

Soojusõpetus

3. tund

Ülesanded

1. Võrrelda 1 m³-s oleva vase, volframi ja süsiniku moolide ning vastavate elementide aatomite arvu. Vase molaarmass on 63,6 g/mol, tihedus on 8960 kg/m³, volframi molaarmass on 183,9 g/mol, tihedus on 19200 kg/m³ ning süsiniku molaarmass on 12,0 g/mol ja tihedus grafiidina 2160 kg/m³, teemantina 3510 kg/m³.
2. Kui palju tõmbub terassild kokku või paisub temperatuuride vahemikus -30°C kuni +40°C? Silla pikkus 0°C juures on 200,0 m, terase joonpaisumistegur on $\alpha = 11 \cdot 10^{-6} 1/K$.
3. 10,0 m pikkused betoonplokid ristlõikepindala 0,4m² on pandud tihedalt üksteise järel. Milline on soojuspaisumisest tingitud mehaaniline pinge kui temperatuur tõuseb 50°C võrra? Kas betoonplokid hakkavad purunema? Betooni soojuspaisumistegur on $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} 1/K$. Betooni purunemispinge on 8MPa.
4. 80 liitriline terasest anum valati ääreni täis bensiini temperatuuril 5°C. Kui palju bensiini voolas üle ääre kui temperatuur tõusis 20°C võrra? Terasse joonpaisumistegur on $11 \cdot 10^{-6} 1/K$, bensiini ruumpaisumistegur on $9,5 \cdot 10^{-4} 1/K$.
5. Õhumulli ruumala 43,5 m sügavuse järve põhjas on 1,00 cm³. Milline on mulli ruumala veepinnale jõudes, kui järve põhjas on temperatuur 5,5°C ning pinnal 20°C?
6. 20 liitriline bensiinkanister täideti bensiiniga temperatuuril -20°C ning rõhul 101,3 kPa ning suleti õhukindlalt. Kanistrisse jäi veel vaba ruumi 1,5 l. Kui suureks tõusis õhu rõhk kanistris, kui temperatuur tõuseb +25°C-ni?
7. Kahte ballooni ühendab kraaniga toru. Kraan on suletud. Esimeses balloonis on rõhk 0,1 MPa, teises balloonis ligikaudu 0. Esimese ballooni maht on 2 l, teisel 7 l.
a) Leida rõhk balloonides, kui ühendustoru kraan avada. b) Lahendada sama ülesanne tingimusel, et teises balloonis on algselt rõhk 0,05MPa.
8. Vesinikuga täidetud balloonest, mille maht on 10 l, voolas rikkis ventiili tõttu osa gaasi välja. Temperatuuril 7°C näitas manomeeter rõhku 5 MPa. Mõne aja pärast (kui osa gaasi oli välja voolanud), näitas manomeeter sama rõhku temperatuuril 17°C. Kui palju gaasi oli välja voolanud?
9. Auto rehvides on 10°C korral rõhk 2 at. Pärast 100 km läbimist on temperatuur tõusnud 30°C võrra. Milliseks on tõusnud õhurõhk rehvides?
10. Tänapäeva tehnoloogiaga on madalaim rõhk, mida on võimalik saavutada 10⁻¹² Pa. Kui palju gaasi molekule on sellise rõhu korral 1 cm³-s 0°C korral. Võrdlus – galaktikatevahelises ruumis on keskmiselt 6 osakest ühes kuupsentimeetris.
11. Soojenemisel 1 K võrra konstantsel rõhul suurenes tema ruumala 1/300 võrra esialgse ruumalaga võrreldes. Milline oli gaasi algtemperatuur?
12. Raudteevagunite pidurid töötavad suruõhuga. Millise rõhu all on õhk pidurisüsteemis, kui temperatuuril 20°C on õhu tihedus 8 kg/m³? Õhu molaarmass on ligikaudu 29 g/mol.
13. Gaas on suletud anumask rõhul 5 at. Kui suur on gaasi rõhk anumask pärast seda, kui anumast on väljunud 80% gaasi massist?
14. Tühja terasballooni maht on 40 l ja mass 40 kg. Kui suur on ballooni mass

koos hapnikuga, mille temperatuur on 15°C ja rõhk 15MPa?

15. 100m pikkune alumiiniumtraat läbimõõduga 3 mm on kinnitatud postide vahele vertikaalselt ning tõmmatud pingule temperatuuril 0°C. Hinnata, kui palju vajub traat keskkohast allapoole kui temperatuur tõuseb 40°C-ni. Alumiiniumi soojuspaisumistegur on $23,2 \cdot 10^{-6} 1/K$. Kas traat hakkab purunema, kui temperatuur langeb -40°C-ni? Alumiiniumi purunemispinge on 300MPa.

Soojusõpetus

5. tund

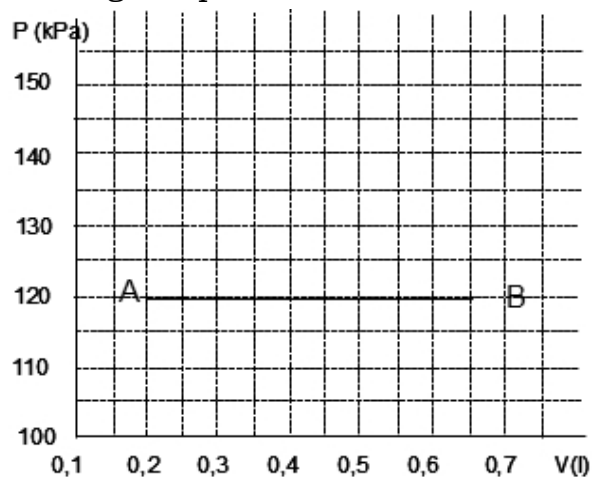
Ülesanded

1. Mitu korda erinevad süsinikdioksiidi ja hapniku molekulide ruutkeskmised kiirused temperatuuril 0°C ?
2. Leida ühe mooli ideaalse gaasi ruumala normaalingimustel (293K , $101,3\text{ kPa}$). Kui see peaks olema kuubi ruumala – milline oleks selle kuubi küljepikkus?
3. Gaasi molekulide ruutkeskmise kiirus on 470 m/s . Leida gaasi tihedus normaalarõhul (10^5 Pa). Kui suur on 40 l -sesse ballooni mahtuva gaasi mass antud juhul?
4. Toas, mille ruumala on 90 m^3 , vahetub õhk täielikult 2 tunni jooksul. Kui palju on vaja soojust, et toas püsiks ööpäeva jooksul temperatuur 18°C , kusjuures välisõhu temperatuur on -5°C ? Eeldame, et õhu tihedus on $1,25\text{ g/l}$.
5. Arvutada metaani (CH_4) molekuli pöörlemise keskmise energia temperatuuril 15°C . Kui suur on selle gaasi moolsoojus jääval ruumalal? Erisoojus jääval ruumalal?
6. Võrrelge veeauru ning hapniku moolsoojuse jääval rõhul – kui palju tuleb ühele või teisele gaasile anda rohkem energiat (mitu korda), et tõsta sama koguse gaasi temperatuur 10°C võrra?
7. Leida gaasisegu erisoojused jääval rõhul ja jääval ruumalal, kui gaas koosneb 2 g CO_2 -st ning 3 g N_2 -st.
8. Milline on 20 mooli õhu siseenergia, kui gaasi ruumala on 100 l ja rõhk 3 MPa ?
9. Kui palju soojust kulub 1 kg lämmastiku soojendamiseks jääval rõhul -50°C -lt kuni 50°C -ni. Kui suur on gaasi siseenergia juurdekasv? Kui palju teeb gaas tööd?
10. 160 g hapniku soojendamiseks 12°C võrra kulus 1758 J energiat. Kas hapniku rõhk seejuures suurenes? Kui jah, siis kui palju?
11. 10 -liitrises balloonis on hapnik rõhul 8 MPa ja temperatuuril 7°C . Leida soojushulk, mille neelab hapnik, kui seda soojendada $15,5^{\circ}\text{C}$ võrra?
12. Leida gaasi erisoojuste suhe $\gamma = C_p/C_v$, kui gaasi ruumala adiabaatilisel kokkusurumisel vähenes ruumala 10 korda ning rõhk suurenes $21,4$ korda.
13. Toaõhu temperatuur on 280K , toa ruumala 70 m^3 . Pärast ahju kütmist tõusis temperatuur toas kuni 296 K . Leida õhu paisumistöö, kui rõhk on jääv ja võrdub 100 kPa .
14. Kui palju soojust kulub 200 g vesiniku soojendamiseks jääval rõhul 0°C -lt kuni 100°C -ni. Kui suur on gaasi siseenergia juurdekasv? Kui palju teeb gaas tööd?
15. $1,00\text{ kg}$ vett on temperatuuril 100°C ning muudetakse veeauruks jääval rõhul 100 kPa . Vee ruumala kasvab väärtuselt $1,00\text{ l}$ vedelas olekus väärtuseni $1,671\text{ m}^3$ aurufaasis. Kui palju tehakse selle protsessi käigus tööd? Kui palju kantakse üle energiat ning milline on süsteemi siseenergia muutus, kui vee aurustumissoojus on $2,256\text{ MJ/kg}$?
16. Neljataktilises diiselmootoris surutakse sisseimetud õhk 12 -kordselt kokku. Oletades, et protsess on adiabaatiline, leida lõpprõhk, lõpptemperatuur ja kokkusurumisel tehtud töö, kui algrõhk on $0,1\text{ MPa}$, algtemperatuur on 10°C ja algruumala 2 l .

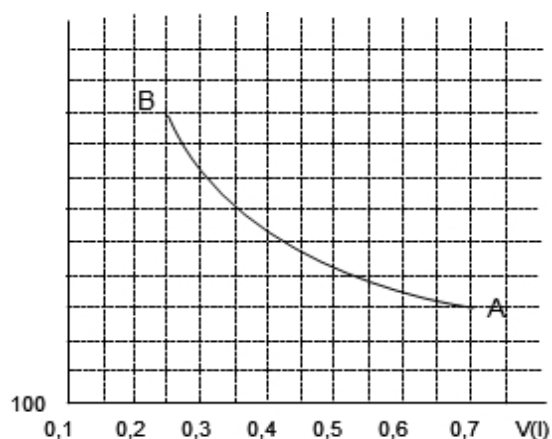
17. Määrata heeliumi siseenergia juurdekasv, kui see paisub isobaarilisel rõhul 200 kPa 5 liitrilt 10 liitrini.

18. Adiabaatilisel protsessil vähenes hapniku siseenergia 8,37 kJ võrra. Leida gaasi poolt tehtud töö ja gaasi mass, kui tema algtemperatuur oli 47°C ja ruumala suurenes 10 korda.

19. Gaas paisub, minnes olekust A olekusse B nii nagu näidatud joonisel 1. Kui suur on gaasi paisumise töö? Kui suur on gaasi paisumise töö joonise 2 järgi?

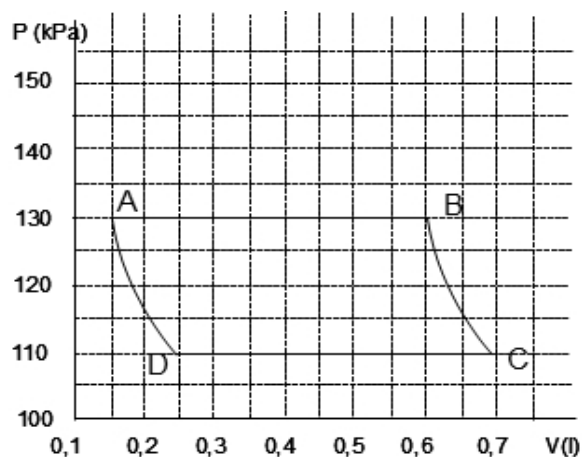


Joonis 1.



Joonis 2.

20. Gaasi olek muutub tsüklis ABCD nii nagu näidatud joonisel 3. Kui suur on gaasi töö selle tsükli jooksul?



Joonis 3.

7.tund

Ülesanded

1. Mitu protsenti vesiniku molekulidest omab temperatuuril 300K kiirust vahemikus 200-205 m/s? Mitu protsenti hapniku molekulidest on samal temperatuuril samas kiirustevahemikus?
2. Õhus on umbes 78% lämmastikku N_2 ning umbes 20% hapnikku O_2 . Mitu korda erinevad nende molekulide keskmised ning tõenäolised kiirused temperatuuril -20°C ja $+25^\circ\text{C}$? Mitu protsenti hapniku molekulidest liigub neil temperatuuridel kiiruste vahemikus (v_t-5, v_t+5) ja (v_k-5, v_k+5) , kus v_t on tõenäolisim kiirus ja v_k – keskmine kiirus.
3. Oletame, et maapinnal on õhus 78% lämmastikku N_2 ning umbes 20% hapnikku O_2 – kas ja kuidas muutub lämmastiku ja hapniku protsentuaalne sisaldus õhus 1000 m kõrgusel, kui eeldada, et õhu temperatuur on kõikjal a) 0°C , b) 20°C ? Kuidas muutub õhu rõhk, kui maapinnal on see 101,3kPa?
4. Hinnata, kui kaua võtab aega, et ammoniaagimolekule võiks detekteerida äsjaavatud ammoniaagipudelist 10 cm kaugusel? Ammoniaagimolekulide difusioonitegur õhus on $D=4\cdot 10^{-5}\text{m}^2/\text{s}$.
5. 37 cm paksuse telliskiviseina välispinna temperatuur on -15°C , sisepinnal $+20^\circ\text{C}$. Leida ööpäeva jooksul läbi 25m^2 pinna mineva soojuse hulk. Telliskivi soojusjuhtivustegur on $0,7\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Kui palju puid peaks ahjus põletama, et sellist soojusenergiat saada? Puidu kütteväärtus on $19,4\text{ MJ}/\text{kg}$.
6. Kahekordne aknaklaas on valmistatud nii, et kahe 3,2 mm paksusega klaasi vahel on õhuvahe 10 cm. Leida ühe tunni jooksul läbi akna, mõõtudega $1,2\times 1,5\text{m}^2$ minev soojushulk, kui temperatuuride vahe sees ja väljas on 25°C . Klaasi soojusjuhtivustegur on $0,84\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, õhu soojusjuhtivustegur on $0,023\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.
7. Maja seina soojuspidavuse 2,5-kordseks suurendamiseks temperatuuride vahel 20°C (st, et seest välja läheks kolm korda vähem soojust), otsustati 20cm paksusele tellisest seinale lisada klaasvilla ning sellele 2cm paksune voodrilaud. Kui paks peab olema klaasvilla kiht? Klaasvilla soojusjuhtivustegur on $0,037\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, puidul $0,16\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.
8. Kalorimeetrisse soojusmahtuvusega $63\text{ J}/\text{K}$ valati 250 g õli temperatuuril 12°C . Kui õlisse lasti vasksilinder massiga 500g temperatuuril 100°C , kujunes lõpptemperatuuriks 33°C . Kui suur on õli erisoojus antud andmete põhjal?
9. Anumasse, milles on 1,5 kg vett temperatuuril 15°C , juhitakse 200g veeauru temperatuuril 100°C . Kui suur on segu lõpptemperatuur?
10. Kolbi, milles on 600g vett temperatuuril 10°C , soojendatakse piirituslambil. Lambi kasutegur on 35%. Millise aja möödudes hakkab vesi keema ja kui palju vett muutub auruks igas sekundis, kui ühes minutis põleb 2 g piiritust? Kolvi soojusmahtuvus on $100\text{ J}/\text{K}$, vee aurustumissoojus on $2,25\text{ MJ}/\text{kg}$, piirituse kütteväärtus on $29\text{ MJ}/\text{kg}$.
11. Kui palju 80°C -lise temperatuuriga vett on vaja, et sulatada 0,5 kg jääd, mille temperatuur on -10°C kalorimeetris, mille soojusmahtuvus on $90\text{ J}/\text{K}$ ning mille algtemperatuur on samuti -10°C ? Vee erisoojus on $4190\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, jää erisoojus on $2100\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, jää sulamissoojus on $330\text{ kJ}/\text{kg}$.

10.tund

1. Õhk on normaaltingimustel. Mitu protsenti välisrõhust moodustab õhu molekulaarrõhk ja mitu protsenti ruumalast moodustab molekulide efektiivruumala?
2. Missugusel temperatuuril on hapniku rõhk 7 MPa, kui hapniku tihedus on 100 kg/m^3 . Lahendada ülesanne reaalse ja ideaalse gaasi võrrandi abil.
3. Leida süsihappegaasi ning vee kriitilised parameetrid. Millised on nende ainete kriitilised tihedused? Mitu korda need erinevad vee tihedusest normaaltingimustel?
4. Suletud anumasse mahuga 80 l, kus gaasi rõhk on 10,13 kPa ja temperatuur 19°C suruti 40 g etanooli. Kui suur on rõhk anumas, kui etanooli küllastunud auru rõhk temperatuuril 19°C on 5,32 kPa?

Van der Waalsi konstandid:

Aine	a [$\text{N}\cdot\text{m}^4/\text{mol}^2$]	b [m^3/mol]
Argoon	0,136	$3,22\cdot 10^{-5}$
Süsinikdioksiid	0,364	$4,26\cdot 10^{-5}$
Vesi	0,556	$3,06\cdot 10^{-5}$
Hapnik	0,136	$3,16\cdot 10^{-5}$
Õhk	0,134	$3,70\cdot 10^{-5}$

5. Õhk on küllastunud temperatuuril 15°C . Kui suur on õhu suhteline niiskus, kui temperatuur tõuseb 25°C -ni?
6. 80m^3 -lise ruumalaga toas on suhteline õhuniiskus temperatuuril 18°C 75%. Toas on avatud veeanum, milles on 3 l vett. Kas vesi sellest anumast saab tuppä täielikult auruda?
7. Kui palju puid peab põletama ahjus, mille kasutegur on 40%, et saada 200g lumest temperatuuril -10°C vesi temperatuuril 20°C . Puidu kütteväärtus on 10 MJ/kg , jää erisoojus on $2100 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, vee erisoojus on $4190 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, jää sulamissoojus on 330 kJ/kg .
8. Kolbi, milles on 600g vett temperatuuril 10°C , soojendatakse piirituslambil. Lambi kasutegur on 35%. Millise aja möödudes hakkab vesi keema ja kui palju vett muutub auruks igas sekundis, kui ühes minutis põleb 3g piiritust. Kolvi soojusmahtuvus on 100 J/K , vee erisoojus on $4190 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, piirituse kütteväärtus on 29 MJ/kg , vee aurustumissoojus on $2,25 \text{ MJ/kg}$.

12. tund

1. Veetorust tilgub külma vett 10 tilka minutis. Mitu korda on suurenenud või vähenenud vee pindpinevustegur, kui samast torust tilgub seda 12 tilka minutis?
2. Kui kõrgele tõuseb vesi kapillaartorus, mille läbimõõt on 0,5 mm?
3. Carnot' soojusmasina jahutaja temperatuur on 0°C . Leida soojendaja temperatuur, kui masin annab $1/3$ soojendajalt saadud soojuselt jahutajale.
4. Carnot' ringprotsessil teeb gaas iga soojendajalt saadud 4187J arvel 598J tööd. Kui suur on protsessi kasutegur? Mitu korda on soojendaja absoluutne temperatuur kõrgem jahutaja absoluutsest temperatuurist?
5. Et saada võimsust 1 kW kulutab soojusmasin 1,1 kg sütt tunnis. Katla temperatuur on 200°C , jahutaja temperatuur 40°C . Leida katla kasutegur. Kui suur oleks katla kasutegur, kui ta töötaks Carnot' tsükli alusel. Sõe kütteväärtus on 29 MJ/kg.
6. Ideaalse soojapumba efektiivsus on 0,25. Milline on välisõhu temperatuur, kui toatemperatuur antud soojapumba puhul on 20°C ? Kui suur peab olema antud soojapumba võimsus, et 1 tunni jooksul anda tuppa 150 kJ energiat?
7. Auruturbiinis kulutatakse 1 kWh elektrienergia saamiseks 0,35 kg diislikütust. Turbiini saabuva auru temperatuur on 250°C , jahutaja temperatuur 30°C . Arvutada turbiini tegelik kasutegur ja võrrelda seda samades tingimustes töötava ideaalse soojusmasina kasuteguriga. Diislikütuse kütteväärtus on 42 MJ/kg.
8. Kui kõrgele tõuseb vesi kahe vertikaalselt asetatud paralleelse klaasplaadi vahel, kui nendevaheline kaugus on 0,5 mm. Eeldada, et märgamine on täielik. Vee pindpinevustegur on 0,072 N/m. Vee tihedus on 1000 kg/m^3 . Vaba langemise kiirendus $g=9,81 \text{ m/s}^2$.
9. Veetorust tilgub külma vett 10 tilka minutis. Mitu korda on suurenenud või vähenenud vee pindpinevustegur, kui samast torust tilgub seda 12 tilka minutis?
10. Kui kõrgele tõuseb vesi kapillaartorus, mille läbimõõt on 0,5 mm?
11. Kalorimeetrisse soojusmahtuvusega 63 J/K valati 250 g õli temperatuuril 12°C . Kui õlisse lasti vasksilinder massiga 500g temperatuuril 100°C , kujunes lõpptemperatuuriks 33°C . Kui suur oli õli erisoojus katseandmete põhjal? Vase erisoojus on $380 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, vee erisoojus on $4190 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.
12. Kolbi, milles on 600g vett temperatuuril 10°C , soojendatakse piirituslambil. Lambi kasutegur on 35%. Millise aja möödudes hakkab vesi keema ja kui palju vett muutub auruks igas sekundis, kui ühes minutis põleb 2 g piiritust? Kolvi soojusmahtuvus on 100 J/K , vee aurustumissoojus on 2,25 MJ/kg, piirituse kütteväärtus on 29 MJ/kg.
13. Anumasse, milles on 1,5 kg vett temperatuuril 15°C , juhitakse 200g veeauru temperatuuril 100°C . Kui suur on segu lõpptemperatuur?

14. tund

1. Carnot soojusmasin teeb tööd võimsusega 440 kW, kusjuures võtab soojust 2,85MJ ühes sekundis. Kui soojendaja temperatuur on 570°C, milline on jahutaja temperatuur?
2. Ideaalse soojusmasina kasutegur on 35%. Kui suur oleks selle efektiivsus, kui see panna vastupidises suunas tööle – soojapumbana?
3. Restorani külmkapi efektiivsus on 5,0. Kui väljaspool külmkappi on temperatuur 29°C – kui madala temperatuuri saab tekitada külmkapi sees eeldades, et tegemist on ideaalse külmkapiga?
4. 100hj-lise võimsusega automootor töötab 15%-lise kasuteguriga. Eeldame, et mootori jahutusvedeliku temperatuur 85°C on jahutaja temperatuur ning 500°C on soojendaja temperatuur (plahvatava kütuse keskmine temperatuur). Leida, mitu korda erineb antud mootori kasutegur ideaalse soojusmasina kasutegurist? Hinnata, kui suur võimsus läheb auto edasi viimiseks ning kui suur osa energiast läheb kokkuvõttes õhu soojendamiseks 1 h jooksul?
5. Soojuselektrijaamas töötavad turbiinid paaris – ühest turbiinist väljuv aur läheb teise turbiini sisendisse. Esimese turbiini kuuma ja jahtunud auru temperatuurid on 670°C ning 440°C vastavalt ning teisel 430°C ja 290°C. Kui palju sütt tuleb 1 tunnis ahjus põletada saavutamaks 100MW võimsust arvestades, et söe kütteväärtus on 28 MJ/kg? Eeldame, tegemist on ideaalse soojusmasinaga, mille kasutegur on 60%.
6. 3,8 kg massiga alumiiniumitükk temperatuuril 30°C pandi 1 kg vette temperatuuril 80°C kalorimeetris, mille soojusmahtuvus on 220 J/K. Leida süsteemi lõpptemperatuur ning entroopia muut süsteemi soojusliku tasakaalu saavutamisel. Alumiiniumi erisoojus on 896 J/(kg*K), vee erisoojus on 4190 J/(kg*K)
7. Kaks 1100 kg-se massiga autot liiguvad teineteisele vastu kiirustega 100 km/h ning teevad laupkokkupõrke, mille tagajärjel jäävad seisma. Leida, milline on entroopia muut antud sündmuse tagajärel. Õhutemperatuur avarii hetkel on 20°C.
8. Kui suur on 1 m³ jää soojenemisel ja sulamisel entroopia muut, kui jää algne temperatuur on -5°C, vee lõpptemperatuur 0°C. Jää erisoojus on 2100 J/(kg*K), jää sulamissoojus on 330 kJ/kg ning jää tihedus on 900 kg/m³.