

Harjoitus 2
FYSA2041 kevät 2024

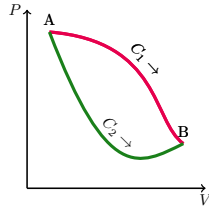
Palauta ratkaisu ke 24.1.2024 klo 8:15 mennessä, jos et osallistu demotilaisuuteen.
Palautus joko Moodleen, Matin työhuoneelle, sähköpostilla Matille, tai suoraan Matille
viikon ensimmäisen demotilaisuuden alussa.

Demo 2

Return solutions by Wednesday 24.1.2024, if you are not attending the demo session.
Returns to Moodle, Matti's office, email to Matti, or directly to Matti before the first demo
session of the week.

Questions in English are in the end of this sheet.

- (a) Joule teki tällaisen kokeen termodynamiikan 1. pääsäännön testaamiseksi.
Kaksi säiliötä on upotettuna veteen, jota ympäröi eriste. Toisessa säiliössä on kaasua, toisessa tyhjiö, ja säiliöitä yhdistää hanalla varustettu putki. Hana avataan, ja kaasun annetaan täyttää molemmat säiliöt. Muuttuuko veden lämpötilä?
(b) Kuvassa on kaksi prosessia esitettynä $P - V$ -tasossa. Miksi prosessi C_2 ei voi olla isotermillä? Vihje: Mitä arvoja $(\frac{\partial P}{\partial V})_T$ voi saada?



- (c) Entropian muutos määritellään reversiibelissä prosessissa lämpötilassa T siirretyn lämmön Q_{rev} avulla,

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{rev}}}{T} .$$

Voiko entropia muuttua adiabaattisessa prosessissa, jossa ei siirry lämpöä? Perustele vastaus huolella.

- Vettä on 2 kg, sen ominaislämpö on 4200 J/(kgK) lämpötilavälillä 0-100 °C. Laske veden ja maailmankaikkeuden entropian muutokset seuraavissa prosesseissa:
 - Vesi, jonka lämpötila on 0 °C, tuodaan termiseen kontaktiin lämpökylvyn (lämpötila 100 °C) kanssa ja odotetaan, kunnes saavutetaan terminen tasapaino.
 - Prosessi tehdään kahdessa osassa, alussa vesi (lämpötila 0 °C) tuodaan termiseen kontaktiin lämpökylvyn (lämpötila 75 °C) kanssa ja odotetaan, kunnes saavutetaan terminen tasapaino. Tämän jälkeen vesi tuodaan termiseen kontaktiin lämpökylvyn (lämpötila 100 °C) kanssa ja odotetaan, kunnes saavutetaan terminen tasapaino.
- Talon lämmitys vie 4.6 kWh. Katolla on 2 kWh tuottava aurinkopaneeli, jonka tuottama sähkö aiotaan käyttää maalämpöpumpun käyttämiseen. Kuinka korkea hyötysuhde eli COP (coefficient of performance) pumpulla on oltava jotta talo saadaan lämmitettyä?
- Auton sisätiloja lämmitetään ideaalisella (Carnot'n) lämpöpumpulla. Ulkona lämpötila on T_0 ja auton sisällä T . Yhden syklin aikana auto hukkaa lämpöä määrän $Q_{\text{out}} = \alpha(T - T_0)$, missä α on positiivinen vakio. Jos lämpöpumppu tekee työn W , niin mihin lämpötilaan auton sisälämpötila tasoittuu? Vihje: tasapainossa autoon tulee ja sieltä lähtee sama määrä lämpöä. Tarkista tulos: Jos $W = 0$, niin tulos on ilmeistä.

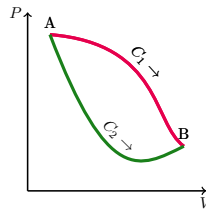
1. (a) Joule did this experiment to test the 1st law of thermodynamics. Two containers are immersed in a water tank, which is isolated from the outside world. One container contains gas, the other one has vacuum, and there's a pipe with a valve between the containers. Open the valve, and let the gas fill both containers. Does the temperature of water change?

- (b) Entropy change is defined in a reversible process at temperature T , where heat Q_{rev} is transferred,

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{rev}}}{T} .$$

Can entropy change in an adiabatic process, where no heat is transferred? Explain carefully why.

- (c) The picture shows two processes in $P - V$ -plane. Why can't process C_2 follow an isotherm? Hint: What values can $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T$ have?



2. We have 2 kg of water; specific heat is 4200 J/(kgK) in the temperature range 0-100 °C. Calculate the entropy change of water and the universe in the following processes:
- (a) Water, initially at temperature 0°C, is brought to thermal contact with a heat bath (temperature 100 °C), until thermal equilibrium is reached.
- (b) The process is done in two stages; Initially water (temperature 0 °C) is brought to thermal contact with a heat bath (temperature 75 °C) until thermal equilibrium is reached. After this, water is brought to thermal contact with another heat bath (temperature 100 °C) until thermal equilibrium is reached.
3. Heating a house takes 4.6 kWh. On the roof we have a 2 kWh solar panel, and we are planning to run a ground heat pump with it. How high efficiency a.k.a. COP (coefficient of performance) must the pump at least have to let us heat the house with this setup? In other words, what is the combined efficiency of the two heat engines with respect to the efficiency of a single engine?
4. The cabin of a car is heated with an ideal (Carnot) heat pump. The temperature outside is constant T_0 and the temperature inside the cabin is T . Let's assume that during one cycle the cabin leaks heat $Q_{\text{out}} = \alpha(T - T_0)$, where α is a positive constant. If the heat pump does work W , Hint: In equilibrium the car gets and loses the same amount of heat. Check: If $W = 0$ the result is obvious.