62. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2020/2021
kategória C – domáce kolo
Text úloh v maďarskom jazyku

1. Münchhausen báró kalandjai

1786-ban jelent meg Németországban Gottfried August Bürger híres műve: *Münchhausen báró kalandjai,* egy nagyotmondó katonatiszt képtelen és mulatságos anekdotái, históriái. Csehszlovákiában Karel Zeman filmrendező vitte vászonra 1962-ben Barón Prášil[1] címen.

Münchhausen báró egyik történetében arról mesél, hogy úgy jutott az ellenség táborába, hogy meglovagolt egy kilőtt ágyúgolyót. Gondolkodjunk el ezen a történeten.

Münchhausen báró a vízszintes terep fölé emelkedő magaslaton volt. A magaslat $h_0 = 60$ m-vel emelkedett a terep fölé, ahol az ellenség táborozott, $d_0 = 800$ m vízszintes távolságban a magaslattól, ahonnan a tábort ágyúzták. A nehéz $D = 20$ cm átmérőjű vas ágyúgolyókat $\alpha = 35°$ emelkedési szöggel lőtték ki (a vízszintes síkhoz viszonyítva), ekkor érték el az ellenség táborát. Münchhausen báró elbeszélése alapján úgy jutott az ellenség táborába, hogy az ágyú elsütése pillanatában felpattant az ágyú torkolatát elhagyó ágyúgolyóra, amellyel elröpült az ellenség táborába. Elemezzék ezt a történetet, elfogadva azt, hogy valóban sikerült felpattannia az ágyúgolyóra! Tételezzék fel, hogy Münchhausen báró tömege $M = 80$ kg volt!

a) Mekkora v_0 sebességgel hagyta el az ágyúgolyó az ágyúcső torkolatát?

b) Mekkora $\underline{a}$ távolságban, az ellenség táborától, csapódott volna be az ágyúgolyó a báróval?

Megjegyzés: a vas sűrűsége $\rho = 7{,}8 \times 10^3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$*, a légellenállást ne vegyék figyelembe, Münchhausen báró sem tette!*

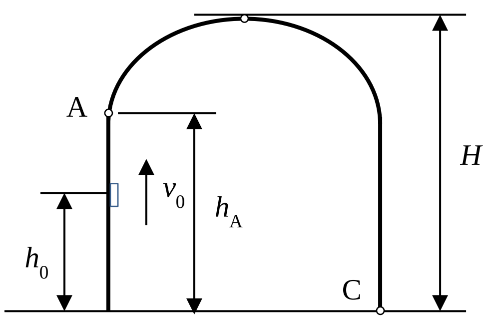
---

[1] Cseh mondáson alapuló szójátékról van szó a Prášil személynév használatakor: „Lže až se mu od pusy **práší**" – szószerinti fordításban: úgy hazudik, hogy szinte **porzik** a szája. Ezt a képzelettársítást a magyar nyelv is ismeri: *porhintés* – félrevezetés, megtévesztés, ámítás.

2. A moszkvai metró

A moszkvai metró egyik leglátványosabb állomása a Majakovszkaja állomás. Jellemző elemei az ívelt acél boltívek (C–1 (a) ábra). A szerelvényre váró diákok egy érmével kísérleteztek. Az érmét $h_0 = 1{,}50$ m magasságban a boltív oszlopához tették, majd ellökték felfelé az oszlop mentén. Azt vizsgálták, hogy mekkora v_0 sebességgel kell az érmét a leírt módon feldobniuk, hogy végigcsússzon a boltíven, átjusson a boltív legmagasabb B pontján is ($H = 4{,}00$ m-vel a padló felett), és a másik oldalon a C pontba essen (C–1 (b) ábra).

(a)



(b)

C–1 ábra

A (b) ábra a boltív geometriáját mutatja. Az oszlop függőleges fala $h_A = 2{,}30$ m magasságban, az A pontban, simán megy át a boltívbe – a boltív sugara az A pontban $r_A = 1{,}40$ m. A boltív sugara folytonosan növekszik a B pontig, ahol az értéke $r_B = 2{,}10$ m. A boltív tükörszimmetrikus a B ponton áthaladó függőleges szerint.

a) Rajzolják át a C–1 (b) ábrát a megoldásukba! Jelöljék be a rajzba az érmére ható összes erőt (a padló inerciális vonatkozási rendszerében), mind a boltív A, mind a boltív B pontjában!

b) Határozzák meg a v_0 sebesség lehetséges legkisebb v_{0m} értékét, amelynél az érme végigsiklik az egész boltíven, és a C pontba esik!

c) Határozzák meg a v_{0m} kezdeti sebességre, mekkora α szöggel változik meg az érme gyorsulásának iránya az A pontban, amikor az oszlop felületéről a boltív felületére csúszik!

A nehézségi gyorsulás $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$, a boltív felülete nagyon sima, az érme és a boltív közötti súrlódás elhanyagolhatóan kicsi.

3. Lövedék ütközése egy golyóval

A fonálra felfüggesztett M tömegű homogén golyó nyugalomban van. Egy m tömegű vízszintesen, v sebességgel repülő lövedék ütközik bele – a lövedék pályája a golyó középpontján halad át. Az ütközés következtében a lövedék végsebessége $v/2$-re csökken, de az eredeti irányban repül tovább.

Két esetet vizsgáljanak meg:

1. a lövedék átrepül a golyón,
2. a lövedék nem hatol bele a golyóba!

a) Határozzák meg minkét esetben: a golyó ütközés utáni V sebességét, az ütközésben felszabadult Q hő és a lövedék eredeti E_{k0} kinetikus energiájának p arányát, és azokat a feltételeket, amelyeknek teljesülniük kell, hogy az egyes esetek bekövetkezhessenek! Határozzák meg az egyes esetekre, milyen értékeket vehet fel a p arány!

b) Mit lehet elmondani a lövedék és a golyó szükségszerű anyagtulajdonságairól a két esetben?

c) Az esetek melyike következik be, ha a $q = m/M$ tömegarány értéke $q_1 = 0{,}5$, $q_2 = 1{,}0$, $q_3 = 2{,}0$ és $q_4 = 3{,}0$. Határozzák meg az egyes tömegarányokra a p arány értékét és a golyó ütközés utáni V sebességét is!

Tételezzék fel, hogy az ütközésben sem a lövedék, sem a golyó tömege nem változik!

4. Az edény súlypontja

Ha az üzletben az ásványvizes palackot felállítva tesszük a pénztár szállító szalagjára, megesik, hogy amikor a szalag megindul, a palack eldől, a mellette álló kompótos üveg azonban állva marad.

a) Magyarázzák el tömören, mitől függ, hogy az edény felborul vagy sem! A szállítószalag milyen típusú mozgása okozza a feldőlést? Válaszukat fizikai érvekkel indokolják! Készítsenek szemléltetéses rajzot – rajzolják bele a palackra ható erőket, amikor a szállítószalagot bekapcsolják!

Képzeljünk el egy vékonyfalú hengeres üvegedényt, amely alja $d = 2{,}0$ mm vastagságú, akárcsak a hengeres oldalfalai. Az üvegedény belső sugara $r = 50$ mm, magassága $H = 25$ cm.

b) Határozzák meg az üres üvegedény m_0 tömegét!

c) Az edény az asztallapon áll, aljával az asztallapon! Határozzák meg, milyen magasan (h_0) van az edény súlypontja az asztallap felett!

Az edénybe vizet öntünk és a vízszintet egy vékony könnyű dugattyúval biztosítjuk.

d) Határozzák meg az edény és víz súlypontjának h magasságát, mint az edényben levő vízoszlop x magasságának függvényét!

e) Szerkesszék meg a súlypont h magasságának grafikonját a vízoszlop x magasságának függvényeként!

f) Határozzák meg a grafikonból, hogy a vízoszlop mekkora x_m magasságánal van a rendszer súlypontja legalacsonyabban (h)! Hasonlítsák össze az üres, a teli és a félig töltött edény stabilitását!

Tételezzék fel, hogy $d \ll r$ és $d \ll h_0$. A víz sűrűsége $\rho = 1{,}0\ \mathrm{g/cm^3}$, az edény üvegének sűrűsége $\rho_s = 2{,}6\ \mathrm{g/cm^3}$.

5. Lufis barométer

Gyuri a héliummal töltött ballonok lebegéséről tanult az iskolában. Úgy döntött, hogy a ballonok lebegésének elvét felhasználja egy barométer elkészítéséhez. Beszerzett egy vékonyfalú ballont, valamint egy nem nyúló anyagból finoman szőtt hálót, amelynek $r = 15$ cm sugarú gömb alakja volt. A ballont a hálóba helyezte, majd megtöltötte héliummal, hogy a nyomása $p_1 = 104$ kPa legyen, valamivel több, mint a légköri nyomás. A ballon kitöltötte a háló által határolt r sugarú gömb alakú teret.

A ballonhoz erősítette egy lánc végét. A lánc vonalmenti sűrűsége $\mu = 5{,}0\ \mathrm{g \cdot m^{-1}}$volt. A lánc többi részét a szabad végével egy dobozba tette a földön. A ballont elengedve az lassan emelkedett, amíg meg nem állt – ekkor a ballon és föld közötti lánc hossza h volt. Gyuri azt feltételezte, hogy légköri nyomás változásával a levegőben függő lánc h hossza is változni fog.

a) Határozzák meg a lánc h_0 hosszát, ha a ballon egyensúlyi állapotban lebeg és a környező légköri nyomás $t_0 = 20{,}0$ °C-on $p_0 = 101$ kPa!

b) Határozzák meg a lánc h_1 hosszát, ha a légköri nyomás $t_0 = 20{,}0$ °C-on $p_2 = 98$ kPa-ra csökken!

c) Határozzák meg a lánc h_2 hosszát, ha a hőmérséklet (p_0 légköri nyomásnál) $t_2 = 25{,}0$ °C-ra emelkedik!

Tételezzék fel, hogy az üres ballon és a finom háló tömege elhanyagolhatóan kicsi a lánc levegőben függő részének tömegéhez viszonyítva! A héliumgáz a környező légkör hőmérsékletével azonos. A levegő moláris tömege $M_{\mathrm{vz}} = 29{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$, a héliumé $M_{\mathrm{He}} = 4{,}00\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$.

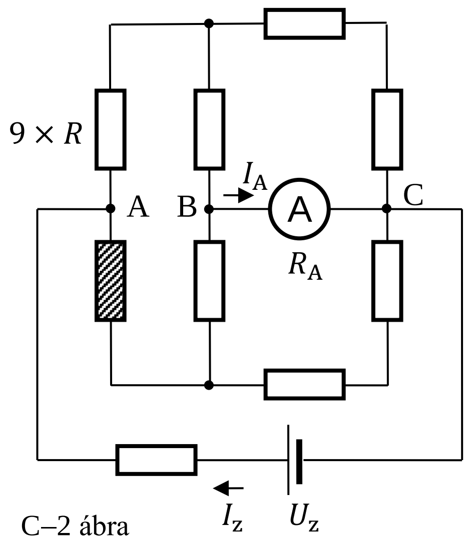
6. Elektromos áramkör

A C–2 ábrán látható áramkört egy $U_{\mathrm{z}} = 12$ V állandó feszültségű áramforrás és kilenc azonos, R elktromos ellenállású rezisztor alkotja. Az $R_{\mathrm{A}} = 32\ \Omega$ belső ellenállású ampermérer a B és C csatlakozási pontokon van bekötve az áramkörbe.

a) Az ampermérteren át $I_{\mathrm{A1}} = 40$ mA erősségű áram folyik. Határozzák meg mekkora I_{z1} áram folyik az áramforrásban, és mekkora a rezisztorok R ellenállása!

b) Az áramkörből kiiktatjuk a kisatírozott rezisztort. Határozzák meg az ampermérteren át folyó I_{A2} áram erősségét, és az áramforráson folyó I_{z2} áramerősséget!

A feladatot oldják meg általánosan, majd a megadott értékekre!



C–2 ábra

7. Hőkapacitás – kísérleti feladat

A Földön az életnek kedvező hőmérsékleti viszonyok uralkodnak, a nappali és éjjeli hőmérsékletek közti különbségek nem túlságosan nagyok. Ez köszönhető a Föld aránylag rövid forgási periódusának, valamint a felszín lényeges hőtárolási képességének. Ebben döntő szerepe van a víznek. Ismert tény, hogy a tengereken a nappali és éjszakai hőmérsékletkülönbség csak néhány Celsius fok, míg a sivatagokban ez akár $30\ °C$ is lehet. A feladatuk, hogy ezt a jelenséget laboratóriumi körülmények között igazolják!

1. feladat: Mérjék meg a víz térfogati hőkapacitását! A kapott értéket hasonlítsák össze a táblázatokban található $c^* = 4{,}2 \times 10^6\ \mathrm{J \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}}$ értékkel, az eltérést magyarázzák meg!
2. feladat: Mérjék meg a homok térfogati hőkapacitását!
3. feladat: Hasonlítsák, össze milyen gyorsan hűti le környezeti levegő a vizet és milyen gyorsan a homokot! Hasonlítsák össze a kapott értékeket, és ezek alapján indokolják meg, a bevezetőben tett állítást a sivatagi hőmérsékletingadozásokról!

Eljárás:

1. feladat

A víz térfogati kapacitásának méréséhez használjanak merülő fűtőtestet! A merülő fűtőtest legyen egy ellenállási drótból készített tekercs (közelítőleg $10\ \Omega/10\ \mathrm{W}$), ezt csatlakoztassuk egy közelítőleg $10\ \mathrm{V}$ állandó elektromos feszültségű áramforráshoz! A lemért térfogatú vizet öntsék hungarocell termoszba! A fűtőtestet merítsék a vízbe, csatlakoztassák az áramforráshoz és multiméterrel mérjék meg az áramot! A mérés alatt biztosítsák az állandó áramerősséget! A víz hőmérsékletét a vízbe merített hőmérővel mérjék! A fűtőtestet addig üzemeltessék, amíg a víz hőmérséklete közelítőleg $20\ °\mathrm{C}$-kal megemelkedik– mérjék meg, hogy ez mennyi időbe telik! Állapítsák meg a mért értékekből a víz térfogati hőkapacitását!

2. feladat

Készítsenek elő finom száraz homokot! A lemért tömegű homokot öntsék mérőhengerbe! Határozzák meg a homok tömegét és térfogatát! A mérőhengerben levő homokot hagyják a helységben legalább egy óráig, hogy a hőmérséklete megállapodjon – mérjék meg a hőmérsékletet a teremben! A termoszba öntsenek közelítőleg $60\ °\mathrm{C}$ hőmérsékletű vizet! A vízbe szórják bele az előkészített homokot és miután a keverék hőmérséklete megállapodott, mérjék meg a hőmérsékletét! A homok tömege legyen közelítőleg a víz tömegének fele! Határozzák meg a homok térfogati hőkapacitását a mért adatokból!

3. feladat

Használjanak két egyforma műanyagtégelyt (pl. élelmiszeres tégelyt)! Az egyiket szórják színültig homokkal, majd a homokot szórják mikrotén zacskóba, és így tegyék egy nagyobb, forró vízzel teli edénybe (nagyjából $60\ °\mathrm{C}$), hogy a homok felmelegedjen a víz hőmérsékletére! A víz hőmérsékletét (amelyben a homokos zacskó van) tartsák nagyjából egy óráig egy szinten! Ellenőrizzék hőmérővel, hogy a homok belsejének hőmérséklete kiegyenlítődött-e a víz hőmérsékletével! Miután kiegyenlítődtek a hőmérsékletek, a homokot szórják az egyik tégelybe, a másik tégelyt töltsék színültig vízzel az edényből! (A tégelyeket ne fedjék le, hogy a környezeti levegő hűtse a tartalmukat!) Az eljárással az összehasonlított homok és víz térfogata azonos, és azonos a kezdeti hőmérsékletük is. Mérjék meg a homok és a víz hőmérsékletét bizonyos időintervallumokban, jegyezzék le (a helységben mért hőmérséklettel együtt) jól áttekinthető táblázatba! Szerkesszék meg a homok és a víz hőmérsékleteinek grafikonjait az idő függvényében! Határozzák meg, mennyi idő elteltével csökken a homok és helység hőmérsékletkülönbsége az eredeti érték felére! Ugyanezt határozzák meg a vízre is!

Segédeszközök: Egy közelítőleg 10 Ω elektromos ellenállású 10 W teljesítményterhelést elviselő fűtőtest, állandó 10 V feszültséget szolgáltató laboratóriumi áramforrás, hungarocell termoszpohár, mérőhenger, két hőmérő, forraló, két egyforma műanyagtégely, mikrotén zacskó, finom száraz homok (közelítőleg 1 kg).

62. ročník Fyzikálnej olympiády – *Úlohy domáceho kola kategórie C*

Autori návrhov úloh:	Ľubomír Konrád (1,3,4,5,6), Patrik Lamoš (2), Ivo Čáp (7)
Recenzia a úprava úloh a riešení:	Daniel Kluvanec, Ľubomír Mucha, Ivo Čáp
Preklad textu úloh do maďarského jazyka:	Aba Teleki
Redakcia:	Ivo Čáp
Vydal:	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2020