

Negatiivisten absoluuttisten lämpötilojen olemassaolo

Roni Husso

Negatiivinen absoluuttinen lämpötila viittaa absoluuttisen lämpötila-asteikon; Kelvin-asteikon lämpötilaan, jolla on negatiivinen etumerkki. Tällainen lämpötila on kuumempi kuin positiiviset lämpötilat eli se luovuttaa lämpöä kaikille positiivisen lämpötilan omaaville systeemeille, kun ne ovat termisessä vuorovaikutuksessa.

Negatiivinen lämpötila syntyy, kun entropia ei ole energian monotonisesti kasvava funktio. Tämä huomataan lämpötilan kaavasta $T = \left(\frac{\partial S}{\partial E}\right)_A^{-1}$, jossa T on lämpötila, S on Boltzmannin entropia, E on energia ja A vastaa systeemin tilanmuuttujia. Negatiivisia lämpötiloja voi esiintyä vain systeemeillä, joiden osasten energia on ylhäältä rajoitettu. Tavallisesti systeemin osat siirtyvät korkeammille energiatiloille, kun systeemiin lisätään energiaa. Tällöin systeemillä on enemmän mahdollisia mikrotiloja ja täten suurempi entropia. Jos osasten energia, energia on rajoitettu, niitä alkaa kasaantua korkean energian tiloihin ja entropia alkaakin pienentyä. Tällöin päädytään negatiivisiin lämpötiloihin.

Negatiivisia lämpötiloja ei esiinny luonnossa, mutta niitä on luotu useissa erilaisissa kokeissa. Ensimmäisen kerran negatiivisen lämpötilan omaava systeemi luotiin vuonna 1950 Purcellin ja Poundin kokeessa. Kokeessa litiumfluoridi-hile asetettiin voimakkaaseen magneettikenttään, jonka suuntaa vaihdettiin äkillisesti. Tällöin saatiin aikaan käänteismiehitys eli ilmiö, jossa systeemin osasista suurempi osa on korkean energian, kuin matalan energian tiloissa.

Suurin osa fyysikoista pitää negatiivisia lämpötiloja todellisena ilmiönä, mutta ne ovat aiheuttaneet erimielisyyksiä Purcellin ja Poundin kokeesta asti. Tähän päivään asti jatkuu keskustelu negatiivisten lämpötilojen olemassaolosta, joka koskee termodynamiikan aivan olennaisia käsitteitä. Jotkin fyysikot argumentoivat, että Boltzmannin entropia on vain approksimaatio ja sen sijaan termiset lämpötilat saadaan hyödyntämällä Gibbsin entropiaa. Gibbsin entropia on aina energian monotonisesti kasvava funktio, eikä se täten salli negatiivisia lämpötiloja. Tämän lisäksi jotkut fyysikot kyseenalaistavat, että ovatko negatiiviset lämpötilat termisessä tasapainossa. Mikäli systeemi ei ole termisessä tasapainossa, lämpötilan määrittäminen tällaiselle systeemille ei ole mahdollista.