

1. Talpas lombikban kevés vizet forralunk gázlángon. Miután a víz néhány percig forrt, levesszük a lombikot a gáztól. Ekkor a forrás leáll. Ezután a lombikot gumidugóval lezárjuk, majd a benne lévő víz feletti teret egy szivacs segítségével hideg vízzel hűteni kezdjük. A víz ismét forrásba jön! A gumidugót ekkor már igen nehéz eltávolítani. Miért jön ismét forrásba a víz? Miért nehéz eltávolítani a dugót?

(2008. október)

Megoldás:

A jelenség leírása során az alábbi felismerésekért jár pont:

- *A forralás során a vízgőz levegőt hajtott ki.*

5 pont

- *A bedugaszolt lombikban víz, felette vízgőz volt.*

2 pont

Amennyiben a vizsgázó nem írja le, hogy a vízgőz kiszorította a lombikból a levegőt, s azt feltételezi, hogy a bedugaszolás után víz, vízgőz, valamint levegő volt a lombikban, az első két részpontszám helyett összesen 3 pont jár.

- *A lehűtött vízgőz egy része lecsapódott,*

4 pont

Ha a vizsgázó csak azt írja, hogy a vízgőz hirtelen lehülése miatt annak nyomása csökken, itt nem adható pont, csak a következő részpontszám (3 pont) jár.

- *emiatt lecsökkent a víz feletti a nyomás.*

3 pont

- *A víz alacsony nyomáson alacsonyabb forrásponton is felforrt.*

3 pont

- *A külső légnyomás nagyobb, mint a belső vízgőz nyomása, így a levegő nagyobb erővel nyomja befelé a gumidugót a lombik szájába, mint amilyen erővel a vízgőz nyomja kifelé.*

3 pont

Ha a jelölt csak a nyomáskülönbségre utal az erők említése nélkül, 2 pont adható.

Összesen: 20 pont

2. Télen hosszabb távollét után hazatérve, 12 °C-os hőmérséklet fogad a lakásban. A fűtést bekapcsolva azt figyelhetjük meg, hogy sokkal hosszabb ideig tart a lakást a megszokott 20 °C-ra felmelegíteni, mint amikor egy rövid ideig tartó alapos szellőztetés után kell a lakást 12 °C-ról 20 °C-ra felfűtenünk. (Egy lakás a legjobb hőszigetelés mellett sem tekinthető légmentesen zártnak.)

a) A szobában lévő levegő milyen állapotjelzői változnak meg, illetve melyek maradnak változatlanul a fűtés során?

b) Becsülje meg, hogy a levegő tömegének hányadrésze távozik a szobából a fűtés során!

c) Mire fordítódik a fűtőtestek által leadott energia az egyik, illetve a másik esetben? Milyen módon „szökik meg” az energia a szobából a fűtés során?
(2011. május)

Megoldás:

a) A hőmérséklet, nyomás, térfogat, tömeg (anyagmennyiség) – állapotjelzők vizsgálata:

6 pont
(bontható)

A hőmérséklet változik, nő (1 pont).

A nyomás állandó. (A szoba nem légmentesen zárt.) (2 pont)

A térfogat állandó (1 pont).

A tömeg (anyagmennyiség) csökken, mert a levegő kitágul, de a szobában lévő levegő térfogata és nyomása változatlan marad (2 pont).

b) Az állapotegyenlet vagy az egyesített gáztörvény alkalmazhatóságának felismerése:

4 pont
(bontható)

Az állapotegyenlet alkalmazása esetén:

A nyomás és a térfogat állandósága miatt – az állapotegyenlet szerint – $n \cdot T$ állandó (2 pont), vagyis n és T fordítottan arányos mennyiségek (2 pont).

Vagy az egyesített gáztörvény alkalmazása esetén:

Ha a szoba a levegővel együtt „tágulna”, akkor állandó mennyiségű gáz izobár állapotváltozása zajlana (2 pont). A térfogat és a hőmérséklet egyenesen arányos (2 pont).

(Ha a vizsgázó a későbbiekben egyértelműen és helyesen követi valamelyik gondolatmenetet, akkor az értelmezésre adható 4 pont részletes szöveges indoklás nélkül is jár.)

A távozó levegő mennyiségének becslése:

5 pont
(bontható)

A hőmérsékletváltozás aránya $\frac{T_2}{T_1} = \frac{293}{285}$. (2 pont).

A kezdeti és végső tömeg vagy anyagmennyiség aránya

$\frac{285}{293} = 0,97$. (2 pont).

A levegő tömegének 0,03-része (3%-a) távozott el közelítőleg. (1 pont).

c) Az energia hasznosulásának vizsgálata az első és második esetben:

1+1+1 pont

A gyors szellőzés után a fűtőtestek energiája elsődlegesen a levegőt melegítette (1 pont), hiszen a falak és a bútorok nem hűltek le olyan gyorsan (1 pont). A hosszabb távollét után a falakat és bútorokat is fel kellett melegíteni. (1 pont)

A veszteségek vizsgálata:

1+1 pont

A falakon keresztül távozott hő. (1 pont)

A kiáramló levegővel távozott hő. (1 pont)

(Ha a vizsgázó energetikai megfontolásokat alkalmaz, pl. Hőtan I. főtétele a fenti 1 pont jár.)

Összesen 20 pont

3. Egy üres borosüveget nyitva a mélyhűtőbe helyezünk. Körülbelül fél óra elteltével kivesszük az üveget, az asztalra állítjuk, száját kicsit bevizezzük, és egy pénzérmét helyezünk rá. Ezután az asztalon álló üveget oldalról két kézzel megfogjuk. Azt tapasztaljuk, hogy az üveg szájára helyezett pénzérme rövid időközönként jól hallható pukkanás kíséretében ugrik egyet, majd visszaesik az üvegre.
- a) Magyarozza meg, miért ugrál az érme az üvegen, amikor az üveget oldalról megfogjuk! Milyen erő emeli a magasba? Miért esik vissza az érme, és miért ugrik fel megint?
- b) Meddig ugrál a pénz az üvegen?
- c) Mi történik másképp, ha nagyobb, súlyosabb érmével zárjuk le az üveget?
- d) Mi történik, ha nem fogjuk meg az üveget oldalról, csak az asztalon áll magában?
- e) Mi lehet a szerepe annak, hogy a borosüveg száját bevizeztük?
- (2015. május id.)

Megoldás:

- a) *Annak részletes magyarázata, hogy a pénzérme miért ugrál az üvegen:*

10 pont
(bontható)

A kezünk az üvegen keresztül melegíti a benne lévő levegőt (2 pont), így annak növekszik a nyomása (2 pont). A benti és a kinti levegő közti nyomáskülönbség (2 pont) időnként megemeli az érmét. Amikor az érme felemelkedik, levegő szökik ki az üvegből (2 pont) így a belső nyomás lecsökken (2 pont), és az érme visszahuppan az üveg szájára.

- b) *A folyamat végének meghatározása:*

2 pont

Ha az üvegben maradó levegő felmelegszik (közel) a környezet hőmérsékletére, s így az üvegben lévő levegő túlnyomása már nem elegendő az érme megemeléséhez, az ugrálás megszűnik.

- c) *Annak elemzése, hogy milyen különbséget okoz, ha az érme nehezebb:*

4 pont
(bontható)

Ahhoz, hogy egy nehezebb érme felemelkedjen, nagyobb nyomáskülönbség (2 pont) szükséges, így ebben az esetben a levegő kellő felmelegedéséhez több időre van szükség, azaz ritkábban (2 pont) ugrik az érme.

- d) *Annak elemzése, hogy mi történik, ha nem fogjuk meg az üveget:*

2 pont

Ebben az esetben lassabban melegszik fel a levegő, így ritkábban ugrik fel az érme.

- e) *A borosüveg száján lévő víz szerepének meghatározása:*

2 pont

A borosüveg száján lévő kevés víz elzárja a kicsiny rést, ami az üveg pereme és a ráhelyezett pénzérme között lehet. Így a víz az üveg légmentes lezárását teszi lehetővé.

Összesen 20 pont

4. A kimosott ruhát úgy szárítják, hogy kiterítik. A száradás ütemét befolyásolja a légmozgás. Melegben sokkal gyorsabban szárad a ruha, mint hidegben. A trópusokon tapasztalataink szerint általában nehezebben szárad a ruha, mint egy hasonlóképpen meleg, de sivatagos területen, ahogy izzadtságunk is nehezebben szárad fel a trópusokon. Magyarázza meg, miért és hogyan befolyásolja a ruha száradását az, hogy kiterítik, illetve a légmozgás és a magasabb hőmérséklet! Miért szárad nehezebben a ruha a trópusokon, mint a hasonlóképpen meleg sivatagban? Mi az izzadás szerepe az emberi szervezet működése során, és mi a hatásának magyarázata?
(2017. október)

Megoldás:

A párolgást befolyásoló tényezők felsorolása és szerepük rövid magyarázata:

14 pont
(bontható)

A párolgási felület növelése (pl. a ruha kiterítése) gyorsítja a párolgást (2 pont).

A légmozgás (szél) szintén gyorsítja a párolgást, mert a ruha közvetlen közelében lévő már páros levegőt elszállítja, kicseréli (3 pont).

Mivel a párolgás során a víz energiát vesz fel (1 pont), melegben gyorsabb a párolgás (2 pont). Vagy: A melegebb folyadék folyadékrészecskéinek átlagenergiája nagyobb (1 pont), így több éri el időegység alatt a kilépéshez szükséges külsőenergiát. (2 pont)

Alacsony relatív páratartalmú (azaz száraz) levegőben gyorsabb a párolgás (3 pont) - sivatag.

Nagy relatív páratartalmú (azaz nedves) levegőben lassabb a párolgás (3 pont) - trópus.

Az izzadás szerepének megnevezése és mechanizmusának fizikai magyarázata:

6 pont
(bontható)

Mivel a párolgás hőt von el (3 pont), az izzadás segítségével testünk leadja a felesleges hőt, hogy megakadályozza a felmelegedést (3 pont).

(A párolgás sajátosságai magyarázhatók részecskemoddellel is, de ez nem elvárás.)

Összesen 20 pont

5. Energiatakarékos hűtőedény

Olyan országokban, ahol nincs megbízható áramellátás, hagyományos hűtők helyett ún. „edény az edényben” (pot-in-pot) eszközöket használnak az ételek hűtéséhez. Az eszköz lényege, hogy az ételt tároló edényt nedves ruhával takarják le, valamint egy másik, vízzel teli, porózus agyagedénybe állítják. A rongy és az agyagedény párologtatják a vizet, így hűtik a bennük elhelyezett belső edényt. Az ételek – elsősorban gyümölcsök – így akár tízszer tovább eltarthatók, mint az eszköz nélkül. Az eszköz működésének alapja a párolgás, pontosan úgy, mint ahogyan az emberi test esetén az izzadás.

a) Milyen tényezők befolyásolják az edényre helyezett nedves rongyban levő víz párolgásának sebességét?

b) Milyen hővezető tulajdonságú anyagból célszerű kialakítani a tároló edényt? Javasoljon megfelelő anyagot és választását indokolja!

c) Mennyi hőt von el 40 gramm víz elpárolgása? (A víz párolgáshője $L = 2454 \text{ J/g}$.)

(2018. május)

Megoldás: (15 pont)

Adatok: $L = 2454 \text{ J/g}$, $m = 40 \text{ g}$.

a) *A párolgás sebességét befolyásoló tényezők felsorolása:*

6 pont
(bontható)

A levegő hőmérséklete, a levegő relatív páratartalma, a levegő áramlása (szél).
(2 + 2 + 2 pont)

b) *A tárolóedény anyagtulajdonságának meghatározása és indoklása:*

5 pont
(bontható)

A tárolóedénynek jó hővezetőnek (2 pont) kell lennie, hogy az edény tartalma könnyen leadhassa a hőt (2 pont). Ennek a feltételnek megfelelnek a fémek, pl. a réz (1 pont).
(Bármilyen fém vagy egyéb jó hővezető anyag említése megfelel.)

c) *A keresett hőmennyiség meghatározása:*

4 pont
(bontható)

$Q = L \cdot m = 98160 \text{ J}$ (képlet + számítás, 2 + 2 pont).

Összesen 15 pont

6. Ónos eső

Az ónos eső fagypont alá hűlt, folyékony vízcseppekből álló csapadék, mely a talajra hullva azonnal megfagy, jégbevonatot képez. Kialakulásának oka, hogy a légkörben a felső és alsó hideg légrétegek közé a víz fagyáspontjánál magasabb hőmérsékletű légréteg szorul. Ilyenkor a felső rétegben keletkező hó a középső rétegben esőcseppé olvad, majd az alsó, fagyos légrétegben fagypont alá hűl, de nem szilárdul meg, úgynevezett túlhűtött állapotba kerül. Ennek oka, hogy a cseppben a kristályosodást segítő szennyeződések nincsenek jelen, nem indul el a kristálytani rend kialakulása, noha a hőmérséklet ezt már lehetővé tenné. Az esőcsepp a földet éréskor válik szilárd halmazállapotúvá. A halmazállapot-változást a talajjal való ütközés indítja el, és igen gyorsan zajlik le. (a Wikipédia alapján)

a) A felhőből aláhulló hópihe a talaj közelében túlhűlt vízcseppé válik. Írja le, hogy a hópihe az útja során mikor vett fel, illetve adott le hőt a környezetének, és milyen hőmérséklet- és halmazállapot-változással járt a termikus kölcsönhatás!

b) Amikor a vízcseppek a felszínnel ütköznek és megfagynak, hó szabadul fel. Miért?

c) Mennyi hó szabadul fel egy 0,2 g tömegű, 0 °C hőmérsékletű vízcsepp megfagyásakor?

| A víz hőtani adatai | |
|----------------------|-------------|
| fajhő | 4183 J/kg·K |
| forráshő (100 °C-on) | 2257 kJ/kg |
| olvadáshő | 335 kJ/kg |

(2018. május II.)

Megoldás:

Adatok: $m = 0,2 \text{ g}$, $t = 0 \text{ °C}$, $L = 335 \text{ kJ/kg}$.

a) A hópihéből keletkező túlhűtött víz kialakulásának energetikai vizsgálata:

8 pont
(bontható)

A hópihe a melegebb légrétegekbe érve hőt vesz fel (1 pont), először 0 °C hőmérsékletűre melegszik (1 pont), majd megolvad (1 pont), és tovább melegszik (1 pont).

A hidegebb, talajközeli légrétegben hőt ad le (1 pont), lehül a fagypontja alá (1 pont), de folyadék marad, nem következik be a halmazállapot-változás (2 pont).

b) A megfagyáskor létrejövő hőfelszabadulás magyarázata:

3 pont

A jéggé fagyó víz a fázisátalakulás során hőt ad le.

c) A 0,2 g-os vízcsepp megfagyása során felszabaduló hő mennyiségének meghatározása:

4 pont
(bontható)

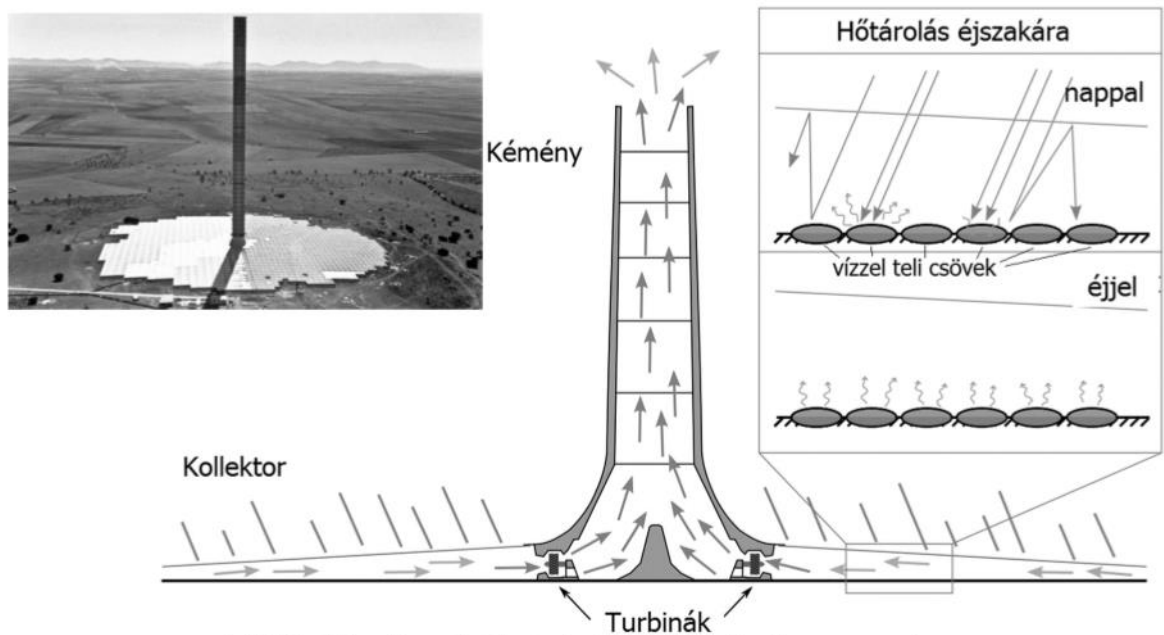
$$Q = L \cdot m = 67 \text{ J}$$

(A megfelelő hőtani adat kiválasztása a táblázatból 2 pont, képlet + számítás, 1 + 1 pont).

Összesen 15 pont

7. Napkémény

A napkémény egy újfajta, kísérleti hőerőmű. Létesítésekor nagy földterületet kör alakban, átlátszó tetővel fednek be, amely a közepe felé enyhén emelkedik, ez az úgynevezett kollektor. Középen egy magas torony található, ez a napkémény. Napsütés hatására a tető alatt a levegő (mint az üvegházban) felmelegszik, és a kéményben át felszáll. Eközben az áramló levegő turbinát hajt meg. A turbinához generátor csatlakozik, mely a mozgási energiát villamos energiává alakítja. Ha azt szeretnék, hogy a légáram éjjel se álljon le, a tető alatt a talajra vízzel teli, fekete csöveket fektetnek, melyek nappal felmelegsznek, éjjel pedig leadják az elnyelt hőt. A napkémény prototípusát három éven át tesztelték Manzanaresben, Spanyolországban. A kollektorának átmérője 240 méter, felülete 46 000 m², a kémény magassága 195 méter volt. Átlagos teljesítményének értéke 50 kW volt. Ha a turbina és a generátor üzemelt, a kéményben a légáram sebessége 8 m/s, ha a turbina állt, akkor 15 m/s volt. Egy nagy teljesítményű, gáztüzelésű vagy nukleáris erőmű kiváltására alkalmas napkéményhez 7000 m kollektorátmérőre és 1 km magas toronyra volna szükség, olyan területen, ahol a napsugárzás egész évben erős.



(wikipédia, ill. <http://www.sbp.de/en/project/solar-chimney-pilot-plant-manzanares/>)

- Miért az ábrán nyilakkal jelzett irányba mozog a kollektor teteje alatt, illetve a kéményben a levegő, ha süt a nap?
- Miért más az áramló levegő sebessége a kéményben bekapcsolt, illetve kikapcsolt turbina és generátor esetén?
- A turbinák éjszakai működtetésére, a hőtárolásra miért érdemes vízzel teli csöveket használni? Miért festik a csöveket feketére?
- Határozza meg, hogy hány 1200 wattos vízforraló kancsót lehetett volna a manzaresi napkémény segítségével egyszerre üzemeltetni, amikor az maximális teljesítménnyel működött!

(2019. május)

Megoldás:

- a) *A levegőáramlás irányának indoklása:*

4 pont
(bontható)

A meleg levegő ritkább (kevesbé sűrű) (2 pont), mint a hideg, ezért (a felhajtóerő hatására) felfelé száll (1 pont) a kéményben, a kollektorban pedig a levegő a kéményben felszálló levegő helyére áramlik (1 pont).
(A felhajtóerő explicit említése nélkül is jár a pont.)

- b) *A sebességkülönbség okának meghatározása:*

4 pont
(bontható)

A turbina és a generátor az áramló levegő energiáját (2 pont) alakítja elektromos energiává, tehát amikor működnek, elveszik a levegő mozgási energiájának egy részét, a levegő lelassul (2 pont).

- c) *Az éjszakai hőtárolás körülményeinek elemzése:*

4 pont
(bontható)

A víz fajhője nagy (2 pont), ezért alkalmas hőtárolásra. A feketére festett felületek a rájuk eső napsugárzást (gyakorlatilag) elnyelik (2 pont).

- d) *Az egyszerre üzemeltethető vízforralók számának meghatározása:*

3 pont
(bontható)

$$N_{\max} = P_{\max} / P_{\text{forraló}} = 50 \text{ kW} / 1,2 \text{ kW} = 41,67 \rightarrow 41 \text{ db}$$

(képlet + számítás + a válasz megadása, 1 + 1 + 1 pont)

(Az érték törtszámként való megadása, illetve 42-re kerekítése esetén az utolsó pont nem jár!)

Összesen: 15 pont

8. Jégbarlang

Jégbarlangoknak azokat a barlangokat nevezzük, amelyeknek hőmérséklete egész évben $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti, így a barlangban tartósan megmarad a jég. Ennek oka rendszerint az, hogy a bejárat körzetének évi középhőmérséklete fagypont alatti. Ilyen helyzetű lehet például egy északra nyíló völgyben a zsáknyakszerű, meredek barlang bejárata. Télen a völgyben lefelé áramló hideg levegő könnyen „befolyik” a barlangba, és nyáron huzat hiányában bennreked. A jégképződményeket alkotó víz a barlang falának repedésein keresztül a felszínről szivárog a barlangba, így a barlang jége nyáron hízik, míg télen - kinti fagyok esetén - nem gyarapszik.



- Miért lehet lényeges, hogy a jégbarlang bejárata északra nyíló völgyben legyen?
 - Miért „folyik be” télen a hideg levegő a jégbarlangba?
 - Hogyan reked bent a hideg levegő a barlangban nyáron, a külső hőmérséklet emelkedése során?
 - Miért tenné tönkre a jégképződést a huzat?
 - Miért nyáron híznak a jégbarlang képződményei, és miért áll le a folyamat télen?
 - Hogyan szélesíti a jégbarlang falának repedéseit a befolyó és megfagyó víz?
- (2021. május id.)

Megoldás: (15 pont)

a) *A völgyfekvés szerepének meghatározása:*

2 pont

Az északi fekvés azért fontos, mert a déli fekvésű völgyet sokkal jobban melegíti a napsugárzás.

b) *A hideg levegő áramlási irányának indoklása:*

**3 pont
(bontható)**

A barlangban lévő melegebb levegő kevésbé sűrű (vagy ritkább) (1 pont), ezért a tél beálltával a felülről érkező hideg levegővel helyet cserél (2 pont).

c) *A hideg levegő bennrekedésének magyarázata:*

**3 pont
(bontható)**

Nyáron a barlangban lévő hidegebb levegő sűrűbb (1 pont), mint a külső meleg levegő, ezért a hideg levegő lent reked (2 pont) a barlang mélyén.

d) *A huzat romboló hatásának magyarázata:*

2 pont

A huzat légáram, ami kicseréli a kinti meleg és a benti hideg levegőt.

e) *A jégképződés évszakonkénti változásának magyarázata:*

**2 pont
(bontható)**

Nyáron a földbe szivárgó esővíz bejut a barlangba és ott megfagy (1 pont).
Télen a fagyott csapadék nem szivárog be a földbe (1 pont).

f) *A fagyás repedéstágító hatásának magyarázata:*

**3 pont
(bontható)**

A víz fagyás során kitágul (1 pont), ezért ha egy repedést a víz kitölt, azután megfagy, a sziklákat szétfeszíti (2 pont).

Összesen: 15 pont

9. **A jégtaakaró olvadása a legrosszabb forgatókönyvet követi Grönland és az Antarktisz jégtaakarója, amely összességében annyi fagyott vizet tartalmaz, ami a világóceánok szintjét 65 méterrel tudná megemelni, olyan gyorsasággal olvad, amit a korábbi előrejelzések legrosszabb forgatókönyvként emlegettek – figyelmeztetnek tudósok a Nature Climate Change folyóiratban. A 2007 és 2017 között mért, a tengerbe jutó olvadékvíz és leváló jég miatti jégtömegveszteséget alapul véve ez önmagában a világóceánok 40 cm-es szintemelkedését okozza majd 2100-ig. Már ekkora emelkedésnek is pusztító hatásai lennének világszerte az erősen megemelkedő vihardagályok és egyre gyakoribbá váló áradások miatt. A 21. századig a nyugat-antarktisi és a grönlandi jégtaakaró általában ugyanakkora tömeggel gyarapodott a téli hóesések miatt, mint amennyi nyáron az olvadék miatti veszteség volt. Az utolsó két évtizedben azonban a globális felmelegedés felborította ezt az egyensúlyt. 2019-ben a grönlandi jégtaakaró tömege rekordot jelentő 532 milliárd tonnával lett kisebb. Az északi sarkvidék jége a felmelegedés miatt szintén eltűnőben van. Azonban ez a jég a tenger felszínén úszva alakul ki, ezért olvadása nem járul hozzá a tengerszint emelkedéséhez. (A <https://www.sciencealert.com/ice-sheet-melting-is-perfectly-in-line-with-our-worst-case-scenario-scientists-warn> nyomán)**

- a) **Írja le részletesen a folyamatot, amely egyensúlyban tartotta a grönlandi jégtaakaró tömegét a 20. században! Mitől fogy és hogyan gyarapszik a jégtaakaró? Hogyan borult fel ez az egyensúly az utóbbi 20 évben?**
- b) **Miért okozza a grönlandi és antarktisi jégtaakaró olvadása a világóceánok szintjének emelkedését? Miért nem lép fel ilyen hatás az északi sarkvidék jégének olvadása nyomán?**
- c) **A tengerek hőmérsékletének emelkedése az olvadástól függetlenül is a tengerszint emelkedéséhez vezet egy bizonyos hőmérséklet felett. Miért?**
- d) **Ha a grönlandi jégtaakaró által 2019-ben elveszített jég olvadékvize egyenletesen terülne el Magyarország területén, milyen mély víz takarná a földet? (Magyarország területe 93000 km², a víz sűrűsége 1000 kg/m³) (2021. október)**

Megoldás: (15 pont)

Adatok: $M = 532 \cdot 10^9 \text{ t}$, $A = 93 \text{ 000 km}^2$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

a) *A jégtakaró tömegét meghatározó folyamatok megadása és az egyensúly elemzése:*

3 pont
(bontható)

A jégtakarót télen a hóesés gyarapítja (1 pont).

Nyáron az olvadékvíz (és a leváló jégdarabok) a tengerbe jutnak (1 pont).

A 21. században nyáron a tengerbe jutó olvadékvíz mennyisége sokkal több (1 pont), mint a télen leesett hó.

b) *Az olvadás vízszintre gyakorolt hatásának elemzése:*

6 pont
(bontható)

A grönlandi és antarktisi jég olvadása során keletkező olvadékvíz a szárazföldről a tengerbe folyik, így emeli a vízszintet (1 pont).

Az északi sarkvidék tengeren úszó jége a saját súlyának megfelelő vízmennyiséget szorít ki (2 pont). Az olvadás során az úszó jégből keletkező víz tömege (súlya) megegyezik a jég eredeti tömegével (súlyával) (2 pont). Így az olvadás előtt a jég által kiszorított víz mennyisége és a jég olvadása során keletkező víz mennyisége azonos (1 pont).

c) *A tengerszint-emelkedés hőmérséklet-emelkedéssel összefüggő másik okának megadása:*

2 pont
(bontható)

Ha emelkedik a tengerek vizének hőmérséklete, a hőtágulás (1 pont) miatt a tengervíz térfogata nő, s ezért emelkedik a vízszint (1 pont).

d) *A keresett magasság meghatározása:*

4 pont
(bontható)

Mivel az olvadék térfogata $V = \frac{M}{\rho} = 532 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (1 pont)

és $A = 93 \cdot 10^9 \text{ m}^2$ (1 pont), ezért

$h = \frac{V}{A} = 5,72 \text{ m}$ (2 pont).

Összesen: 15 pont