# A XXXI. Nemzetközi Fizikai Diákolimpia feladatai[1]

## Elméleti forduló[2]

**1. feladat.** *Néhány (egymástól független) probléma.*

**A)** Egy „halálugró” (bungee jumper) leugrik egy hídról. A derekára kötött rugalmas kötél másik vége a hídhoz van erősítve. A hídról lelépve nyugalmi helyzetből kezd zuhanni. A mozgás során az ember nem érinti a vizet. Az ugró ember tömege $m$, a kötél nyújtatlan hossza $L$, a kötél direkciós ereje (az az erő amely a kötelet 1 m-rel nyújtja meg) $k$, a gravitációs állandó $g$.

A feladat során feltételezzük, hogy

– az ember tömegpontként kezelhető,

– a kötél tömege elhanyagolható $m$-hez képest,

– a kötél a Hooke-törvénynek megfelelően viselkedik,

– a légellenállás elhanyagolható.

Határozd meg

**a)** az ugró ember $y$ elmozdulását, amikor először kerül nyugalmi helyzetbe,

**b)** az ugró ember maximális $v$ sebességét az ugrás során,

**c)** azt a $t$ időt, ami addig telik el, amíg az ugró először kerül nyugalmi helyzetbe!

**B)** Egy hőerőgép két egyforma test között működik. A testek hőmérséklete kezdetben $T_A$, ill. $T_B$ ($T_A > T_B$), mindkettő tömege $m$ és fajhője $s$. A testek környezetében a nyomás nem változik, és halmazállapot-változások sem történnek.

**a)** Határozd meg a testek végső $T_0$ hőmérsékletét, ha a hőerőgép az elvileg lehetséges maximális munkát végzi el működése során! (Részletes levezetés szükséges.)

**b)** Vezesd le az így nyerhető maximális munkát kifejező képletet!

**c)** Egy konkrét esetben a hőerőgép két víztartállyal működik, térfogatuk 2,50 m$^3$. Az egyik hőmérséklete 350 K, a másiké 300 K. Számítsd ki a maximálisan nyerhető munkát!

A víz fajhője $4{,}19 \cdot 10^3$ J/kg $\cdot$ K, a víz sűrűsége $1{,}00 \cdot 10^3$kg/m$^3$.

[1] A feladatok megoldását a novemberi számunkban közöljük.

[2] A feladatok kidolgozására 5 óra állt a versenyzők rendelkezésére. A megoldásokat előre elkészített VÁLASZLAPOK megfelelő rovatainak kitöltésével kellett megadniuk, elsősorban egyenletek, számok, képletek, grafikonok formájában. Az itt közölt szövegből a válaszlapokra való utalásokat elhagytuk.

**C)** Tételezzük fel, hogy a Föld keletkezésekor a $^{238}$U és a $^{235}$U izotópok jelen voltak, bomlástermékeik viszont hiányoztak. A $^{238}$U és a $^{235}$U bomlását használjuk fel a Föld $T$ életkorának meghatározásához.

**a)** A $^{238}$U izotóp felezési ideje $4{,}50\cdot 10^9$ év. A bomlástermékek felezési ideje ehhez képest olyan rövidnek tekinthető, hogy létezésüket első közelítésben elhanyagolhatjuk. A bomlási sorozat végül a stabil $^{206}$Pb izotópban végződik.

Fejezd ki a $^{238}$U izotóp bomlása során keletkező $^{206}$Pb atomok számát (jelöld ezt a számot $^{206}n$-nel), az adott időpontban levő $^{238}$U atomok számával (jelöld ezt a számot $^{238}N$ -nel) és a $^{238}$U felezési idejével, az idő függvényében! (Célszerű az időt $10^9$ év egységekben mérni.)

**b)** Hasonlóan az előbbi pontban leírtakhoz a $^{235}$U izotóp $0{,}710\cdot 10^9$ év felezési idővel rövid felezési idejű bomlástermékeken keresztül stabil $^{207}$Pb izotópot eredményez. Fejezd ki $^{207}n$ -t $^{235}N$-nel és a $^{235}$U felezési idejével az idő függvényében!

**c)** Uránércet ólomérccel keverve vizsgáltunk tömegspektrométerrel. A $^{204}$Pb, $^{206}$Pb és $^{207}$Pb izotóp relatív koncentrációjának mérése az adott atomok számának következő arányát eredményezte: $1{,}00:29{,}6:22{,}6$. A $^{204}$Pb izotópot használtuk referenciaként, mivel ez az izotóp *nem* radioaktív. A tiszta ólomérc vizsgálata a következő arányokat eredményezte: $1{,}00:17{,}9:15{,}5$. Tudjuk, hogy a $^{238}N$ : $^{235}N$ arány 137 : 1. Vezess le egy egyenletet, amelynek $T$ az ismeretlene!

**d)** Határozd meg $T$ közelítő értékét! A számolás során feltételezheted, hogy $T$ sokkal nagyobb, mint bármely uránizotóp felezési ideje.

**e)** Láthatjuk, hogy ez a közelítő érték nem sokkal nagyobb, mint a hosszabb felezési idő, de felhasználható egy sokkal pontosabb $T$ érték meghatározására. Ilyen módon (vagy akár más módszerrel) becsüld meg a Föld életkorát 2 %-os pontossággal!

**D)** Tekintsünk egy $Q$ töltésű, homogén töltéssűrűségű, vákuumban lévő $R$ sugarú gömböt!

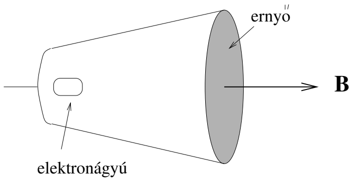
**a)** Határozd meg az elektromos térerősséget a gömb középpontjától mért $r$ távolság függvényében $r\le R$ és $r>R$ esetében!

**b)** Határozd meg a teljes elektromos mező energiáját az adott töltéseloszlás esetén!

**E)** Egy vékony, kör alakú rézgyűrű forog a Föld mágneses terében egy rögzített függőleges tengely körül, amely egyben a gyűrű átmérője is. A Föld mágneses terének indukcióvektora az adott pontban 44,5 $\mu$T, az indukcióvektor iránya a vízszintessel $64^\circ$-os szöget zár be.

Számítsd ki, mennyi idő alatt csökken a gyűrű szögsebessége az eredeti szögsebesség felére! Ez az idő sokkal nagyobb, mint a forgás periódusideje. A réz sűrűsége $8{,}90\cdot 10^3$ kg/m$^3$, fajlagos ellenállása pedig $1{,}70\cdot 10^{-8}$ $\Omega$m. Tételezd fel, hogy a súrlódási effektusok elhanyagolhatók, valamint az önindukció jelensége is elhanyagolható (még akkor is, ha ez egyébként számottevőnek bizonyulna)!

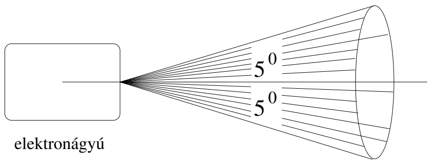
**2. feladat.** *Az elektron fajlagos töltésének meghatározása.*




*1. ábra*

**a)** Egy katódsugárcsövet homogén, **B** indukciójú mágneses mezőbe helyezünk. A katódsugárcső egy elektronágyúból és egy ernyőből áll. A katódsugárcső elektronsugarának tengelye párhuzamos a **B** mágneses indukcióvektorral, ahogy azt az *1. ábra* szemlélteti.

Az elektronsugár az anódot elhagyva a tengely mentén halad, de attól legfeljebb 5°-os szögben szóródik (*2. ábra*). Általában egy elmosódott foltot lehet látni az ernyőn, de a $B$ mágneses indukció bizonyos értékeinél egy élesen fókuszált pont jelenik meg.



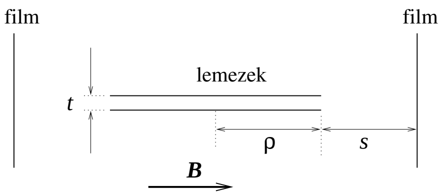

*2. ábra*

Egy elektron mozgását tanulmányozva, amint $\beta$ szögben mozog a tengelyhez képest (ahol $0 \le \beta \le 5°$), továbbá megvizsgálva az elektron mozgásának a tengellyel párhuzamos és arra merőleges komponensét, vezess le egy összefüggést az elektron fajlagos töltésére, azaz az $e/m$ hányados meghatározására az alábbi mennyiségek függvényében:

– a legkisebb $B$ mágneses indukcióvektor értéke, amely a fókuszáláshoz szükséges,

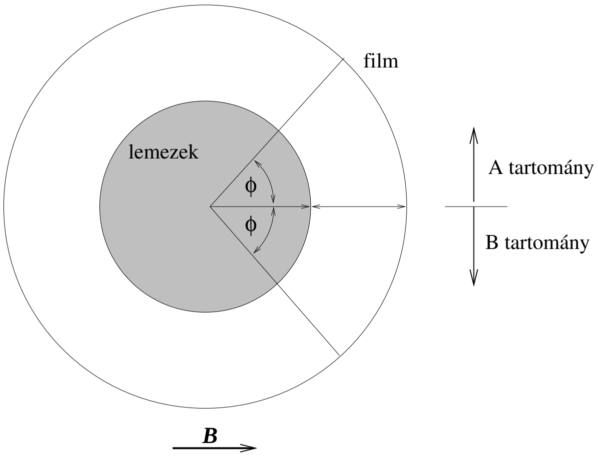
– az elektronágyú $V$ gyorsító feszültsége (vedd figyelembe, hogy $V < 2$ kV),

– az anód és az ernyő közti $D$ távolság.




*3. ábra*

**b)** Tekintsünk egy másik módszert az $e/m$ arány meghatározására! Az elrendezést a *3. ábra* mutatja oldalnézetben, a *4. ábra* pedig felülnézetben, a **B** mágneses indukcióvektor irányának feltüntetésével. Ebben a homogén **B** mágneses indukcióvektorú mágneses mezőben két kör alakú, $\varrho$ sugarú sárgaréz lemez található, amelyek egymástól nagyon kis $t$ távolságra helyezkednek el. A lemezek közötti elektromos feszültség $V$. A lemezek egymással párhuzamosak és koaxiálisak, a tengelyük a mágneses indukcióvektorra




*4. ábra. Az elrendezés felülnézete. A felső lemez pozitív töltésű, ha $V > 0$.*

merőleges. A kör alakú lemezeket egy $\varrho+s$ sugarú henger veszi körül, melynek belső felületét fényérzékeny film borítja. (Más szavakkal: a film $s$ távolságra van a lemezek szélétől.) Az egész elrendezés vákuumban van, $t$ sokkal kisebb, mint $s$, illetve $\varrho$.

A lemezek középpontjai közé egy pontszerű $\beta$-részecske forrást helyezünk, amely minden irányba egyenletesen, egy bizonyos sebességtartományban bocsát ki részecskéket. *Ugyanazt a filmet* használjuk a következő három esetben:

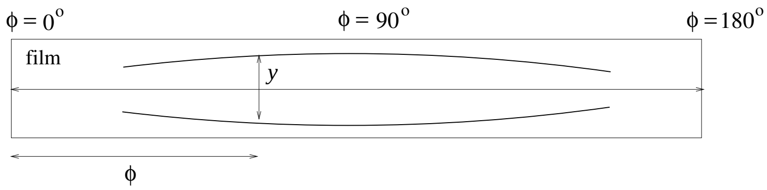
először $B=0$ és $V=0$,

másodszor $B=B_0$ és $V=V_0$,

harmadszor $B=-B_0$ és $V=-V_0$,

ahol $B_0$ és $V_0$ pozitív állandók. Vedd figyelembe, hogy a felső lemez pozitív töltésű, amikor $V>0$ (negatív töltésű, amikor $V<0$). A mágneses indukcióvektor irányát a *3. ábra* és a *4. ábra* $B>0$ esetben mutatja (ellentétes irányú, amikor $B<0$).

Ebben a részben feltételezheted, hogy a lemezek közötti távolság elhanyagolhatóan kicsi. A filmen, ahogy azt a *4. ábra* szemlélteti, két tartományt ($A$ és $B$) különböztetünk meg. A film besugárzása és előhívása után az *5. ábrán* vázolt minta látható. Döntsd el, hogy az ábra melyik tartományt, $A$-t vagy $B$-t ábrázolja! Indoklásodban mutasd meg, hogy milyen irányú erők hatnak az elektronra!




*5. ábra.*

**c)** Az *5. ábrán* látható minták közötti $y$ távolság mikroszkópos mérésének adatait és a nekik megfelelő $\Phi$ értékeket az alábbi táblázat tartalmazza, ahol $\Phi$ a mágneses indukcióvektor iránya, valamint a lemezek középpontját és a film adott pontját összekötő egyenesek által bezárt szög (lásd a *4. ábrát*).

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| szög (fokban) | $\Phi$ | 90 | 60 | 50 | 40 | 30 | 23 |
| távolság (mm-ben) | $y$ | 17,4 | 12,7 | 9,7 | 6,4 | 3,3 | nyom vége |

A rendszer paramétereinek numerikus értékei a következők: $B_0=6{,}91$ mT, $V_0=580$ V, $t=0{,}80$ mm, $s=41{,}0$ mm. További adatok: a fény vákuumbeli sebessége: $3{,}00\cdot10^8$ m/s, az elektron nyugalmi tömege $9{,}11\cdot10^{-31}$ kg.

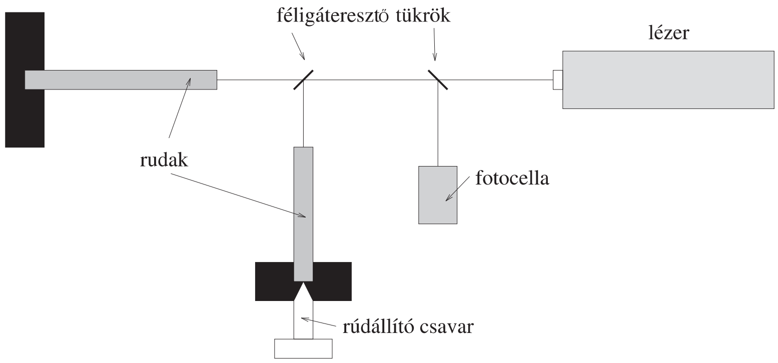
Határozd meg a $\beta$-részecskék legnagyobb megfigyelt mozgási energiáját eV egységben!

**d)** Felhasználva a ($c$) rész eredményét, egy megfelelő grafikon segítségével határozd meg numerikusan az elektron töltésének és a nyugalmi tömegének hányadosát! (Jelezd algebrai formában az ábrázolt mennyiségeket a grafikon mindkét tengelyén!)

Vedd figyelembe, hogy a kapott eredmény — a megfigyelést befolyásoló szisztematikus hiba következtében — nem feltétlenül egyezik a közismert értékkel.

**3. feladat.** *Gravitációs hullámok és a gravitáció hatása a fényre.*

**A)** Ez a rész csillagászati események által kiváltott gravitációs hullámok detektálásának nehézségeivel foglalkozik. Gondold meg, hogy egy távoli szupernóva-robbanás a Föld felszínén mindössze $10^{-19}$ N/kg nagyságrendű ingadozásokat okozhat a gravitációs térerősségben!




*6. ábra.*

Egy gravitációs hullám detektor modellje (*6. ábra*) két darab, 1 m hosszú, egymásra merőleges fémrúdból áll. Mindkét rúd egyik vége optikailag simára van csiszolva, a másik vége pedig mereven rögzített. Az egyik rúd állítható (lásd a *6. ábrát*), és a helyzete úgy van beállítva, hogy a fotocella által mért jel minimális legyen.

A rudaknak piezoelektromos eszköz segítségével egy rövid, éles longitudinális impulzust adunk. Ennek eredményeképp a rudak szabad végei $\Delta x_t$ kitéréssel rezegni kezdenek, ahol

$$\Delta x_t = ae^{-\mu t}\cos(\omega t + \varphi),$$

és $a$, $\mu$, $\omega$ és $\varphi$ állandók.

**a)** A mozgás amplitúdója 50 s alatt 20 %-kal csökken. Határozd meg $\mu$ értékét!

**b)** A longitudinális hullámok sebessége: $v = \sqrt{E/\varrho}$. Határozd meg $\omega$ legkisebb értékét, ha a rudak alumíniumból készültek! Az alumínium sűrűsége $\varrho = 2700\ \mathrm{kg/m^3}$, Young-modulusa $E = 7{,}1 \cdot 10^{10}$ Pa.

**c)** A rudakat nem lehet teljesen egyforma hosszúra készíteni, ezért a fotocella által mért jel 0,005 Hz frekvenciával lebeg. Mekkora a rudak hosszának különbsége?

**d)** A $g$ gravitációs térerősség $\Delta g$ megváltozásának hatására az $\ell$ hosszúságú rúd hossza $\Delta\ell$ értékkel változik meg. A gravitációs térerősség változásának iránya az egyik rúddal párhuzamos. Vezess le $\Delta\ell$ értékére egy algebrai kifejezést a rúd $\ell$ hosszának és anyagi állandóinak függvényében!

**e)** A lézer fénye monokromatikus, hullámhossza 656 nm. Az interferenciacsíkok legkisebb eltolódása, amit detektálni lehet, a lézer hullámhosszának $10^{-4}$-szerese. Legalább mekkora legyen $\ell$, ha azt akarjuk, hogy egy ilyen rendszer képes legyen detektálni $g$ értékének $10^{-19}$ N/kg nagyságrendű változásait?

**B)** Ez a rész azzal foglalkozik, hogyan befolyásolja a gravitációs mező a fény terjedését az űrben.

**a)** A Nap (tömege $M$, sugara $R$) felszínéről kilépő fotonok vöröseltolódást szenvednek. Newton gravitációs elméletének segítségével bizonyítsd be, hogy a foton frekvenciája a Naptól végtelen messze $(1 - GM/Rc^2)$-szeresére csökken (vöröseltolódás)! A foton nyugalmi tömegének az energiájával ekvivalens tömeget tekintsd!

**b)** A foton frekvenciájának csökkenése a periódusidejének növekedésének felel meg, ez pedig — a fotont standard órának használva — az idő dilatációjával egyenértékű. (Meg lehet mutatni, hogy az idődilatáció mindig együtt jár a hosszúság egységének ugyanilyen mértékű kontrakciójával.)

A továbbiakban megpróbáljuk tanulmányozni ennek a jelenségnek a hatását a Nap közelében elhaladó fénysugárra. Először definiáljuk az $n_r$ effektív törésmutatót a Nap középpontjától $r$ távolságra. Legyen

$$n_r = \frac{c}{c'},$$

ahol $c$ a fénysebesség egy olyan koordináta-rendszerben, ahol a Nap gravitációs hatása már elhanyagolható ($r \to \infty$), és $c'$ a fénysebesség egy a Nap középpontjától $r$ távolságra lévő koordináta-rendszerben.

Mutasd meg, hogy ha $GM/rc^2$ kicsi, akkor $n_r$ a következő képlettel közelíthető:

$$n_r = 1 + \frac{\alpha GM}{rc^2},$$

ahol $\alpha$ egy általad meghatározandó állandó.

**c)** Ennek az $n_r$-t megadó kifejezésének a segítségével számold ki (radiánban) egy olyan fénysugárnak az eltérülését, amely épp érinti a Nap szélét!

*Adatok:*

A gravitációs állandó $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ $\mathrm{Nm^2/kg^2}$,

a Nap tömege $M = 1{,}99 \cdot 10^{30}$ kg,

a Nap sugara $R = 6{,}95 \cdot 10^{8}$ m,

a fénysebesség $c = 3{,}00 \cdot 10^{8}$ m/s.

Szükséged lehet a következő integrálra:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dx}{(x^2 + a^2)^{3/2}} = \frac{2}{a^2}.$$

## Kísérleti forduló[3]

**1. feladat.** *Mágneses korong.*

Ebben a mérési feladatban *szükséges* a mérési hiba feltüntetése minden mért adatnál, eredménynél és a grafikonokon.

*A mérés célja:* a lejtőn lecsúszó korongra ható erők vizsgálata.

**Figyelem!**

*Ne nyúlj kézzel* a korong kör alakú felületeihez és a lejtőt borító papírhoz! Használd a kiadott kesztyűt! A korong két oldalára a megkülönböztethetőség érdekében különböző színű papírokat ragasztottak, de a két papírborítású oldalt a súrlódás szempontjából tekints egyformának!

*Időmérés*

A pálya alatt elhelyezett érzékelők (szenzorok) a fekete dobozban egy elektronikus kaput triggerelnek. Amíg a korong a két szenzor között van, a dobozon egy zöld LED világít. Egy multiméter segítségével mérni tudjuk a dobozban lévő kondenzátor feszültségét. Mialatt a zöld fény világít, ez a kondenzátor egy (állandó áramú) áramgenerátorra van kapcsolva (melynek árama egyenesen arányos a telep feszültségével). A feszültségmérő által mutatott érték tehát méri azt az időt, amit a korong a szenzorok között tölt. Ebből meghatározható a korong sebessége relatív egységekben.

*Az időmérő működtetése*

**(i)** *Nyomd meg és tartsd lenyomva* a doboz oldalán lévő fekete nyomógombot! Ez bekapcsolja az elektronikát.

**(ii)** Ha a zöld lámpa ég, csúsztasd el a korongot (világos oldalával felfele) az alsó szenzor felett! A zöld fénynek ki kell aludnia.

**(iii)** A kondenzátor feszültségét a korong elengedése előtt nullázni kell. Ehhez nyomd le a dobozon lévő piros gombot legalább 10 másodpercig!

**(iv)** A telep feszültségét úgy lehet megmérni, hogy a multimétert a doboz „telep” jelű kimenetéhez csatlakoztatod.

*Definíciók*

**(i)** Egy lejtőn lecsúszó testre a nehézségi erőn kívül egy lejtővel párhuzamos $F$ fékezőerő és egy lejtőre merőleges $N$ kényszererő hat. Legyen

$$\xi = \frac{F}{N}.$$

**(ii)** Ha a fékezőerő egyedül a súrlódás következménye, $\xi$ megegyezik $\mu_s$-sel, a felületre vonatkozó csúszási súrlódási együtthatóval. Ez független a sebességtől.

[3] A mérési feladatok kidolgozására $2 \times 2{,}5$ óra állt a versenyzők rendelkezésére.

**(iii)** Ha a korong kék színű oldala érintkezik a lejtővel, legyen

$$\xi_d = \frac{F_d}{N},$$

ahol az $F_d$ tangenciális erőt részben a súrlódás, részben a mágneses effektus okozza.

**(iv)** A $\xi_{ds}$ változót, amely csak a mágneses effektust írja le, definiáljuk így:

$$\xi_{ds} = \xi_{ds} - \mu_s.$$

*Fontos figyelmeztetések és tanácsok*

**(i)** Célszerű a korong viselkedését először csak kvalitatíven (számszerű mérések nélkül) vizsgálni.

**(ii)** Mielőtt kvantitatív (számszerű) vizsgálódásba kezdesz, gondold végig a jelenség fizikáját! Ahol lehet, használj grafikus ábrázolást!

**(iii)** Ne próbáljál túl sok mérési adatot leolvasni, hacsak nincs nagyon sok idődő!

**(iv)** Egy *elektrolit* kondenzátor feszültségét fogod mérni. Ez nem teljesen úgy működik, mint egy egyszerű kondenzátor: egy lassú kisülés természetes, és így a feszültsége nem marad teljesen állandó.

**(v)** Egy korongot és egy 9,0 V-os telepet kapsz. Takarékoskodj az elemmel! A kondenzátort feltöltő állandó áram egyenesen arányos a telep feszültségével. Ezért ajánlatos a telep feszültségét a mérés során figyelemmel kísérni. Ráadásul, ha a telep feszültsége 8,4 V alá esik, a szenzorok nem működnek megbízhatóan. Ha ez bekövetkezik, kérj másik telepet!

**(vi)** A válaszlap-csomagodban csak 4 milliméterpapír található. Többet nem kaphatsz! A korongot a mérés végén megtarthatod.

**(vii)** Ha a multiméter működésével problémád van, szólj a teremfelügyelőnek!

*Adatok*

A korong súlya $5{,}84 \cdot 10^{-2}$ N. A korong szenzorok közti áthaladási idejét a voltmérő mutatja. Ha a telep feszültsége éppen 9,0 V, akkor 1 V-nak 0,213 s idő felel meg. A szenzorok távolsága 0,294 m.

*Kísérlet*

Vizsgáld meg – kizárólag a rendelkezésedre álló berendezéssel – hogyan függ $\xi_{ds}$ a korong $v_\theta$ sebességétől! Itt $v_\theta$ a korong sebességét jelöli a lejtős pálya vízszintessel bezárt $\theta$ szögének függvényében!

Add meg azokat az algebrai egyenleteket (összefüggéseket), amelyeket az eredményeid analíziséhez és a grafikonok megrajzolásához használtál!

Javasolj egy kvantitatív modellt, amely megmagyarázza eredményeidet! Használd fel az általad mért adatokat a modell igazolásához!

**2. feladat.** *CD-ROM spektrométer.*

Ebben a mérési feladatban *nem kell* feltüntetned a mérési hibákat!

*A mérés célja:* egy grafikon felvétele, amely egy fotoellenállás vezetőképességét[5] ábrázolja a fény hullámhosszának függvényében a látható tartományában.

Ez a mérési feladat öt részből áll:

• Hozd létre az **A** izzólámpa (12 V, 50 W-os volfrám izzó) elsőrendű spektrumát egy meghajlított rács (egy CD-lemez darabja) segítségével!

• Mérd meg és ábrázold a fotoellenállás vezetőképességét a hullámhossz függvényében, amint az ellenállást végigvezetjük az elsőrendű spektrum előtt!

• Mutasd meg, hogy az izzószál közelítően abszolút fekete testként viselkedik!

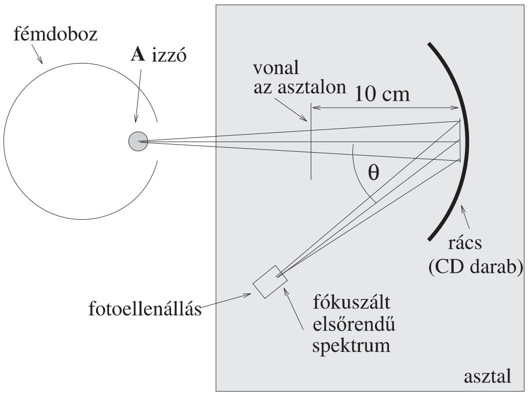
• Határozd meg az **A** izzószál hőmérsékletét, ha azon 12 V feszültség esik!

• Korrigáld a vezetőképesség–hullámhossz grafikont, figyelembe véve, hogy az **A** izzó energiakibocsájtása hullámhosszfüggő!

*Figyelem!*

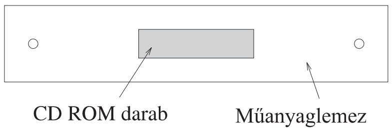
Óvatosan bánj a forró felületekkel! A **B** izzóra nem szabad 2,0 V-nál nagyobb feszültséget kapcsolni! Ne használd a multimétert ellenállásmérő állásban semmilyen működő áramkörben!

*A feladat részletes leírása*

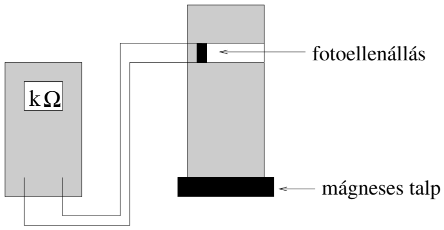



*7a. ábra. Kísérleti elrendezés az (a) részhez.*

**(a)** A mérőeszköz elrendezése (lásd a *7a. ábrát* és annak két részletét a *7b.* és *7c. ábrán*) olyan, hogy az **A** izzó fénye merőlegesen essen a meghajlított rácsra, a fotoellenállás pedig a fókuszált elsőrendű spektrumban helyezkedjen el. Mozgasd végig a fotoellenállást az elsőrendű spektrumon, és figyeld meg, hogyan változik közben az ellenállása! (Ezt az értéket az X jelű műszerrel mérd!)




*7b. ábra. A kísérleti elrendezés egy részlete: a rács.*




*7c. ábra. A kísérleti elrendezés egy részlete: a fotoellenállás és a multiméter.*

[5] vezetőképesség: $G = 1/\text{ellenállás}$ (mértékegysége a siemens, $1\,\mathrm{S} = 1\,\Omega^{-1}$).

**(b)** **(i)** Mérd meg a fotoellenállás $R$ ellenállását az elsőrendű spektrum különböző helyein!

**(ii)** Ábrázold a fotoellenállás $G$ vezetőképességét a $\lambda$ hullámhossz függvényében a rendelkezésedre álló milliméterpapíron!

*Megjegyzés:* A $\theta$ szög, amelyet az elsőrendű spektrum $\lambda$ hullámhosszú komponense és a rácsról visszavert fehér fény bezár (lásd a *7a. ábrát*) a következőképpen határozható meg:

$$\sin\theta = \lambda/d,$$

ahol $d$ a rács rácsállandója. A rács milliméterenként 620 vonalat tartalmaz.

A (b) alfeladat (ii) részében ábrázolt grafikon nem tükrözi hűen a fotoellenállás érzékenységét a hullámhossz függvényében, mivel az **A** izzó sugárzási karakterisztikáját nem vettük figyelembe. A következő (c) és (d) pontokban ezt a karakterisztikát tanulmányozzuk, hogy az (e) pontban azután ábrázoljuk a korrigált eredményt.

**Figyelem!**

*A (c) részben alkalmazott három multiméter árammérésre szolgál. Ezeket* **NEM** *szabad átállítani vagy elmozdítani! Feszültségmérésre csak a negyedik (X-szel jelölt) multimétert használd!*

**(c)** Amennyiben az 50 W-os izzószál abszolút fekete testként viselkedik, megmutatható, hogy a rá eső feszültség és a rajta átfolyó áramerősség között a következő összefüggés áll fenn:

$$V^3 = CI^5,$$

ahol $C$ állandó. Mérd meg a fémdobozban található **A** izzó összetartozó $V$ és $I$ értékeit! Az áramerősségmérő már be van kötve, nem kell rajta állítanod.

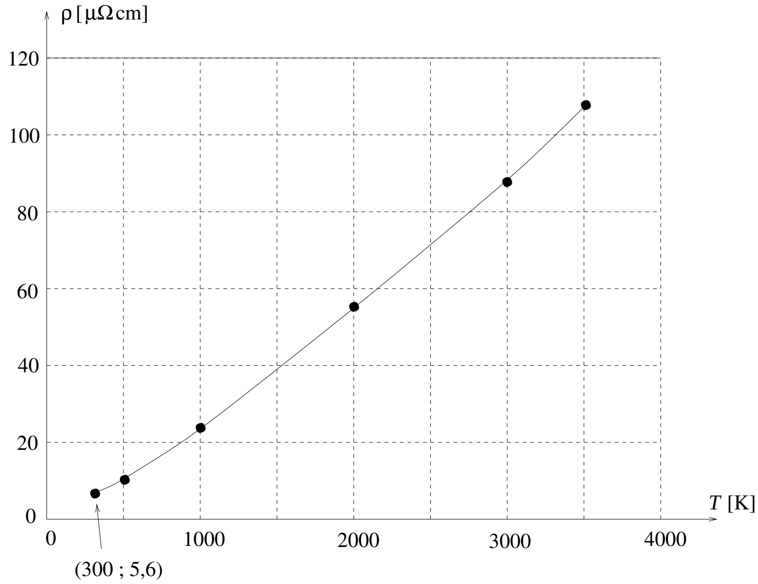
**(i)** Írd be a mért adatokat és a számított értékeket a válaszlap megfelelő táblázatába!

**(ii)** Készíts milliméterpapíron egy megfelelő grafikont, ami igazolja, hogy az izzó fekete testként viselkedik!

**(d)** Ahhoz, hogy korrigálni tudjuk a (b) alfeladat (ii) részében ábrázolt grafikont, tudnunk kell, hogy mennyi az **A** izzó hőmérséklete működés közben. Ez megállapítható az izzó ellenállásának hőmérsékletfüggéséből.

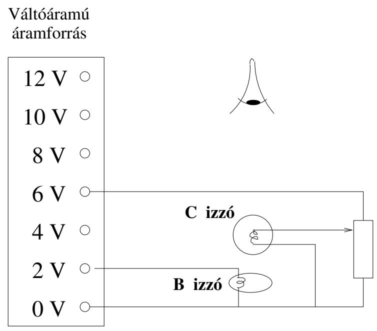
*Rendelkezésedre áll egy grafikon (8. ábra), amely a volfrám fajlagos ellenállását ábrázolja (*$\mu\Omega$ cm *mértékegységben) a kelvin-skálán mért hőmérséklet függvényében.*

Ha az **A** izzószál ellenállását meg tudjuk mérni egy ismert hőmérsékleten, akkor a 12 V feszültséggel működő izzószál hőmérséklete meghatározható az ezen a feszültségen mért ellenállásból. Sajnos azonban szobahőmérsékleten az izzószál ellenállása olyan kicsi, hogy a rendelkezésre álló műszerekkel nem mérhető megfelelő pontossággal. Azonban rendelkezésedre áll egy másik, kisebb izzó (**C**), melynek nagyobb az ellenállása, és így könnyen megmérhető szobahőmérsékleten is. A **C** izzó használatát az alábbiakban írjuk le. Rendelkezésedre áll egy **B** izzó, amely ugyan olyan, mint az **A** izzó (12 V, 50 W). A **B** és **C** izzókat a *9. ábrán* szemléltetett módon helyeztük el, és ennek megfelelően kapcsoltuk össze.




*8. ábra. A volfrám fajlagos ellenállása az abszolút hőmérséklet függvényében.*

**(i)** Mérd meg **C** izzó ellenállását szobahőmérsékleten, amikor nincs feszültség rákapcsolva! (Használd az X jelű multimétert ellenállásmérőként! Vedd a szobahőmérsékletet 300 K-nek!) Írd be az $R_{C_1}$ mért értékét a válaszlapra!




*9. ábra. Az ábrán a multiméterek nincsenek feltüntetve.*

**(ii)** Használd a *9. ábrán* szemléltetett kapcsolást a **B** és **C** izzószálak összehasonlítására! A változtatható ellenállás segítségével változtasd a **C** izzó áramát úgy, hogy a két átfedő izzószál azonos hőmérsékleten izzon. (Ha a kicsi izzószál hőmérséklete alacsonyabb, mint a nagyobbé, akkor úgy látható, mint egy kis fekete hurok.) Amikor elérted az azonos hőmérsékletű állapotot, mérd meg a **C** és **B** izzók ellenállását ($R_{C_2}$ és $R_B$)! Ne felejtsd el, hogy az árammérők már megfelelően vannak kapcsolva!

**(iii)** Felhasználva a rendelkezésre álló fajlagos ellenállás–hőmérséklet grafikont, határozd meg a **B** és **C** izzó hőmérsékletét, amikor azok megegyeznek! Jelöld ezt $T_{2\,\mathrm{V}}$-vel, és írd be a válaszlapra!

**(iv)** Mérd meg az **A** izzószál ellenállását, amikor az 12 V váltófeszültségre van kapcsolva! Jelöld ezt az értéket $T_{12\,\mathrm{V}}$-vel és rögzítsd az eredményt a válaszlapon! Az árammérők már megfelelően vannak kapcsolva!

**(v)** Használd fel az **A** izzó 2 V, illetve 12 V feszültségen mért ellenállásértékeit, továbbá a hőmérsékletét 2 V feszültség esetén, és ezek alapján határozd meg az **A** izzó hőmérsékletét, amikor 12 V-os feszültségre van kapcsolva! Írd be ezt a $T_{12\,\mathrm{V}}$-vel jelölt hőmérsékletet a válaszlapra!

*Rendelkezésedre állnak azok a grafikonok (Planck-görbék), amelyek a fekete test sugárzásának relatív intenzitását adják meg* 2000 K, 2250 K, 2500 K, 2750 K, 3000 K *és* 3250 K *hőmérsékleteken.* (A versenyzők megkapták a grafikonokat, de ebben az ismertetésben — helyszűke miatt — nem közöljük ezeket.)

**(e)** Felhasználva ezeket a grafikonokat és a (d) alfeladat (v) részének eredményét, határozd meg a fotoellenállás korrigált vezetőképességét (relatív egységekben) a hullámhossz függvényében! Eredményeidet írd be a válaszlap megfelelő helyére és ábrázold milliméterpapíron! Feltételezheted, hogy a fotoellenállás vezetőképessége egyenesen arányos a sugárzás intenzitásával az adott hullámhosszon! (Ez a feltételezés jogos a kísérlet alacsony intenzitásértékei mellett.) Tételezd fel továbbá, hogy a rács az elsőrendű spektrum minden részét azonos intenzitással veri vissza!

## VI. KöMaL Nyári Fizika Tábor – Pacsa, 2000.

A nagykanizsai Zsigmondy-Winkler Műszaki Középiskola fizika munkaközössége és a KöMaL idén is megrendezte hagyományos nyári táborát. A korábbi évek gyakorlatának megfelelően a KöMaL (akkor még lezáratlan) fizika pontversenyének „éllovasai”, kb. ötven (9., 10. és 11. osztályos) tanuló kapott meghívót a rendezvényre. Közülük mintegy harmincan éltek is a lehetőséggel, és július elején együtt töltöttek egy nagyon jó hangulatú hetet a Zala megyei Pacsa Sportkollégiumában. A (fizika) olimpiai csapat idén nem „edzhetett” a fiatalabbakkal együtt, mint ahogy azt előző évben tették, mert a két esemény időben egybeesett.

A résztvevők – akik között érdekes módon egyetlen budapesti diák sem volt – 3-4 fős csapatokban kötetlen időbeosztással „dolgoztak”. A különböző korú és különböző városokból érkezett csapattagok akár közösen, akár pedig külön-külön láthattak neki a napi 5 (kb. kétszerennyiből kiválasztható) elméleti és 1 mérési feladatnak, melyek megoldását legkésőbb a vacsora után, de még az esti előadás előtt adhatták be. Színesítette a tábort az a három német diák, akiket Boschán Péter, a Münsteri Egyetem asztrofizika professzora hozott el az ottani középiskolás szakkörről. Nyelvi nehézségek nem nehezítették a vendégek munkáját (a feladatokat német fordításban kapták kézhez, s a megoldást is írhatták az anyanyelvükön), a magyar csapattársak pedig egész nap élvezhették az alkalmi nyelvgyakorlást.

A program része volt egy félnapos kirándulás (kánikulai melegben, tűző napon), melyen gyaloglás közben egy becslési feladatot is kaptak a csapatok. Segédeszközök (táblázatok, kézikönyvek) nélkül azt kellett megtippelniük, hogy mennyi idő alatt forralna fel 1 kg vizet 1 kg „napanyag”. (Korábban a budapesti Móricz Gimnázium tükrös távcsövével napfoltokat figyeltünk meg, az előző esti előadás pedig a Napról, annak fizikai folyamatairól szólt. A Nap még a kirándulás után is sokáig beszédtéma maradt, mert az egyik diák – szerencsére enyhe – napszúrást kapott.)

A feladatok közül a legnagyobb sikert a „konstrukciós verseny” aratta. Ennek során olyan „repülő alkalmatosságokat” kellett készíteni, melyek a lehető leghosszabb ideig képesek a levegőben maradni, ha (a) a földről, (b) a kollégium 2. emeleti ablakából indítjuk azokat. Nagyon sokféle, szellemesebbnél szellemesebb megoldást láthatott a zsűri: formatervezett repülőgépet, tollpihét, szifonpatronból készített rakétát, melyet egy vastag vascsőből készített „gránátvetőből” indítottak. A nyertes csapat egy szétszerelt zsebtelep és (vasárnap) a helyi gyógyszertárban vásárolt sósav segítségével hidrogént fejlesztett, ezzel fújt fel egy lufit.

A tábor főszervezője Bödéné Németh Margit tanárnő volt. A szakmai munkát Részeg Anna, Varga István és Gnädig Péter irányította, munkájukat a tavalyi nemzetközi diákolimpia ezüstérmese, a sokszoros pacsai táborozó Péterfalvi Csaba, az ELTE geofizikus hallgatója segítette. Sok hasznos mérőeszközt és fizika kézikönyvet kaptunk kölcsön a pacsai Általános Iskolából, Kovácsné Lugosi Mária tanárnőtől, azt pedig, hogy a részvételi díj a tényleges költségnél lényegesen alacsonyabb volt, számos nagykanizsai cég anyagi támogatása tette lehetővé.

Reméljük, hogy ezt a hasznos, mindenki számára tanulságos (és a nemzetközi fizikai diákolimpiára való korai felkészülésnek is felfogható) tábort a jövőben is sikerül megrendezni.

**(G. P.)**

## Fizika gyakorlatok és feladatok megoldása

**P. 3291.** *Hány százalékkal tér el egymástól a deutérium és a hidrogénatom által kibocsátott legkisebb frekvenciájú látható fény hullámhossza?*

(*5 pont*) Közli: *Bíró Tibor,* Marosvásárhely

**Megoldás.** A hidrogén és a deutérium atomi színképe két okból tér el egymástól:

($i$) A foton kisugárzásakor az atom hátralökődik (úgy, hogy az összes impulzus nulla maradjon), a felszabaduló energia egy része tehát az atom mozgási energiáját fedezi. A ténylegesen észlelhető frekvencia (a mag tömegét $M$-mel jelölve) $hf^2/2Mc^2$-tel kisebb, mint az energiaszintek távolságából számított érték. Ez a legrosszabb esetben is csak $E_0/2Mc^2=7\cdot 10^{-9}$ nagyságú relatív eltolódást jelent ($E_0$ az alapállapoti energia). Ez olyan kicsi effektus, hogy elhanyagolhatjuk.

($ii$) A hidrogénatom energiaszintjeit megadó Balmer-formula kicsit módosul, ha az elektron nem rögzített vonzócentrum, hanem a közös tömegközéppont körül mozog. Ez a jelenség az *izotópeffektus*, amelyet pl. úgy számíthatunk ki, hogy a Bohr-féle kvantumfeltételt (miszerint az elektron perdülete a $2\pi$-vel osztott Planck-állandó egész számú többszöröse kell legyen) általánosítjuk, a rendszer *teljes* perdületére követeljük meg az impulzusnyomaték „kvantáltságát”. A számítás eredménye az energiaszintekre:

$$E_n = -\frac{2\pi^2 k^2 e^4 m_r}{h^2 n^2}. \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots)$$

A képletben $m_r$ az elektron redukált tömegét jelöli:

$$m_r = \frac{m_e}{1 + m_e/M}.$$

Ebből a hidrogén ($M = m_p$) és a deutérium ($M \approx 2m_p$) egymásnak megfelelő színképvonalaira

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{m_e}{2m_p} \approx 2{,}7 \cdot 10^{-4}$$

relatív eltérés adódik.

*Hegyi Márta* (Budapest, Szent István Gimn., 10. o.t.) és
*Székely Attila* (Kecskeméti Református Kollégium Gimnáziuma, 12. o.t.)
dolgozata alapján

*Megjegyzés.* A Bohr-féle kvantumfeltétel csak a hidrogénszerű (egyetlen elektront tartalmazó) atomokra adja meg helyesen az atomi energiaszinteket, és ezek segítségével az atomi átmenetek során kisugárzott vagy elnyelt fotonok frekvenciáját. A mikrorészecskék mozgását, viselkedését teljesebben leíró kvantummechanika nemcsak a hidrogénszerű, hanem tetszőleges számú elektront tartalmazó atomokra is alkalmazható és a tapasztalattal jól egyező eredményt ad.

31 dolgozat érkezett. Helyes 23 megoldás. Hiányos (1–3 pont) 5, hibás 1, nem versenyszerű 2 dolgozat.

**P. 3297.** *Más gravitációs hatástól mentes környezetben két* 1 kg-*os ólomgolyó indul el egymás felé a tömegvonzás következtében. Mennyi idő múlva ütköznek össze, ha elinduláskor a golyók középpontjainak távolsága* 1 *méter volt? (Az ólom sűrűsége* $11\,340\ \mathrm{kg/m^3}$.*)*

(*4 pont*) Közli: *Kóbor János,* Miskolc

**Megoldás.** A két golyóból álló rendszer tömegközéppontja – külső erő hiányában – mindvégig nyugalomban marad. A golyók között – mindaddig, míg össze nem ütköznek – csak a középpontjaik távolságának négyzetével fordítottan arányos erő hat. Ha az egyik golyó éppen $x$ távol van a tömegközépponttól (vagyis a golyók távolsága $2x$), akkor erre a golyóra

$$F(x) = -f\frac{m^2}{(2x)^2}$$

($m = 1$ kg) erő hat. Ugyanekkora erővel vonzaná egy $M = \frac{1}{4}m$ tömegű, rögzített helyzetű pontszerű test is a tőle $x$ távolságban levő $m$ tömegű golyót. A továbbiakban úgy tekintjük a mozgást, mintha az ténylegesen egy ilyen, rögzített vonzócentrum hatására menne végbe.

Kezdetben $x = x_{\text{max}} = 0{,}5$ m, az ütközés pillanatában pedig $x = x_{\text{min}} = r$, ahol $r$ az egyik ólomgolyó sugara, melyet a tömege ($m$) és a sűrűsége ($\varrho$) ismeretében könnyen kiszámíthatunk:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\varrho}} = 2{,}76 \text{ cm}.$$

Látható, hogy $x_{\text{max}} \gg x_{\text{min}}$, emiatt – első közelítésben – hanyagoljuk el a golyók méretét!

Ha a golyó egy $x_{\text{max}}$ sugarú körpályán keringene a vonzócentrum körül, akkor a körmozgás dinamikai egyenlete:

$$f\frac{M}{x_{\text{max}}^2} = x_{\text{max}}\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2$$

lenne, ahonnan a keringés ideje

$$T_0 = \pi\sqrt{\frac{16\,x_{\text{max}}^3}{fm}}.$$

A kezdősebesség nélkül induló és emiatt a vonzócentrumba zuhanó test pályája elfajult ($e = 1$ excentricitású) ellipszisként is felfogható. Ennek a pályának a nagytengelye éppen fele az előbb vizsgált körpályáénak, az ellipszispályán tehát a teljes keringési idő (Kepler III. törvénye értelmében)

$$T_e = \frac{T_0}{\sqrt{8}} = \pi\sqrt{\frac{2\,x_{\text{max}}^3}{fm}}$$

lenne. A vonzócentrumba zuhanás ideje a keringési időnek azonban csak a fele:

$$T \approx \frac{T_e}{2} = \pi\sqrt{\frac{x_{\text{max}}^3}{2fm}} = 9{,}62 \cdot 10^4 \text{ s} = 26^{\text{h}}\,43'.$$

A golyók véges mérete miatt az ütközésig eltelő idő a fenti értéknél egy kicsiny $\Delta T$-vel kevesebb. Az energiamegmaradás tételéből kiszámíthatjuk, hogy a golyók sebessége közvetlenül az ütközésük előtt

$$v_{\text{max}} = \sqrt{fm\left(\frac{1}{2x_{\text{min}}} - \frac{1}{2x_{\text{max}}}\right)} \approx \sqrt{\frac{fm}{2x_{\text{min}}}} = 3{,}5 \cdot 10^{-5}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Ha a pontszerűnek tekintett testek a mozgás hátralevő részében mindvégig ezzel a sebességgel mozognának, a golyók sugarának megfelelő távolságot kb. 800 s alatt tennék meg. Mivel azonban a sebességük nem állandó, hanem egyre növekszik, $\Delta T < 800$ s. Ez



KöMaL – 2000/7 FIZ0007 cianmagentayellowblack2002. június 18. – 20:45 (15. lap)

a teljes mozgási időnek kevesebb, mint 1 százaléka, tehát (a többi adat pontosságát is figyelembe véve) nyugodtan elhanyagolható.

*Több dolgozat alapján*

*Megjegyzés.* $\Delta T$ integrálszámítással, vagy Kepler III. törvényének alkalmazásával pontosabban is kiszámítható és 540 s-nak adódik.

*Gáspár Merse Előd* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., 12. o.t.)

190 dolgozat érkezett. Helyes 25 megoldás. Kicsit hiányos (3 pont) 31, hiányos (1–2 pont) 123, hibás 11 dolgozat.

**P. 3315.** *Egy gyerek azt kérdezte: Miért akkor van nálunk tél, amikor a Föld a legközelebb van a Naphoz? Válaszoljunk rá!*

(*3 pont*) Közli: *Rókáné Kalydi Bea,* Nyíregyháza

**Megoldás.** Véletlenül! A Nap és a Föld távolságának kicsiny ingadozása befolyásolja ugyan a Napból a Földre érkező és ott elnyelődő sugárzás erősségét, de ennél sokkal lényegesebb hatás a nappalok hosszának évszakonkénti változása. Ez utóbbi a Föld forgástengelyének (a keringés síkjához viszonyított) „ferdeségéből” származik. Mivel azonban a forgástengely az állócsillagokhoz képest lassan elfordul (precesszál), az északi féltekén néha akkor van tél, amikor közel vagyunk a Naphoz, máskor pedig a Naptól távolabbi pályaszakaszon.

*Több dolgozat alapján*

240 dolgozat érkezett. Helyes 181 megoldás. hiányos (1–2 pont) 55, hibás 4 dolgozat.

## A mérési feladatok megoldása

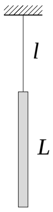
**M. 214.** *Mérjük meg alkohol híg vizes oldatának fagyáspontját a hígítás függvényében! Milyen összetétel esetén lesz a fagyáspont* $-18$ C° *?*

(*6 pont*) Közli: *Radnai Gyula,* Budapest

**Megoldás.** A mérést célszerű kezdetben 96 térfogatszázalékos alkohol desztillált vizes oldatával végezni. Akinek rendelkezésre állt mélyhűtős jégszekrény, abba helyezett el a különböző hígítású oldatokat tartalmazó edénykéket, s bizonyos időnként megnézte, hogy melyik fagyott már meg. Néhányan – mélyhűtő hiányában – darált jég sózásával készítettek hűtőkeveréket, így értek el alacsonyabb hőmérsékleteket.

A megfigyelések szerint az oldat fagyása nem egy bizonyos hőmérsékleten, hanem egy hőmérséklet-intervallumon belül történt. (A fagyáspontot általában az első kristályok megjelenésével azonosították a mérést végzők.) Többen megállapították, hogy a mérési adataik szerint a fagyáspontcsökkenés arányos az oldat koncentrációjával (ezt elméletileg is alátámasztja a híg oldatokra érvényes Raoult-törvény), mások viszont határozott eltérést tapasztaltak a lineáris összefüggéstől. A mérési adatok többsége szerint kb. 30 (térfogat)százalékos alkoholos oldat fagyáspontja éri el a mélyhűtők szokásos $-18\ ^\circ$C-os hőmérsékletét.

27 dolgozat érkezett. Helyes Bálint László, Gáspár Merse Előd, Geresdi Attila, Lipcsei Gábor és Szatmári Emőke megoldása. Kicsit hiányos (5 pont) 7, hiányos (2–4 pont) 8, hibás 1, nem versenyszerű (nem önálló munka) 6 dolgozat.




**M. 215.** *Egy $L$ hosszúságú homogén rudat $l$ hosszú fonálon felfüggesztünk. Mérjük meg a rendszer két sajátfrekvenciáját*[1] *különböző $l$ és $L$ esetén! (Csak síkmozgásokat vizsgáljunk!)*

(*6 pont*) Közli: *Gnädig Péter,* Budapest

**Megoldás.** A mérési berendezés összeállítása egyszerű feladatnak tűnik, de néhány technikai kérdést érdemes alaposan átgondolni. A rúd lengésideje elvben nem függ a rúd tömegétől, ez azonban ténylegesen csak akkor lenne igaz, ha nem lenne közegellenállás, és a fonál tökéletesen hajlékony és súlytalan volna. Reális körülmények között nem érdemes pl. hurkapálcával és rövid spárgával végezni a mérést, hanem nehezebb és hosszabb rudat (pl. egy méter körüli vasrudat) és vékony, hajlékony (de erős) szálat célszerű választani. Minél nagyobbak a méretek, annál nagyobb (és emiatt annál kényelmesebben mérhető) a lengésidő is.

A mérés során a legtöbb gondot a nemkívánatos lengési módusok (térbeli mozgások, illetve torziós rezgések) kiküszöbölése, valamint a vizsgálandó 2 sajátrezgés szétválasztása okozta. *Szatmári Emőke* (Marosvásárhely, Bolyai Farkas Líceum 11. évf.) egy Bunsen-állványra horgászdamillal függesztett fel egy hosszú falécet oly módon, hogy két, felfele V-alakban szétnyíló szálra akasztotta a lécet, s ezzel elérte, hogy a léc felső vége csak síkban mozoghasson. Hasonló kétfonalas felfüggesztést alkalmazott *Börzsönyi Ádám* (Hódmezővásárhely, Bethlen Gábor Ref. Gimn. 11. évf.) is, egy átfúrt végű farúd, a lyukon átdugott szeg és kétágú létra segítségével.

Többen megfigyelték, hogy a valahogyan (pl. a rúd legalsó pontjának megütésével) elindított mozgás kezdetben szemmel láthatóan nem harmonikus rezgés, de az idő múltával fokozatosan azzá válik. Ebből arra következtettek, hogy a kétféle rezgési módus (melyek szuperpoziciója az általános mozgás) nem egyforma mértékben csillapodik, hanem az egyik (a nagyobb frekvenciájú) gyorsabban. Ha elegendő ideig (de nem nagyon sokáig) várunk, gyakorlatilag csak az alacsonyabb frekvenciájú rezgés „marad meg", s ennek periódusideje stopperral megmérhető.

Nehezebb feladat a gyorsabb módus „tiszta gerjesztése". Ez úgy oldható meg, hogy a rúd felső végét mondjuk jobbra, az alsót pedig balra térítjük ki, majd hirtelen egyszerre elengedjük mindkettőt. Ha a kitérítések arányát (többszöri próbálkozással) jól választottuk meg, a rúd teteje és az alja egy fél rezgés után egyszerre fog megállni, hiszen a sajátrezgés egy olyan mozgásforma, amelyben a test minden pontja ugyanolyan frekvenciával és ugyanolyan (vagy éppen ellentétes) fázisban rezeg.

A mérési adatok feldolgozása során célszerű a rezgésidőt egy matematikai inga periódusidejéhez hasonlítani, azaz $2\pi\sqrt{l/g}$ egységekben mérni. Ilyen (dimenziótlan) egy-

[1] Lásd a 3303. feladat megoldását lapunk 2000. márciusi számának 189. oldalán!



KöMaL – 2000/7 FIZ0007 cianmagentayellowblack2002. június 18. – 20:45 (17. lap)

ségekben mérve a frekvenciák (ideális körülmények között) a rendszer adatai közül csak az ugyancsak dimenziótlan $l/L$ aránytól függhetnek. (Érdemes ezt az elméleti várakozást tényleges kísérletekkel ellenőrizni.) Azt is meg lehet vizsgálni, hogy szélsőséges esetekben ($l \ll L$, illetve $l \gg L$ esetén) megfigyelhetjük-e (valamelyik sajátfrekvenciára) a naiv várakozásnak megfelelően a fizikai inga, illetve a matematikai inga ismert lengésidejének megfelelő frekvenciákat.

14 dolgozat érkezett. 6 pontot kapott Nagy Ádám megoldása. Kicsit hiányos (5 pont) Bálint László, Bogdán Ákos, Börzsönyi Ádám, Gáspár Merse Előd, Lipcsei Gábor, Soós Péter és Szatmári Emőke mérési jegyzőkönyve. Hiányos (2–4 pont) 6 dolgozat.

**M. 216.** „Miképp fejthetni meg azt, hogy a delejes acélrúd hatása a rúd közepe táján semmi, a rúd végei felé pedig mindinkább növekszik? – *kérdezte Jedlik Ányos egy vizsgán* 1871*-ben.*

*Mérjük meg egy iskolai rúdmágnes környezetében a* $B$ *mágneses indukció irányát, és szemléltessük a mágneses mezőt* $B$*-vonalakkal.*

(*6 pont*) Közli: *Radnai Gyula,* Budapest

**Megoldás.** A mágneses indukcióvektor *irányát* többféle módon is meg lehet határozni. *Bogdán Ákos* (Pécs, Leöwey Klára Gimn. 11. évf) a közismert „vasreszelékes módszert” alkalmazta. Egy esztergapadról mágnessel összegyűjtött, majd többszörösen átszitált finom vasporral szép mintázatot tudott „rajzolni”. Ezután festékszóróból óvatosan lakkot fújt a papírra, így rögzítette az erővonal-képet. Mások fénymásolatot készítettek a vasreszelék-rajzolatról, s azt mellékelték a jegyzőkönyvükhöz.

Többen kicsiny mágnest (pl. mágnesezett varrótűt) vékony fonálra függesztettek, s az így készített kicsiny iránytűvel „tapogatták le” a mágneses indukcióvektor irányát. *Gáspár Merse Előd* (Fazekas M. Fővárosi Gyak. Gimn. 12. évf.) az inga lengésidejét mérve a mágneses indukció *nagyságát* is össze tudta hasonlítani különböző pontokban ($B \propto T^{-2}$). Megállapította, hogy a Föld mágneses tere (a vizsgált mágnes 10 cm-es környezetében) legalább 30-szor gyengébb a mérendő mágnes terénél.

*Lipcsei Gábor* (Bp., ELTE Radnóti M. Gyak. Isk. 11. évf.) is iránytűvel határozta meg az indukcióvektor irányát, majd ebben az irányban egy kicsit elmozdította az iránytű tengelyét, ott ismét irányt mért, s így – kis lépésekben, hosszú, kitartó munkával – feltérképezte az erővonalakat.

A megfigyelt erővonalképek általában azt mutatták, hogy a mágneses erővonalak nem csak a mágnesrúd végénél, hanem hosszabb szakaszon lépnek ki a mágnesből, illetve futnak be a másik vége közelében. *Geresdi Attila* (Pécs, Árpád Fejedelem Gimn. 10. évf.) vizen úszó parafadugóba tűt szúrt, majd mágnesrudat tartott fölé. A dugó a „mágneses pólus” alá úszott. Mérései szerint a mágneses mező így definiált pólusai a rúd teljes hosszának 88 %-ánál helyezkednek el.

12 dolgozat érkezett. 6 pontot kapott Bogdán Ákos, Coc Károly, Gáspár Merse Előd, Lipcsei Gábor, Nagy Ádám, Szatmári Emőke, kicsit hiányos (5 pont) Geresdi Attila és Márton Zoltán Csaba dolgozata. Hiányos (4 pont) 2, mérési adatok hiányában nem értékelhető 2 dolgozat.

## Fizikából kitűzött feladatok

**M. 218.** Készítsünk mágneses ingát! Két mágneskorong egyikét rögzítsük az asztalon, a másikat függesszük fel felette úgy, hogy egyensúlyi helyzetben elég közel legyenek egymáshoz, vonzó helyzetben. Mérjük meg a kitérített ingára ható vonzóerőt a kitérítési szög függvényében!

(*6 pont*) Közli: *Bakonyi Gábor,* Budapest

**P. 3364.** A marokkói Kalid Kanussi 1999. október 24-én a chicagói maratoni versenyen 2 óra 5 perc 42 másodperc alatt tette meg a 42 195 méter hosszú távot.

*a*) Hány méterrel „maradt le” a sportoló a 2 órás álomcsúcsot jelentő rekordtól? (Tételezzük fel, hogy állandó nagyságú sebességgel futotta végig a távot.)

*b*) Mennyivel kellett volna növelnie az átlagsebességét, hogy a napjainkban még hihetetlen csúcsot elérje?

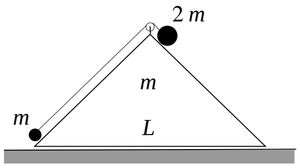
(*3 pont*) Közli: *Kopcsa József,* Debrecen (Hatvani István fizikaverseny)

**P. 3365.** Egy délután Vivi telefonál Péternek, hogy neki már megérkezett a KöMaL októberi száma. Péter elindul Vivihez, s percenként 120 lépést tesz meg. Rögtön visszafordul, és a KöMaL-t olvasva percenként már csak 60 lépést tesz meg, egészen hazáig. Hány lépésre lakik Vivi Pétertől, ha a teljes menetidő oda-vissza 30 perc?

(*3 pont*) Közli: *Simon Péter,* Pécs (Dischka Győző fizikaverseny)

**P. 3366.** Egymással érintkező, $R$ sugarú merev gömbök alkotta köbös kristályrácsmodellben mekkora annak a gömbnek a sugara, amely ebben a szerkezetben a gömbök közötti térrészben még elfér?

(*3 pont*) Zemplén Győző fizikaverseny, Nagykanizsa




**P. 3367.** Egy $m$ tömegű, egyenlő szárú derékszögű háromszög keresztmetszetű fahasáb súrlódásmentesen csúszhat a vízszintes felületen. A hasábra az *ábrán* látható módon fonállal összekötött $m$ és $2m$ tömegű, pontszerűnek tekinthető testeket helyezünk. A fahasáb alapjának hossza $L=54$ cm. A súrlódás, valamint a fonál és a csiga tömege elhanyagolható.

A fonállal összekötött testeket egy adott pillanatban elengedjük.

*a*) Mekkora úton mozdul el a fahasáb, amíg a $2m$ tömegű test a fahasáb aljára ér?

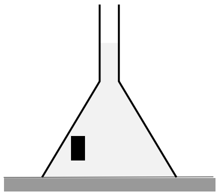
*b*) Határozzuk meg a testek és a fahasáb sebességét a $2m$ tömegű test leérkezésének pillanatában!

(*6 pont*) Közli: *Kotek László,* Pécs (Párkányi László fizikaverseny)

**P. 3368.** Egy literes fazékban, amelynek alja éppen 1 dm$^2$ területű, fél liter víz van. Mekkora munkát végzünk, ha egy 0,5 dm$^2$ keresztmetszetű, magas főzőpoharat talpával lefelé lassan lenyomunk a fazék fenekére? (A pohár tömege elhanyagolható.)

(*4 pont*) Károly Ireneusz fizikaverseny, Pécs

**P. 3369.** Egy tölcsérbe az *ábra* szerinti helyzetben 1 dm$^3$ vizet töltünk. Az asztalon a tölcsér által letakart terület 2 dm$^2$, a víz magassága 1,2 dm. Legalább mekkora legyen a tölcsér tömege, hogy ne emelkedjék fel az alátámasztási felületről?

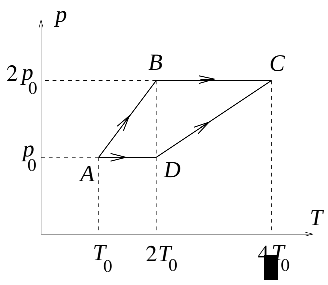


(*4 pont*) Kalamár Csaba emlékverseny, Nagykanizsa

**P. 3370.** Egy gyakorlott gyöngyhalász $h_1$ mélységig úszik lefelé, onnan már úszás nélkül is tovább süllyed. A fenékre érve a derekához köt egy, a tartalmával együtt $m$ tömegű, a víznél kétszer nagyobb átlagsűrűségű kosarat, majd elkezd felfelé úszni. Amikor $h_2$ távol van a vízfelszíntől, nem kell tovább tempóznia, anélkül is felemelkedik. Mekkora a gyöngyhalász tüdejének térfogata? (Merülése közben sehol nem fúj ki levegőt magából.)

(*5 pont*) Közli: *Bodor András,* Budapest

**P. 3371.** Az *ábrán* ugyanazon $N_2$ gáz két állapotváltozását láthatjuk nyomás–hőmérséklet grafikonon. Az $A$ állapotban a gáz térfogata $V_0$.




*a*) Ábrázoljuk az $ABC$ és az $ADC$ állapotváltozást nyomás–térfogat grafikonon!

*b*) Melyik folyamatban vesz fel több hőt a gáz?

*c*) Határozzuk meg a két úton felvett hő arányát!

(*4 pont*) Nagy László fizikaverseny, Kazincbarcika

**P. 3372.** Két 30 V méréshatárú voltmérő és egy 1 mA méréshatárú ampermérő van sorbakötve egy telepre. Az egyik voltmérő 12 V-ot, a másik 19 V-ot jelez, az árammérő 0,4 mA-t mutat. Vizsgáljuk meg, mi történik, ha valamelyik műszert rövidre zárjuk! Mit mutatnak ekkor a műszerek? Károsodik-e valamelyikük?

(*4 pont*) Közli: *Radnai Gyula,* Budapest

**P. 3373.** A Naprendszer adatait felhasználva mutassuk meg, hogy az 1999. augusztus 11-i teljes napfogyatkozáskor a Hold árnyéka kb. kétszeres hangsebességgel futott át Magyarországon.

(*4 pont*) Közli: *Korpássy Péter,* Budapest

❄

A fizika feladatok megoldásai a következő címre küldendők:
**Eötvös Loránd Fizikai Társulat, KöMaL feladatok**
**Budapest, Pf. 433. 1371**
A beküldési határidő: **2000. november 11.**

## Physics

**M. 218.** Prepare a magnetic pendulum. Fasten one of two magnetic discs to a table and hang the other one above the first one in such a way that they are near enough and in an attracting position in equilibrium. Determine the force of attraction acting on the deviated pendulum as a function of the angle of deviation.

**P. 3364.** Kalid Kanussi of Morocco covered the distance of 42.195 metres in 2 hours, 5 minutes and 42 seconds at the Chicago marathon, on October 24, 1999. $a$) How many metres did he 'miss' the 2 hours dream record by? (Assume he covered the distance at a constant speed.) $b$) How much higher should his average speed have been to reach this still unbelievable record?

**P. 3365.** One afternoon Vivien phones Peter to tell him that she has already received the October issue of KöMaL. Peter sets off to Vivien, making 120 steps per minute. He returns home at once and, reading KöMaL, makes 60 steps per minute until he arrives home. How many steps are there between Vivien's and Peter's places if the total time Peter was walking was 30 minutes?

**P. 3366.** In a cubic crystal lattice model consisting of rigid spheres of radius $R$ in contact with each other, what is the radius of the largest sphere that can be placed between these spheres?

**P. 3367.** A wooden log of mass $m$ with a cross-section shaped like an equilateral right-angled triangle can slide on a horizontal surface without friction. Two point-like bodies of masses $m$ and $2m$, tied to each other using a thread, are placed onto the log as shown in the figure. The length of the base of the log is $L=54$ cm. Friction and the masses of the thread and the pulley are negligible. The bodies are released at a certain moment. $a$) What distance does the wooden log cover until the body of mass $2m$ reaches its bottom? $b$) Determine the speed of the bodies and that of the wooden log when the body of mass $2m$ reaches the bottom of the log.

**P. 3368.** There is half a litre of water in a one-litre pot, the bottom of which has an area of 1 $\mathrm{dm}^2$. How much work is done while slowly pushing a high beaker with a cross-sectional area of 0.5 $\mathrm{dm}^2$ bottom first down to the bottom of the water? (The mass of the beaker is negligible.)

**P. 3369.** 1 $\mathrm{dm}^3$ of water is poured into a funnel in the position shown in the figure. The area of the table covered by the funnel is 2 $\mathrm{dm}^2$, the height of the water is 1.2 dm. What mass should the funnel at least be so that it does not rise from the table?

**P. 3370.** An experienced pearl-diver swims down to depth $h_1$, then continues sinking without swimming. Arriving at the bottom, he ties a basket of mass $m$ and with an average density twice as high as that of the water to his waist and starts swimming upwards. When reaching depth $h_2$ he does not have to swim any more, he continues rising nevertheless. What is the volume of the lungs of the pearl-diver? (During diving, he never blows out air.)

**P. 3371.** The figure shows two processes of the same $N_2$ gas on a pressure–temperature diagram. In state $A$ the volume of the gas is $V_0$ $a$) Represent the processes $ABC$ and $ADC$ in a pressure–volume diagram. $b$) In which process does the gas take up more heat? $c$) Determine the proportion of the amounts of heat taken up in the two processes.

**P. 3372.** Two voltmeters with a measuring limit of 30 V and an ammeter with a measuring limit of 1 mA are connected in series to a battery. One of the voltmeters reads 12 V and the other 19 V, while the ammeter reads 0.4 mA. Investigate what happens when one of the instruments is short-circuited. What do the instruments read then? Is any of them damaged?

**P. 3373.** Using the data of the Solar system, show that during the total eclipse of the Sun on the 11 August, 1999, the shade of the Moon run through Hungary at a speed approximately twice as high as that of sound.