





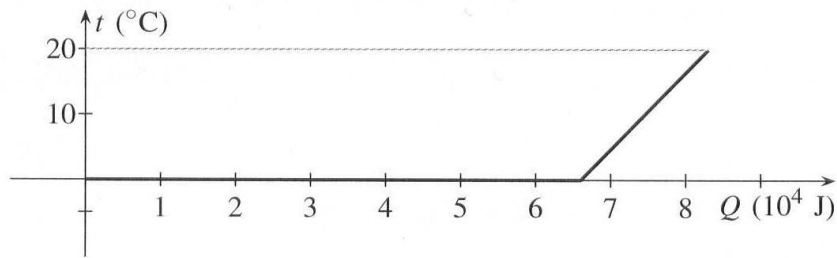


Halmazállapot változások
feladatok és megoldások

1. Egy aranyékszer készítéséhez 5 g aranyat olvaszt meg az ékszerész. Az arany olvadáshője $65 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. 
- a) Mennyi energiát igényel ez a folyamat?
b) Hányszorosára nő ez az energiaigény, ha a megolvasztandó arany tömege 12 g?
2. Általában a fémek olvasztását melegítés előzi meg. A vasöntödében 2 t $20 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű vasat kell megolvasztani. A vas olvadáspontja $1539 \text{ }^\circ\text{C}$, olvadáshője $273 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, fajhője $0,462 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$. 
- a) Mennyi energiát igényel ez a folyamat?
b) Melyik folyamat igényel több energiát: a melegítés vagy az olvasztás?
3. A $0 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű jeget meleg víz hozzáadásával olvaszthatjuk meg. A jég olvadáshője $334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, a víz fajhője $4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$. 
- a) Mennyi $50 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű víz lehűlése árán olvad el 15 g $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -os jég?
b) Mi lehet a végállapot akkor, ha a kiszámított értéknél kevesebb vizet öntünk a jégre?
4. A Coca-Colát gyakran jégkockával hűtik. Ilyenkor a jég nemcsak felolvad, hanem mint víz, fel is melegszik a jég olvadáspontjához képest. Mennyi $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -os jeget kell beledobni 3 dl $22 \text{ }^\circ\text{C}$ -os üdítőbe, hogy kellemes $8 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű italt kapjunk? 
5. Egy háziasszony 1 l csapvizet (kb. $18 \text{ }^\circ\text{C}$) feltett forni a 2000 W teljesítményű elektromos tűzhelyre, és ekkor felhívta a barátnője. Legalább mennyi ideig beszéltek, ha a konyhába visszaérve még éppen nedvesnek találta az edény alját? Tegyük fel, hogy a tűzhely által leadott energia 80%-a fordítódott a víz forralására. 
6. Mennyi hó szabadul fel, ha a Balaton befagy? Tegyük fel, hogy a jégta-
karó átlagos vastagsága 5 cm. A Balaton területe 595 km^2 . Miért nem lehet ezt a hatalmas energiamennyiséget hasznosítani? 

7. Kezdetben szilárd halmazállapotú, 0,2 kg tömegű víz hőmérsékletét mérték melegítés közben. A mért adatokat grafikonon ábrázolták a felvett hő függvényében. Milyen adatok olvashatók le a grafikonról? Ezek alapján milyen újabb adatok számíthatók ki? Ezek közül számítsa ki a víz olvadáshőjét!



8. Kávézókban, cukrászdákban gyakran van arra szükség, hogy a kihűlt fekete kávét felszolgálás előtt felmelegítsék. Ilyenkor gőzt engednek a kávéba. A kávét vízként kezelhetjük. A víz forráshője $2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.

- a) Hány gramm 100°C -os vízgőzt kell a 35°C -os, 1,5 dl térfogatú kávéban lecsapatni, hogy 60°C -os forró kávét nyerjünk?
 b) Miért előnyösebb ez a módszer, mintha forró vízzel melegítenénk a hideg kávét?

9. A szaunákban úgy állítanak elő forró gőzt, hogy vizet loccsantanak a felforrosított kövekre. Tegyük fel, hogy 300°C -ra melegített 50 kg össztömegű kő van a sauna kályhájában. A kövek fajhője $0,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$, a víz forráshője $2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.

- a) Mennyivel változik meg a kövek hőmérséklete, ha 0,5 liter, 20°C -os vizet öntenek a kövekre?
 b) A kovács vízben hűti le a forró munkadarabot. Mire fordítódik a vas lehűlése közben leadott energia?

10. A hőszigetelt edényben – amit a fizikában leginkább kaloriméternek hívunk – 40 g jég és 150 g víz van egyensúlyban. Beteszünk ebbe a keverékbe egy 200°C hőmérsékletű 150 g tömegű alumíniumhasábot. Az alumínium fajhője $0,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$.

- a) A termikus egyensúly beállása után mi lesz a rendszer állapota?
 b) Mekkora energiát adott le az alumíniumhasáb?

11. A Wood-fém egy alacsony olvadáspontú ötvözet. Olvadáspontja 60°C , olvadáshője $33,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Állítólag az ebből a fémből készült kávéskanállal tréfálta meg vendégeit az ötvözet felfedezője.

Számítsuk ki, hogy mi történik, ha a 100 g-os, 18°C -os kanalat beletesszük a 120 g-nyi 80°C hőmérsékletű kávéba! (Az eredmény alapján képzeljük el a vendégek elképedését.)

12. Alkalmas kaloriméterben összekeverünk 120 g $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű jeget és 200 g $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os vizet. A jég fajhője $2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$, olvadáshője $334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.

- a) Mi lesz az egyensúlyi állapot?
b) Kiszámítható-e előre, hogy a jég el fog olvadni?

13. A kaloriméterbe először 0,3 kg olvadásnak indult, tehát $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os jeget rakunk, majd erre csapvizet engedünk.

- a) Mennyi $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os vizet kell a kaloriméterbe engedni, hogy a jég 60%-a megolvadjon?
b) Mekkora lesz a folyamat végére az edényben lévő rendszer hőmérséklete és a víz mennyisége?

14. A kaloriméterbe most először 8 dl $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os vizet töltünk. Ezután a hűtőszekrényből kivett $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű jégkockákat dobálunk az edénybe, amelyek össztömege 0,4 kg.

- a) Mi lesz az egyensúly beállta utáni állapot?
b) Mennyi jég fog megolvadni?

15. A kaloriméter forráshő mérésére is használható. Alkoholt forralunk a kaloriméterben egy elektromos merülőforralóval. A forraló percenként 1,5 kJ energiát ad át az alkoholnak termikus kölcsönhatás közben. 10 percnyi forralás után azt tapasztaljuk, hogy az alkohol mennyisége 16,5 g-mal csökkent, ennyi elforrt.

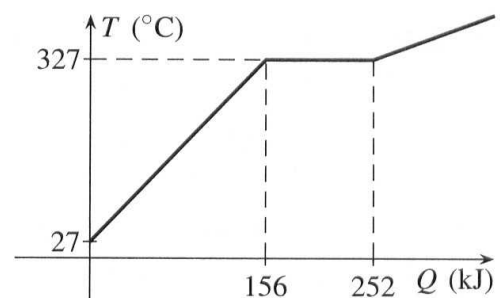
- a) Mennyi az alkohol forráshője?
b) Mennyi alkohol forrna el, ha a merülőforraló 15%-kal kevesebb energiát szolgáltatna percenként?

16. Az aranyérmék készítése során az aranyrudat megolvasztják. Mennyi az arany olvadáshője, ha tudjuk, hogy az 1 kg tömegű aranyrúd hőmérséklete eredetileg $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. A folyamat során az aranyrúd belső energiája 202 kJ-lal változott.

Az arany olvadáspontja $1063\text{ }^{\circ}\text{C}$, fajhője $130 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$.

17. Az ábrán 4 kg tömegű, ismeretlen anyagi minőségű, szilárd anyag felmelegítési görbéjét látjuk.

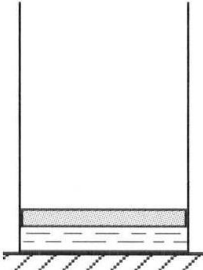
- a) Határozzuk meg az ismeretlen anyag olvadáshőjét!
b) Milyen anyagról lehet szó?



18. Desztillált víz előállítására érdekében $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten elforralunk $2,4\text{ kg}$ tömegű vizet. A külső légnyomás 10^5 Pa , a víz forráshője $2260\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, sűrűsége $1000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, a vízgőz sűrűsége $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten $0,6\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.
- a) Mennyi hőt közölt a melegítő berendezés a vízzel?
- b) Határozzuk meg a gőz által a tágulása során végzett munkát!
19. Egy hőszigetelő falú, nagy edényben lévő 12 kg tömegű vízbe 1 kg tömegű, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű vízgőzt vezetünk. A termikus egyensúly kialakulása után a rendszer hőmérséklete $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ lesz. A víz fajhője $4,2\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$, forráshője $2260\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Határozzuk meg a víz kezdeti hőmérsékletét!
20. Meghatározott tömegű és anyagi minőségű $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű, $1,8\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$ fajhőjű, $336\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ forráshőjű folyadékot melegíteni kezdték. A melegítőberendezés 6 perc alatt a forráspontra melegítette a folyadékot, majd a melegítőberendezés teljesítményének megkétszerezése után 4 perc múlva a folyadék teljes egészében elforrt. Az energiaveszteségektől eltekintünk. Határozzuk meg a folyadék forráspontját!
21. Egy hőszigetelő falú edényben $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű jég van. Abban az esetben, ha egy az edénybe behelyezett melegítőeszközzel a jeget melegíteni kezdjük, akkor az 20 perc alatt elolvad. A jég olvadáshője $334\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, a víz fajhője $4,2\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$. Mennyi lesz a jégből keletkezett víz hőmérséklete, ha a melegítőberendezés működési ideje bekapcsolásától számítva 30 perc?
22. A hűtőszekrény mélyhűtő részében $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű, $0,1\text{ kg}$ tömegű vízből jeget készítünk. A mélyhűtőben lévő víz 1425 s alatt hűl le $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletre, majd 6000 s alatt megfagy. A víz fajhője $4,2\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$, a jégé pedig $2,1\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$. A fenti adatokból határozzuk meg a jég olvadáshőjét!
23. Hőszigetelt lombikban $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű víz van. A lombikból a víz feletti levegőt kiszivattyúzzuk, aminek következtében a vízből $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű jég keletkezik. A jég olvadáshője $334\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, a víz párolgáshője $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten $2480\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. A víz hányadrésze párolgott el?

24. Bizonyos feltételek esetén a víz annyira túlhűthető, hogy még $-10\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten is cseppfolyós. Abban az esetben, ha egy kis jégkristályt a túlhűtött vízbe dobunk, a víz egy része megfagy. A $-10\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű víz hányad része fagy meg, ha a víz fajhőjét $4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ -nak, a jég olvadáshőjét $334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ -nak tekintjük?



25.  Függőleges, alul zárt, hőszigetelt, 100 cm^2 keresztmetszetű hengerben lévő, elhanyagolható tömegű, súrlódásmentesen mozgó dugattyú alatt 20 g tömegű, $0\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű víz van. A külső légnyomás 10^5 Pa , a víz fajhője $4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ forráshője $2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. A víz térfogatváltozásától eltekintünk. Milyen magasra emelkedik a dugattyú, ha a vízzel 20 kJ energiát közlünk?



26. Környezetétől elszigetelt lombikba $0,5\text{ kg}$ $0\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű jéghez $0,5\text{ kg}$ $20\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű vizet adagolunk. Mennyi lesz a közös hőmérséklet, és mennyi jég olvad fel? A jég olvadáshője $334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.



27. Hőszigetelt falú, elhanyagolható hőkapacitású edénybe $-10\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű jeget tettünk, majd rávezettünk $110\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű vízgőzt. Az edénybe került jég-vízgőz össztömegének hány százaléka volt a jég, ha a termikus egyensúly beállása után
- $0\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű jég;
 - $0\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű víz;
 - $100\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű víz;
 - $100\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű vízgőz jött létre?



A jég fajhője $2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, az olvadáshője $340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, a víz fajhője $4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, forráshője $2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, a vízgőz fajhője $1,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$.

28. Az üdítőitalok hűtésére a hűtőszekrényben $1,5\text{ liter}$ $18\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű vízből $-4\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű jégkockákat készítettek. Mekkora a víz belső energiájának megváltozása?

A víz fajhője $4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, a sűrűsége $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, a jég fajhője $2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, az olvadáshője $334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.



29. Az $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletűre felhevített $1,2\text{ kg}$ tömegű acélabroncsot, megmunkálása után, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű vízzel próbálták lehűteni, A víz felforrt, és eredeti víz tömegének 8% -a elpárolgott. Mekkora tömegű hűtővizet használtak? A veszteségektől eltekintünk.

A víz fajhője $4,2\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$, a forráshője $2260\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, az acél fajhője $470\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$.



30. Mekkora az a legkisebb sebesség, amellyel a szilárd felületű falnak dobott, $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű jégdarab teljesen megolvad?

A jég fajhője $2,1\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$, az olvadáshője $334\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.



Megoldások

1. a) Az arany olvasztásához az energiaigény:

$$Q = m \cdot L_0 = 0,005 \text{ kg} \cdot 0,65 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 3,25 \text{ J.}$$

- b) Az energiaigény arányos a tömeggel, tehát 12 g arany megolvasztásához $\frac{12}{5} = 2,4$ -szeresére nő az energiaszükséglet.

2. a) Az vas felmelegítéséhez

$$Q_1 = c \cdot m \cdot \Delta T = 0,462 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2000 \text{ kg} \cdot 1519 \text{ }^\circ\text{C} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

energia kell. Az olvasztáshoz

$$Q_2 = m \cdot L_0 = 2000 \text{ kg} \cdot 273 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 5,46 \cdot 10^5 \text{ kJ.}$$

A szükséges összes energia:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 1,95 \cdot 10^6 \text{ kJ.}$$

- b) A melegítéshez kell a több energia, mert $Q_1 > Q_2$.

3. a) A jeget

$$Q_1 = m_j \cdot L_0 = 0,015 \text{ kg} \cdot 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 5,1 \text{ kJ}$$

energia olvasztja meg. Ehhez az energiát az x tömegű víz szolgáltatja:

$$Q_2 = c_v \cdot x \cdot \Delta T = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot x \cdot 50 \text{ }^\circ\text{C} = 210 \cdot x \text{ kJ.}$$

$$Q_1 = Q_2,$$

$$5,1 \text{ kJ} = 210 \cdot x \text{ kJ,}$$

$$x = 0,024 \text{ kg} = 24 \text{ g.}$$

- b) Kevesebb vízzel nem olvad meg az összes jég. A végállapotban ekkor $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -on jég és víz lesz egyensúlyban.

4. a) A jég által felvett energiát a lehűlő kóla energiacsökkenése fedezi.

$$x \cdot L_0 + c_v \cdot x \cdot T_1 = c_v \cdot m_v \cdot (T_2 - T_1),$$

ahol x a jég tömegét jelöli. $T_1 = 8 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_2 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $m_v = 0,3 \text{ kg}$, $c_v = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$.

$$x = \frac{c_v \cdot m_v \cdot (T_2 - T)}{L_o + c_v T} = \frac{4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,3 \text{ kg} \cdot 14 ^\circ\text{C}}{340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 8 ^\circ\text{C}} = 0,047 \text{ kg} = 47 \text{ g}.$$

5. A víz tömege 1 kg. Ha eltekintünk az edény melegítéséhez szükséges hőtől, a víz 100 °C-ra történő melegítéséhez és 1 kg mennyiség elforrálásához szükséges hő:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t + L_f \cdot m = 1 \text{ kg} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 82 ^\circ\text{C} + 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 1 \text{ kg} = 2,6 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

Ehhez a tűzhelynek $E = \frac{Q}{\eta} = \frac{2,6 \cdot 10^6 \text{ J}}{0,8} = 3,25 \cdot 10^6 \text{ J}$ energiát kellett leadnia.

Az ehhez szükséges idő: $t = \frac{E}{P} = 1625 \text{ s} = 27 \text{ perc}$, vagyis majdnem fél órát beszéltek.

6. A jégtakaró térfogata: $V = h \cdot A = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 5,95 \cdot 10^8 \text{ m}^2 = 2,975 \cdot 10^5 \text{ m}^3$.

Tömege: $m = V \cdot \rho = 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2,975 \cdot 10^5 \text{ m}^3 = 2,737 \cdot 10^8 \text{ kg}$.

Ekkora tömegű víz megfagyásakor felszabaduló hő:

$$Q = L_o \cdot m = 3,33 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 2,737 \cdot 10^8 \text{ kg} = 9,11 \cdot 10^{13} \text{ J} = 9,11 \cdot 10^4 \text{ GJ}.$$

A Balaton nagyon ritkán fagy be. Ez az energia nagy területen szétszóródik a környezetbe.

7. **1280.** Leolvasható adatok:

Kezdeti hőmérséklet: 0 °C.

A jég teljes egészében megolvadt, a keletkezett víz 20 °C-ra melegedett.

A jég megolvadásához szükséges hő: $Q = 6,6 \cdot 10^4 \text{ J}$ (ennél nagyobb pontossággal nem olvasható le).

A víz felmelegedéséhez szükséges hő: $Q = 1,7 \cdot 10^4 \text{ J}$ (ennél nagyobb pontossággal nem olvasható le).

Kiszámítható adatok:

A felmelegedéshez szükséges hóból és a hőmérséklet-változásból a tömeg ismeretében meghatározható a víz fajhője:

$$c_{\text{víz}} = \frac{Q}{m \Delta T} = \frac{1,7 \cdot 10^4 \text{ J}}{0,2 \cdot 20} = 4,25 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$$

A víz olvadáshője:

$$L_o = \frac{Q}{m} = \frac{6,6 \cdot 10^4 \text{ J}}{0,2 \text{ kg}} = 330 \text{ kJ}.$$

8. a) A kávé energiaigényét a lecsapódó és lehűlő vízgőz fedezi.

$$x \cdot L_f + c_v \cdot x \cdot (T_1 - T) = c_v \cdot m_k \cdot (T - T_2),$$

ahol x jelöli a gőz tömegét, $T_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_2 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$, $T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$x = \frac{c_v \cdot m_k \cdot (T - T_2)}{L_f + c_v \cdot (T - T_1)} = \frac{4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 0,15 \text{ kg} \cdot 25 \text{ }^\circ\text{C}}{2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 40 \text{ }^\circ\text{C}} = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 6,5 \text{ g}.$$

- b) A gőzölés előnye, hogy kevésbé hígul fel a kávé.

9. a) A kövek lehűlve elgőzölik a vizet.

$$c_v \cdot m_v \cdot \Delta T_1 + m_v \cdot L_f = c_{k\ddot{o}} \cdot m_{k\ddot{o}} \cdot \Delta T_2,$$

ahol $\Delta T_1 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$, ΔT_2 a kövek hőmérséklet-változása.

$$c_v = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad m_v = 0,5 \text{ kg}, \quad m_{k\ddot{o}} = 50 \text{ kg}, \quad L_f = 2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad c_{k\ddot{o}} = 0,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}.$$

$$\Delta T_2 = \frac{c_v \cdot m_v \cdot \Delta T_1 + L_f}{c_{k\ddot{o}} \cdot m_{k\ddot{o}}} = 54 \text{ }^\circ\text{C}.$$

- b) A lehűlő vas a vizet melegíti.

10. a) A kaloriméterben a jég és a víz egyensúlya azt jelenti, hogy ezek $0 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletűek. Az alumínium behelyezése után a termikus egyensúly hőmérsékletét jelöljük T -vel. Az alumínium által leadott energia:

$$Q_1 = c_{Al} \cdot m_{Al} \cdot (T_1 - T).$$

Ezt a jég és a víz veszi fel:

$$Q_2 = m_j \cdot L_o + c_v \cdot (m_j + m_v) \cdot T.$$

A kettő egyenlőségéből

$$c_{Al} \cdot m_{Al} \cdot (T_1 - T) = m_j \cdot L_o + c_v \cdot (m_j + m_v) \cdot T,$$

amiből

$$T = \frac{c_{Al} \cdot m_{Al} \cdot T_1 - m_j \cdot L_o}{c_v \cdot (m_j + m_v) + c_{Al} \cdot m_{Al}}.$$

Az adatok: $m_j = 0,04 \text{ kg}$, $m_v = 0,15 \text{ kg}$, $m_{Al} = 0,15 \text{ g}$, $T_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$, $c_{Al} = 0,924 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$. Ezek behelyettesítése után:

$$T = 15 \text{ }^\circ\text{C}.$$

- b) Az alumínium

$$Q_1 = c_{Al} \cdot m_{Al} \cdot (T_1 - T) = 25,64 \text{ kJ}$$

energiát adott le.

11.

a) A kanál és a forró kávé között termikus kiegyenlítődés játszódik le. A kávé lehűl, és lead

$$Q_1 = c_v \cdot m_k \cdot (T_1 - T)$$

energiát, ahol T jelöli a közös hőmérsékletet. A kanál ettől az energiától felmelegszik ugyancsak T hőmérsékletre.

$$Q_2 = c_w \cdot m_w \cdot (T - T_2),$$

$$c_v \cdot m_k (T_1 - T) = c_w \cdot m_w \cdot (T - T_2).$$

Az adatok: $m_k = 0,12 \text{ kg}$, $T_1 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$, $m_w = 0,1 \text{ kg}$, $T_2 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$,
 $c_w = 0,87 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$.

Ezekből

$$T = 70,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

adódik. Igen ám! De a kanál már $60 \text{ }^\circ\text{C}$ -nál elolvad! Mennyi energia kell a kanál elolvadásához?

$$Q = m_w \cdot L_0 = 0,1 \text{ kg} \cdot 33,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 3,36 \text{ kJ}.$$

Ennyi energiát a kávé

$$Q = c_v \cdot m_k \cdot \Delta T$$

összefüggés alapján már

$$\Delta T = \frac{Q}{c_v \cdot m_v} = \frac{3,36 \text{ kJ}}{4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \cdot 0,12 \text{ kg}} = 6,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

hőmérséklet-csökkenés mellett lead. Ettől elolvad a fém, de az olvadt fém még csak $60 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű, a víz pedig még mindig $73,4 \text{ }^\circ\text{C}$ -os. A további folyamat során a víz tovább hűl, a fém pedig olvadt állapotban tovább melegszik. A tréfa ebben az esetben az volt, hogy a kanál a vendégek elképedése mellett elolvadt.

12.

a) A sok és forró vízben valószínűleg az összes jég elolvad, sőt fel is melegszik. Tegyük fel, hogy ez történik! Az egyensúlyi állapot hőmérsékletét jelöljük T -vel! A termikus kölcsönhatás során leadott és felvett energiák egyenlőségét kifejező egyenlet:

$$c_j \cdot m_j \cdot (0 - T_1) + m_j \cdot L_0 + c_v \cdot m_j \cdot (T - 0) = c_v \cdot m_v \cdot (T_2 - T).$$

A feladatban megadott adatok alapján $T = 20,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

b) Igen kiszámítható. Ki kell számítani, hogy mennyi energia kell a jég megolvadásához, és mennyi energiát adhat le a víz, miközben $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra hűl:

$$Q_1 = c_j \cdot m_j \cdot (0 - T_1) + m_j \cdot L_0 = 45,84 \text{ kJ}$$

energia árán megolvad a jég, a víz pedig $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra hűlve

$$Q_2 = c_v \cdot m_v \cdot (T_2 - 0) = 67,2 \text{ kJ}$$

energiát adhat le, ami több, mint ami ennyi jég megolvadásához kell. A jég tehát meg fog olvadni. Helyes volt a kiinduló feltevés.

13.

a) A jég 60%-ának a megolvasztásához

$$Q = m_j \cdot 0,6 \cdot L_o = 0,3 \text{ kg} \cdot 0,6 \cdot 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 61,2 \text{ kJ}$$

energia szükséges. Ekkora energiát

$$m_v = \frac{Q}{c_v \cdot \Delta T} = 0,66 \text{ kg}$$

22 °C-os csapvíz tud leadni 0 °C-ra hűlve.

b) A folyamat végére 0 °C hőmérsékletű, 0,96 liter víz lesz a kaloriméterben.

VISSZA

14.

a) Célszerű ennek a feladatnak a megoldását rögtön úgy kezdeni, hogy ellenőrizzük, vajon megolvad-e az összes jég? A jég olvadása

$$Q_1 = c_j \cdot m_j \cdot 10 + m_j \cdot L_o = 2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,4 \text{ kg} \cdot 10 \text{ } ^\circ\text{C} + 0,4 \text{ kg} \cdot 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 144,4 \text{ kJ}$$

energiát igényel. A víz le tud adni $Q_2 = c_v \cdot m_v \cdot 25 = 84 \text{ kJ}$ -t.Ennyi energia elegendő ahhoz, hogy az összes jég felmelegedjen 0 °C-ra, de csak egy része fog felolvadni. Jelöljük a felolvadó jég tömegét x -szel!

$$c_j \cdot m_j \cdot 10 + x \cdot L_o = Q_2.$$

Adatokkal:

$$2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,4 \text{ kg} \cdot 10 \text{ } ^\circ\text{C} + 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot x = 84 \text{ kJ}.$$

Ebből $x = 0,22 \text{ kg}$.

Az egyensúlyi állapotban lesz 1,02 liter víz és 0,18 kg jég.

b) A megolvadt jég mennyisége 0,22 kg.

VISSZA

15.

a) 10 perc alatt a merülőforraló 15 kJ energiát ad át az alkoholnak. Ennyi energia 16,5 g alkoholt forral el. A forráshő tehát

$$L_f = \frac{Q}{m} = \frac{15 \text{ kJ}}{0,0165 \text{ kg}} = 909 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$

b) Mivel az elforralt mennyiség arányos a betáplált energiával, a 15% energiahiány 15%-kal kevesebb alkoholt forralna el percenként.

VISSZA

16.

$$m = 1 \text{ kg}, T_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}, T_0 = 1063 \text{ } ^\circ\text{C}, c = 130 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, \Delta E_b = 202 \text{ kJ}.$$

Az aranyrúd belső energiája két részfolyamatban növekszik, a melegítési és az olvasztási folyamatban. Ezt felhasználva:

$$\Delta E_b = c \cdot m \cdot (T_0 - T_1) + L_o \cdot m.$$

Az arany olvadáshője:

VISSZA

$$L_o = \frac{\Delta E_b - c \cdot m \cdot (T_0 - T_1)}{m} = 66,41 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

17.

$$m = 4 \text{ kg}, \Delta T = 300 \text{ }^\circ\text{C}, Q = 96 \text{ kJ.}$$

a) Az olvadás közben felvett energia:

$$Q = L_o \cdot m.$$

A keresett olvadáshő:

$$L_o = \frac{Q}{m} = 24 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

b) Az olvadáspont és az olvadáshő ismeretében könnyen látható, hogy az ismeretlen anyag csak az ólom lehet.

18.

$$m = 2,4 \text{ kg}, T_f = 100 \text{ }^\circ\text{C}, L_f = 2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, p_0 = 10^5 \text{ Pa}, \kappa_v = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3},$$

$$\kappa_g = 0,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

a) Az elforraláshoz szükséges hőmennyiség:

$$Q = L_f \cdot m = 5424 \text{ kJ.}$$

b) Az elforrálás során a gőzzé alakulás során a térfogat jelentősen megnövekszik, miközben a nyomás állandó. Így a forrás izobár folyamatnak tekinthető. A térfogatok ismeretében a gőz által végzett munka könnyen számolható. Legyen a víz térfogata V_v , a gőz térfogata V_g .

$$V_v = \frac{m}{\kappa_v} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3,$$

$$V_g = \frac{m}{\kappa_g} = 4 \text{ m}^3.$$

A gőz által végzett munka:

$$W = p_0 \cdot (V_g - V_v) = 399,76 \text{ kJ.}$$

19.

$$m_1 = 12 \text{ kg}, c_1 = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, T_k = 70 \text{ }^\circ\text{C}, m_2 = 1,2 \text{ kg}, T_f = 100 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$L_f = 2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Legyen a víz kezdeti hőmérséklete T_1 . A lejátszódó folyamat során az edényben lévő víz belső energiájának növekedése egyenlő lesz a gőz által leadott energiával:

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (T_k - T_1) = L_f \cdot m_2 + c_1 \cdot m_2 \cdot (T_f - T_k).$$

Ebből a víz kezdeti hőmérséklete:

$$T_1 = T_k - \frac{L_f \cdot m_2 + c_1 \cdot m_2 \cdot (T_f - T_k)}{c_1 \cdot m_1} = 13,2 \text{ }^\circ\text{C.}$$



20.

$$T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}, \quad c = 1,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad L_f = 336 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad t_1 = 6 \text{ min}, \quad t_2 = 4 \text{ min}.$$



Legyen a kérdéses folyadék tömege m , forráspontja T_f , a melegítőberendezés kezdeti teljesítménye P . A teljesítmény definíciója szerint:

$$P = \frac{c \cdot m \cdot (T_f - T_1)}{t_1},$$

$$2P = \frac{L_f \cdot m}{t_2}.$$

Ezen egyenletek felhasználásával:

$$2 \cdot \frac{c \cdot m \cdot (T_f - T_1)}{t_1} = \frac{L_f \cdot m}{t_2}.$$

Ebből a keresett forráspont:

$$T_f = T_1 + \frac{L_f}{2 \cdot c} \cdot \frac{t_1}{t_2} = 160 \text{ }^\circ\text{C}.$$

21.

$$T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad c = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad t_1 = 20 \text{ min} = 1200 \text{ s}, \quad L_o = 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}},$$



$$t_2 = 30 \text{ min} = 1800 \text{ s}, \quad T_2 = 17 \text{ }^\circ\text{C}.$$

a) Legyen a melegítőberendezés teljesítménye P , és t_2 ideig történő melegítéssel elért hőmérséklet T_1 ! A melegítőberendezés által közölt energia mindkét esetben a rendszer belső energiáját növelte:

$$P \cdot t_1 = L_o \cdot m,$$

$$P \cdot t_2 = L_o \cdot m + c \cdot m \cdot (T_1 - T_0).$$

Az egyenleteket elosztva egymással:

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{L_o + c \cdot (T_1 - T_0)}{L_o}.$$

Ebből a keresett T_1 hőmérséklet:

$$T_1 = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \cdot \frac{L_o}{c} + T_0 = 40,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

b) A melegítő teljesítménye az első egyenletből:

$$P = \frac{L_o \cdot m}{t_1}.$$

Tegyük fel, hogy a T_2 hőmérséklet eléréséig a jég elolvadásától számítva Δt telik el! Ezen időtartamra vonatkozó energiamérleg:

$$\frac{L_o \cdot m}{t_1} \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot (T_2 - T_0).$$

$$\text{Ebből: } \Delta t = \frac{c \cdot (T_2 - T_0)}{L_0} t_1 = 4,2 \text{ min.}$$

A bekapcsolástól számított idő:

$$t_3 = t_1 + \Delta t = 24,2 \text{ min.}$$

22.

$$T_1 = 19 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_2 = 6000 \text{ s}, \quad m = 0,1 \text{ kg}, \quad c_1 = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad t_1 = 1425 \text{ s},$$

VISSZA

$$c_2 = 2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_2 = -6 \text{ }^\circ\text{C}.$$

a) A hűtőszekrény hűtőtéljesítménye:

$$P_h = \frac{c_1 \cdot m \cdot (T_1 - T_0)}{t_1} = 5,6 \text{ W.}$$

A fagyás során t_2 idő alatt elvont energia:

$$L_0 \cdot m = P_h \cdot t_2.$$

Az olvadáshő:

$$L_0 = \frac{P_h \cdot t_2}{m} = 336 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$

b) Jelöljük t_3 -mal azt az időt, amely a fagyás befejezésétől a T_2 hőmérsékletre való lehűtéskor eltelik.

$$P_h \cdot t_3 = c_2 \cdot m \cdot (T_0 - T_2),$$
$$t_3 = \frac{c_2 \cdot m \cdot (T_0 - T_2)}{P_h} = 225 \text{ s.}$$

A keresett idő:

$$t_{\text{ö}} = t_1 + t_2 + t_3 = 7650 \text{ s.}$$

23.

$$L_0 = 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad L_p = 2480 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$

VISSZA

Legyen a víz tömege kezdetben m_0 az elpárolgott víz tömege m_1 , a keletkezett jég tömege m_2 ! A párolgáshoz energia szükséges, ami a lombikban lévő víz belső energiájának csökkenéséhez vezet, és így a víz megfagy.

$$L_p \cdot m_1 = L_0 \cdot m_2,$$

továbbá: $m_0 = m_1 + m_2$.

Ezekből:

$$\frac{m_1}{m_0} = \frac{L_0}{L_0 + L_p} = 0,1206 \Rightarrow 12,06\%.$$

24.

$$T_1 = -10 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad c = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad L_0 = 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

VISSZA

A fagyás a fagyásponton, a T_0 hőmérsékleten történik, ezért az m tömegű víz felmelegszik a fagyáspontra. Ehhez azonban energia szükséges, amit az biztosít, hogy a víz egy része megfagy. Legyen a megfagyott víz tömege x . Az energiamegmaradás miatt:

$$c \cdot m \cdot (T_0 - T_1) = L_0 \cdot x.$$

A keresett arány:

$$\frac{x}{m} = \frac{c \cdot (T_0 - T_1)}{L_0} = 0,124.$$

25.

$$A = 100 \text{ cm}^2, \quad m = 20 \text{ g}, \quad T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad p_0 = 10^5 \text{ Pa}, \quad c = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}},$$

VISSZA

$$L_f = 2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad T_f = 100 \text{ }^\circ\text{C}, \quad Q = 20 \text{ kJ}.$$

Először határozzuk meg a víz forráspontra melegítéséhez szükséges Q_1 hőt!

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (T_f - T_1) = 8,4 \text{ kJ}.$$

Ennek alapján a keletkező vízgőz tömege:

$$m_g = \frac{Q - Q_1}{L_f} = 5,13 \text{ g}.$$

Tegyük fel, hogy a dugattyú h magassáig emelkedik! Az állapotegyenlet felhasználásával:

$$p_0 \cdot A \cdot h = \frac{m_g}{M_{\text{v} \ddot{u} \text{z}}} \cdot R \cdot T_f.$$

Ebből a dugattyú h magassága:

$$h = \frac{m_g}{M_{\text{v} \ddot{u} \text{z}}} \cdot \frac{R \cdot T_f}{p_0 \cdot A} = 0,884 \text{ m}.$$

26.

A $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -os víz $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra hűl, és eközben a jég egy része felolvad. Jelöljük x -szel a felolvadó jég tömegét.

VISSZA

$$x \cdot L_0 = c \cdot m \cdot \Delta T,$$

$$x = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{L_0} = \frac{4,18 \cdot 0,5 \cdot 20}{334} = 0,125 \text{ kg}.$$

Tehát $0,625 \text{ kg}$ vízből és $0,375 \text{ kg}$ jégből álló $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -os keverék keletkezik.

27.

$$T_1 = -10 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_3 = 110 \text{ }^\circ\text{C}, \quad c_1 = 2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}},$$

$$c_2 = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad c_3 = 1,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad L_0 = 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad L_f = 2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$

VISSZA

A termikus kölcsönhatások során a jég energiaváltozása megegyezik a vízgőz energiaváltozásával.

a)

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (T_0 - T_1) = L_0 \cdot m_2 + c_2 \cdot m_2 \cdot (T_2 - T_0) + L_f \cdot m_2 + c_3 \cdot m_2 \cdot (T_3 - T_2),$$

ahonnan:

$$m_1 = \frac{L_0 \cdot m_2 + c_2 \cdot m_2 \cdot (T_2 - T_0) + L_f \cdot m_2 + c_3 \cdot m_2 \cdot (T_3 - T_2)}{c_1 \cdot (T_0 - T_1)}.$$

Az adatok felhasználásával:

$$m_1 = 144,57 \cdot m_2.$$

A keresett arány:

$$\frac{m_1}{m_1 + m_2} = 0,993.$$

Az eredeti össztömeg 99,3%-a volt jég.

b)

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (T_0 - T_1) + L_0 \cdot m_1 = c_2 \cdot m_2 \cdot (T_2 - T_0) + L_f \cdot m_2 + c_3 \cdot m_2 \cdot (T_3 - T_2),$$

ahonnan:

$$m_1 = \frac{c_2 \cdot m_2 \cdot (T_2 - T_0) + L_f \cdot m_2 + c_3 \cdot m_2 \cdot (T_3 - T_2)}{c_1 \cdot (T_0 - T_1) + L_0}.$$

Az adatok felhasználásával:

$$m_1 = 7,47 \cdot m_2.$$

A keresett arány:

$$\frac{m_1}{m_1 + m_2} = 0,882.$$

Az eredeti össztömeg 88,2%-a volt jég.

c)

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (T_0 - T_1) + L_0 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_1 \cdot (T_2 - T_0) = L_f \cdot m_2 + c_3 \cdot m_2 \cdot (T_3 - T_2),$$

ahonnan:

$$m_1 = \frac{L_f \cdot m_2 + c_3 \cdot m_2 \cdot (T_3 - T_2)}{c_1 \cdot (T_0 - T_1) + L_0 + c_2 \cdot (T_2 - T_0)}.$$

Az adatok felhasználásával:

$$m_1 = 2,91 \cdot m_2.$$

A keresett arány:

$$\frac{m_1}{m_1 + m_2} = 0,744.$$

Az eredeti össztömeg 74,4%-a volt jég.

d)

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (T_0 - T_1) + L_0 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_1 \cdot (T_2 - T_0) + L_f \cdot m_1 = c_3 \cdot m_2 \cdot (T_3 - T_2),$$

ahonnan:

$$m_1 = \frac{c_3 \cdot m_2 \cdot (T_3 - T_2)}{c_1 \cdot (T_0 - T_1) + L_0 + c_2 \cdot (T_2 - T_0) + L_f}.$$


Az adatok felhasználásával:

$$m_1 = 5,26 \cdot 10^{-3} \cdot m_2.$$

A keresett arány:

$$\frac{m_1}{m_1 + m_2} = 5,23 \cdot 10^{-3}.$$

Az eredeti össztömeg 0,523%-a volt jég.

28. $V = 1,5 \text{ l} = 1,5 \text{ dm}^3$, $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $T_1 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_2 = -4 \text{ }^\circ\text{C}$ 


$$c_1 = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad c_2 = 2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad L_o = 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$

A víz belső energiájának megváltozása:

$$\Delta E_b = c_1 \cdot \rho \cdot V \cdot (T_1 - T_0) + L_o \cdot m + c_2 \cdot m \cdot (T_0 - T_2).$$

Az adatok behelyettesítése után:

$$\Delta E_b = 636 \text{ kJ}.$$

29. $T_1 = 1250 \text{ }^\circ\text{C}$, $m_1 = 1,2 \text{ kg}$, $c_1 = 860 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$, $T_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $c_2 =$ 

$$= 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad T_3 = 100 \text{ }^\circ\text{C}, \quad L_f = 2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$

Az acélabroncs energiaváltozása megegyezik a hűtővíz energiaváltozásával:


$$c_1 \cdot m_1 \cdot (T_1 - T_3) = c_2 \cdot m_2 \cdot (T_3 - T_2) + 0,08 \cdot L_f \cdot m_2.$$

A felhasznált hűtővíz tömege:

$$m_2 = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot (T_1 - T_3)}{c_2 \cdot (T_3 - T_2) + 0,08 \cdot L_f}.$$

Az adatok behelyettesítése után:

$$m_2 = 2,296 \text{ kg}.$$

30. $T_1 = -4 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $c = 2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$, $L_o = 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. 

Az energiamegmaradás törvénye szerint:

$$\frac{1}{2} m v^2 = c \cdot m \cdot (T_0 - T_1) + L_o \cdot m.$$

Az egyenlet rendezése után:

$$v = \sqrt{2\{c(T_0 - T_1) + L_o\}}.$$

Adatokkal a legkisebb sebesség:

$$v = 834,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$