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

1. Szabadesés elektromos térben

A diákok találékonysága nem ismer határt. Feladatul kapták, hogy határozzák meg a csepegtetőből csepegtetett vízcseppek tömegét. Az egyik lehetséges megoldás, hogy feltételezik, minden vízcsepp egyforma, így elégséges megszámolni hány vízcseppet cseppentettek egy edénybe, majd megmérni az edényben levő víz tömegét. Azonos azonban a vízcseppek tömege? Hogy ezt megtudják, a következő eljárással álltak elő.

Elkészítették a B–1 ábrán látható berendezést.

A csepegtetőhöz egy elektromos áramforrás csatlakozik, amely minden egyes cseppet elektromosan feltölt$\varphi = 1\,800$ V feszültséggel. A csepp elhagyja a csepegtetőnyílást, és szabadon esik $h = 15$ cm-t. Ekkor két függőleges, egymással párhuzamos lemez közé ér, a köztük lévő távolság $a = 6{,}0$ mm. A lemezek egy $U = 1\,000$ V állandó feszültségű áramforráshoz csatlakoznak. A lemezek függőleges hossza $d = 10$ cm, aljuk $H = 20$ cm-vel van az alátét fölött, és a cseppek a rendszer szimmetriatengelyétől x távolságban esnek az alátétre.

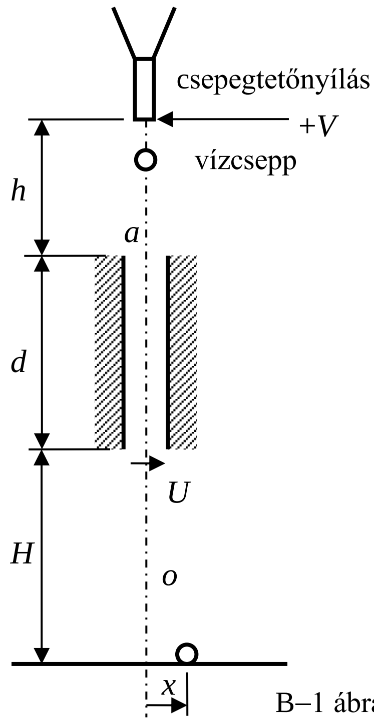
a) Írják le a vízcsepp mozgását, valamint adják meg milyen erők hatnak mozgás közben a vízcseppekre!

b) Határozzák meg a vízcsepp Q elektromos töltését, mint m tömegének függvényét! Tételezzék fel, hogy a vízcsepp tökéletesen gömb alakú!

c) Határozzák meg a vízcsepp m tömegét, mint az x távolság függvényét!

d) A diákok arra az eredményre jutottak, hogy a becsapódási helyek a szimmetriatengelytől $x = (3{,}5 \pm 0{,}5)$ mm távolságban voltak. Határozzák meg az adott értékekre a vízcseppek $m = \overline{m} \pm \Delta m$ tömegét! Határozzák meg a vízcseppek sugarának r középértékét, valamint, hogy a vízcseppeket nem fogják-e fel a lemezek alsó széle!

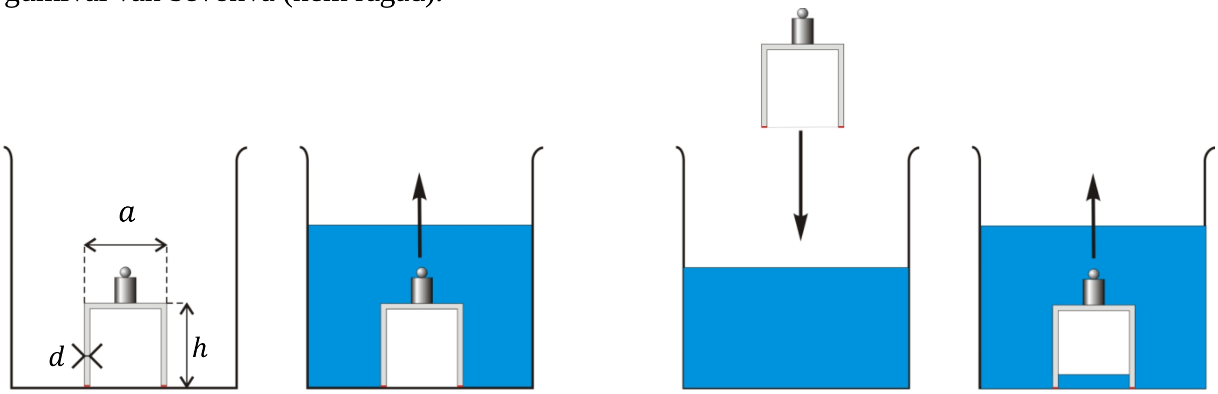
A víz sűrűsége $\rho = 1{,}00 \times 10^3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$, $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$. Tételezzék fel, hogy az elektromos tér a lemezek között homogén, másutt pedig elhanyagolhatóan kicsi, és a vízcseppek légellenállása is elhanyagolhatóan kicsi!



B–1 ábra

2. Tál a vízben

A kísérlethez egy széles sima, egyenes fenekű edényt használunk, és egy sokkal kisebb négyzet alapú tálat, az alap külső oldalhossza $a = 50$ mm, magassága $h = 40$ mm, falvastagsága $d = 5{,}0$ mm. Rendelkézsünkre áll egy $m = 20$ g tömegű bronznehezék. A tál széle sima, vékony gumival van bevonva (nem ragad).



(a) (b) (c) (d)

B–2 ábra (az ábrák csak illusztrációs célt szolgálnak)

Az első esetben a tálat nyílásával lefelé a nagy edény aljára helyezzük, a tál nyílása tökéletesen illeszkedik az edény aljához.

a) Határozzák meg, mekkora F_1 erővel hat a tál a nagy edény aljára!

b) A tálra helyezzük a bronz nehezéket (B–2a ábra). Az edénybe vizet öntünk, a víz szabad felülete $H = 25$ cm magasságban van az edény alja felett, a tál és a nehezék teljesen elmerültek (B–2b ábra). Az edény alja és a tál peremének érintkezése légmentesen és vízmentesen zár. Mekkora F_2 erővel hat a tál az edény aljára? Mekkora F_3 erővel hat a tál az edény aljára, miután eltávolítjuk a tálról a nehezéket?

Ezután a tálat kiemeljük az edényből (B–2c ábra), majd nyílásával lefelé újra az edény aljára nyomjuk, és ráhelyezzük a nehezéket (B–2d ábra).

c) Mekkora F_4 erővel hat a tál az edény aljára?

d) Határozzák meg az F_5 erőt, amit az F_4 erő kifejezéséből kapnak meg, ha $m = 0$, és a nehezék eltávolításának felel meg! Mi történik a tállal a nehezék eltávolítása után?

Tételezzék fel, hogy a vízszint H magassága az előző részfeladatokban (a-tól d-ig) csak jelentéktelen mértékben változik!

Az előző kísérletet megismételjük a H vízszintmagasság különböző értékeire.

e) Fejezzék ki az F_5 erőt a H vízszintmagasság függvényeként! Szerkesszék meg a függvény grafikonját, és határozzák meg a grafikonból azt a legkisebb H_m vízszintmagasságot, amelynél a nehezék eltávolítása után a tál az edény alján marad!

A feladatot oldják meg általánosan, majd a következő értékekre: a víz sűrűsége $\rho_\mathrm{v} = 1{,}00\ \mathrm{g \cdot cm^{-3}}$, az üvegé $\rho_\mathrm{s} = 2{,}23\ \mathrm{g \cdot cm^{-3}}$, a bronz sűrűsége $\rho_\mathrm{m} = 8{,}73\ \mathrm{g \cdot cm^{-3}}$, a nehézségi gyorsulás $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$, a légköri nyomás $p_0 = 101$ kPa! A tálba zárt levegő súlya elhanyagolhatóan kicsi.

3. Edény a ferde síkon

Ha egy palack ásványvizet teszünk egy deszkára, és a deszka egyik végét emelni kezdjük, a deszka egy bizonyos dőlési szögénél a palack eldől. Ha egymásmellé állítunk három egyforma palackot, egy üreset, egy félig töltöttet és egy teli palackot, a deszka megdöntésekor a palackok egy bizonyos sorrendben dőlnek el.

a) Végezzék el a kísérletet három egyforma palackkal, és állapítsák meg, milyen sorrendben dőlnek el!

A kísérlet eredményét igazolják számításokkal! Tételezzék fel, az egyszerűség kedvéért, hogy vékonyfalú palackokról van szó, amely egy szabályos négyoldalú hasáb, mindenütt (az alján is) azonos falvastagságú – a négyzet alakú alap oldalhossza $a = 10$ cm, magassága $h_0 = 25$ cm, tömege 100 g!

A palackba vizet öntünk H magas vízoszlopot kialakítva, és a palack nyílását lezárjuk, hogy víz ne ömöljön ki a palack megdöntésekor. A palackot úgy állítjuk a deszkára, hogy az aljának két éle párhuzamos legyen a deszka azon szélével, ahol emelésekor a vízszintes alátéttel érintkezik. A deszka másik végét lassan emelni kezdjük és megfigyeljük a deszka vízszintessel zárt α dőlésszögét. A dőlésszög egy bizonyos α_{m} határértékénél a palack eldől. Három esetet vizsgáljanak $H_1 = 0$ (üres palack), $H_2 = h_0$ (teli palack) és $H_3 = h_0/2$!

b) Határozzák meg mindhárom esetben az edény tömegközéppontjának helyzetét a palackban (a palack aljától mért h magasságát, és a palack szimmetriatengelyétől mért x távolságát), mint az α dőlésszög függvényét! Bizonyítsák mindhárom esetre, hogy a tömegközéppont vízszint „ferdeségével" összefüggő elmozdulása az adott értékekre elhanyagolhatóan kicsi!

c) Határozzák meg mindhárom esetre, milyen α_{m} dőlésszögnél borul fel a palack! A harmadik esetben használják fel azt a feltevést, hogy a tömegközéppont elmozdulása a palackhoz viszonyítva elhanyagolhatóan kicsi!

d) A számítási eredményeket hasonlítsák össze a kísérleti eredményekkel!

A víz sűrűsége $\rho = 1{,}0\ \mathrm{g} \cdot \mathrm{cm}^{-3}$. A palackot záró fólia, vagy kupak tömege elhanyagolhatóan kicsi! A palack a deszka megdöntésekor nem kezd el csúszni!

4. Az elektromos vezeték melegítése

Rendelkezésünkre áll két azonos anyagú egyforma $l = 50$ cm hosszúságú henger alakú vasvezeték. Az első átmérője $d_1 = 0{,}20$ mm, a másiké $d_2 = 0{,}10$ mm. A kísérlet elején mindkét drót hőmérséklete a környező levegő $t_0 = 20$ °C hőmérsékletével egyenlő.

a) Miután az első drótot az $U_0 = 1{,}0$ V állandó feszültségű áramforráshoz csatlakoztatjuk, a hőmérséklete $t_1 = 80$ °C-on állapodik meg. Határozzák meg drót és a környezet közti γ hőátadási együtthatót, valamint az áramforráson átfolyó I_1 áramot!

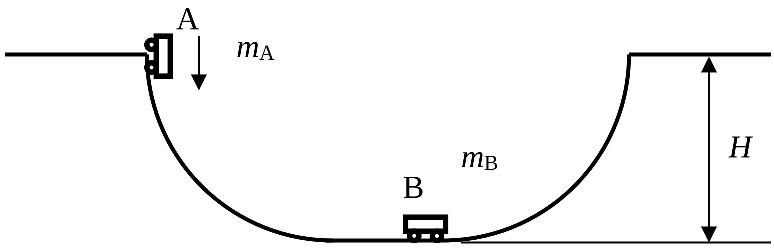
b) A két drótot párhuzamosan összekapcsoljuk, majd az a) részfeladatban leírt áramforráshoz csatlakoztatjuk. Mekkora lesz az első drót t_2 és a második drót t_3 hőmérséklete (miután mindkettő hőmérséklete megállapodik), és mekkora I_2 áram folyik az áramforrásban?

c) A két drótot sorosan kapcsoljuk és az a) részfeladatban leírt áramforráshoz csatlakoztatjuk. Határozzák meg, mekkora t_4 és t_5 hőmérsékleten állapodik meg a drótok hőmérséklete!

A vas fajlagos ellenállása a t_0 hőmérsékleten $\rho_{20} = 9{,}9 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$, a vas elektromos ellenállásának hőmérsékleti tényezője $\alpha = 6{,}5 \times 10^{-3}\ \mathrm{K}^{-1}$. A drótok felülete és a környezet közti hőátadási együttható minden esetben egyforma. A drótok felületén nagyon vékony oxidációs réteg van. A drótok hőtágulása elhanyagolhatóan kicsi, a drótok hőmérséklete egész térfogatukban azonos.

5. Gördeszkarámpa

A B–3 ábrán látható U alakú $H = 2{,}7$ m magas gördeszka rámpa két vége egy-egy negyed hengerből áll. Egy kísérletet végeznek az m_A tömegű A és m_B tömegű B játék kocsikkal. A kocsik tömegének aránya $p = m_\mathrm{A}/m_\mathrm{B}$.
A rámpa alján a B kocsi áll, míg az A kocsit szabadon elengedik a rámpa széléről, ahogy a B–3 ábra mutatja. A rámpa alján a kocsik ütköznek.



B–3 ábra

Az első esetben, amikor $p = 3{,}0$, a B kocsi felgurul a rámpa másik széléig, H magasságba.

a) Határozzák meg a $q = Q/E_0$ arányt, ahol Q az ütközésben elveszett mechanikai energia, E_0 pedig az A kocsi kezdeti potenciális energiája!

b) Mekkora h_1 magasságba gördül fel az A kocsi a rámpán az ütközés után?

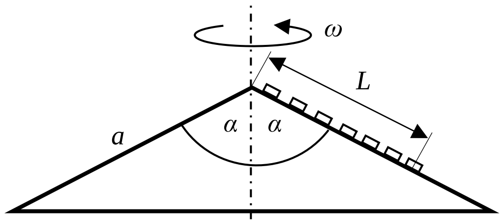
A második esetben a két kocsit kicserélik, és a kísérletet megismétlik. Tételezzék fel, hogy q értéke az ütközéskor az előző esettel egyenlő!

c) Mekkora h_A és h_B magasságba jutnak az A és B kocsik az ütközés után?

Megjegyzés: a kocsik mozgása közben a mechanikai energia vesztesége elhanyagolhatóan kicsi.

6. Testek a diszken

Egy szilárd 2α csúcsszögű kúp alakú diszk alkotójának hossza a, és foroghat a függőleges tengelye körül. A felületén kis tárgyak találhatók. A felület és tárgyak közti súrlódási tényező f. A diszk lassan el kezd forogni, miközben a felületéről kezdenek lepotyogni a kis tárgyak.



B–4 ábra

a) Készítsenek vázlatos rajzot a forgó diszkről egy tárggyal a felszínén, és ábrázolják a tárgyra ható erők vektorait a diszkkel összekötött nem inerciális vonatkozási rendszerben! Magyarázzák meg, hogy miért röpülnek le a diszkről egyes kis testek, és mások miért megmaradnak meg rajta!

b) Határozzák meg a diszk forgásának maximális ω_{m} szögsebességét, amikor a testek még nem esnek le a diszkről!

c) A forgási szögsebesség $\omega > \omega_{\mathrm{m}}$ növelésével egyre nő az a sáv a diszk alsó részén, ahonnan a kis testek leestek. Vezessék le a palást azon részének L hosszát, ahonnan a testek még nem estek le, mint forgó diszk ω szögsebességének függvényét!

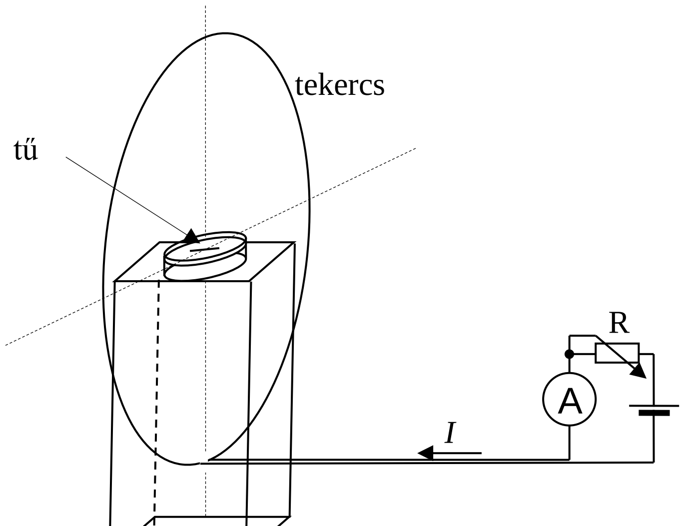
A feladatot oldják meg általánosan, majd a következő értékekre: $\alpha = 75°, a = 20$ cm, $f = 0{,}35, g = 9{,}8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}, \omega = 3{,}0\ \mathrm{rad \cdot s^{-1}}$!

Megjegyzés: a forgó diszk szögsebessége nagyon lassan nő, és a szöggyorsulás hatása a testekre elhanyagolhatóan kicsi.

7. A Föld mágneses tere – kísérleti feladat

A Föld mágneses terének indukciója $\boldsymbol{B}_{\mathrm{Z}} = \boldsymbol{B}_{\mathrm{Zh}} + \boldsymbol{B}_{\mathrm{Zv}}$, vízszintes (horizontális) és függőleges (vertikális) összetevőből áll. A mágneses indukció vektora a mágneses pólusok és a megfigyelő helyzete által meghatározott síkban fekszik. A Föld felszínén bizonyos szöget zár a vízszintes síkkal. Az iránytű a mágneses tér horizontális összetevőjére reagál.

Feladat:
Határozzák meg mekkora a Föld $\boldsymbol{B}_{\mathrm{Z}}$ mágneses terének horizontális összetevője (B_{Zh}) úgy, hogy a Föld mágneses terét összeadják (szuperponálják) egy kör alakú vezetőben folyó elektromos áram mágneses terével!



B–5 ábra

Eljárás:
A mágneses tér kimutatására egy mágnesezett tűt használjanak, amelyet óvatosan egy tálkában levő víz felszínére helyeznek (B–5 ábra).

A mágneses tér kialakításához készítsenek vastag vezetőből közelítőleg $r = 25$ cm sugarú kör keresztmetszetű tekercset. Csatlakoztassák a tekercset egy állandó feszültségű áramforráshoz, sorosan kapcsolva egy reosztáttal, hogy változtathassák a tekercsben folyó I áramot. Az áramkörbe iktassanak egy ampermétert. A tekercs közepén a mágneses tér $\boldsymbol{B}$ indukciója merőleges a tekercs síkjára, nagysága pedig

$$B = \frac{I}{2\mu_0 r},$$

ahol $\mu_0 \approx 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{H \cdot m^{-1}}$ a vákuum permeabilitása, I a tekercsben folyó áram.

A tűt a tálkával helyezzék el úgy, hogy a tű közepe a tekercs középpontjában legyen. Készítsenek megfelelő fa- vagy papíralátétet! Állítsák be a tekercset, hogy megszakított áramkörnél a tű a tekercs síkjában legyen! Ezután zárják az áramkört, és mérjék meg, mekkora φ szöget zár a tű az eredeti iránnyal az I áram különböző értékeinél! A tekercs mágneses tere és a Föld mágneses terének horizontális összetevője egymásra merőlegesek és összeadódnak, így

$$\tan\varphi = \frac{B}{B_{\mathrm{Zh}}} = \frac{I}{2\mu_0 r B_{\mathrm{Zh}}} = kI.$$

A mérési eredményeket írják jól áttekinthető táblázatba, és szerkesszék meg $\tan\varphi$ értékeinek grafikonját az I áram függvényeként! Mutassák meg, hogy a mért pontok egy egyenesen fekszenek, és határozzák meg k értékét!

Határozzák meg B_{Zh} értékét és vessék össze az interneten található értékkel a következő forrásból: http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/magfield.shtml (Magnetic Field Calculator)

Megjegyzés: méréskor távolítsanak el a tekercs közeléből minden tárgyat, ami befolyásolja a mágneses mezőt. A tekercset egy megtekert duplavezetékkel csatlakoztassák az áramforráshoz, hogy csökkentsék a vezetékben folyó áram által létrehozott mágneses tér hatását!

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

Autori návrhov úloh:	Ľubomír Konrád (1,4,5,6), Aba Teleki (2), Ivo Čáp (3,7)
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