

63. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2021/2022

Kategória B

Domáce kolo – text úloh v maďarskom jazyku

1. A Hold mozgása

A Föld és Hold rendszere a Naprendszer része, és nagyjából körpályán kering a Nap körül. A Nap és Föld közti távolság középértéke definiálja a csillagászati egységeket – AU (cs.e. – csillagászati egység).

a) Fejezzék ki AU-t az SI mértékegységrendszer hosszúság-mértékegységével. Nevezzenek meg még kettőt, a csillagászatban használatos hosszúság-egységet! Adják meg a definíciójukat, és fejezzék ki az AU egységgel!

A Föld nem önálló testként kering a Nap körül, hanem mint a Föld-Hold rendszer tagja. A heliocentrikus rendszerben a Föld középpontjának ill. a Hold középpontjának mozgása meglehetősen összetett, mivel mindketten egy közös T pont körül keringenek.

b) Határozzák meg a T pont helyzetét, amely nagyjából körpályán kering a Nap körül! A T pont helyzetét a Földhöz viszonyítva adják meg!

Figyeljük meg a Föld-Hold rendszert a heliocentrikus rendszerben (amely kezdete a Napban van, és tengelyei irányát távoli csillagok adják meg). A Hold a T pont körül kering, a T pont pedig a Nap körül.

c) Határozzák meg a Hold távoli csillagokhoz viszonyított T_M keringési idejét a T pont körül (a Hold sziderikus keringési ideje)!

d) Határozzák meg a Hold legkisebb és legnagyobb sebességét a heliocentrikus rendszerben!

e) Készítsenek rajzot, amelyben feltüntetik a Napot és a Földet! Rajzolják be a Holdat holdtöltekor és újholdkor! Határozzák meg a Hold pályájának r_{nov} és r_{spln} görbületi sugarait a heliocentrikus rendszerben, és fejezzék ki AU egységben! A pályagörbületek középpontjának közelítőleges helyét szintén rajzolják az ábrába!

Tételezzék fel, hogy a T pont körpályán kering a Nap körül, és ugyanabban a síkban keringenek a T pont körül a Föld és a Hold is. Tételezzék fel azt is, hogy a Föld és Hold pályája a T pont vonatkozási rendszerében kör alakúak.

2. Egyensúlyi állapot

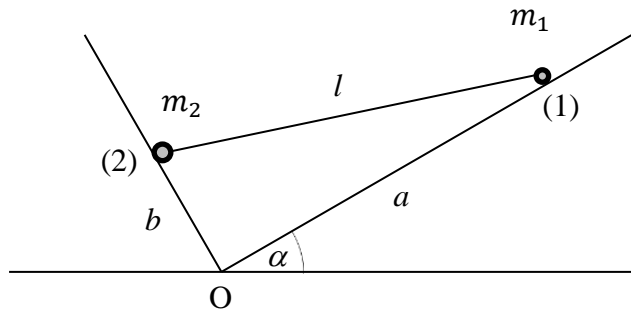
Az (1) és (2) kis golyókat, amelyek tömege $m_1 = 1,00$ g és $m_2 = 0,60$ g, egy szilárd és nagyon könnyű $l = 35$ cm hosszúságú pálca köt össze. A pálca tömege pedig elhanyagolható a kis golyók tömegéhez viszonyítva. Ezt a rendszert egy sima falú dobozba helyezzük. A doboz falai egymásra merőlegesek. A dobozt úgy rögzítettük a vízszintes alátéthez, hogy az egyik fala a vízszintes síkkal $\alpha = 30^\circ$ -os szöget zár (B–1 ábra). Jelöljük az (1)-es golyó távolságát a doboz O élétől a -val!

a) Határozzák meg a két golyó rendszerének (a vízszintes alátéthez viszonyított) E_p helyzeti energiáját, mint a $p = a/l$ arány függvényét!

b) Szerkeszték meg E_p grafikonját, mint a p arány függvényét!

- c) Határozzák meg számítással az a/l arány azon értékét, amikor a golyók rendszere egyensúlyban van! Hasonlítsák össze a kapott eredményt a grafikonból kapott eredménnyel!
- d) Döntsék el, hogy az egyensúlyi helyzet stabil vagy instabil! Indokolják meg!

A golyók mérete elhanyagolhatóan kicsi a pálcá l hosszához viszonyítva, tételezzék fel, hogy tömegpontok! A golyók és a doboz fala közti súrlódás elhanyagolhatóan kicsi. A feladatot oldják meg általánosan, majd a megadott értékekre!



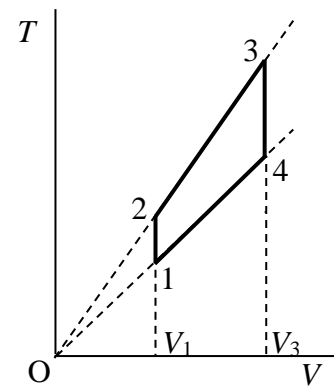
B-1 ábra

3. A körfolyamat

A B-2 ábrán látható egy T-V diagramm, és a körfolyamatot $n = 2,0$ mol mennyiségű héliumgáz (egyatomos He) végzi. Kezdeti hőmérséklete $T_1 = 250$ K, térfogata $V_1 = 4,5$ L és a körfolyamat hatásfoka $\eta = 8,0$ %.

A 4-es és 2-es állapotok hőmérsékleteinek aránya $k = T_4/T_2$, akárcsak a 2-es és 1-es állapotok hőmérsékleteinek aránya ($k = T_2/T_1$).

- a) Mekkora a k arány?
- b) Mekkora a gáz T_4 hőmérséklete a 4-es állapotban?
- c) Határozzák meg mekkora a p_1 nyomás az 1-es és mekkora a p_3 nyomás a 3-as állapotban!
- A feladatokat oldják meg általánosan, majd a megadott értékekre!



B-2 ábra

4. Az akvárium

A fiúk azzal kísérleteztek, hogyan melegítsék és hűtsék a téglalap alapú $a = 30$ cm, $b = 20$ cm méretű és $h = 25$ cm magas akváriumban levő vizet. Azt akarták megtudni, hogy milyen teljesítmény mellett képes a merülő melegítő $t_s = 27^\circ\text{C}$ -on tartani a víz hőmérsékletét az akváriumban, amely a nevelt halacsok életkörülményeihez elengedhetetlen. A helység levegőjének hőmérséklete, ahol a kísérleteket végezték, $t_0 = 20^\circ\text{C}$ volt. Az akváriumot egy polisztirol habból készült lapra helyezték és egy ugyanolyan lappal le is fedték. Az akváriumot színültig töltötték $t_1 = 40^\circ\text{C}$ -os vízzel, és megfigyelték, hogyan változik a víz hőmérséklete az idő múlásával. Az akváriumban levő víz hőmérséklete $\tau_1 = 5,0$ min alatt $\Delta t_1 = -2,0^\circ\text{C}$ -kal változott (csökkent). Tételezzék fel, hogy az akvárium oldalsó üvegfalain átjutó hőáram egyenesen arányos az akvárium vizének t hőmérséklete és a szoba levegőjének t_0 hőmérséklete közti különbséggel!

a) Határozzák meg, hogy a mérés kezdetétől számítva mennyi idő alatt (τ_2) csökken az akvárium vizének hőmérséklete $t_2 = 25\text{ °C}$ -ra!

Miután ezt elvégezték, egy $P = 500\text{ W}$ bemeneti teljesítményű merülő vízmelegítőt helyeztek az akváriumba és csatlakoztatták az $U = 230\text{ V}$ feszültségű áramforráshoz. Hosszabb idő elteltével az akvárium vizének hőmérséklete a $t_3 = 45\text{ °C}$ -on állandósult.

b) Mekkora volt a melegítő R_0 elektromos ellenállása, míg a vizet melegítette?

A fiúk, természetesen, $t_s = 27\text{ °C}$ -on akarták állandósítani az akvárium vizének hőmérsékletét. Mivel más áramforrásuk nem volt, úgy döntöttek, hogy sorosan kapcsolják egy rezisztorral, hogy így ériék el a melegítő kívánt teljesítményét.

c) Mekkora R ellenállású rezisztort kellett sorosan kapcsolni a vízmelegítővel, hogy az akvárium vizét t_s hőmérsékleten tartsák?

Az akváriumot végül t_0 hőmérsékletű vízzel töltötték fel, és bekapcsolták a melegítőt, de kiiktatták (rövidre zárták) a sorosan kapcsolt R rezisztort.

d) Határozzátok meg mennyi idő alatt (τ_3) melegszik fel az akvárium vize a t_s hőmérsékletre, amikor is a fiúk visszaiktatják a sorosan csatlakoztatott R ellenállást, hogy a hőmérséklet már ne változzon!

Tételezzék fel, hogy a víz hőmérséklete az akvárium teljes térfogatában ugyanolyan! A melegítő és az akvárium falainak hőkapacitása elhanyagolhatóan kicsi, továbbá, a vízmelegítő elektromos ellenállása nem függ a rajta áthaladó áramerősségtől! A feladatot oldják meg általánosan, majd a megadott értékekre!

Megjegyzés: az $(x - a)dy = b dx$ egyenlet a következő egyenlettel egyenértékű: $\frac{1}{b} \int_{y_1}^{y_2} dy = \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x-a}$, amely megoldása $\frac{1}{b} (y_2 - y_1) = \ln \left| \frac{x_2 - a}{x_1 - a} \right|$.

5. Áramkör kondenzátorral

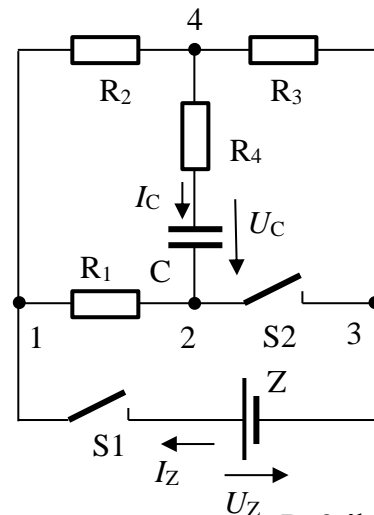
Összeállítottuk a B-3 ábrán látható elektromos áramkört. Az áramkör a Z áramforrásból (feszültsége U_Z), négy rezisztorból (elektromos ellenállásukat R_1 -től R_4 -ig jelöljük), egy C kapacitású kondenzátorból és az S_1, S_2 kapcsolókból áll.

Figyeljük meg a kondenzátor feltöltődését és kisülését! A megfigyelés legelején az S_1 és S_2 kapcsolók megszakított állapotban vannak. Első lépésként bekapcsoljuk az S_1 kapcsolót (zárva ezzel az áramkör megfelelő ágát).

a) Mekkora I_{Z1} erősségű áram folyik a Z áramforráson S_1 bekapcsolása pillanatában, és mekkora I_{Z2} erősségű áram, miután a kondenzátoron állandósult az U_{C1} feszültség – mekkora az U_{C1} feszültség?

b) Milyen erősségű (I_{C1}) áram folyik a kondenzátoron az S_1 kapcsoló bekapcsolása pillanatában, és mennyi idő alatt (τ_1) töltődne fel a kondenzátor az U_{C1} feszültségre I_{C1} erősségű áramnál? Ezt az időt hívjuk a „feltöltődés időállandójának” (kikapcsolt S_2 kapcsolónál).

Második lépésként (bekapcsolt S_1 kapcsolónál) bekapcsoljuk az S_2 kapcsolót, zárva az áramkör megfelelő ágát.



B-3 ábra

c) Mekkora I_{Z3} erősségű áram folyik a Z áramforráson S_2 bekapcsolása pillanatában, és mekkora I_{Z4} erősségű áram, miután a kondenzátoron állandósult az U_{C2} feszültség – mekkora az U_{C2} feszültség?

d) Milyen erősségű (I_{C2}) áram folyik a kondenzátoron az S_2 kapcsoló bekapcsolása pillanatában, és mennyi idő alatt (τ_2) töltődne fel a kondenzátor az U_{C2} feszültségre I_{C2} erősségű áramnál?

Utolsó lépésként kikapcsoljuk az S_1 kapcsolót, megszakítva az áramkört a megfelelő ágon.

e) Mekkora I_{C3} erősségű áram folyik a kondenzátoron az S_1 kapcsoló kikapcsolása pillanatában, mekkora U_{C3} feszültség állandósul a kondenzátoron, és mennyi idő alatt (τ_3) érne el a feszültség az U_{C3} értéket I_{C3} erősségű áramnál?

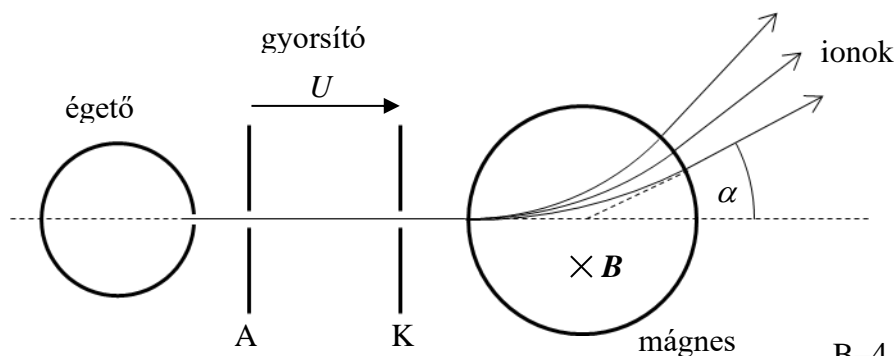
Rajzolják le az egyes esetek kapcsolási rajzát!

Oldják meg általánosan, majd a következő értékekre:

$U_Z = 12 \text{ V}$ a $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R = 150 \ \Omega$, $C = 200 \ \mu\text{F}$!

6. Ionok szeparációja

A magashőmérsékletű hulladékégetéskor (plazma-hulladékégetők) a hulladék anyaga ionizálódik, és az eltérő atomokat szétválasztják, szeparálják. A könnyűfémek jelenlétét a B–4 ábrán látható berendezéssel is lehet igazolni. Az égetőkemence nyílásából kilépő ionizált atomok pozitív ionok (tételezzék fel, hogy a periódusos táblázat első vagy második oszlopából származó elemről van szó, az ionizációjuk foka 1 vagy 2, tehát 1 vagy 2 valens elektronjuk hiányzik). Az ionsugarat először lineáris gyorsítóval gyorsítják, majd a mágneses szeparátorral szétválasztják az elemeket. A lineáris gyorsítóban az ionok az A anód és a K katód között gyorsulnak – az elektródák közötti feszültség $U = 40 \text{ kV}$. A mágneses szeparátort két $R = 60 \text{ mm}$ sugarú erős henger alakú egymás fölé helyezett mágnes alkotja, amelyeket egy kis rés választ el egymástól. Az ionok a résben, a mágneses erővonalakra merőlegesen haladnak. A mágnesek közti résben a mágneses tér homogén, indukciója $B = 0,5 \text{ T}$.



Az égetőből kilépő ionok v_0 sebessége lényegesen kisebb, mint a gyorsítás utáni v sebességük. A felgyorsított ionok a mágnesek tengelyére merőlegesen lépnek a mágnesek közti mágneses térbe, és eltérő α szögekben térülnek el az eredeti irányuktól. Az α szög értékéből meghatározható, hogy milyen atomról van szó.

a) Határozzák meg, mekkora v sebességgel lép ki egy ion a gyorsítóból, ha az ion tömege m , elektromos töltése pedig ze , ahol e az elemi elektromos töltés, z pedig az ionizáció foka!

b) Határozzák meg a kitérés α szögét, és viszont, határozzák meg az ion tömegét, ha ismerik az α kitérés szögét!

- c) A szeparátorból kilépő atomok esetében jelentős intenzitásmaximumokat figyeltek meg az eltérítési szög következő értékeinél: $\alpha_1 = 24,5^\circ$, $\alpha_2 = 18,7^\circ$, $\alpha_3 = 33,5^\circ$ és $\alpha_4 = 26,2^\circ$. Milyen atomokról van szó? Mekkora a H^+ ion α_H eltérítési szöge?

A feladatot oldják meg általánosan, majd a megadott értékekre!

7. A Föld mágneses mezője – kísérleti feladat

Egy árammal átjárt (végtelen) hosszú egyenes vezeték mágneses tere a tér minden pontjában merőleges a vezeték irányára, a mágneses tér indukciója pedig $B = \mu_0 I / (2\pi r)$, ahol μ_0 a vákuum permeabilitása, I a vezetőkben folyó áram, és r az említett pont távolsága az egyenestől.

Feladat:

Igazolják mérésrel egy hosszú egyenes vezeték által létrehozott mágneses tér indukciójának függését a vezetéktől mért távolságtól!

Mérési módszer

Használják ki a Föld mágneses terét, valamint azt a tényt, hogy egy szabadon forgó iránytű mindig az adott pontban levő mágneses terek eredője irányába áll be! Iránytűt úgy készítenek, ha nagyon óvatosan egy edényben levő víz felszínére helyeznek egy mágnesezett tűt, hogy az a víz felszínén úszon. Az edény ne fémből legyen! A mágnesűt a Föld mágneses terének vízszintes összetevőjét követi, annak irányában fordul el. Egy papírlapra rajzoljanak szögbeosztást és helyezték az edény alá! Használhatnak szögbeosztással ellátott iránytűt is.

A mágnes fölé helyezzenek egy rúdhoz rögzített hosszú egyenes rézvezetőt (hossza legyen nagyjából 1,5 m, átmérője 1-2 mm). A vezetőt kapcsolják sorosan egy reosztáttal és egy amperméterrel, majd csatlakoztassák egy állandó feszültségű áramforráshoz (a reosztáttal változtatni tudják a vezetőkben folyó áramerősséget)! Szakítsák meg az áramkört, és állítsák a vezetőt a mágnesűvel megegyező irányba! Ha most zárják az áramkört, mágneses mező jön létre a vezető körül, amely merőleges a Föld mágneses terére (a vízszintes komponensére), és a mágnesű φ szöggel kitér az eredeti irányából. A φ szögre érvényes, hogy $\tan \varphi = B/B_Z$, ahol B_Z a Föld mágneses terének (indukciójának) vízszintes komponense. A mérést végezzék el a mágnesűt és vezeték közti r távolság különböző értékeire – minden r értéknél mérjék meg a φ szöveget! A mért adatokat írják jól áttekinthető táblázatba, és ábrázolják grafikonban: a vízszintes tengelyre az $1/r$ értékeit vigyék fel, míg a függőleges tengelyre $\tan \varphi$ értékeit!

Az elmélet szerint a mért pontoknak egy egyenesen kéne feküdniük – indokolják meg az eltéréseket! Határozzák meg, a grafikon egyenesének meredekségéből és a mért áramerősségből, a Föld mágneses terének indukcióját B_Z (vízszintes komponensét)!

Megjegyzés: Az áramerősséget úgy válasszák meg, hogy a mágnesű kitérése jól mérhető legyen! A mérés ideje alatt legyen az áramerősség változatlan! Az r távolságot az 5 cm és 15 cm (esetleg nagyobb) tartományban változtassák!

A feladatot, a rendelkezésre álló segédeszközöktől függően, megfelelően módosíthatják.

63. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohý domáceho kola kategórie B

Autori návrhov úloh:

Lubomír Konrád (1 až 6), Ivo Čáp (7)

Recenzia:

Aba Teleki, Lubomír Mucha

Preklad textu úloh do maďarského jazyka:

Aba Teleki

Redakcia:

Ivo Čáp

Vydal:

Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2021