

## 17. Hőtágulás, rugalmas alakváltozás, mechanikai energia belső energiává alakulása

### Alapfeladatok

#### Hőtágulás

1.

Vaslemezbe lyukat fúrunk. Mi történik a lyukkal, ha az egész vaslemezt ezután egyenletesen felmelegítjük?

- A) Nagyobb lesz.                      B) Kisebb lesz.                      C) Nem változik a mérete.

2.

Egy felmelegített üreges acélgömb átmérője a hőtágulás jelensége miatt növekszik. Hogyan változik a gömbben lévő üreg térfogata?

- A) növekszik.                      B) csökken                      C) változatlan

3.

Egy kör alakú fémlemezről körcikket vágunk ki, majd a kivágott darabot melegítjük. A cikk szöge

- A) nő                      B) nem változik                      C) csökken

4.

A réz lineáris hőtágulási tényezője  $0,000\,016\,1/^{\circ}\text{C}$ . Hány százalékkal növekszik egy réztömb térfogata, ha  $100^{\circ}\text{C}$ -kal emelkedik a hőmérséklet?

- A) 0,48 %                      B) 0,16 %                      C) 0,32 %

5.

Egy alumínium gömböt felmelegítünk, és így átmérőjét 0,1 %-kal növeljük. Hány százalékkal változik a térfogata?

- A) 0,1 %-kal;                      B) 0,2 %-kal;                      c) 0,3 %-kal.

6.

Hány százalékkal növekszik annak a folyadéknak a térfogata, amelynek térfogati hőtágulási tényezője  $\beta=0,001\,1/^{\circ}\text{C}$  és hőmérsékletét  $\Delta t = 50^{\circ}\text{C}$ -kal emeljük?

- A) 50 %                      B) 5 %                      C) 0,05 %

7.

Egy alumínium csövön először  $16^{\circ}\text{C}$ -os vizet, azután  $100^{\circ}\text{C}$ -os vízgőzt vezetnek át.

- a) Hány százalékkal változik meg a cső hossza? (0,2 %)  
b) Hány százalékkal változik meg a cső keresztmetszetének a területe? (0,4 %)

Az alumínium lineáris hőtágulási együtthatója  $2,4 \cdot 10^{-5}\,1/\text{K}$ .

8.

Acélgolyó átmérője  $0^{\circ}\text{C}$ -on 4,160 cm, egy alumíniumlemezben levő kör alakú lyuk átmérője pedig ugyancsak  $0^{\circ}\text{C}$ -on 4,150 cm.

A lineáris hőtágulási együtthatók: a  $\alpha_{\text{Al}}=2,4 \cdot 10^{-5}\,1/\text{K}$ , és  $\alpha_{\text{acél}}=1,2 \cdot 10^{-5}\,1/\text{K}$ .

- a) Mekkora az acélgolyó hőmérséklete, amikor éppen átfér a  $0^{\circ}\text{C}$ -os alumíniumlemezen levő lyukon? ( $-200^{\circ}\text{C}$ )  
b) Mekkora az alumíniumlemez hőmérséklete, amikor kivágásán éppen átfér a  $0^{\circ}\text{C}$ -os acélgolyó? ( $100^{\circ}\text{C}$ )  
c) Mekkora az a közös hőmérséklet, aminél a lyuk és a golyó átmérője egyforma? ( $201^{\circ}\text{C}$ )

9.

20 literes acélkannát  $10^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű vízzel töltenek meg. Mennyi víz folyik ki, ha a kannát  $40^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű helyen tárolják? (A víz hőtágulási együtthatója  $1,3 \cdot 10^{-4}\,1/\text{K}$ , az acél vonalas hőtágulási együtthatója pedig  $1,1 \cdot 10^{-5}\,1/\text{K}$ .)

10.

Mennyi víz folyik ki az 5 literes teletöltött üvegből, miközben a hőmérséklet  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  fokról  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  fokra változik? Adatok: Az üveg lineáris hőtágulási együtthatója  $0,000\,008\text{ }1/^{\circ}\text{C}$  fok, a víz térfogati hőtágulási együtthatója  $0,00013\text{ }1/^{\circ}\text{C}$ .

### Haladó szintű feladatok

#### Hőtágulás

11.

Hány százalékkal csökken annak a folyadéknak a sűrűsége, amelynek térfogati hőtágulási tényezője  $\beta = 0,001\text{ }1/^{\circ}\text{C}$  és hőmérsékletét  $\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$ -kal emeljük?

- A) 5 %-kal                      B) 4,76 %                      C) 33,3 %

12.

Egy edényt teljesen teletöltünk  $4^{\circ}\text{C}$ -os vízzel. Mikor folyik ki a víz az edényből, ha melegítjük, vagy ha hűtjük? (Az edény hőtágulása elhanyagolható.)

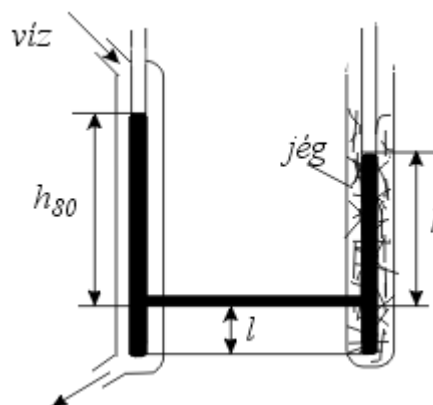
- A) Ha melegítjük.                      B) Ha hűtjük.                      C) Mindkét esetben.

13.

Egy alkoholos hőmérőből eltávolítjuk az alkoholt és vízzel pótoljuk. Mit olvashatunk le a hőmérőnkéről, ha  $4^{\circ}\text{C}$  alá süllyed a hőmérséklet?

- A) A hőmérő is csökkenő hőmérsékletet mutat.  
B) A hőmérő növekvő hőmérsékletet mutat.

14.



Az ábrán látható közlekedő edényben vizsgálunk egy folyadékot. Az edény felül nyitott szárainak egyikét  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű víz, másikat olvadó jég veszi körül. A szárat összekötő cső vízszintes, az alatta lévő szárrészek  $l$  hosszúságúak.

Az egyensúly beállta után mért adatok:  $h_{80} = 21,6\text{ cm}$ ,  $h_0 = 20\text{ cm}$ .

- a) Melyik szárban és hány százalékkal kisebb a folyadék sűrűsége? **(melegebb szárban 7,4 %)**  
b) Melyik szár alján nagyobb a folyadék nyomása és miért? **( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ )**  
c) Mekkora a folyadék térfogati hőtágulási együtthatója? **( $0,001\text{ }1/^{\circ}\text{C}$ )**

15.

Egy orvosságos üvegbe  $206\text{ cm}^3$   $23^{\circ}\text{C}$ -os folyadékot töltenek az ugyancsak  $23^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű gyógyszerértári laboratóriumban. A zárókupak rácsavarása után a folyadék felett  $1\text{ cm}^3$  térfogatú levegővel telt rész marad. Ezután az orvosságos üveget beteszik az  $5^{\circ}\text{C}$ -os belső terű hűtőszekrénybe. A légnyomás a laboratóriumban és a hűtőszekrény belsejében egyaránt  $102\text{ kPa}$ .

- a) Mekkora lesz a folyadék felszíne felett az üvegben levő levegő nyomáscsökkenése?

A folyadék párolgása, gőzének nyomása elhanyagolható. **( $32\text{ kPa}$ )**

Tegyük fel, hogy a kupak nem zár jól.

- b) Ekkor hány gramm levegő szívárog be az üvegbe a hűtőszekrényből? **( $5,5 \cdot 10^{-7}\text{ kg}$ )**

- c) Mennyivel változik meg az orvosságos üvegben a folyadék feletti részben levő levegő belső energiája az a) esetben? **( $-0,0154\text{ J}$ )**

A folyadék térfogati hőtágulási együtthatója:  $1,3 \cdot 10^{-4}\text{ }1/\text{K}$ ; az üveg lineáris hőtágulási együtthatója:  $10^{-5}\text{ }1/\text{K}$ ; a levegő sűrűsége a laboratóriumban:  $1,2\text{ kg/m}^3$ ; fajhője állandó térfogaton:  $712\text{ J/kgK}$ .

### Rugalmas alakváltozás

16.

Egy acélsín hossza  $0^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten 20 m.

a) Mennyivel nyúlik meg a sín, ha  $200^{\circ}\text{C}$ -ra melegítjük? **(4,68 cm)**

Az acél lineáris hőtágulási együtthatója  $1,17 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$ .

b) Mennyi mechanikai munkával lehetne a  $0^{\circ}\text{C}$ -os sánt ilyen mértékben megnyújtani?

A sín keresztmetszete  $0,5 \text{ dm}^2$ , az acél rugalmassági modulusa  $2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ . **(55 kJ)**

17.

Egy rézhuzal hossza  $18^{\circ}\text{C}$ -on 1,2 m, keresztmetszete  $2 \text{ mm}^2$ . A huzalon 1,5 mm hossznövekedést akarunk elérni úgy, hogy egyre növekvő húzóerővel rugalmasan nyújtják, második esetben úgy, hogy hőmennyiséget közlünk a huzallal.

a) Mekkora a huzal megnyújtásakor a húzóerő által végzett munka? A huzal 1,5 mm-rel történő megnyújtásához 200 N erő szükséges.

b) Mekkora második esetben a huzallal közölt hőmennyiség?

A réz fajhője  $385 \text{ J/kgK}$ , sűrűsége  $9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , lineáris hőtágulási együtthatója  $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$ .

18.

Egyik végén befogott acélhuzal keresztmetszete  $0,5 \text{ mm}^2$ , hőmérséklete  $0^{\circ}\text{C}$ . A rugalmassági állandó  $2,2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ . A huzalt egyik esetben  $35^{\circ}\text{C}$ -ra melegítjük, másik esetben folyamatosan növekvő és végül 500 N-t elérő erővel  $0^{\circ}\text{C}$ -on nyújtjuk.

Mekkora lesz a melegítéshez szükséges hő és a nyújtási rugalmas munka aránya?

A huzal fajhője  $465 \text{ J/kgK}$ , sűrűsége  $7800 \text{ kg/m}^3$ . **(39,9)**

19.

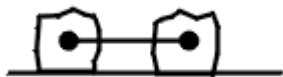
Egy acélrúd hossza  $100^{\circ}\text{C}$ -on 10 m, keresztmetszete  $40 \text{ cm}^2$ , sűrűsége  $7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ; az acél fajhője  $469 \text{ J/kgK}$ .

a) Mennyi hőt ad le az acélrúd, miközben hőmérséklete  $10^{\circ}\text{C}$ -ra csökken? **(13,2 MJ)**

b) Mekkora húzóerővel kellene feszíteni a  $10^{\circ}\text{C}$ -os rudat ahhoz, hogy a hossza ekkor is 10 m legyen? **(900 kN)**

A rúd anyagának lineáris hőtágulási tényezője  $1,17 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$ ;  $1 \text{ cm}^2$  keresztmetszetű rúd megnyúlását  $2,15 \cdot 10^5 \text{ N}$  erővel lehet elérni. A keresztmetszet változásától tekintünk el!

20.



Egy fogszabályozás alkalmával az egymástól távol lévő fogakat a rájuk erősített rugalmas szál segítségével húzzák lassan közelebb egymáshoz. Az alkalmazott szál átmérője  $0,2 \text{ mm}$ , nyújtatlan hossza a szájban uralkodó  $37^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékleten  $12 \text{ mm}$ . A fogakra erősített kifeszített szál hossza kezdetben  $16 \text{ mm}$ .

a) Mekkora erővel húzza össze a szál a fogakat kezdetben?

b) Mekkora a szálban tárolt rugalmas energia kezdetben?

c) A szál nyújtatlan hossza hány százalékkal volt kisebb a  $20^{\circ}\text{C}$ -os szobahőmérsékleten, mint  $37^{\circ}\text{C}$ -on?

A szál rugalmassági Young-modulusa:  $8 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ , lineáris hőtágulási együtthatója:  $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$ .

### Mechanikai energia belső energiává alakulása

21.

Legalább mekkora sebességgel kellene egy  $0^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű hógolyót  $0^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű falnak dobni, hogy teljesen megolvadjon? **( 818 m/s)**

22.

Egy  $0^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű jégtömbbe  $150 \text{ m/s}$  sebességű,  $1,2 \text{ kg}$  tömegű,  $30^{\circ}\text{C}$ -os vasgolyó csapódik be.

Legfeljebb mennyi hó olvad meg? **(0,09 kg)**

Az ég olvadáshője  $340 \text{ kJ/kg}$ , a vas fajhője  $460 \text{ J/kgK}$ .

23.

Szögbelövő pisztollyal 200 m/s sebességre felgyorsított szöget lövünk be egy falba. A fal állandó fékezőerőt fejt ki a szögre.

- Mennyi a szög sebessége akkor, amikor útjának  $3/4$  részénél tart?
- Hány fokkal lesz melegebb a szög, ha a kezdeti mozgási energiájának  $4/5$  része fordítódik a szög melegítésére?  
(A szög anyagának fajhője 500 J/kgK.)

24.

Egy 10 g tömegű puskagolyó 200 m/s sebességgel érkezik a falhoz, amelyben a megállásig egyenletesen lassulva 5 cm utat tesz meg.

- Számítsuk ki a lövedékre ható fékező erőt, valamint a fékeződés idejét! (**4 kN, 0,5 ms**)
- Mennyivel változik meg a lövedék hőmérséklete a megállás pillanatáig, ha a súrlódási munka 60%-a a lövedék belső energiáját növeli? (**30°C**)  
A puskagolyó fajhője 400 J/kgK.

25.

Egy folyón lévő vízesés magassága 45 méter. A folyó sebessége a vízesés előtt 3 m/s, a vízesés után 2 m/s. A vízesésen másodpercenként 200 m<sup>3</sup> víz ömlik le, a víz becsapódási sebessége a vízesés alján 29 m/s. A víz sűrűsége 1000 kg/m<sup>3</sup>; fajhője 4200 J/kgK;  $g=10$  m/s<sup>2</sup>.

- Mennyi a lezúduló víz másodpercenkénti mechanikai energiavesztése a levegőben? (**6,8 MJ**)
- Legfeljebb hány fokkal melegedhet fel a víz a becsapódás következtében? (**0,1°C**)

26.

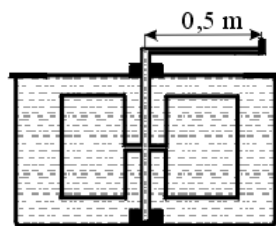
Hány liter víznek kell egy vízi erőműben 30 méter mélyre zuhanni ahhoz, hogy lakásunkban 50 liter vizet villanybojlerrel 15°C-ról 40°C-ra melegíthessünk? Az energiaátalakítás hatásfoka 40 %. (A víz fajhője 4180 J/kg K.)

27.

Vízszintes talajon 10 kg-os tömeget egyenletes sebességgel akarunk húzni.

- Mekkora húzóerő szükséges, ha a súrlódási tényező 0,2? (**19,62 N**)
- Mennyi hő fejlődik 200 m-es vontatás során? (**3924 J**)

28.



Egy folyadékkal teli edényben - a Joule-kísérlethez hasonlóan - lapátokkal ellátott tengelyt egyenletesen forgatunk a tengelyre szerelt 0,5 m hosszú kar végén 4 N érintőirányú erővel.

- Mennyi a kifejtett forgatónyomaték? (**1,96 Nm**)  
Ha 500-szor forgatjuk körbe a kart az a)-ban kiszámított nyomatékkal, akkor a keverőbe töltött 2 kg tömegű folyadék 2°C-al felmelegszik.

- Mekkora a folyadék fajhője? (**1,67 kJ/kg.K**)  
(A berendezés hőkapacitása elhanyagolható, az edény teljesen hőszigetelt.)

29.

Egy keverőgépet 200 W teljesítményű villanymotor működtet. A gép hőszigetelt tartályába 0,5 kg vizet és 0,1 kg jeget teszünk, mindkettő 0°C.

Mennyi ideig kell a motort üzemeltetni ahhoz, hogy a tartályban 10°C hőmérsékletű víz legyen? A víz fajhője 4187 J/kgK, olvadáshője 335 kJ/kg.

30.

Egy hengeres edényben levő folyadékban keverőt forgatunk állandó szögsebességgel. A forgatáshoz a súrlódás miatt 20 Nm forgatónyomatékat kell kifejtenünk.

- Mennyi munkát végzünk 10 teljes körülfordulás folyamán? (**1256 J**)
- Mekkora a szögsebesség, ha a keverőt 50 W teljesítménnyel forgatjuk? (**2,5 1/s**)

**31.**

Kézidarálóval kávéét őrlünk, miközben 0,6 Nm forgatónyomatékkal a hajtókart 80-szor fogatjuk körbe.

- a) Hány gramm cukorral igyuk kávékat energiaveszteségünk pótlására, ha az izommunkának csak 30%-a fordítódik őrlésre, és 15 kJ izommunka elvégzésekor szervezetünk energiaveszteségét 1 g cukor pótolja? **(67 mg)**
- b) Mekkora volt izommunkánk teljesítménye, ha 2 másodpercenként 3-szor forgattuk körbe a hajtókart? **(18,8 W)**
- c) Mennyivel emelkedne a villanyszámlánk, ha a kávé egy olyan elektromos őrlővel őrlőnénk meg, amelynek hatásfoka 40%-os, és 1 kWh elektromos energia ára 2 Ft? **(4·10<sup>-4</sup> Ft)**

**32.**

Munkavégzésre is alkalmas, úgynevezett "szobakerékpár" kerekének átmérője 60 cm. Erre a kerékre, a peremén, két fékpofa egyenként 22,5 N nyomóerővel hat. A súrlódási tényező 0,25. A vizsgált személy 10 percen keresztül egyenletesen hajtja a kereket, amely percenként 48 fordulatot tesz meg. Ezalatt a vizsgált személy 2,2 liter többlet oxigént vesz fel.

- a) Milyen hatásfokkal alakítja át a szervezet a felszabadult energiát mechanikai munkává? **(23,2 %)**
- b) Hány gramm vizet párologtat el a vizsgált személy, ha hőmérséklete nem változik a vizsgálat során? **(14,1 g)**
- 1 dm<sup>3</sup> oxigén felvételével 20 kJ energia szabadul fel a szervezetben, a párologtatástól eltérő formáktól eltekintünk, a víz párolgási hője 2400 kJ/kg.

**33.**

Szívünk minden összehúzódáskor 70 cm<sup>3</sup> vért továbbít az érrendszerbe. A szívből kiáramló és a szívbe bejutó vér nyomásának különbsége átlagosan 16 kPa. Az átlagos pulzusszám 72/perc.

- a) Hány watt a szív átlagos teljesítménye? **(1,344 W)**
- b) Mennyi zsír elégetése fedezi a szív napi munkáját, ha az 1 kg zsír elégetésével keletkező 40 MJ energiát a szervezet 30 %-os hatásfokkal hasznosítja? **(9,7 g)**

**34.**

Egy béka 80 cm-es ugrásokkal 800 m utat tesz meg vízszintes talajon. Minden ugráskor 0,96 J munkát végez.

- a) Mekkora a béka átlagos teljesítménye, ha pihenőkkel megszakított útja 1,5 óráig tart? **(0,178 W)**
- b) Mennyi vizet párologtat el útja során a béka, ha feltételezzük, hogy a táplálékból nyert energia 25 %-a munkavégzésre, a maradéknak 60 %-a a víz elpárologtatására fordítódik? A béka párolgási hője a béka testhőmérsékletén 2,47·10<sup>6</sup> J/kg. **(0,7 g)**

**35.**

Egy 70 kg tömegű ember nehéz testi munkát végez. Munkavégzés közben izzadság párologtatásával hőt ad le. Nyolc órás műszak alatt az elpárologtatott víz mennyisége 3 liter. Ha nem lenne párolgás, mennyi ideig tartó munkavégzés közben emelkedne fel a dolgozó testhőmérséklete 36,5°C-ról a veszélyes 41,5°C-ra? **(1,36 h)**

A víz párolgáshője: 2400 kJ/kg; a test átlagos fajhője: 3,5 kJ/kgK.

**36.**

Egy sportoló tizenöt percen át az 1220 N/m rugalmassági állandójú rugót terheletlen hosszához képest 20 cm-rel, percenként 30-szor nyújtotta meg. A vizsgálat alatt a sportoló léggéssel, az alapanyagcseréhez szükséges oxigénen felül, 1,5 dm<sup>3</sup> 27°C hőmérsékletű és 0,9·10<sup>5</sup> Pa nyomású oxigént fogyasztott.

Milyen arányban van a elvégzett munka és a sportoló szervezete által termelt többlet hő, ha az adott esetben 1 g O<sub>2</sub> elfogyasztása 17 kJ oxidációs hő termelődésének felel meg? **(37 %)**

**37.**

Egy gépkocsi 25 %-os hatásfokú motorja 30kW teljesítményt fejt ki. Az üzemanyag sűrűsége  $950 \text{ kg/m}^3$ , fűtőértéke  $42 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$ .

- a) Mekkora sebességgel áramlik az üzemanyag a motor és a tartály közötti 6 mm átmérőjű csőben? **(0,106 m/s)**
- b) Hány km/h sebességgel halad a gépkocsi, ha a 100 km-re jutó üzemanyag-fogyasztás 10 liter? **(108 km/h)**

**38.**

Adott körülmények között egy 70 kg tömegű ember testfelületének minden négyzetcentimétere óránként 12 J hőt ad át a környezetének.

- a) Mekkora a másodpercenkénti hőleadás  $0,8 \text{ m}^2$  testfelület esetén?
- b) Mennyi zsírt kell a szervezetnek elégetnie 1 nap alatt a hőveszteség pótlására? 1 kg zsír elégetésével  $4 \cdot 10^7 \text{ J}$  hőveszteség pótolható.
- c) Hány fokot hűlne a test, ha a hőveszteség pótlása 5 percig szünetelne? A test átlagos fajhője  $3,5 \text{ kJ/kgK}$ .

**39.**

Légköri viszonyaink között a Nap sugárzásából a Föld felszínére, a sugárzásra merőleges minden négyzetméterre másodpercenként átlagosan 520 J energia érkezik.

- a) Óránként mennyi energiát nyel el egy fa 20 m átmérőjű gömbalakú koronája, ha a lombzat a ráeső energia 85 %-át nyeli el? **( $5 \cdot 10^8 \text{ J}$ )**
  - b) Az elnyelt energiának hány %-a jut szőlőcukor előállítására, ha a fa 5 napsütöses óra alatt  $2,7 \text{ kg}$  szőlőcukrot állít elő? **(1,68 %)**
- 1 mol szőlőcukor tömege 180 g, és ennek fotoszintéziséhez  $2,8 \text{ MJ}$  energia szükséges.

**40.**

Egy széntüzelésű erőműnek 2 MW teljesítményt kell szolgáltatnia. A rendelkezésre álló szén fűtőértéke  $16000 \text{ kJ/kg}$ . A szén eltüzelésével nyert hő 30 %-a alakul át munkává, 42 %-át hűtővízzel kell elvezetni, míg a többi közvetlenül a környezetnek adódik át.

- a) Óránként mennyi szenet kell eltüzelni? **(1500 kg)**
  - b) Hány  $\text{m}^3$  hűtővízre van szükség az erőműben 1 óra alatt, ha az átáramló hűtővíz  $2^\circ\text{C}$ -kal melegedhet fel? **(1200  $\text{m}^3$ )**
- A víz fajhője  $4,2 \text{ kJ/kgK}$ .

**41.**

Egy méhkaptártól 2 km távolságra van egy akácos, ahonnan egy-egy méh fordulónként  $30 \text{ mm}^3$  térfogatú nektárt szállít be a kaptárba. A méz készítésekor a méhek a nektár tömegének 55 %-át kitevő víz egy részét a kaptárba elpárologtatják, a kész mézben a víz tömege már csak 19 %. A virágzás 12 napja alatt a méhcsalád  $25 \text{ kg}$  mézet készít. A párologtatás energiaigényét a hazahozott nektár egy részének elfogyasztásával fedezik a méhek.

- a) Hány watt a méhcsaládnak csupán a párologtatásba fektetett átlagos teljesítménye? **(46,3 W)**
  - b) Hány kilométert tesznek meg a család gyűjtőtagjai összesen, amíg a szükséges nektármennyiséget a kaptárba hordják? **( $5,9 \cdot 10^6 \text{ km}$ )**
- A nektár sűrűsége:  $1,2 \text{ kg/dm}^3$ ; a nektár 1 kg-ja  $6000 \text{ kJ}$  energiát szolgáltat.; 1 kg víz elpárologtatásához  $2400 \text{ kJ}$  energiát használnak fel a méhek.

**42.**

Egy 400 kg tömegű vitorlázó repülőgépet vízszintes irányú  $108 \text{ km/h}$  nagyságú állandó sebességgel vontat egy motoros repülőgép. A vontatókötél kioldása után a vitorlázógép  $30^\circ$ -os szögben siklik lefelé. A sebessége a siklórepülés közben is  $108 \text{ km/h}$  nagyságú,  $g=10 \text{ m/s}^2$ .

- a) Mennyi többletteljesítményt igényelt a vitorlázógép vontatása a motoros repülőgéptől? **(6280 W)**
- b) Mennyi üzemanyaggal fogyasztott többet a motoros gép a vontatás 10 perce alatt? **(0,285)**

kg)

A motoros gép motorjának hatásfoka 30%, üzemanyagának égéshője  $4,4 \cdot 10^7$  J/kg.

43.

Egy 50 literes tartályban  $-30^\circ\text{C}$ -os éghető gáz van  $15 \cdot 10^5$  Pa nyomáson. A tartályra égőfejet kapcsolunk, és a kiáramló gázt meggyújtva 6 kg  $-30^\circ\text{C}$ -os jeget  $0^\circ\text{C}$ -os vízzé olvasztunk meg. Az égés során a hőátadás 80 %-os, a tartályban lévő gáz hőmérséklete nem változik.

a) Eredetileg mennyi volt a palackban levő gáz tömege? **(0,6 kg)**

b) Mennyi a palackban maradt gáz tömege? **(0,525 kg)**

c) Hány fokra kellene emelni a palackban maradt gáz hőmérsékletét, hogy nyomása ismét a kezdeti érték legyen? **(278 K)**

Adatok: a gáz sűrűsége  $-30^\circ\text{C}$ -on,  $10^5$  Pa-on  $0,8$  kg/ $\text{m}^3$ , égéshője  $39900$  kJ/kg; a jég fajhője  $2,1$  kJ/kgK, olvadáshője  $335$  kJ/kg.

### Versenyfeladatok

44.

Hőszigetelt körülmények között a  $c_1$  fajhőjű,  $\beta_1$  hőtágulási tényezőjű hideg folyadékba egy forró fémdarabot dobunk. A fém fajhője  $c_2$ , lineáris hőtágulási tényezője  $\alpha_2$ . A hideg folyadék kezdeti sűrűsége  $\rho_1$ , a forró fém kezdeti sűrűsége  $\rho_2$ . A közös hőmérséklet kialakulása közben a folyadék térfogata növekszik, a fém térfogata csökken, de azt tapasztaljuk, hogy a folyadék-fém rendszer össztérfogata változatlan. ( $c_1 = 4200$  J/kg·K,  $\beta_1 = 1,3 \cdot 10^{-4}$  1/K,  $\rho_1 = 1000$  kg/ $\text{m}^3$ ,  $\alpha_2 = 2,3 \cdot 10^{-5}$  1/K,  $\rho_2 = 2700$  kg/ $\text{m}^3$ ) Határozzuk meg ezek alapján a fém  $c_2$  fajhőjét!

45.

Két szimmetrikusan felfüggesztett acélhuzalt kicsiny teher tart fesszesen. A huzalok  $30^\circ$ -os szöget zárnak be a függőlegessel. Ha a hőmérséklet csökken, akkor az összehúzódó huzalok felemelnék a terhet. Ennek megakadályozására többletterhet erősítünk a teherhez. Határozzuk meg a szükséges többletteher tömegét, ha a hőmérséklet  $10^\circ\text{C}$ -kal csökken!

A huzalok keresztmetszetének területe  $0,5$  mm<sup>2</sup>, az acél hőtágulási tényezője  $\alpha = 1,0 \cdot 10^{-5}$  1/ $^\circ\text{C}$ , rugalmassági modulusa  $E = 215 \cdot 10^9$  N/ $\text{m}^2$ . (A huzalok felfüggesztési pontjainak távolságát tekintjük állandónak!)

