

766328A Termofysiikka

Harjoitus no. 7 (syyslukukausi 2011)

- Sylinteri on ympäristössä, jonka paine ja lämpötila ovat P_0 ja T_0 . Sylinterin sisällä on n moolia ideaalikaasua, ja sen tilavuutta kasvatetaan isotermisesti ympäristön lämpötilassa alkutilavuudesta V_1 lopputilavuuteen V_2 .
 - Mikä on kaasun tekemän käyttökelpoisen työn ylärajan lauseke?
 - Mitä saadun lausekkeen kaksi termiä fysikaalisesti merkitsevät?
 - Millä lopputilavuuden V_2 arvolla käyttökelpoinen työ maksimoituu? Mikä tällöin on sylinterin sisällä vallitseva paine?
 - Tulkitse tulos (c) fysikaalisesti.

Opastus: Tarkastele funktion $A = E + P_0V - T_0S$ muutosta.
- Laske Q , W , ΔE , ΔH , ΔS , ΔF ja ΔG , kun yhden happimoolin paine kasvaa isotermisesti ja reversiibelisti $30,0\text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötilassa 100 kPa :sta $5,00\text{ MPa}$:iin. Oletetaan, että happi käyttäytyy ideaalikaasun tavoin.
- Kun 1 mooli typpioksidia hajoaa typeksi ja hapeksi, systeemin entropian ja entalpian muutokset ovat $+76\text{ J/K}$ ja -82 kJ (lämpötilan ja paineen ollessa prosessin alussa ja lopussa $25\text{ }^\circ\text{C}$ ja 1 atm). Laske prosessissa tapahtuva Gibbsin vapaan energian muutos.
- Mikä on Helmholtzin vapaan energian muutos, kun $10,0$ moolia happea laajenee isotermisesti lämpötilassa $20\text{ }^\circ\text{C}$ tilavuudesta $V_1 = 10,0\text{ l}$ tilavuuteen $V_2 = 50,0\text{ l}$? Oletetaan, että happi noudattaa van der Waalsin tilanyhtälöä

$$(P + an^2/V^2)(V - bn) = nRT,$$

missä $a = 0,138\text{ Jm}^3/\text{mol}^2$ ja $b = 31,8\text{ cm}^3/\text{mol}$.

- Kun 100 g nestemäistä vettä jäätyy 1 atm :n vakiopaineessa ja $0\text{ }^\circ\text{C}$:n vakiolämpötilassa, kyseessä on reversiibeli prosessi, jossa veden entropia pienenee 123 J/K (kiinteässä olo muodossa molekyyileillä on enemmän järjestystä kuin nesteessä) ja tilavuus kasvaa $9,06\text{ cm}^3$ (jäällä on hyvin avoin tetraedrinen kiderakenne).
 - Mikä termodynaaminen potentiaali pysyy tällaisessa prosessissa vakiona?
 - Missä lämpötilassa vesi jäätyy 1000 atm :n paineessa?

Opastus: Ratkaise jäätymispisteen lämpötila asettamalla (a)-kohdassa mainitun termodynaamisen potentiaalin muutoksen lauseke nolaksi. Voit olettaa, että jäätymisen aiheuttamat veden sisäisen energian, tilavuuden ja entropian muutokset eivät merkittävästi riipu paineesta ja lämpötilasta.
- Kuinka suureen paineeseen grafiitti on $25\text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötilassa vähintään puristettava, jotta se alkaisi muuttua timantiksi? Grafiitin ja timantin (tässä järjestyksessä) tiheydet, entropiat ja vakiopaineessa tapahtuvan palamisen tuottamat lämpömäärät ovat $25\text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötilassa $2,260$ ja $3,513\text{ g/cm}^3$, $5,694$ ja $2,439\text{ J/(K mol)}$ sekä $393,4$ ja $395,3\text{ kJ/mol}$, eivätkä ne riipu merkittävästi paineesta. Hiilen moolimassa on 12 g/mol .

Opastus: Koska grafiitin ja timantin palamisreaktioiden lopputulos on sama (kaasumainen CO_2), palamislämpöjen erotus on sama kuin grafiitin ja timantin sisäisten energioiden erotus (kiinteiden lähtöaineiden tilavuuksien pieni ero ei vaikuta oleellisesti entalpioiden erotukseen).

Vastauksia

2. $\Delta G = 9,86 \text{ kJ}$

3. -100 kJ

4. $-38,8 \text{ kJ}$

5. (b) $-7,46 \text{ }^\circ\text{C}$

6. $15\,000 \text{ atm}$