AZ 5. KÁROLYHÁZY FRIGYES FIZIKATANÁRI PROBLÉMAMEGOLDÓ VERSENY FELADATAI

2020. október 22. – november 2.

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

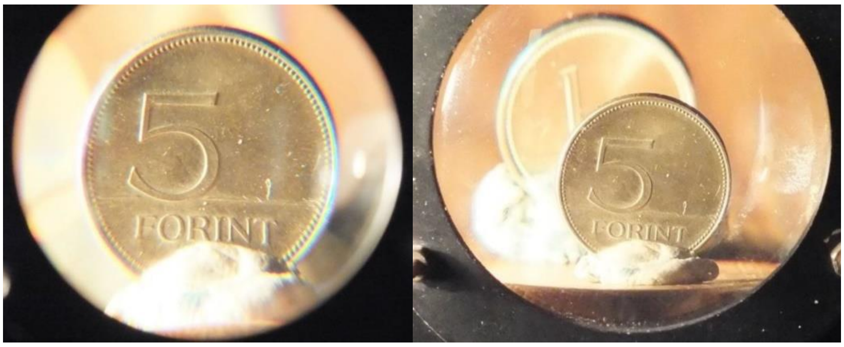
Részletes információ:

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

1. Optikai trükk. A középiskolás fizika tanulmányi versenyeken egyre gyakoribbak az olyan feladatok, amelyek megoldása nem kíván extra ismereteket, sem fizikából, sem matematikából. A feladatok az iskolai tananyag lényegi megértésén túl csak gyakorlati gondolkodást és némi kreativitást igényelnek.

Segítőként évek óta részt veszek a középiskolás diákok számára rendezett *Károly Ireneusz Fizika Tanulmányi Verseny*en, ahol gyakoriak az ilyen feladatok. 2018-ban többek között a következő szokatlan optika-feladatot kellett megoldania a versenyzőknek:

„Egyszerű optikai kísérlet a következő: Egy kisebb és egy nagyobb méretű pénzérmét (régi 1 Ft-os és ma is forgalomban lévő 5 Ft-os érmét) élére állítva egymás mögé helyezünk el néhány centiméter távolságban (hogy az érmék biztosan álljanak, kis gyurmadarabkákkal megtámasztjuk őket). Az érméket gyűjtőlencsén keresztül nézzük. A nagyobb méretű érme a lencséhez közelebb, a kisebb távolabb van. A lencsén átnézve a nagyobb érme nagyított képét látjuk, a kisebb érme takarásban van (*1. fénykép*). Ha a lencsét távolítjuk az érméktől, az eddig takart kisebb érme egyre növekvő nagyított képe láthatóvá válik az első pénzérme mögött (*2. fénykép*).



Feladatok:

- A fényképek alapján jellemezze a lencse tárgyakról alkotott képét!
- Készítsen magyarázó rajzot az első képhez, ami a két tárgyról a lencsére érkező fénysugarakkal bemutatja és magyarázza, hogy a hátrébb álló 1 Ft-os érme miért nem látható a képen!
- Adjon összefüggést, illetve készítsen rajzot arra vonatkozóan, hogy az f fókusztávolságú lencsétől t távolságban elhelyezkedő T_1 méretű tárgytól milyen távol helyezhető el a nála kisebb T_2 méretű tárgy úgy, hogy az utóbbi képe a második fényképhez hasonlóan látható legyen!”

Oldja meg a középiskolásoknak szánt feladatot és elemezze a megoldást szaktanárként! Az elemzésben írja le, hogy milyen szaktárgyi ismeretek alkalmazását, illetve kompetenciák meglétét vizsgálja a feladat, valamint, hogy milyen szempontok alapján értékelné (pontozná) a megoldást.
Készítsen a feladathoz szimulációt *GeoGebra* programmal, ami segíti a jelenség megértését! Saját szimulációjáról készítsen rövid videó-bemutatót, amit középiskolások számára is hasznosíthatónak tart! (A megoldáshoz beadandó a *.ggb* kiterjesztésű fájl is.)

(*Träger Magdolna*)

2. Piave. Az első világháború (1914–1918) utolsó esztendejében, 1918. június 15-én, rövid tüzérségi csapás után indult meg az osztrák-magyar haderő támadása a Piave folyó túlpartján állomásozó olasz csapatok ellen, amely a történelemben a „második piavei csata” néven vált híressé.

a) A támadás sikeres kimenetele érdekében már az offenzíva előtti hetekben megkezdődött a támadásra kiszemelt 11. osztrák-magyar hadsereg és a Boroevic-hadseregcsoport „feltáplálása”, a katonák ugyanis a támadást megelőző héten napi 250 g kenyeret és 150 g húst kaptak. Következtessen ebből az Osztrák-Magyar Monarchia 1918-as gazdasági állapotára!

Útmutatás: 100 g kenyér átlagosan 1000 kJ energiát, 100 g hús 500 kJ energiát tartalmaz. Ismert, hogy a hadjárat idején a katonák átlagos testtömege 50 kg volt, az átlagos testmagasság pedig a századfordulón 170 cm körül lehetett. Azt is tudjuk, hogy az első világháború idején a magyarországi hadkötelezettség korhatára 18–50 esztendő volt. Számolásában alkalmazza a tapasztalati úton megfogalmazott

$$P = \left(\frac{10 \cdot m}{1\ [\text{kg}]} + \frac{6{,}25 \cdot h}{1\ [\text{cm}]} - \frac{5 \cdot a}{1\ [\text{év}]} + s\right)\frac{\text{kcal}}{\text{nap}}$$

összefüggést, ahol P a teljesítménnyel rokon, ún. alapanyagcsere nevű mennyiség, m a személy tömege kg-ban, h a magassága cm-ben, a az életkora évben, s pedig egy tapasztalati úton nyert állandó, amelynek értéke férfiak esetében $s = 5$.

b) A támadás megszervezésének folyamatában az *a)* kérdésben említett „feltáplálást” a szükséges erőfölény megteremtésével kellett elsőként biztosítani, így az alpesi frontszakasz parancsnokának, Conrad von Hötzendorfnak (1852–1925) az offenzívájához a támadás előtti utolsó héten napi 13, egyenként 1500 tonna maximális tömegű száztengelyes katonavonat érkezett be.

Egészre kerekítve becsülje meg, hogy mekkora volt az ilyen szerelvényt húzó gőzmozdony hatásfoka, ha tudjuk, hogy egyetlen ilyen katonavonat haladásához kilométerenként 0,5 mázsa feketekőszénre volt szükség! Mennyire tűnik reálisnak az eredmény a korabeli gőzmozdonyok hatásfokához képest? Ismert, hogy az ilyen katonaszerelvények átlagos sebessége 30 km/h volt, a sínen gördülő, vasúti kocsira jellemző gördülési ellenállási tényező értéke pedig 0,002. Becslésünkben hanyagoljuk el a közegellenállást, illetve tételezzük fel, hogy a szerelvény a megtett útja során egyenletes sebességgel mozgott.

(*Szabó Róbert*)

3. Hibakeresés. Ebben a feladatban idézeteket talál. Keresse meg, hogy a szöveg tudományos szempontból hol hibás, illetve hol kevéssé precíz! Válaszát minden esetben indokolja is meg!

a) „Most olyan kísérletek következnek, amelyek e fizikai fejezet egy-egy témakörére mutatnak példát. Így szó lesz a hőmennyiségről, mint az energia egyik formájáról, a hőtágulásról, a hő terjedéséről, a halmazállapotváltozásokról és a testek hőmérsékletfüggő tulajdonságváltozásairól.”

b) „Számos tapasztalat mutatja, hogy testek súrlódása esetén hő termelődik. Ez azt jelenti, hogy mechanikai munka segítségével nem csak a testek helyzeti vagy mozgási energiáját változtathatjuk meg, hanem hőt termelhetünk. Vagy fordítva, a hőmennyiség mechanikai munkára fogható, ezt bizonyítja a hőerőgépek jelenléte is.”

c) „A nehézségi erő iránya függőlegestől kicsit eltér, mely eltérés mértékét a test földrajzi helyzete határozza meg.”

d) „Középiskolás tanulmányainkból tudjuk, hogy a határozatlansági reláció miatt a részecskék energiája sosem pontosan 0. Ha ezt az ún. nullponti energiát a részecskéktől elvesszük, akkor egy új energiatermelő eszközt építhetne az emberiség.”

e) „A határozatlansági elv abból következik, hogy a mikrorészecskék, mint tömegpontok rendezetlen mozgást végeznek (kvantumnyüzsgés). Ez a mozgás olyan gyors, hogy a mérőeszközeink hibája már nem elhanyagolható, így a méréseink hibáját sosem hanyagolhatjuk el. Ezt fejezi ki a $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar/2$ összefüggés is.”

f) „A Newton által megalkotott első törvény azt fejezi ki, hogy egy test sosem változtatja meg mozgásállapotát, ha arra nem hat erő.”

g) „A $W_{em} = mgh$ emelési munka lehetőséget ad arra, hogy kiszámoljuk, hogy egy testet mekkora munkával tudunk felemelni. Az emeléshez a mozgás legelején a testet gyorsítani is kell, mert a kezdeti sebessége 0, így W_{gy} gyorsítási munkát is kell végeznünk. Azonban ez az összes munkához képest elhanyagolható, ezért használhatjuk a $W_{em} = mgh$ összefüggést.”

(*Tóth Kristóf*)

4. **Kép a víz felett**. Ezen – a jobb láthatóság miatt erősen kontrasztosított – fénykép-részleten a Tihanyi-félsziget déli csücskének vízbe érő „lába” látható a balatonlellei kikötőből fotózva. A felvétel a vízfelszín fölött mintegy három méter magasságból készült. A félsziget-csücsöknek a megfigyelőhelyünktől mért távolsága 19 km. Ha nem lenne a Földnek légköre (de valami csoda folytán minden más ugyanolyan lenne), láthatnánk-e egyáltalán a félsziget lábát innen? A kép tanulsága szerint nemcsak, hogy láthatjuk, de ráadásul meglepő módon a látóhatár (piros segédvonal) fölött „lebegve” figyelhetjük meg. Hogyan lehetséges ez? Adjunk kvalitatív magyarázatot a jelenségre abból a tényből kiindulva, hogy a tó vize képes lehűteni a közvetlenül fölötte levő alsó levegőréteget. Tervezzünk demonstrációs kísérletet (pl. rétegzett sós vagy cukros vizes oldatokat optikai közegként használva), mellyel bemutathatjuk a jelenség lényegét!

(*Vincze Miklós*)

5. Mit tanítsunk humán osztályban? Tegyük fel, hogy humán érdeklődésű osztályt tanít fizikára heti két órában. A gimnázium második osztályában (10. osztály) az elektromosságtan befejezéseként öt órában kell feldolgoznia az elektromágneses hullámok témakörét. Korábban a mechanikai hullámokkal már foglalkoztak, de fizikai fénytannal még nem. Készítsen rövid tanmenetet és az öt órára tanóránként maximálisan egy oldalas óravázlatot a tananyaghoz. Gondolja át, változtatna-e a tanmeneten és az óraterveken, ha online oktatásra kellene áttérni. Röviden indokolja döntését, és az esetleges változtatásokat.

(*Tasnádi Péter*)

6. Művészet. A fizika megértését és tanulását a művészeteken keresztül is lehet segíteni. Készítsen képregényt, amely valamely fizikai törvényhez, fogalomhoz kapcsolódóan segít azt értelmezni, mélyebben megérteni vagy megjegyezni! A művészi szabadság mellett figyeljen arra, hogy a fizikai tartalmak megfelelően jelenjenek meg a kész alkotásban!

(*Träger Magdolna*)

7. Hogyan jutottunk el a klasszikustól a kvantummechanikáig? Írjon esszét a mechanika 18–19. századi fejlődéséről tudománytörténeti szempontok alapján. Részletesen tárgyalja a Newton munkásságának továbbfejlesztésére irányuló törekvéseket (a teljesség igénye nélkül: Bernoulli, D'Alembert, Maupertuis, Euler, Lagrange). Végül, térjen ki a kvantummechanika megalapozását lehetővé tevő formalizmusra (Hamilton, Jacobi, Poisson). Munkája során ügyeljen a források szövegközi idézésére és a munka végén korrekt hivatkozási lista elkészítésére. (A dolgozat ne legyen túlságosan technikai, de bizonyos esetekben meghaladhatja a középiskolás ismeretanyagot.)

(*Kovács Tamás*)

8. Kitüntetés. Az első világháború (1914–1918) alatt „hősies” cselekedetekért kiosztott katonai kitüntetések nagy része a súlyos nyersanyag-hiány következtében nem nemesfémből, hanem olcsóbb alapanyagú fémből, illetve ötvözetből (általában bronzból) készült, amit vékony nemesfém-bevonattal láttak el. Tekintsük most erre példaként a legkiemelkedőbb háborús cselekedetekért kiosztott ún. Arany Vitézségi Érmet!

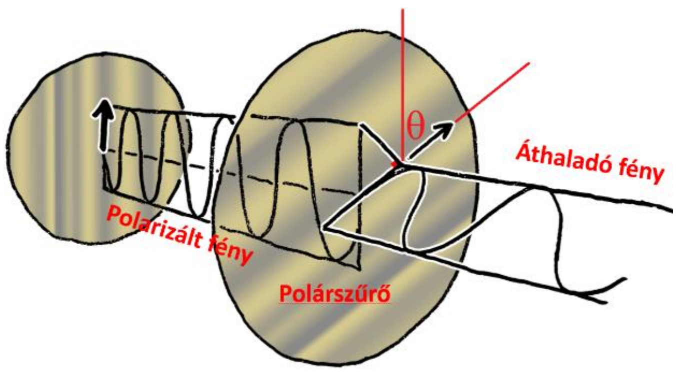
a) Tegyük fel, hogy egy 20 g tömegű Arany Vitézségi Éremről azt szeretnénk megállapítani, hogy mi az alapanyaga, úgy, hogy az érem felületét nem kívánjuk megsérteni. Végezzen kvantitatív becslést egy, a fizikából ismert elemzési módszer segítségével, amivel ellenőrizni tudjuk, hogy a kitüntetés színarany vagy csupán aranyozott bronz volt!

b) Tegyük fel, hogy a korabeli magyar király, IV. Károly (1916–1918) megbízásából a Kalocsai Érseki Főgimnázium fizika-laboratóriumában végezték el azt a megtisztelendő feladatot, hogy egy rézből készített Arany Vitézségi Érmet elektrolízis segítségével egy rendkívül vékony, 0,6 mikron vastagságú aranyréteggel fedtek be. Határozza meg, hogy meddig tartana az elektrolízis folyamata, ha tudjuk, hogy az Arany Vitézségi érem átmérője 40 mm, vastagsága pedig 2 mm volt! Becslésében számoljon a kalocsai gimnáziumban fizikai kísérletekben alkalmazott, 13 A nagyságú egyenáram áramerősségével! Számolásában tekintsen el a kitüntetés fülének és az abban lévő karikának az aranyozásától.

(*Szabó Róbert*)

9. Kvantummechanika középiskolás matematikai eszközökkel. Ha lineárisan polarizált fény esik egy polárszűrőre, mely a beeső fény polarizációs irányával θ szöget zár be, akkor a Malus-törvény értelmében a fényintenzitás $\cos^2\theta$ hányadára csökken az ábra szerint. Mivel a fényintenzitás arányos a fotonok számával, ezért a Malus-törvény azt is kifejezi, hogy a fotonok $\cos^2\theta$ része halad át. Ha azonban a beeső fény intenzitása olyan alacsony, hogy egyszerre csak egy foton esik a polárszűrőre, akkor a $\cos^2\theta$ érték új értelmet nyer: *az egyes fotonok áthaladásának* p *valószínűségét adja meg.*

Bocsátsunk függőlegesen polarizált fotonokat a függőlegessel 20°-os szöget bezáró polárszűrőre és legyen az egyes fotonok áthaladásának $+1$, elnyelődésének pedig -1 a mért értéke.



a) Mennyi a fotonok áthaladására vonatkozó mérés várható értéke?

b) Mennyi a fotonok áthaladására vonatkozó mérés szórása?

c) Mennyi lenne a *b*) kérdés eredménye, ha polárszűrő iránya 25°-ot zárna be a függőlegessel?

d) A *b*) és *c*) kérdésben két fizikai mennyiség szórását határoztuk meg. Mennyi a két mennyiség szórásának szorzata? Változtathatjuk-e úgy a beeső foton-sokaság állapotát, hogy mindkét fizikai mennyiség szórása egyszerre csökkenjen? Lehet-e valamelyik szórás értéke bizonyos állapotokban pontosan 0? Érvényes-e ezekre a mennyiségekre a határozatlansági reláció?

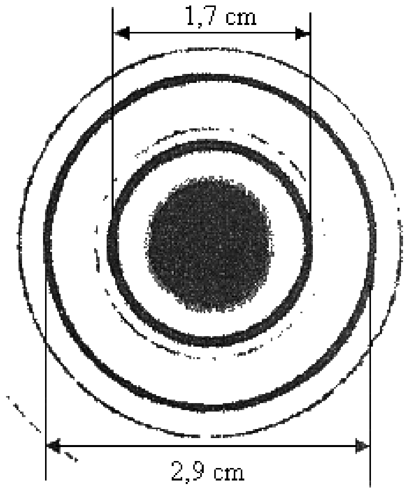
e) Ha tíz, függőlegesen polarizált fotont bocsájtanánk a függőlegessel 20°-ot bezáró polárszűrőre, akkor várhatóan hány foton haladna át? Készítsünk a statisztikai eloszlásról táblázatot és grafikont! Hogyan nézne ki a grafikon, ha 500 foton esne a polárszűrőre? Hogyan jelenik meg a korrespondencia-elv a Malus-törvényben?

(*Tóth Kristóf*)

10. Repülő. A „*Monk, a flúgos nyomozó*” krimisorozat egyik epizódjában az utasszállító repülőgépen ülő nyomozó annak alapján következtet arra, hogy gyanúsítottja pilóta, hogy az illető felemeli a poharát, amikor a gép fordul, hogy ne fröccsenjen ki belőle a bor. Szükséges-e poharunkat felemelni, miközben a repülőgép fordul? Mekkora szöget zár be a pohárban lévő folyadék felszíne a pohár alatt levő asztalka síkjával a kör mentén történő fordulás során?

(*Tél Tamás*)

11. Kristálytan. Kristálysíkok távolságának egyik lehetséges meghatározásai módja, ha adott kristályport 37 pm hullámhosszúságú monokromatikus röntgensugárzással sugárzunk be. A sugárzási irányra merőlegesen, a kristályportól 5,4 cm távolságra helyezett fotólemezen az ábrán látható koncentrikus körökből álló interferencia mintázat jön létre: a röntgensugárzás miatt a fotólemez egyes részei elfeketednek.



a) *Készítsen* egy tipikus röntgenspektrumot ábrázoló intenzitás-hullámhossz-grafikont, és *értelmezze* a spektrum különböző részeit.

b) *Mutassa meg*, hogy 50 kV gyorsítófeszültség esetén a $\lambda = 37$ pm hullámhosszú sugárzás a spektrum része.

c) *Számolja ki* a rendelkezésre álló adatok alapján a $D = 1{,}7$ cm átmérőjű, első rendű maximumot mutató körhöz tartozó rácstávolságot (párhuzamos kristálysíkok közötti távolságot).

d) *Igazolja*, hogy az ábrán jelölt, nagyobb átmérőjű kör nem a *c*) kérdésben számolt rácstávolsághoz tartozik.

(*Hömöstrei Mihály*)

12. Járvány. A betegségek terjedésnek leírására két fő irányvonal alakult ki (populációdinamikai, valamint ügynök modellek). A populációdinamikai megközelítésben a társadalmat különböző csoportokra bontják aszerint, hogy az egyének a járvány mely szakaszában vannak éppen. Az egyes csoportokhoz tartozók számának időbeli változását közönséges differenciálegyenletek segítségével vizsgálják. Ezen modellek közül az egyik legegyszerűbb az ún. SIS-modell. Itt az egyes betűk a Susceptible, azaz „fogékony”, illetve Infectious, fertőző csoportokra utalnak. A betűszóban a második S azt jelzi, hogy a meggyógyult páciensek az S populációba, azaz fogékonyba, kerülnek és ismét elkaphatják ugyanazt a betegséget, szemben a SIR-modellel, ahol a felgyógyultak immunisak (Recovered) lesznek a betegségre. *Habár a modell a jelenlegi helyzet (COVID-19) leírására erős korlátokkal alkalmazható, hiszen még azt sem tudjuk biztosan, hogy a fertőzés ismét elkapható-e, a dinamikai viselkedésről kvalitatív képet mégis alkothatunk segítségével.*

Vizsgáljuk a SIS-modellt analitikusan és numerikusan

$$\frac{\mathrm{d}S}{\mathrm{d}t} = -\frac{\beta SI}{N} + \gamma I,$$
$$\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t} = \frac{\beta SI}{N} - \gamma I,$$

ahol a β fertőzési ráta a terjedést leíró paraméter (annak valószínűsége, hogy egy egészséges elkapja a betegséget egy már fertőzöttől), γ pedig a gyógyulási ráta (lényegében a betegség átlagos hosszának inverze). A teljes populációra érvényes, hogy $N = S + I$ állandó. Keressük meg analitikusan az egyensúlyi állapotokat. Mutassuk meg, hogy ebben a modellben, a

$$R = \beta/\gamma > 1$$

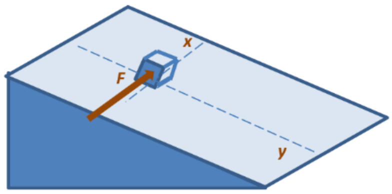
reprodukciós szám esetén a társadalomban permanensen fennmarad a fertőzöttek csoportja.

Elemezzük numerikusan (*Python, MS Excel*) különböző (β, γ) párokra a járvány lefolyását. Ha a reprodukciós szám R kezdetben nagyobb 1-nél, a fertőzöttek számának csökkentése érdekében bizonyos intézkedéseket szükséges bevezetni. Erre lehetőségünk van, ha a fertőzési rátát $\beta(t)$ időben változó paraméternek tekintjük (ezzel modellezve a hatósági vagy önkéntes karantént, távolságtartást, maszkviselést), pl. valamilyen sima, monoton csökkenő függvény formájában, melynek időskálája egybeeshet a betegség átlagos időtartamával, de lehet ettől 1–2 nagyságrenddel hosszabb is. Az intézkedést sikeresnek tekintjük abban az esetben, ha elértük az $R \sim 0{,}9$ értéket. Mutassunk numerikus megoldásokat a különböző forgatókönyvekre.

(*Kovács Tamás*)

13. Súrlódás kétszer. Az α hajlásszögű lejtőn kocka áll. Vizsgáljuk meg mi történik, ha a kockát az alábbiakban megadottak szerint mozgásba hozzuk!

a) A testet F állandó erővel tolva, a lejtő síkjával párhuzamosan (x mentén), a lejtés irányára merőlegesen (y) mozgásba hozzuk és folyamatosan változatlanul toljuk. (A súrlódás olyan nagy, hogy a kocka akkor is rövid idő alatt megáll, ha a lejtőn lefelé kis lökéssel megindítjuk, majd magára hagyjuk. A $\mu_0$tapadási súrlódási együttható megegyezik a csúszásival.) Milyen pályán mozog a test?



b) A testet kis lökéssel a lejtés irányára merőleges v sebességű mozgásba hozzuk (x mentén). Tudjuk, hogy amennyiben a testet a lejtő irányában y mentén indítjuk el kis lökéssel, akkor sebességét megtartva állandó sebességgel csúszik le ($\mu = \mu_0$). Mennyi lesz a test végsebessége?

c) Az utóbbi esetben adjuk meg a test sebességét a sebesség irányának x-től mért szögének függvényében!

(*Tasnádi Péter*)

14. Nap. A Nap belsejében a hőmérséklet nagyjából 10^7 K, az elektronok koncentrációja pedig $10^{32}/\mathrm{m}^3$. Tekinthetjük-e ilyen körülmények között az elektrongázt klasszikus ideális gáznak (Maxwell-Boltzmann statisztika) vagy elfajult Fermi-gáznak ($T \sim 0$), esetleg egyiknek sem?

(*Kovács Tamás*)

15. Mágneses dipolok ütközése. Egy asztalon fekvő két egyforma, pontszerű mágneses rúd mágneses dipólusmomentumai az asztal síkjában, és

a) az őket összekötő egyenesre merőlegesen, egymáshoz képest ellentétes irányban, illetve

b) az őket összekötő egyenessel párhuzamosan, egymáshoz képest azonos irányban állnak.

Az egyik mágnesrúd rögzített, a másik pedig súrlódás nélkül mozoghat az asztalon. Mennyi idő alatt éri el a mozgó mágneses rúd a rögzített mágnest a két rúd közötti vonzóerő hatására? Tegyük fel, hogy a két rúd közötti kölcsönhatás mágneses dipól-dipól kölcsönhatással modellezhető! A mozgás során a mágneses dipólusok iránya végig változatlan.

(*Cserti József*)

16. „Nem tudja azt senki fia, mitől nő az entrópia" (Károlyházy Frigyes). Egy egyetemi hallgató januári kirándulásra készül, miközben tanulja a termodinamikát, amelyből a kirándulást követő napon fog kollokválni. Már elcsodálkozott azon, hogy az entrópiának ugyanaz a mértékegysége, mint a hőkapacitásnak, de most éppen teát készít, és nem akar ebbe mélyen belegondolni. Mégis, miközben a termoszban lévő hideg, 16 C^{o}-os teára rátölt ugyanennyi meleg, 88 C^{o}-osat, a következő kérdés merül fel benne: vajon a hőmérséklet-kiegyenlítődés során bekövetkező entrópianövekedés hányad része lesz a termoszban eredetileg volt tea hőkapacitásának? Segítsünk neki! (Feltételezhetjük, hogy a tea fajhője nem függ a hőmérséklettől, bár ez csak közelítőleg igaz.)

(*Radnai Gyula*)