66. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2024/2025
domáce kolo kategória F

text úloh v maďarskom jazyku

1. Az angolszász mértékegységek

A mértékegységek helytelen használata nagy valószínűséggel vezet balesethez. Ilyen eset volt a NASA *Mars Climate Orbiter* küldetés 1999-ben. A szonda a Mars felszínébe csapódott a NASA és a Lockheed Martin közötti félreértés miatt, ugyanis ez a két szervezet különböző fizikai mértékegységeket használt. A NASA mérnökei az SI rendszert alkalmazták, míg a Lockheed Martin az angolszász egységekkel (font-szekundum) számolta a tolóerőt. Ez a különbség hibás pályamódosításokhoz vezetett, ami azt eredményezte, hogy a szonda túl közel repült a bolygó felszínéhez, és megsemmisült.

Egy másik ismert eset a fizikai mértékegységek helytelen használatára a *Gimli Glider* incidens volt 1983-ban. Ez egy kanadai repülőjárat volt, ahol üzemanyaghiány lépett fel, mert a földi személyzet az üzemanyag mennyiségét gallonok helyett literben számolta. Ennek következtében jóval kevesebb üzemanyagot töltöttek az üzemanyagtartályba, mint amennyire szükség lett volna. A repülőgép végül kényszerleszállást hajtott végre egy elhagyatott katonai repülőtéren, és szerencsére senki sem sérült meg.

Mindkét eset rámutat arra, milyen fontos a fizikai mértékegységek helyes használata a tudományban és a mérnöki területeken, és milyen súlyos következményekkel járhat az eltérő rendszerek helytelen alkalmazása.

Az alábbi táblázatban az Angliában és az Egyesült Államokban használt hosszúság-egységek szerepelnek, valamint ezek egymás közötti átszámításai, négy érvényes számjegyre kerekítve. Szerepel továbbá az SI nemzetközi rendszer hosszúság-egysége is.

Az alapértelmezések a következőek:

$1\ \text{in}(\mathit{inch};\text{hüvelyk, jelölése "}) = 2{,}54\ \text{cm},\ 1\ \text{ft}(\mathit{feet};\text{láb}) = 12\ \text{in},\ 1\ \text{yd}(\mathit{yard};\text{udvar}) = 3\ \text{ft},\ 1\ \text{chn}\ (\mathit{chain};\text{lánc}) = 22\ \text{yd}.$

a) A *mérföld* (*mile*; jele M) eredete az ókori Rómig követhető vissza, és a „*római láb*” hosszából (32,18 cm) is levezethető. A mérföld 5000 *római láb* volt. Hány méter egy mérföld ennek alapján?

b) A *tengeri mérföld* (*nautical mile*, jele NM) meghatározása a Föld egyenlítőjének olyan hosszát jelöli, ami a földrajzi hosszúság egy szögpercének felel meg. Hány méter egy tengeri mérföld, ha az egyenlítő hossza 40 000 km?

c) Írd a táblázat üres mezőibe a hiányzó átszámítási tényezőket (legfeljebb 5 érvényes számjegyre).

	m	in	ft	yd	chn	M	NM
1 m	1	39,370				1/a)	1/b)
1 in	0,0254	1	1/12				
1 ft		12	1	1/3			
1 yd			3	1	1/22		
1 chain				22	1		
1 mile	a)					1	
1 nautical mile	b)						1

d) Az okostelefon használati utasításában az van feltüntetve, hogy a képernyő átmérője 6,67”, az oldalak aránya 16:9 és a felbontóképessége 200 Mpx (megapixel–az önálló pontok, pixelek (px) száma). Hány pont esik egy egységnyi hosszúságra dpi egységben (dpi–*dot per inch*: pont hüvelyenként)? Mekkora két szomszédos önálló pont közepe közti távolság μm (mikrométer) egységben?

e) A sebesség angolszász egysége a *csomó* (knot). 1 knot sebesség 1 mérföld per óra sebességnek felel meg. A repülőgép pilótája szerint 1500 csomóval repült. Hányszorosa ez a sebesség a hang terjedési sebességének ($c = 334\ \mathrm{m/s}$)?

2. Elenyésző anyag

A Nap és Föld közötti tér nem teljesen üres. Azon kívül, hogy két bolygó, aszteroidák és néha üstökösök is áthaladnak ezen a térrészen, találhatók itt részecskék is, protonok, elektronok, hidrogén atomok. A hidrogénatomok előfordulása közelítőleg 1 atom $V_1 = 1\ \mathrm{cm}^3$-nyi térfogatban. Egy hidrogénatom tömege nagyjából $m_\mathrm{H} = 1{,}66\ \mathrm{yg}$.

a) Írd le, mekkora tömeget képvisel 1 yg és 1 Yg! Az említett egységeket tüntesd fel a kilogramm (1 kg) alapegység 10-es hatványainak többszöröseként!

b) Mekkora a hidrogénatomok (közelítőleges) össztömege a szabad térben egy kocka alakú térfogatban, amelynek az élhossza $a = 1\ 000\ \mathrm{km}$?

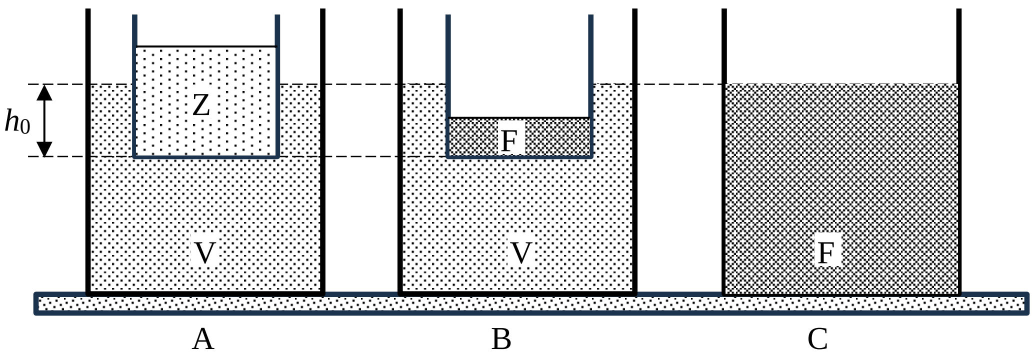
c) A Nap-Föld távolság körülbelül $d_\mathrm{ZS} = 150\ \text{millió kilométer}$. Hány $a = 1\ 000\ \mathrm{km}$ élhosszúságú kocka fér el abban a nagyobb kockában, amelynek közepén a Nap van, és az egyik falának közepén a Föld?

d) Mekkora a hidrogénatomok közelítőleges össztömege ebben a szabad térben lévő nagyobb kockában (csak a szabad térben, tehát nem számítjuk a Napban, bolygókban és más égitestekben lévő hidrogénatomokat)?

e) A Naprendszert úgy képzeljük el, mint egy olyan teret, amelynek lineáris méretei körülbelül 100-szor nagyobbak, mint az említett nagyobb kocka méretei. Mekkora a hidrogénatomokból álló nagyon ritka gáz össztömege a Naprendszer szabad terében? Hasonlítsd össze ezt a tömeget a Föld tömegével (6 000 Yg)!

3. Edények

A képen három azonos méretű edényt látunk: A, B, C. Az A és B edényekben víz van (V). Az A edényben egy kisebb edény úszik a víz felszínén, amely Z folyadékkal van megtöltve, és a Z folyadék szintmagassága a kis edényben $h_1 = 3{,}0$ cm. A kis edény $h_0 = 2{,}0$ cm mélyen merül a vízbe. A B edényben egy ugyanilyen kis edény úszik, amely F folyadékkal van megtöltve, és az F folyadék szintmagassága a kis edényben $h_2 = 1{,}0$ cm. A kis edény ebben az esetben is h_0 mélyen merül a vízbe. A kis edény tömege elhanyagolható a benne lévő folyadékok tömegéhez képest.



F–1 ábra

a) Határozd meg a Z folyadék ρ_Z és az F folyadék ρ_F sűrűségét!

b) A C edény F folyadékkal van feltöltve. Fogjuk a Z folyadékkal töltött kis edényt az A edényből, és áthelyezzük (a tartalmával együtt) a C edénybe. Mekkora h_3 mélységbe merül az áthelyezett kisedény az F folyadékban?

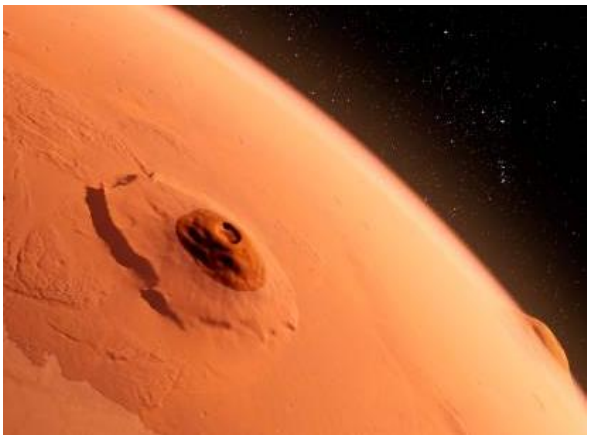
A víz sűrűsége $\rho_V = 1{,}00\ \mathrm{g/cm^3}$, a gravitációs állandó $g = 10\ \mathrm{N/kg}$.
Az úszó kis edények alja mindig vízszintes, a kis edények falai nagyon vékonyak.

4. Hegyek a Földön és más bolygókon

A Naprendszer fejlődése során bolygók jöttek létre, rajtuk hegységek és a Földön óceánok. A Földön a hegységek a kontinensek mozgása következtében alakultak ki, a vulkanikus tevékenység pedig vulkánokat hozott létre. Míg a magas hegységek túlnyomórészt átalakult (metamorf) kőzetekből, például gránitból és gneiszből állnak, a vulkánokat túlnyomórészt vulkanikus kőzet, például bazalt alkotja.

F–2a ábra: Mount Everest

F–2b ábra: Mauna Loa



F–2c ábra: Olympus Mons

a) Magyarázd el, hogyan alakultak ki a Himalája, az Alpok, a Kordillerák és az Andok hegységei, valamint hogyan keletkeztek a vulkánok és a vulkanikus szigetek, mint például Izland és Hawaii! A magyarázathoz használhatod az internetet is.

Felmerül a kérdés, hogy mekkora lehet a hegyek maximális magassága. Az egyik elképzelés azon alapul, hogy minden anyag csak bizinyos nyomásig képes ellenállni a reá ható erőknek. Ezt a képességet a nyomószilárdság határa fejezi ki, amely a mechanikai nyomás, amelynél az anyag szerkezete összeomlik (széttöredezik), és apró darabokra hullik – „folyékonnyá” válik.

b) A 20. század közepére már ismertek olyan betont, amelynek nyomószilárdsága $\sigma_\mathrm{B} = 40\ \mathrm{MPa}$. Mekkora h_B magasságú betonoszlop kezdene összeomlani az alsó végén, ha a beton sűrűsége $\rho_\mathrm{B} = 2{,}4\ \mathrm{g/cm^3}$?

Feltételezzük, hogy ez a mechanizmus határozza meg a hegyek maximális magasságát is.

c) Mekkora maximális magasságba emelkedhet ki a síkság fölé a Földön egy gránitból álló hegység, ha a gránit nyomószilárdsága $\sigma_\mathrm{G} = 250\ \mathrm{MPa}$ és sűrűsége $\rho_\mathrm{G} = 2{,}7\ \mathrm{g/cm^3}$? Hasonlítsd össze az eredményt a Mount Everest tengerszint feletti magasságával (F–2a ábra), amely $h_\mathrm{ME} = 8\,848\ \mathrm{m}$!

d) A legmagasabb vulkánnak sokáig a hawaii Mauna Loát tartották (F–2b ábra), amelynek tengerszint feletti magassága $h_\mathrm{ML} = 4\,169\ \mathrm{m}$. Alapjának magassága, amely körülbelül 5 000 méter mélyen van a Csendes-óceán fenekén, meghaladja a 9 km-t. A vulkánt bazalt alkotja, amelynek sűrűsége $\rho_\mathrm{C} = 3{,}0\ \mathrm{g/cm^3}$ és nyomószilárdsága $\sigma_\mathrm{C} = 300\ \mathrm{MPa}$. Mekkora lehet a vulkán maximális magassága?

e) Határozd egy bazaltból álló vulkán maximális magasságát a Mars felszínén! Hasonlítsd össze ezt a magasságot a Naprendszer legmagasabb vulkánjával, az Olympus Monsszal (F–2c ábra), amely a Marson található és magassága $h_\mathrm{OM} = 27\ \mathrm{km}$.

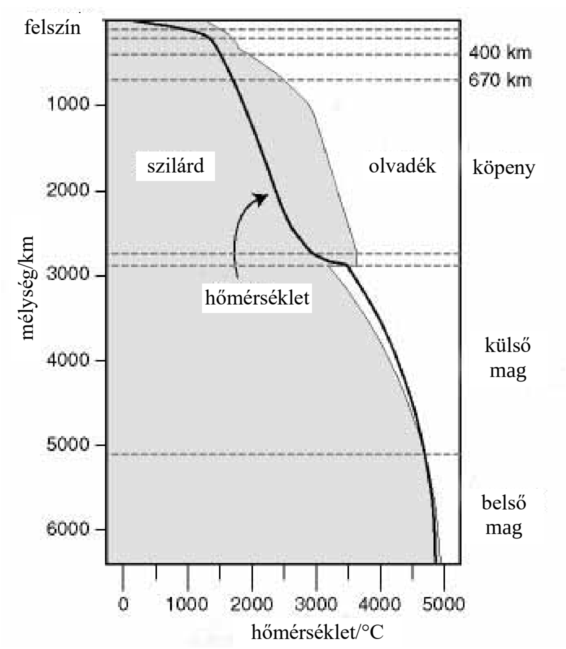
A gravitációs állandó a Föld felszínén $g_\mathrm{Z} = 9{,}8\ \mathrm{N/kg}$, míg a Mars felszínén $g_\mathrm{M} = 3{,}7\ \mathrm{N/kg}$.

5. A Föld folyékony külső magja

Mint tudjuk, a Föld több különböző rétegből áll. A 10 km-től akár 100 km vastagságot elérő kéreg alatt egy képlékeny köpeny található, amely 2 900 km mélységig terjed. Ennek felső rétege lassan hordozza a litoszférikus lemezeket, évi néhány centiméteres sebességgel. Alatta helyezkedik el a mag, amely két rétegből áll.

A belső mag közepén a hőmérséklet elérheti az 5 000 °C-ot is, sugara 1 200 km, és a rendkívül magas nyomás miatt szilárd halmazállapotú.

A külső mag vastagsága körülbelül 2 000 km, átlagos hőmérséklete 4 000 °C (F–3 ábra), fajlagos hőkapacitása $c_{\mathrm{J}} = 700\ \mathrm{J/(°C \cdot kg)}$, folyékony, és a magas nyomás miatt sűrűsége $\rho_{\mathrm{J}} = 12{,}3\ \mathrm{g/cm^3}$.



F–3 ábra: A Föld hőmérsékleti profilja

A külső mag anyaga körülbelül 10 km/h sebességgel áramlik, és feltételezések szerint ez az áramlás tartja fenn a Föld mágneses mezejét. Mivel a mágneses mező védőburkot képez a Föld körülvédve minket a Napból érkező veszélyes részecskesugárzás (napszél) ellen, az élet ismert formálya a Földön a külső mag folyékonyságának, és így annak magas hőmérsékletének köszönhetően lehetséges.

a) Nagyon nagy vagy nagyon kicsi értékek kifejezésére az SI rendszerben jóváhagyott előtagokat vagy a 10^N hatványait használjuk, ahol $N > 0$ esetén a nullák számát jelzi az egység után (pl. $10^3 = 1\,000$), $N < 0$ esetén pedig a tizedesvessző eltolását balra (pl. $10^{-2} = 0{,}01$). Sorold fel az előtagok neveit és jelzéseit T, P, E, Z, R, p, f, a, z, y betűkkel, és add meg, hogy melyik 10^N hatványnak felelnek meg.

b) A Föld felszín átlagosan $q_Z = 90\ \mathrm{mW/m^2}$ teljesítménnyel hőt sugároz ki az atmoszférába. Mekkora a Föld teljes kisugárzott P_{Z} hőteljesítménye ha a Föld teljes felszíne $S_{\mathrm{Z}} = 511\ \mathrm{Tm^2}$? Hasonlítsd össze ezt az értéket az ember által egy év alatt termelt globális energia mennyiségével, amely $Q_{\mathrm{C}} = 630\ \mathrm{EJ}$!

c) Ha feltételezzük, hogy a felszínről elvezetett hő a Föld külső magjából származik, amelynek térfogata $V_{\mathrm{J}} = 130\ \mathrm{Em^3}$, mennyi idő alatt csökkenne a külső mag hőmérséklete $\Delta T = 1\,000$ °C-kal, ami a Föld mágneses mezejének eltűnéséhez vezetne?

d) Valójában a köpenyen át a kéregbe csak $q_{\mathrm{J}} = 0{,}1\ \mathrm{mW/m^2}$ hőteljesítmény jut. Mi okozza ezt a különbséget? Keresd a választ szakirodalomban, az interneten, vagy kérdezd meg egy szakértőt (szülőt, tanítót).

.

6. Gélpárnák

Dávid kosárlabdázik, és ez a sport erősen igénybe veszi a láb ízületeit, különösen fiataloknál, akik még növésben vannak. Egy megterhelő edzés után hűsítő gélpárnákat helyezett az ízületeire, hogy lehűtse azokat. A párnák olyan géllel vannak töltve, amely alacsony hőmérsékleten is képlékeny marad, és halmazállapota nem változik.

Dávid úgy gondolta, hogy a párna hűtőhatása a hőkapacitásától függ, és elhatározta, hogy megméri azt. Otthon először megmérte a párna tömegét, amely $m_{\mathrm{ch}} = 250$ g volt, majd két órára a mélyhűtőbe tette, ahol a hőmérséklet $t_{\mathrm{ch}} = -20$ °C volt. Ezután fogott egy nagy nyílású termoszt, és ugyanekkora $m_{\mathrm{v}} = m_{\mathrm{ch}}$ tömegű vizet öntött bele. A termoszt a vízzel az asztalon hagyta, hogy a termosz és a víz hőmérséklete $t_{\mathrm{v}} = 20$ °C értéken stabilizálódjon. Miután a párna a fagyasztóban lehűlt, betette a termoszba, majd lezárta azt, és elég hosszú ideig várt, hogy a párna és a víz hőmérséklete kiegyenlítődjön. A termosz kinyitása után észrevette, hogy a párnát jég borította. Gyorsan kivette a párnát a termoszból, papírtörlővel megszárította, és lemérte a tömegét. Megállapította, hogy a párna tömege a jéggel együtt 390 g.

a) Mennyi lett a termoszban a végső hőmérséklet?

b) Határozd, mekkora Q hőt vett fel a párna, míg kiegyenlítődött a termoszban a hőmérséklet?

c) Állapítsd meg a párna C_{ch} hőkapacitását és a hűtőgél c_{ch} fajhőjét!

A számításokhoz használd a következő értékeket: a víz fajhője $c_{\mathrm{v}} = 4{,}2\ \mathrm{J/(°C \cdot g)}$, a víz fagyáshője $l_{\mathrm{v}} = 334\ \mathrm{J/g}$!

A termosz hőkapacitását és a vékony párnazsák hatását ne vedd figyelembe.

7. Mákszemek – *kísérleti feladat*

Feladat

Határozd meg egy mákszem tömegét, valamint a mákszemek számát egy félkilónyi csomag mákban!

Segédeszközök

Mák (10 g elegendő), cső (3-5 mm belső átmérővel), tiszta papír, konyhai mérleg, amely legalább 1 g pontossággal képes mérni, filctoll, kis edény körülbelül 20 ml űrtartalommal.

Mielőtt elkezdenéd a mérést, tégy becslést, szerinted hány mákszem lehet egy félkilónyi csomag mákban! A mérés után hasonlítsd össze a becslésedet a kapott eredménnyel!

Ajánlott eljárás

Mivel a mákszemek száma nagyon nagy, és nem lehet egy nagy edényben megszámolni az összeset, ajánlott egy kis edényt készíteni egy vékony csőből (lehet üvegcső, szívószál stb.), ez 5-10 cm hosszú, amelyet az egyik végén lezársz (fapálcikával, gyurmával, ragasztóval stb.).

1. Készíts elő egy kis edényt körülbelül 20 ml űrtartalommal, és határozd meg a tömegét!
2. Töltsd meg a csövet mákkal, és öntsd ki tiszta papírra!
3. Számold meg a papíron lévő mákszemeket, és töltsd azokat az előkészített kis edénybe.
4. A pontosság növelése érdekében ismételd meg a 2. és 3. lépést ötször. A kapott darabszámokat ($n_1, n_2, \ldots$) jegyezd fel egy táblázatba!
5. A kapott mákszemek darabszámából számítsd ki az átlagértéket: $\bar{n} = \frac{n^1 + n^2 + n^3 + n^4 + n^5}{5}$.
6. A táblázatba írd be az egyes mérések eltéréseit az átlagos darabszámtól, majd számítsd ki az átlagos eltérést: $\Delta\bar{n} = \frac{\Delta n^1 + \Delta n^2 + \Delta n^3 + \Delta n^4 + \Delta n^5}{5}$.
7. Nem garantálható, hogy minden alkalommal ugyanannyi mákszem lesz a megtöltött csőben, így bizonytalanság adódik a mérésből, amelyet általában a relatív bizonytalansággal $\varepsilon = \frac{\Delta\bar{n}}{\bar{n}}\ 100\%$ írnak le.
8. Ezután, további mákszem számlálás nélkül, töltsd meg a csövet még többször, és ürítsd a kis edénybe, amíg az edényben körülbelül 10 g mák nem lesz. Jegyezd fel, hányszor töltötted meg a csövet (N) és öntötted az edénybe.
9. Határozd meg a mák tömegét az edényben (az edény mákkal és anélkül történő mérésével)!
10. Határozd meg egy mákszem tömegét ha a mákszemek száma $N\bar{n}$.
11. Ezt követően, határozd meg a félkilós mákcsomagban lévő mákszemek számát!
12. Mivel a mérés bizonytalansággal járt, az eredmény nem lesz pontos. A lehetséges százalékos eltérést a relatív bizonytalanság ε fejezi ki. Hány mákszem felel meg ennek a bizonytalanságnak a teljes félkilós mákcsomagban?

Végül hasonlítsd össze az eredményt az eredetileg becsült mákszemek számával a félkilós csomagban.

Fyzikálna olympiáda – 66. ročník – úlohy okresného kola kat. F

Autori úloh:	Aba Teleki (2, 4, 5, 7), Boris Lacsný (1, 3, 6)
Recenzia úloh:	Ivo Čáp,
Redakcia:	Ivo Čáp
Úlohy preložil:	Aba Teleki
Vydalo:	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády Národný inštitút vzdelávania a mládeže NIVaM Bratislava 2024