A VI. KÁROLYHÁZY FRIGYES FIZIKATANÁRI PROBLÉMAMEGOLDÓ VERSENY FELADATAI

2022. január 28. – február 7.

A feladatokat a versenykiírásban olvasható módon és formában kell elkészíteni és beküldeni.

Részletes információ:

http://fiztanar.elte.hu/hallgatoknak/karolyhazy-frigyes-fizikatanari-problemamegoldo-verseny

I. rész (Maximálisan 5 feladat adható be az I. részből.)

1) Természetismeret?

Néhány hete a magyar fizikustársadalom egyik online fórumán megjelent egy vitaindító bejegyzés, melyben az alábbi tankönyvrészlet kavarta fel az indulatokat.


JEGYEZD MEG!

A Föld hatást gyakorol minden a felületén lévő testre vonzó erővel hatva rájuk. Azt az erőt, amivel a Föld vonzza a testeket, gravitációs erőnek vagy nehézségi erőnek nevezzük. A testek tömege befolyásolja a zuhanási sebességet. Egy nagyobb tömegű test hamarabb ér földet, mint a kisebb tömegű, ha azonos magasságról esnek.

A kép forrása: Mihaela-Ada Radu - Dumitra Radu: Természettudományok, Tankönyv a 3. osztály számára, Aramis Kiadó, Bukarest, 2018. 21.

Mutassa be egy esszé keretén belül miként tisztázná a keretes részben felmerülő állításokat. Hogyan magyarázná azon tanuló(k) hozzászólását, aki(k) látták a Holdon elvégzett űrhajóskísérletet (https://www.youtube.com/watch?v=oYEgdZ3iEKA), amely ellentmond a tankönyvnek. Használja az egyetemi tanulmányai során elvégzett kurzusokon megismert elméleti levezetéseket, gyakorlaton megoldott feladatokat és közelítéseket, esetleg kísérleteket az érvelése során.

(*Kovács Tamás*)

2) Hangtan tanítása általános iskolában.

Igazodva a diákok rendelkezésre álló matematikai eszközeihez, írjon tematikus tervet a hangtan általános iskolai feldolgozásához, valamint mutasson be egy órát óravázlattal támogatva. Az óratervhez készítsen fél oldalas módszertani leírást.

(*Schnider Dorottya*)

3) Tükörkép, mint tárgy.
A 20 cm fókusztávolságú vékony, bikonvex lencse mögé síktükröt helyeztünk. A lencsétől 40 cm-re, 2 cm magasságban kisméretű fényforrás található. Ennek a fényforrásnak a képét ernyővel felfogtuk. A kép a lencse bal oldalán tőle 60 cm távolságra keletkezett. Milyen messze van a tükör a lencsétől? Milyen messze van a képpont az optikai tengelytől?
(*Középiskolai versenyfeladat nyomán Bérces György és Tasnádi Péter)*

4) Forgatónyomaték.
A fizika alsóbb évfolyamain a forgatónyomatékot olyan egyszerű esetekben tárgyaljuk, ahol az egyensúly $M_1 = M_2$, azaz $F_1 \cdot k_1 = F_2 \cdot k_2$ alakban írható fel az előjelek különösebb figyelembevétele nélkül. Ezt könnyű megjegyezni, hiszen csak a kétkarú emelő (mérleghinta) két oldalán kell egyenlővé tenni a forgatónyomatékot. Később azonban összetettebb feladatoknál szükség van a forgatónyomaték pontosabb megfogalmazására ($\sum M = 0$) és az előjeles forgásirány bevezetésére. Az előjeles mennyiségekkel való számolás azonban sok problémát okoz, különösen kisebbeknél, ahol matematikából sincs még vektorfogalom. Saját tapasztalatai (középiskolai, egyetemi, magántanítvány stb.) alapján hogyan tanítaná a forgatónyomatékot 7. osztályban bevezetve egy átlagos középiskolában 34 diáknak figyelembe véve az életkori sajátosságokat és a háttértudást? Mik lehetnek a megértés és a további, erre építkező bővülő ismeretek szempontjából kritikus pontjai a téma feldolgozásának? Érdemes lehet már az elején előjeles forgást vizsgálni? Készítsen vázlatos, néhány órára vonatkozó tervet a forgatónyomaték fogalmának megalapozásáról! (Megjegyzés: hasonló problémával találkozhatunk a lendület, lendületmegmaradás tanítása során is.)
(*Szádeczky-Kardoss Magdolna*)

5) Newcomen.
Thomas Newcomen (1663–1729) angol lakatos és kovács 1705–1706-ban szerkesztette meg gépét, amelyet a modern gőzgépek elődjének tekinthető. Habár a gép hatásfoka rendkívül alacsony (néhány százalék) volt, megbízhatósága miatt Newcomen gépe (https://en.wikipedia.org/wiki/Newcomen_atmospheric_engine) hamar népszerűvé vált: általánosan hasznosították nem csak bányákban a víz felszivattyúzására, de öntözési feladatok elvégzésére is.

a) Magyarázza el Newcomen gőzgépének működési elvét! A magyarázathoz készítsen középiskolások számára is befogadható, egyszerű és szemléletes rajzot, jelölve rajta a gép legfontosabb részeit!

A számításban tekintse azt az 1720-ból származó londoni gépet, amely a Temze folyó vizét hasznosította öntözési célokra. E gép hengerének átmérője 80 cm, magassága pedig 3 m volt.

b) Határozza meg, hogy hány molnyi vízgőzt tartalmazott a dugattyús tartály abban a pillanatban, amikor dugattyúja a legszélső egyensúlyi helyzetben (vagyis a tartály aljához képest a legnagyobb távolságra) volt! Számításában használja a következő állandókat: $\rho_{\text{vízgőz}} = 0{,}9\ \text{kg/m}^3, M_{\text{vízgőz}} = 18\ \text{g/mol}$.

c) Becsülje meg, hogy megközelítőleg hány kg tömegre ható nehézségi erőnek felel meg az az erő, amit a tartály súlytalannak feltételezett dugattyúja fejtett ki a külső légnyomás ellenében, miközben a benne lévő vízgőz maximálisan kitágult! Számításában használja a következő állandókat: $p_k = 10^5\ \text{Pa}, R = 8{,}314\ \text{J/(K} \cdot \text{mol)}, g = 9{,}80\ \text{m/s}^2$.

Útmutatás: A tartályban lévő vízgőz jó becsléssel ideális gázként közelíthető.

d) Hová illesztené be Newcomen gőzgépének tanítását a középiskolai tananyagba? Válaszát részletesen indokolja.

(*Szabó Róbert*)

6) Gyurma áramkör.

Az elektrosztatika világában bóklászva szinte minden áramköri összeállításhoz szükség van kábelekre, vezetékekre. A szokásos banándugós vagy krokodilcsipeszes megoldás helyett használhatunk különleges vezető gyurmát is. Erre a célra készített gyurmát vásárolhatunk is, de könnyen elkészíthetjük otthon is. Többféle recept elérhető az interneten, ezek közül az egyik:
https://cdn.shopify.com/s/files/1/2640/3158/files/Making-Conductive-Dough.pdf?16645678393520892946

Határozza meg az így készült gyurma fajlagos ellenállását! Készítsen egy egyszerű áramkört az elkészült gyurmával!

(*Kosztyó Péter*)

7) Fizikai állapot az iskolában.

A fizikai állapot megértése hasznos, például a modern fizika későbbi megértése szempontjából is. Fizikatanárként ezért az ehhez kapcsolatos szóhasználatra érdemes odafigyelni, azt megfelelően és tudatosan kell használni.

Például sokan használják (módszertanilag tévesen) a *„hőenergia”* kifejezést, amely a *„hő(átadás)”*, mint folyamatjelző és *„energia”,* mint állapotjelző kombinációjaként zavart kelt.

Írjon legfeljebb 4 oldal terjedelemben a *„fizikai állapot”* fogalmáról az alábbi két szempont szerint.

a) Mit jelent egy rendszer állapota?

b) Hogyan jelenik meg az állapot fogalma a fizika középiskolában tanított nagy fejezeteiben?

(*Tóth Kristóf*)

8) Lefolyófizika.

Gyakran olvashatunk, hallhatunk arról a hiedelemről, hogy a fürdőszobai vagy konyhai lefolyókban a leeresztett víz köráramlásának mozgásirányát befolyásolja a Föld forgása miatt fellépő Coriolis-erő. Egyesek nem átallják azt állítani, hogy a feltöltött, nyugalomban hagyott, bedugaszolt mosdókagylóban a dugó kihúzása után a lefolyás irányából meg tudják állapítani,

hogy az északi vagy déli féltekén vannak. A legenda valóságalapja, hogy pontosan ellenőrzött körülmények között, teljesen szimmetrikus hengeres kádban, napokig nyugalomban hagyott rendszer esetében e kicsiny effektust valóban kimutatták már. Ám természetesen a házi körülmények igen távol állnak az ideális laboratóriumi viszonyoktól. Viszont minden lakás, minden lefolyó máshogy tér el az ideálistól! Elképzelhető, hogy sok-sok lefolyón végzett megfigyelési adathalmazból esetleg mégis statisztikailag kimutatható volna a jelenség? Az Internet „ereje" segítségével szervezzünk önkéntes mérőkampányt minél több, lehetőség szerint százas nagyságrendű résztvevő (pl. iskolások) bevonásával (pluszpontért akár egy déli féltekén vagy az egyenlítőn élő kontrollcsoporttal), akik megfigyelik, merre folyik le a lefolyójuk. Elemezzük az adatokat, s próbáljuk meg megállapítani, hogy van-e szignifikáns eltérés a véletlenszerű irányeloszlástól? Ha igen, vizsgáljuk meg, milyen hatásoknak lehet a kapott eredményben szerepe a Coriolis-erőn kívül, s mennyiben zárhatók ki ezek a hatások (például balkezesek vagy jobbkezesek-e a dugókihúzók)? Motiváció: hasonló „nagy örvénytesztet" már a Szertár csapata is kezdeményezett, vagyis lefolyófizikai vizsgálatainkkal nagy elődök nyomdokában járhatunk: http://szertar.com/webizod/coriolis/
(*Vincze Miklós*)

9) Modern fizika videó.
Készítsen rövid, pörgős videót, amely modern fizikai jelenség/törvény lényegét mutatja be azérettségiző diákok számára is érthető módon. A videó lényegretörő legyen, maximum 1 perc hosszúságú és bármilyen forrás felhasználható az elkészítéséhez. A kész munkát töltse fel YouTube-ra (vagy más videómegosztó oldalra). A feladathoz beadandó az elkészült videó linkje és a felhasznált források listája.
(*Ernyey Dániel*)

10) Sikeres kommunikáció a fizikaórán.
A diákok fizikaórai aktivitásának fokozásához elsősorban a gátlások leküzdése, valamint a jó csoportdinamika járulhat hozzá. Nyelvtanulásunk során számos olyan oktatási módszerrel és technikával találkozhattunk, amelyek aktív részvételre ösztönzik a tanulókat. Mutassa meg, miként integrálna hasonló jellegű feladatokat a fizikaoktatásba. Írjon 3 olyan fizikafeladatot, amely aktívan bevonja a diákokat az órai munkafolyamatokba, valamint egyaránt fejleszti a szakmai szókincsüket és kommunikációs készségeiket.

a) feladat: Ráhangoló feladat
b) feladat: Fogalom elmélyítése
c) feladat: Új anyag feldolgozása

(*Schnider Dorottya*)

II. Rész (Maximálisan 3 feladat adható be az II. részből.)

11) Lézer.

Az ELI (Extreme Light Infrastructure), a Szegeden megépült európai kutatóintézet egyik szuperlézere 2 PW csúcsteljesítményű, igen rövid, 14 fs idejű impulzusokat előállító nagyberendezés.

a) Mekkora energia koncentrálódik egy ilyen fényimpulzusban, illetve azt aberráció mentesen lefókuszálva $d = 10$ μm-re, mekkora lesz az elért csúcsintenzitás? Az intenzitást $\mathrm{W/cm^2}$-ben adja meg!

b) Hány foton lehet egy ilyen energiacsomagban, ha ismert, hogy a központi hullámhossz 800 nm?

c) A 34J energiájú, 10 μm átmérőjű fókuszált nyaláb eltalál egy 25 pm atomsugarú hidrogén atomot, melyet ionizálva elkezdi annak elektronját gyorsítani, mely gyorsítja annak proton atommagját. Azt feltételezzük, hogy az impulzus energiájának az atom felületére eső része 10% hatásfokkal gyorsítja majd fel a protont. (Az impulzus térbeli energia eloszlása legyen homogén). A fénysebesség hány százalékára gyorsul fel a kezdetben nyugalomban lévő proton, ha a proton relativisztikus kinetikus energiáját az

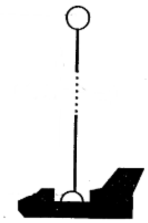
$$E_k = mc^2(\gamma - 1) = \gamma mc^2 - mc^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1\right) mc^2$$

összefüggéssel számoljuk, ahol $m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg a proton nyugalmi tömege, c a fény sebessége, v pedig a proton sebessége.

d) A világon legnagyobb intenzitással a román ELI-NP rendelkezik, ahol percenként 10 PW-os, 23 fs hosszú impulzusokat állítanak elő. Hányszor akkora energia koncentrálódik egy ilyen fényimpulzusban az a) kérdésben, Szeged vonatkozásában számolt értékhez képest, illetve ebben az esetben mekkora a fókuszált csúcsintenzitás hasonló, $d = 10$ μm méretű fókuszfolt esetén?

(*Középiskolai feladatgyűjtemény példája nyomán Seres Imre)*

12) Kötél az űrben.



Egy lehetséges áramtermelési mód lehet az űrben, ha egy űrsiklóból – vagy űrhajóból, esetleg űrállomásból – egy hosszú, vezető anyagból készült, de szigetelő burkolattal ellátott kötél végén egy szondát engedünk ki lassan úgy, hogy a kötél a Föld mágneses indukció vonalaira merőlegesen legyen. Tegyük fel, hogy az űrsikló és a szonda egyenese a Föld gravitációs mezőjében radiális irányú, és a szonda van távolabb a Földtől.

Az űrsikló tömege $M = 100$ t, a szonda tömege $m = 0{,}5$ t, a vezető kötél hossza $l = 20$ km, a kötél tömegét tekintsük elhanyagolhatónak, elektromos ellenállása – a hozzátartozó csatlakozókkal együtt – $R_{\mathrm{el}} = 1{,}8\ \mathrm{k\Omega}$. Az űrhajó $h = 300$ km magasságban körpályán mozog. A Föld mágneses indukciójának erőssége ebben a magasságban $B = 3 \cdot 10^{-5}$ T nagyságú.

a) Mekkora erő feszíti a radiális irányban teljesen kiengedett kötelet?

b) Becsülje meg a szonda lengésének periódusidejét, ha az az egyensúlyi állapotból kissé ($\varphi_{\max} < 5°$) kilendül!

c) Maximálisan mekkora elektromos energiát lehetne nyerni a rendszerrel a Föld megkerülése közben, ha tudjuk, hogy az ionoszféra miatt szonda és az űrhajó elektromos potenciálkülönbsége a létrejövő áram szempontjából -1200 V.

d) A berendezés folyamatos használata esetén legfeljebb mennyivel változna az űrsikló magassága egy földi nap alatt?

(*A NASA 1996. február 2-ai TSS-1R nevű kísérlete alapján, Hömöstrei Mihály*

13) Úszóstratégia.

Adott egy $2L$ szélességű folyó a következő, időben állandó felszíni áramlásprofillal: $\boldsymbol{v}_{\mathrm{f}} = \begin{pmatrix} v_{\mathrm{m}}(1 - ay^2) \\ 0 \end{pmatrix}$. (A koordinátarendszer origója a folyószakasz közepén van.)

a) Adja meg az a paraméter értékét!

b) Az úszó mindvégig a partra merőleges sebességgel úszik. Mekkora távolsággal arrébb ér partra így az úszó?

c) A folyó most időben és térben állandó, az úszóéval megegyező sebességgel folyik. Az úszó most mindvégig a kiindulási helyről szemközt látszódó pont felé úszik. Mekkora távolsággal arrébb ér partra így az úszó?

d) Ezen a folyón egy $\boldsymbol{v}_{\mathrm{ú}}$ sebességű, fáradhatatlan úszó a *legrövidebb útvonalon* úszik át a vele szemközti partra. Adja meg a mozgás során történő $\alpha(y)$ szögelfordulás függvényét és a $v_y(y)$ pályasebességet! (α az a szög, ami jellemzi, hogy a partra állított merőlegeshez képest milyen irányba dolgozik az úszó.) Diszkutálja a megvalósuló mozgásokat v_{m} és $v_{\mathrm{ú}}$ viszonya alapján!

(*Tasnádi Tamás ötlete alapján, Karácsonyi Csaba*)

14) Sugárzás.

A Stefan–Boltzmann-törvény alapján határozzuk meg a Föld átlagos felszíni hőmérsékletét, a Földet abszolút fekete testnek feltételezve, tudva, hogy a Napból érkező sugárzás mért erősség a teljes felszínen kb. 340 $\mathrm{W/m^2}$.

Minek tulajdonítható, hogy a megfigyelt átlaghőmérséklet az így kapottnál kb. 10 fokkal magasabb.

(*Tél Tamás*)

15) A légkör tömege.

Az egyik középiskolai órán a Föld légkörének tömegét a következőképpen becsülték meg: A Föld felszínén a nyomás jó közelítéssel $p = 1\,\mathrm{atm}$, a gömbalakúnak tekinthető Föld sugara pedig $R = 6370\,\mathrm{km}$. A Föld felszínén a nehézségi gyorsulás $g = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}$. A Föld felszínére ható $p \cdot 4R^2\pi$ erő megegyezik a légkör Mg súlyával, azaz:

$$M = \frac{p \cdot 4R^2\pi}{g}$$

Értékelje a megoldást a középiskolai tanítás szempontjából! Helyes-e az eredmény? Helyes-e a gondolatmenet?

(*Tasnádi Péter*)

16) Kvantummacska.

Habár Schrödinger macskáját a valóságban nem lehet az élet és halál szuperpozíciójába juttatni, mégis önmagunk szórakoztatásának érdekében hipotetikusan tegyük fel, hogy a macska szuperponált állapotban van:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{2}|\heartsuit\rangle + \frac{\sqrt{3}}{4}|💀\rangle,$$

ahol $|\heartsuit\rangle$ jelöli azt az állapotot, amely a macska túlélésének felel meg, amíg $|💀\rangle$ azt az állapotot jelenti, hogy a macska meghalt.

a) Mit jelent Schrödinger macskája? Miről szól ez a furfangos példa? Mi a feladat célja?

b) A valóságban miért nem valósítható meg a macskának ez az állapota?

Végezzünk el egy ismételhető mérést, amely kideríti, hogy a macska él-e.

c) Mi macska életben maradásának / meghalásának valószínűsége?

d) Hasonlóan, ahogyan egy feldobott pénzérme két kimeneteléhez is lehet számértékeket rendelni, társítsuk a +1 mérhető értéket a $|\heartsuit\rangle$, és a -1 mérhető értéket a $|💀\rangle$ sajátállapot méréséhez. Mi az említett ismételhető mérés várható értéke?

e) Mi az említett ismételhető mérés szórása?

f) Mit jelent az, hogy a $|\heartsuit\rangle$ és $|💀\rangle$ állapotok egymásra merőlegesek?

g) Hogyan lehetne felírni ezt az állapotot egy 2 dimenziós oszlopvektorként? Mit jelentenek a $\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix}$ és $\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}$ bázisok?

h) Mi az „él-e a macska” mérés operátora 2x2-es mátrix formájában?

i) Vajon merőleges lenne-e a hipotetikus életben maradás |♡⟩ állapota a hipotetikus jó kedvűség |😊⟩ állapotával? Miért igen / miért nem?

(*Tóth Kristóf*)

17) Egyetlen atom, mint gáz.

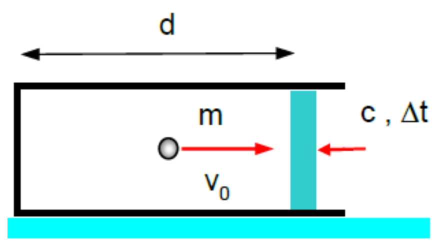
Dugattyúval elzárt d hosszúságú hengerben egyetlen m tömegű, pontszerűnek tekinthető részecske mozog v_0 (kezdeti) sebességgel, a henger tengelyével párhuzamosan. A részecske tömegénél képest sok-sok nagyságrenddel nagyobb tömegű dugattyú – a felületén ható erő hatására – igen lassan, állandó c sebességgel mozogva csökkenti az elzárt térrészt. A részecske sebessége lényegesen nagyobb a dugattyú sebességénél ($c \ll v_0$), és a dugattyúval történő ütközése tökéletesen rugalmas

a) Adja meg, hogy N számú ütközés után mennyi a részecske sebessége?

b) Az N számú ütközés rövid Δt időtartam eltelte során jön létre, miközben a dugattyú Δs elmozdulása a henger hosszához képest kicsi.

c) Kihasználva a fenti feltételeket, határozza meg, hogy eközben hogyan változott a részecske mozgási energiája?

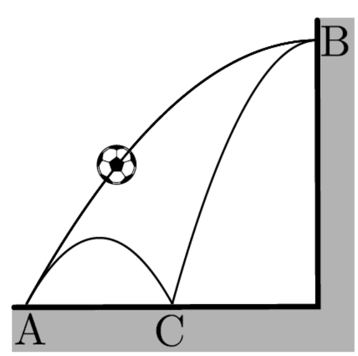
d) A kapott eredményből, hogyan adható meg a dugattyúra ható, erő átlagértéke?



Értékelje, hogy a feladat középiskolában mikor adható fel, és melyek a megoldás kritikus pontjai. (*Középiskolai versenyfeladat nyomán Bérces György és Tasnádi Péter)*

18) Falnak rúgott labda.

Az iskolai szünetben egy focilabdát rugdosunk a falhoz. A rúgás helye az ábrán látható A-val jelölt pont. A labda a falat pontosan merőlegesen találja el a B pontban, majd a pattanás után a C jelzésű helyen ér földet. A földről visszapattanva pontosan visszaér az eredeti kiindulási helyére. Egy fallal vagy talajjal való ütközést a következő módon modellezhetünk: a felülettel párhuzamos sebességkomponens nem változik, míg az arra merőleges $-k$-szorosára változik. A fenti esetet általánosítsuk és pattanjon a labda pontosan N-szer a földön, mielőtt visszaérkezik a kiindulási helyére! A légellenállás elhanyagolhatóan kicsi.



a) Mennyi k értéke adott N-re?

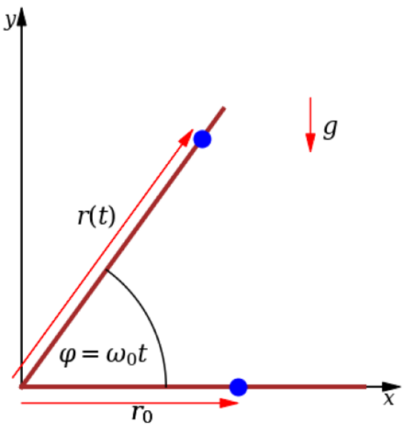
b) Mennyi ideig van a levegőben a labda?

Részletesen térjünk ki az $N \to \infty$ esetre!

(*Tajkov Zoltán, Koltai János és Berta Dénes*)

19) Forgatott gyűrű.

Egy hosszú rúd fekszik a kétdimenziós Descartes-i koordinátarendszer x-tengelyének pozitív felén. A rúd egyik vége az origóban van. A $t = 0$ időpontban forgatni kezdjük a rudat az origó körül állandó ω_0 szögsebességgel az óramutató járásával ellentétes irányban. A gravitációs gyorsulás homogén, az y-tengellyel párhuzamos, lefelé mutat, nagysága g. A rúdon súrlódásmentesen csúszik egy gyűrű, amely kezdetben az origótól r_0 távolságra van, és rúdirányú kezdősebessége nulla. Hogyan mozog a gyűrű?

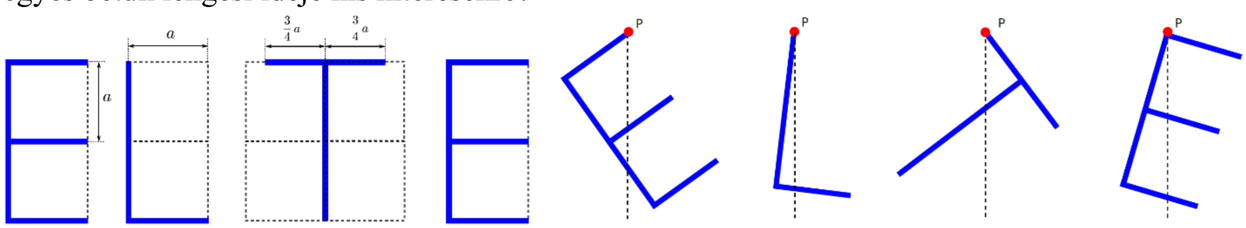


Vizsgáljuk a gyűrű pozícióját akkor, amikor a rúd először lesz párhuzamos a függőleges y-tengellyel! Mekkora ω_0 esetén lesz ekkor a gyűrű éppen az origóban? Mekkora ω_0 esetén lesz a gyűrű ekkor épp r_0 magasan? Hol lesz a gyűrű nagy ω_0 esetén? Numerikus megoldás is elfogadott.

(*Fehér Szilveszter*)

20) Lengő ELTE.

Egyenletes tömegeloszlású, vékony drótból elkészítettük az Eötvös Loránd Tudományegyetem rövidítését, az ELTE betűit, majd kékre festettük (a baloldali ábrán láthatók a méretek megadásával együtt). A festék száradásához mindegyik betűt egyik sarkán (a jobboldali ábrán a P pontban) úgy akasztottuk fel, hogy minden irányban szabadon lengedezzen. Mennyi lesz a papír síkjában az egyes betűk lengési ideje kis kitérésekre?



(Cserti József)