

Megoldott termodinamika feladatok 3.

3. feladat*. A hőtágulás $\Delta V = V_0\alpha\Delta t$ térfogatváltozáshoz vezet. Az ezzel kapcsolatos térfogati munka a lassú tágulás során $p_0\Delta V$, ahol p_0 a légköri nyomás. Ha ezt a $cm\Delta t$ hőközléshez arányítjuk, a

$$\frac{p_0 V_0 \alpha}{cm} = \frac{p_0 \alpha}{c\rho}$$

mennyiséget kapjuk, hiszen a hőmérsékletkülönbség kiesett. Az utolsó alakban meg-
jेंट az anyag ρ sűrűsége. A $p_0 = 10^5$ Pa, $\alpha = 10^{-3}$ $1/^\circ\text{C}$, $\rho = 10^3$ kg/m^3 , $c = 4000$
J/(kg $^\circ\text{C}$) tipikus értékekkel ez az arány $2,5 \cdot 10^{-5}$, vagyis a térfogati munka folya-
dékokban (és szilárd testekben is) elhanyagolható. Ha ugyanezt az arányt gázokra
értékeljük ki, melyekben a sűrűség kb. 1000-szer kisebb, a hőtágulási együttható
10-szer nagyobb, 10^4 -szer nagyobb számot kapunk, kb. 1/4-edet. Gázokban tehát
nagy hibát követnénk el, ha a térfogati munkát elhanyagolnánk.

4. feladat*. A hőmennyiség kapcsán sokszor érdemes az SI rendszerbe nem tar-
tozó cal-t használni, ugyanis a víz adatai ebben jól megjegyezhető számok, másrészt
az ember napi energiaszükségletét mindig kcal-ban adják meg.

Ahhoz, hogy az m tömegű jég felolvadjon, Lm hőt kell vele közölni, miközben
hőmérséklete *nem* változik, majd a víz $\Delta t = 27$ $^\circ\text{C}$ fokkal való melegítéshez $cm\Delta t$
hőre van szükség. A teljes átadott hő $Q = Lm + cm\Delta t = 80 \cdot 40 + 1 \cdot 40 \cdot 27$ cal
 $= 4280$ cal $= 4,28$ kcal. Az eredményt J-ba úgy számoljuk át, hogy 4,2-vel szoroz-
zuk: $Q = 18$ kJ.

7. feladat*. Egy lélegzet során 1 liter levegő melegszik fel 50 $^\circ\text{C}$ fokkal. Ehhez
 $11\rho_{\text{lev}}c_{\text{lev}}50^\circ\text{C} = 10^{-3}$ $\text{m}^3 \cdot 1,3$ $\text{kg/m}^3 \cdot 0,238$ kcal/(kg $^\circ\text{C}$) $\cdot 50^\circ\text{C} = 15,4$ cal hőt
kell elvonni a szervezettől. 15 lélegzetvétel, azaz 1 perc alatt, $Q_{\text{perc}} = 15 \cdot 15,4 =$
 231 cal $= 970$ J szükséges. A szervezet $P = Q_{\text{perc}}/(1 \text{ perc}) = 970$ J/60 s $= 16$ W-
tal, azaz egy gyenge villanykörte teljesítményével melegíti a hideg levegőt. Egy nap
 $60 \cdot 24$ perc $= 1440$ perc, ezért a napi hőelvonás $231 \cdot 1440$ cal $= 333$ kcal lenne. Ez a
napi minimális kb. 2000 kcal energiaszükséglet 17%-a. Téli hidegben jelentős ener-
gia fordítódik tehát szervezetünk állandó hőmérsékleten tartására (ezért (is) lehet
fontos a kiadós étkezés).

9. feladat*. A teljes vízmennyiség 0 $^\circ\text{C}$ -ra történő lehűléséhez $300 \text{ g} \cdot 1$ cal/g $\cdot 4 =$
 1200 cal-ra van szükség. A jégkocka 0 $^\circ\text{C}$ -ra melegítéséhez $0,5 \cdot 40 \cdot 10 = 200$ cal
hőmennyiségre.

A jégkocka teljes felolvasztásakor még $40 \cdot 80$ cal $= 3200$ cal hő lenne szükséges.
Ennyit a víz lehűlése nem tud biztosítani, de valamennyi jég felolvad: víz-jég keverék
alakul ki 0 $^\circ\text{C}$ -on.

Azt, hogy mennyi jég olvad fel, többféleképpen is megkaphatjuk.

a) Ha a jégkocka $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegítéséhez szükséges 200 cal -t levonjuk a teljes vízmennyiség $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra lehűlésekor felszabadulni képes 1200 cal -ból, akkor 1000 cal marad. Ennyi fordul a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os jég megolvasztására. Jelölje a megolvadt tömeget m , így írhatjuk, hogy $m \cdot L = m \cdot 80\text{ cal/g} = 1000\text{ cal}$, amiből $m = 12,5\text{ g}$. Összesen tehát $27,5\text{ g}$ tömegű jég marad.

b) Meghatározzuk, hogy a jégkocka felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség hány fokkal hűti le a vizet. Jelöljük ezt a hőmérsékletkülönbséget Δt -vel. $200\text{ cal} = 1\text{ cal/(g }^{\circ}\text{C)} \cdot 300\text{ g} \cdot \Delta t$, amiből $\Delta t = 2/3\text{ }^{\circ}\text{C}$. A víz még $10/3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot hűl, az ebből adódó hőmennyiség fordul olvasztásra. Az m tömegre tehát felírható, hogy $m \cdot 80\text{ cal} = 1\text{ cal/(g }^{\circ}\text{C)} \cdot 300\text{ g} \cdot 10/3\text{ }^{\circ}\text{C}$, amiből $m = 12,5\text{ g}$.

c) A jégkocka felmelegedéséhez és az m tömegű jég elolvasztásához szükséges teljes hő a 300 g tömegű víz $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -re való lehűléséből adódik:

$$0,5 \cdot 40 \cdot 10 + m \cdot 80\text{ cal} = 1200\text{ cal}.$$

Ebből szintén $m = 12,5\text{ g}$ adódik.

Megjegyzés: az előző feladat utolsó kérdésére adódó válasz ebben az írásmódban a

$$0,5 \cdot 40 \cdot 10 + m \cdot 80\text{ cal} = 0$$

egyenletből következik, hiszen a víz most nem hűl tovább, és ebből $m = -2,5\text{ g}$. A negatív előjel fejezi ki, hogy kifagyás történik.

Felmerül, hogy milyen kezdeti t vízhőmérséklet mellett nem változna a jég tömege. m akkor zérus, ha a 300 g -os vízmennyiség lehűlése éppen a jég felmelegítéséhez szükséges hőt fedezi, vagyis $1 \cdot 300 \cdot \text{cal}/^{\circ}\text{C} \cdot t = 200\text{ cal}$, amiből $t = 2/3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ha a kezdeti t hőmérséklet nagyobb, mint $2/3\text{ }^{\circ}\text{C}$, akkor a jégkocka olvad, ha kisebb, akkor kifagy rá valamennyi jég.