot 294,15\text{ K}} = 0,19159\text{ mol} \approx 0,19\text{ mol}$$

Ainemäärän ja massan välinen yhteys

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = nM$$

Kaavassa M on ilman moolimassa.

$$m = 0,19159\text{ mol} \cdot 29 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 5,6\text{ g}$$

PISTEYTYS

- ideaalikaasun tilanyhtälö (2 p.)
- ainemäärän suureyhtälö ratkaistussa muodossa (2 p.)
- tulos ainemäärä (2 p.)
- ainemäärän ja massan yhteys (1 p.)
- tulos massa (2 p.)

2. Kuvusta poistetaan ilmaa, jolloin paine putoaa arvoon 21,3 kPa. Kuvun alusta työntyy kupuun kiinni ja pysyy kuvussa kiinni, kuten aineiston kuvassa nähdään. Selitä, miksi kuvun alusta ei putoa, vaikka sen paino vetää alustaa kohti maata.

RATKAISU

Kuvun sisälle muodostuu alipaine, kun sisältä poistetaan ilmaa. Paine kohdistaa voiman F , joka on pinta-alan A ja paineen p tulo: $F = pA$. Koska kuvun ulkopuolella on suurempi paine, kohdistuu kuvun alaosaan suurempi voima kuin sisäpuolelta työntäen kuvun alustan kupuun kiinni.

TAI

Kuvun sisälle muodostuu alipaine, kun sisältä poistetaan ilmaa. Paine kohdistaa voiman F , joka on pinta-alan A ja paineen p tulo: $F = pA$. Paine-erosta kuvun ja ympäristön välillä syntyy voima, joka työntää kuvun alustaa kupuun kiinni.

PISTEYTYYS

- kuvussa on pienempi paine kuin ympäristössä (1 p.)
- voima on suoraan verrannollinen paineesta (1 p.)
- paine-ero kuvun ja ympäristön välillä tuottaa voiman, joka työntää kuvun alustan kupuun kiinni (2 p.)

3. Ilman poistamisen jälkeen tyhjiökupuun jää alipaine. Mitkä tilanmuuttujat ovat muuttuneet ja mitkä ovat samat kuin ennen tyhjiöpumpun käynnistystä? Perusteluja ei tarvita.

RATKAISU

Tilanmuuttujat:
paine: pienenee
tilavuus: ei muutu
lämpötila: ei muutu
ainemäärä: pienenee

PISTEYTYYS

- tilanmuuttuja on nimetty (1 p.)
- tilanmuuttujien muutos oikein (1 p.)

3.

1. Hanki kantaa hiihtäjän, mutta upottaa, jos sen päällä kävellään. Mainitse vastauksessa kaava, joka selittää ilmiön.

RATKAISU

Hangen päällä henkilö kohdistaa hankeen paineen, jonka suuruus on $p = \frac{G}{A}$, jossa G on henkilön paino ja A henkilön hankeen kohdistama pinta-ala.

Hanki ei upota, kun siihen kohdistuva paine on riittävän pieni. Suksilla liikkuvan henkilön pinta-ala on suurempi, joten paine on pienempi.

PISTEYTYYS

- paineen kaava (2 p.)
- kun paine on riittävän pieni, hanki kantaa (1 p.)
- sukset kasvattavat pinta-alaa, jolloin hankeen kohdistuva paine pienenee (2 p.)

2. Pulpetin metallijalka ja puinen pinta tuntuvat eri lämpöisiltä, vaikka molemmat ovat huoneen lämpötilassa.

RATKAISU

Käden lämpötila on korkeampi kuin huoneen lämpötila. Kädestä siirtyy energiaa johtumalla pulpettiin tai sen jalkaan. Metallia on parempi lämmön johde kuin puu. Kädestä siirtyy energiaa suuremmalla teholla kosketettaessa metallijalkaa kuin pulpentin kantta, mikä saa metallijalan tuntumaan kylmemmältä.

TAI

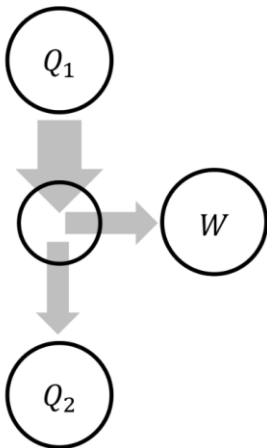
Puu on eriste ja metalli on lämmön johde. Puun pinta lämpenee kosketuskohdasta nopeammin, koska lämpöä ei johdu juurikaan pintaa syvemmälle. Kosketuskohta myös on liki saman tien lämpimämpi kuin metallijalan tapauksessa

PISTEYTYS

- kädestä siirtyy lämpöä johtumalla pulpettiin tai sen jalkaan (2 p.)
- metalli on parempi lämmön johde kuin puu lämmönjohtavuutta (1 p.)
- kädestä siirtyy lämpöä suuremmalla teholla metalliin kuin puuhun / kosketuskohdan lämpötila on puussa korkeampi kuin metallissa (2 p.)

3. Lämpövoimakoneessa, kuten lämpövoimalassa, on lämpösäiliö. Lämpösäiliössä vesi lämpenee. Koneen kiertoprosessissa vesi siirtyy kylmäsäiliöön, jossa veden lämpötila palautuu normaaliin ympäristön lämpötilaan. Piirrä tilanteeseen liittyvä energiakaavio. Kerro, miten lämpövoimakoneen hyötysuhde voidaan määrittää.

RATKAISU



Lämpövoimakoneessa työ W on hyötyenergiaa. Työn suuruus on lämpösäiliöstä siirtyvän lämpömäärän Q_1 ja kylmäsäiliöön siirtyvän lämpömäärän Q_2 erotus: $W = Q_1 - Q_2$. Tällöin hyötysuhde η on $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$.

PISTEYTYS

- lämpövoimakoneen energiakaavio (2 p.)
- työ on hyötyenergiaa (1 p.)
- hyötysuhteen kaava tai muu perustelu (2 p.)

4.

1. Oletetaan Kruunuvuorenrannan ja Korkeasaaren etäisyyden olevan täsmälleen 1191 metriä. Mitä tapahtuisi sillalle vuoden aikana, mikäli sillan pituus keväisessä 10 asteen lämpötilassa olisi täsmälleen 1191 metriä? Miksi?

RATKAISU

Sillan pituus muuttuu lämpötilan mukaan lämpölaajenemisen vuoksi. Jos silta on 1191 m 10 °C lämpötilassa, niin:

Kesällä (40 °C): lämpötila nousee → silta laajenee → pituus kasvaa.

Talvella (−30 °C): lämpötila laskee → silta supistuu → pituus lyhenee.

Tämä tarkoittaa, että silta ei ole enää täsmälleen 1191 m vuoden muina aikoina. Talviaikana pituus on vähemmän, kuin mantereen ja saaren välinen etäisyys.

PISTEYTYS

- Maininta lämpölaajenemisesta (1 p.)
- Kesäaikana lämpötila korkeampi, sillan pituus suurempi (2 p.)
- Talviaikana lämpötila matalampi, sillan pituus pienempi (2 p.)
- Huomattu, että talvella pituus on pienempi, kuin saaren ja mantereen etäisyys (1 p.)

2. Oletetaan, että sillan alla kulkisi yhtenäinen teräspalkki koko 1191 metrin matkalla. Kuinka paljon teräksen pituus voisi enimmillään muuttua?

RATKAISU

Jotta silta ei tipahtaisi mereen, on sillan pituuden oltava vähintään 1191 metriä myös talvella.

Lämpötilan noustessa kesällä, sillan pituus kasvaa lämpölaajenemisen vuoksi.

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$

$$l_0 = 1191 \text{ m}$$

$$\Delta T = 40 \text{ °C} - (-30) \text{ °C} = 70 \text{ °C} = 70 \text{ K}$$

Pituuden muutos on

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta T = 1191 \text{ m} \cdot 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \cdot 70 \text{ K} = 1,00044... \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

PISTEYTYS

- Ymmärretty, että pituus talvella täytyy olla vähintään 1191 metriä (1 p.)
- Teräksen lämpölaajenemiskerroin (1 p.)
- Lämpötilan muutos oikein (1 p.)
- Pituuden muutos symbolisesti (1 p.)
- Lopputulos oikein järkevällä tarkkuudella (2 p.)

3. Miten suunnittelisit sillan pelkästään lämpölaajenemisen huomioon ottaen? Minkälainen rakenne siltaan tulisi? Miten silta kohtaisi mantereen ja saaren maaperän?

RATKAISU

Suunnittelussa otetaan huomioon lämpölaajeneminen seuraavasti:

- Laakerit/liukupinnat siltarakenteen päissä, jotka sallivat pituuden muuttumisen.
- Sillan toinen pää voi olla kiinteä, toinen pää "liukuu" laajenemisen mukana.
- Laajenemissaumoja voidaan käyttää pitkissä silloissa, jotta eri lohkot liikkuvat itsenäisesti.
- Mantereeseen ja saaren liittyvät kohdat suunnitellaan niin, että lämpölaajenemisliike ei riko rakenteita.

Tärkeintä on sallia vapaa pituuden muutos ilman rakenteellisia vaurioita.

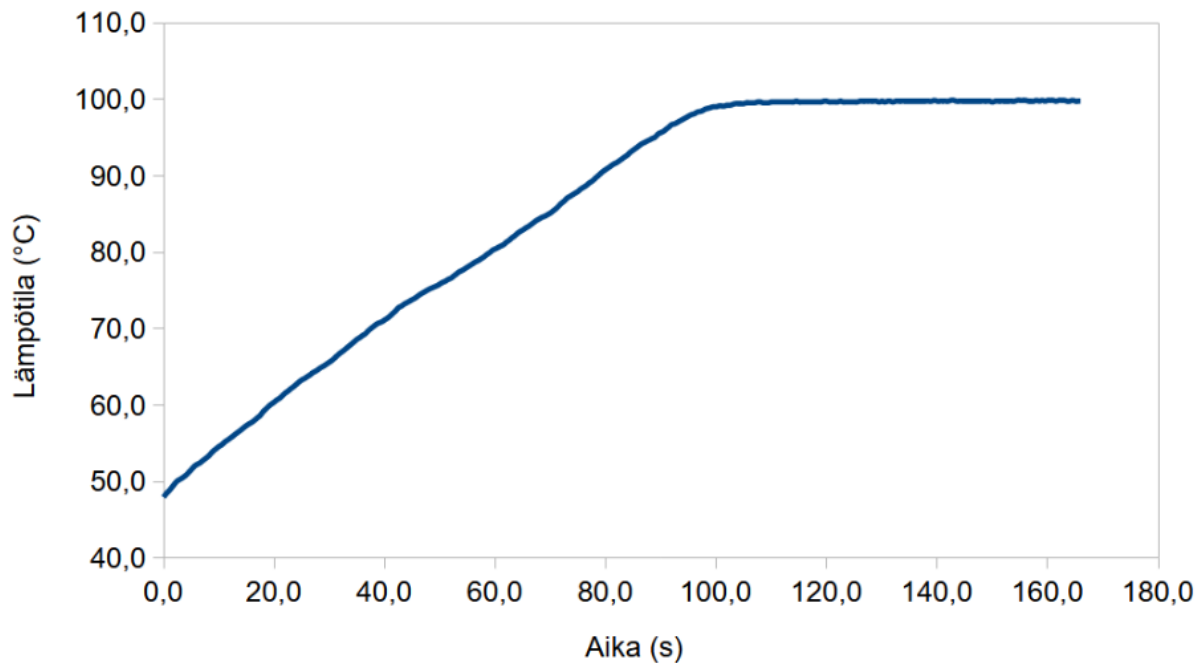
PISTEYTYS

- Otettu järkevällä tavalla huomioon pituuden muuttuminen lämpötilojen vaihdellessa (3 p.)

5.

1. Esitä veden lämpötila ajan funktiona.

RATKAISU



PISTEYTYS

- akselit nimetty (1 p.)
- suureiden yksiköt (1 p.)
- kuvaaja sovittuu koko koordinaatistoon (2 p.)

2. Selitä kuvaajan muoto. Miten kuvaajasta ilmenee, että lämmitys tapahtuu vakioteholla?

RATKAISU

Veteen siirtyy energiaa vedenkeittimestä. Vesi vastaanottaa lämpöä ja sen lämpötila kasvaa. Tämä näkyy kuvaajassa nousevana suorana. Kun vesi saavuttaa kiehumispisteen, veteen siirtyvä energia menee olomuodon muuttamiseen, eikä lämpötila enää muutu. Tämä näkyy kuvaajassa vaakasuorana viivana.

Kun vesi lämpenee kohti kiehumispistettä, on lämpötilan muutos tasaista. Veteen siirtyy aikayksikössä sama määrä lämpöä. Tällöin lämpötilan muutos tapahtuu vakioteholla.

PISTEYTYS

- vesi vastaanottaa energiaa vedenkeittimestä (1 p.)
- veden lämpötila kasvaa (1 p.)
- olomuodon muutoksessa lämpötila ei muutu (1 p.)
- lämpötilan muutos on tasaista (1 p.)
- veteen siirtyy energiaa sama määrä aikayksikössä eli vakioteholla (1 p.)

3. Kuinka paljon vettä oli vedenkeittimessä, kun mittaus päättyi?

RATKAISU

Tarkastellaan aikaväliä, jossa veden olomuoto muuttuu. Tämä vastaa aikaväliä 100 s - 166 s. Vedenkeittimestä siirtyvä energia menee veden olomuodonmuutokseen.

$$Q_{\text{keitin}} = Q_{\text{vesi}}$$

$$P_{\text{keitin}} \Delta t = r m$$

$$m = \frac{P_{\text{keitin}} \Delta t}{r}$$

Vesi kiehuu 66 sekunnin ajan.

$$m = \frac{2,05 \text{ kW} \cdot 66 \text{ s}}{2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,05987 \text{ kg} \approx 60 \text{ g}$$

Vettä höyrystyy 60 g. Vedenkeittimeen jää vettä: $815 \text{ g} - 60 \text{ g} = 755 \text{ g}$

PISTEYTYS

- tarkastellaan veden kiehumista, jonka kesto on 66 s (2 p.)
- sanallinen perustelu energian muuntumiselle (1 p.)
- suureyhtälöratkaisu höyrystyvän veden massalle (2 p.)
- vedenkeittimeen jäävän veden massa gramman tai kymmenen gramman tarkkuudella (1 p.)

6.

1. Kuinka suuri on vedestä siirtyvä lämpöenergia prosessin aikana?

RATKAISU

Lämpöenergia koostuu kolmesta vaiheesta:

1. Veden jäähtyminen $+20\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$c_1 = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \text{ ja } \Delta T_1 = -20\text{ K}$$

2. Veden jäätyminen

$$s = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

3. Jään jäähtyminen $0\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow -18\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$c_2 = 2,09 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \text{ ja } \Delta T_2 = 18\text{ K}$$

$$m_{\text{vesi}} = m_{\text{jää}} = m = 1,5\text{ kg}$$

$$Q_{\text{kok}} = Q_1 - Q_2 + Q_3$$

$$Q_{\text{kok}} = c_1 m \Delta T_1 - sm + c_2 m \Delta T_2$$

$$Q_{\text{kok}} = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 1,5\text{ kg} \cdot (-20\text{ K}) - 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 1,5\text{ kg} + 2,09 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 1,5\text{ kg} \cdot (-18\text{ K})$$

$$Q_{\text{kok}} = -681,33\text{ kJ}$$

Vedestä siirtyy lämpöenergiaa pois 680 kJ.

PISTEYTYKSI

- Eritelty kolme vaihetta (3 p.)
- Ratkaistu kokonaislämpöenergia symbolisesti (2 p.)
- Lopputulos oikein (1 p.)

2. Kuinka kauan pakastimen on vähintään toimittava, jotta tämä lämpö saadaan poistettua?

RATKAISU

$$P = 60\text{ W}$$

$$Q = 681,33\text{ kJ}$$

Tehon kaavasta

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

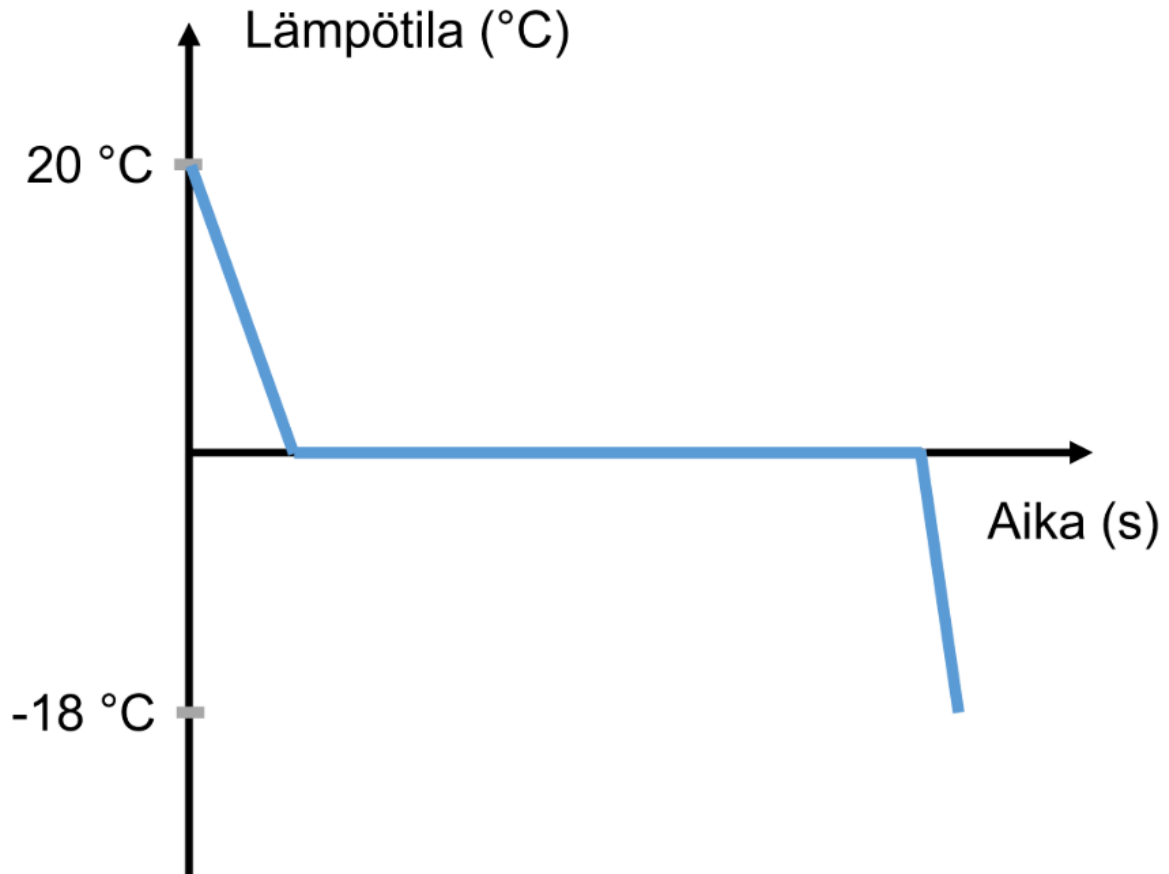
$$\Delta t = \frac{Q}{P} = \frac{681,33 \cdot 10^3\text{ J}}{60\text{ W}} = 11355,5\text{ s} \approx 3\text{ h } 9\text{ min}$$

PISTEYTYKSI

- Tehon kaava (1 p.)
- Aika symbolisesti (1 p.)
- Lopputulos järkevällä tarkkuudella (2 p.)

3. Piirrä aineiston koordinaatistoon kuvaaja, josta ilmenee veden lämpötilan muutos lämpötilavälillä $20\text{ °C} \rightarrow -18\text{ °C}$.

RATKAISU



PISTEYTYS

- Lämpötila laskee välillä $20\text{ °C} \rightarrow 0\text{ °C}$ (1 p.)
- Lämpötila ei muutu tai muuttuu hitaasti 0 °C :een läheisyydessä (2 p.)
- Lämpötila laskee välillä $0\text{ °C} \rightarrow -18\text{ °C}$ (1 p.)
- Lämpötilan muutosnopeus on suurempi veden ollessa jäätä kuin nesteenä (1 p.)

4. Miksi pakastimen todellinen energiankulutus on suurempi, kuin laskettu arvo?

RATKAISU

Pakastin ei ole ideaalinen laite. Lämpövuotoja tapahtuu ympäristöstä pakastimen sisälle, ja osa sähköenergiasta muuttuu muuksi kuin hyödylliseksi työksi (esim. laite lämmittää itseään). Kompressorin hyötysuhde ei ole 100 %.

PISTEYTYS

- Maininta lämpövuodoista (1 p.)
- Maininta laitehäviöistä (esim. kompressorin hyötysuhde) (1 p.)
- Selkeä kokonaisuus tai esimerkinomainen selitys (1 p.)

5. Pakastimen takana oleva ritilä lämpenee prosessin aikana. Miksi?

RATKAISU

Pakastin siirtää lämpöenergiaa pois pakastimen sisätiloista ulos. Tämä lämpö vapautuu ritilän kautta huoneilmaan, jolloin ritilä lämpenee. Ritilä toimii siis lauhduttimena ja on osa lämpöpumpun toimintaa.

PISTEYTYYS

- Mainta lämmön siirtymisestä ritilän kautta (1 p.)
- Mainittu ritilän olevan lauhdutin (1 p.)

7.

1. Tarkastellaan tilannetta 1. Osoita laskemalla, että lämpötila ei muutu tilanmuutoksen aikana.

RATKAISU

Videolta nähdään, että tilavuus muuttuu arvosta 15 ml arvoon 10 ml. Kuvaajasta nähdään, että paine kasvaa arvosta 100 kPa arvoon 150 kPa.

Tilanmuutos tapahtuu vakiolämpötilassa, jos tilavuuden ja paineen tulo on vakio.

$$V_1 \cdot p_1 = 15 \text{ ml} \cdot 100 \text{ kPa} = 1500 \text{ ml} \cdot \text{kPa}$$

$$V_2 \cdot p_2 = 10 \text{ ml} \cdot 150 \text{ kPa} = 1500 \text{ ml} \cdot \text{kPa}$$

PISTEYTYYS

- tilavuuden arvot luettu videolta ja paineen kuvaajasta (2 p.)
- laskettu tilavuuden ja paineen tulo ja todettu tulosten olevan yhtä suuret (2 p.)

2. Tarkastellaan tilannetta 1. Selitä ideaalikaasun tilanmuutosten avulla paineen muutos.

RATKAISU

Tilanmuutos suljetussa systeemissä: $pV = \text{vakio}$. Kun lääkeruiskun mäntää painetaan alas, tilavuus pienenee, jolloin paine kasvaa.

PISTEYTYYS

- tilavuuden ja paineen riippuvuus (1 p.)
- tilavuus pienenee, paine kasvaa (2 p.)

3. Tarkastellaan tilannetta 1. Selitä lämpöopin ensimmäisen pääsäännön avulla, miten lääkeruiskussa olevan ilman sisäenergia muuttuu.

RATKAISU

Lämpöopin 1. pääsääntö: $\Delta U = Q + W$, jossa ΔU on sisäenergian muutos, Q siirtynyt lämpömäärä ja W kaasuun tehty työ. Kaasun lämpötila ei muutu, joten sisäenergia ei muutu.

Kaasun tilavuus pienenee, joten kaasuun tehdään työtä $W > 0$. Kaasun lämpötila ei muutu, joten kaasusta poistuu työtä vastaava lämpömäärä $Q < 0$.

PISTEYTYYS

- lämpöopin 1. pääsäännön yhtälö (1 p.)
- kaasuun tehdään työtä (1 p.)
- kaasusta poistuu lämpömäärä (1 p.)
- kaasun sisäenergia ei muutu (1 p.)

4. Tarkastellaan tilannetta 2. Selitä lämpöopin ensimmäisen pääsäännön avulla lasipullossa olevan ilman sisäenergian muutos.

RATKAISU

Lasipullossa olevan ilman tilavuus ei muutu. Ilmaan tehty työ on nolla. Lasipullossa oleva ilman lämpötila kasvaa. Ilmaan siirtyä lämpömäärä $Q > 0$. Lämpöopin ensimmäisen pääsäännön mukaisesti: $\Delta U = Q + W$ ilman sisäenergia kasvaa.

PISTEYTYS

- työ on nolla (1 p.)
- lämpömäärä on positiivinen (1 p.)
- sisäenergia kasvaa (1 p.)

5. Tarkastellaan tilannetta 2. Laske lasipullossa olevan ilman lämpötila vesihauteessa ja sisäenergian muutos, kun lasipullo siirretään pöydältä lämminvesihauteeseen.

RATKAISU

Lasipullossa tapahtuu tilanmuutos vakiotilavuudessa suljetussa systeemissä.

$$\frac{p}{T} = \text{vakio} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{p_2 T_1}{p_1}$$

Luetaan kuvaajasta kaasun paine ennen vesihauteen laittamista ja kun pullo on vesihauteessa.

$$T_2 = \frac{108,2 \text{ kPa} \cdot 296,15 \text{ K}}{101,5 \text{ kPa}} = 315,70 \text{ K} = 42,55 \text{ }^\circ\text{C} \approx 42 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Lämpötilan muutos: } 42,55 \text{ }^\circ\text{C} - 23 \text{ }^\circ\text{C} = 19,55 \text{ }^\circ\text{C}$$

Sisäenergian muutos on yhtä suuri kuin ilmaan siirtyvä lämpömäärä.

$$Q = cm\Delta T$$

Massa tilavuuden ja tiheyden avulla: $m = \rho V$, $Q = c\rho V\Delta T$

$$Q = 1010 \frac{\text{J}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \cdot 0,125 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 19,55 \text{ }^\circ\text{C} \approx 3,2 \text{ J}$$

PISTEYTYS

- paineen ja lämpötilan suureyhtälö (1 p.)
- tulos loppulämpötila (2 p.)
- lämpömäärän lauseke (1 p.)
- tulos sisäenergian muutos (2 p.)