

58. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2016/17
Kategória B – krajské kolo

Text úloh v maďarskom jazyku

1. A plafontól elpattanó labda

A tornaterem vízszintes plafonja h magasságban van a talajtól. Az egyik diák a talajon nyugvó m tömegű kis labdát a levegőbe rúgja – a labda sebessége a rúgás pillanatában v_0 , a vízszintes padlóval zárt emelkedési szöge α . Ha a labda a plafonig repül, attól tökéletesen rugalmasan pattan vissza (a visszapattanás szöge egyenlő a beesés szögével). A tornaterem nagy, a labda mozgását a padló és a plafon között semmi sem gátolja.

- a) Készítsenek rajzokat, ábrázolva az összes esetet, amely bekövetkezhet!
- b) Határozzák meg, hogy az elrúgás helyétől mekkora d távolságban és mennyi idő (t_D) elteltével ér padlót a labda először – ezt az a) pontban meghatározott minden eltérő esetre számítsák ki!

A feladatot oldják meg általánosan, majd a következő értékekre: $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $h = 4,5 \text{ m}$, $v_0 = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ és két emelkedési szögre $\alpha_1 = 30^\circ$, $\alpha_2 = 60^\circ$!

2. A hajlított rúd rezgései

Egy vékony l hosszúságú és m tömegű homogén rudat a közepén meghajlítunk fordított „V” formát kialakítva úgy, hogy a rúd két szára α szöget zár egymással. A rúd mindkét szárára egy-egy azonos M tömegű nehezéket erősítünk, a nehezékek tömegközéppontja azonos a távolságban van a „V” alakú rúd csúcsától. A rúd a hajlítási pontjában egy vékony vízszintes tengellyel (O) van alátámasztva. A rendszert kis φ szöggel kitérítjük egyensúlyi helyzetéből az O tengelyre merőleges síkban – elengedve, a rendszer ingani kezd az említett síkban.

- a) Határozzák meg, mekkora r_T távolságban van a rendszer tömegközéppontja az O tengelytől! Készítsék el a rendszer rajzát nyugalmi állapotban, és jelöljék be a rajzon a rendszer T_1 tömegközéppontját, amikor $m \ll M$; jelöljék be a T_2 tömegközéppontját, amikor $m \gg M$!
- b) Határozzák meg a rendszer T periódusidejét az $x = a/l$ arány függvényeként! Vázolják fel közelítőlegesen a $T = f(x)$ függvény alakját!
- c) Határozzák meg a rendszer E_k kinetikus energiáját abban a pillanatban, amikor áthalad az egyensúlyi helyzetnek megfelelő pozíción – a rendszer kezdeti kitérítése (mielőtt elengedtük volna) φ volt!

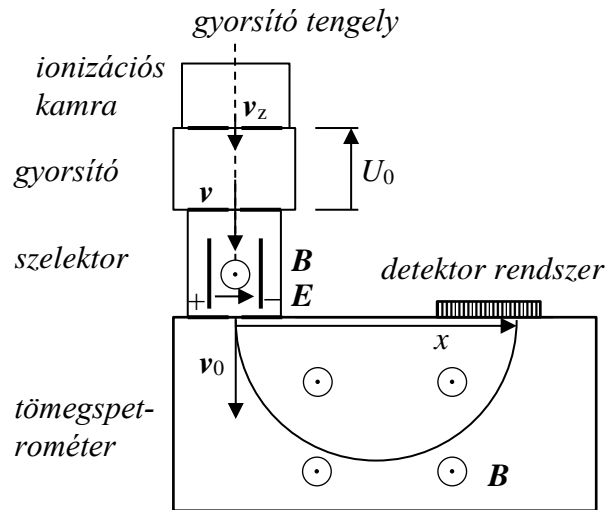
A rúd vastagsága, a tengely átmérője és a nehezékek méretei elhanyagolhatóan kicsik a rúd l hosszához és az a távolsághoz viszonyítva is. Egy m tömegű és l hosszúságú vékony homogén rúd tehetetlenségi nyomatéka, amelyet a rúd tömegközéppontján a rúdra merőlegesen áthaladó tengelyre számítunk, $I = (1/12)ml^2$.

3. A Bainbridge-féle tömegspektrométer

A feladat, meghatározni az ^{16}O , ^{17}O és ^{18}O izotópok arányát a természetes levegő oxigénjében – az egyes izotópok csak az atommagban található neutronok számában különböznek. Egy ion tömege $m_A = Au$, ahol A a nukleonszám (értéke 16, 17 ill. 18), és $u \approx 1,66 \times 10^{-27}$ kg az atomi tömegegység.

Az egyes izotópok ionjainak szétválasztására a B-1 ábrán vázolt Bainbridge-féle tömegspektrométer használható. Az O_2 molekulákat atomjaira bontják az ionizációs kamrában, majd elektronsugárral ionizálják – egy vegyértékű O^- ionokat létrehozva (egy elemi negatív elektromos töltést hordozó oxigén atomok). Az ionokat U_0 feszültséggel gyorsítják a gyorsítóban, ahol $v = v_0 \pm \Delta v$ sebességre tesznek szert a rájuk ható elektromos erő irányában. A gyorsító elektromos tér párhuzamos a gyorsító tengelyével.

A felgyorsított ionok a gyorsító tengelyén levő bemeneti résen lépnek a szelektorbba. A szelektorbban a tengelyre merőleges homogén \mathbf{B} indukciójú mágneses tér, és a tengelyre, valamint a mágneses tér \mathbf{B} indukciójára merőleges homogén \mathbf{E} intenzitású elektromos tér van. A kimeneti rés szintén a gyorsító tengelyén fekszik – az ionok itt léphetnek ki a szelektorból és lépnek a tömegspektrométer belsejébe. A tömegspektrométerben ugyanolyan homogén mágneses tér van, mint a szelektorbban, de nincs elektromos tér. Az ionok a tömegspektrométerben görbe pályán mozognak, amely végén detektorok érzékelik az egyes ionokat. A rés, amelyen az ionok a tömegspektrométerbe lépnek, és a detektorok ugyanabban, a gyorsító tengelyére merőleges síkban fekszenek. A detektorok meghatározzák az ionok becsapódásának x koordinátáját, amelyet az említett síkban, a belépési pontjuktól mérünk.



B-1 ábra

- Az ionizátorból a gyorsítóba lépő ionok sebessége a $(0, v_m)$ tartományban van. Határozzák meg mekkora U_0 gyorsító feszültségnél gyorsulnak a $^{16}\text{O}^-$ ionok a kezdeti v_m sebességről a v_0 sebességre!
- Magyarázzák el röviden, milyen elven működik a szelektor! Határozzák meg a szelektor elektromos terének E intenzitását, amelynél a tömegspektrométerbe csak v_0 sebességű ionok jutnak be!
- Magyarázzák el röviden a tömegspektrométer működési elvét! Határozzák meg, a belépési ponttól mekkora x_i távolságban érzékelik a detektorok az egyes izotópok ionjait!
- Határozzák meg az egy nukleonszámmal eltérő (szomszédos) izotópok becsapódási helye közti Δx távolságot! Határozzák meg, mekkora a tömegspektrométerbe lépő ionok v_0 sebességének megengedett Δv_0 bizonytalansága, hogy az oxigén egyes izotópjait meg lehessen egymástól különböztetni!

A feladatot oldják meg általánosan, majd a következő értékekre: az elemi elektromos töltés nagysága $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C, $B = 1,5$ T, $v_m = 500$ m \cdot s $^{-1}$, $v_0 = 1,0 \times 10^6$ m \cdot s $^{-1}$!

4. Indukcióstekercs

A vasmagú indukcióstekercs induktívja $L = 50$ H, menetszáma $N = 3000$ és $d = 0,50$ mm átmérőjű rézvezetőből tekercselték – egy menet átlagos hossza $l_1 = 28$ cm. A vasmag keresztmetszete $S_j = 6,0$ cm².

- a) Határozzák meg a tekercs rézvezetőjének R ellenállását!
- b) Határozzák meg a tekercsben folyó áram I_m maximális amplitúdóját, hogy a mágneses indukció maximális értéke a vasmagban ne haladja meg a $B_m = 1$ T értéket!

A tekercset egy $f = 50$ Hz frekvenciájú váltakozó $U = 230$ V effektív feszültségű áramforráshoz csatlakoztatjuk.

- c) Határozzák meg a tekercsben folyó effektív áram I erősségét!
- d) Miután a tekercset az áramforráshoz csatlakoztattuk, melegedni kezd az áram által fejlesztett hőtől. Határozzák meg a réztekercselés ΔT hőmérsékletváltozását 10 perccel az után, hogy a tekercset az áramforráshoz csatlakoztattuk!

A réz (fajlagos) elektromos vezetőképessége $\gamma = 5,96 \times 10^7$ S · m⁻¹, fajlagos hőkapacitása (fajhője) $c = 385$ J · K⁻¹ · kg⁻¹, sűrűsége $\rho = 8,96 \times 10^3$ kg · m⁻³. Tételezzék fel hogy a tekercs egyenletesen melegszik, és a tekercsből elvezetett hő a csatlakoztatása utáni első 10 percben elhanyagolhatóan kicsi!