Száz éve született Szilárd Leó

A huszadik század egyik nagy feltalálójaként tartjuk számon.

Kármán Tódorral, Neumann Jánossal, Teller Edével együtt emlegetjük, olykor a magyar származású Nobel-díjasok közé is besoroljuk, pedig sem ő, sem Kármán, sem Neumann, sem Teller nem kaptak Nobel-díjat, csak éppen meghatározó befolyást gyakoroltak a huszadik század történelmére. Működésük közvetve-közvetlenül kihat a mi mai életünkre is.

Igaz, Szilárd Leóról hajlamos megfeledkezni a hálátlan utókor. Az ő különös életéről szóló izgalmas könyv ezzel a címmel jelent meg Amerikában: „Genius in the Shadows” (Zseni árnyékban). Nemrég három részes szép filmet közvetített a Magyar Televízió a Dunáról, egyéni nézőpontból követve végig a Duna menti országok történelmét. Ellátogattak Ulmba, ahol többek között Einstein született. Hosszú másodpercekig vetítettek egy részletet abból a fél évszázada készült dokumentumfilmből, ahol Einstein Szilárd Leóval látható, amint aláírni készül azt a nevezetes levelet Roosevelt elnöknek. A TV-ben látott alkotás francia–osztrák–magyar koprodukcióban készült, de sem az alkotóknak, sem az alkotást kommentáló magyar tudományos riporternek nem jutott eszébe megemlíteni, hogy ki is az a Duna mentén született másik tudós, akivel Einstein látható.

Szilárd Leó 1916-ban, 18 éves korában a fizikai Eötvös versenyen II. helyezést ért el.

Nos, most a centenáriumon valószínűleg sok szó esik Szilárd Leóról, a nyughatatlan feltalálóról, akinek Fermivel közös szabadalma az atomreaktor, Einsteinnel közös szabadalma a forgó alkatrészek nélkül működő hűtőgép, biológiai találmánya a baktériumok szaporodásához állandó feltételeket biztosító kemosztát. Ő volt az, aki a tudósok kimenekítését szervezte a 30-as évek ellehetetlenülő Európájából, aki megfogalmazta a Rooseveltnek szóló levelet, mely elindította az atombomba kifejlesztését az Egyesült Államokban, s aki a náci Németország kapitulációja után aláírásokat gyűjtött, hogy ne dobják le lakott területre Japánban az atombombát.

Február 11-én, a 100. születésnapon az Eötvös Loránd Fizikai Társulat ünnepi közgyűlésen emlékezik meg Szilárd Leóról, előtte való nap a Parlamentben, 9-én az Eötvös Egyetemen nemzetközi szemináriumon beszélnek a világ különböző tájairól összesereglett kutatók az „árnyékban” élt zseniről. Pakson Szilárd Leó emlékversenyt rendeznek, a Fizikai Szemle Szilárd Leónak szenteli februári számát.

Interneten is nyomon követhetjük életének legfontosabb állomásait:

⟨http://www.peak.org/ danneng/chronbio.html⟩

S ha már az Interneten kalandozik valaki, keresse meg Teller Ede levelét is az alábbi címen: ⟨http://msx4.pha.jhu.edu/audDir/edwardTeller.html⟩
Teller Ede ugyanis idén ünnepelte 90. születésnapját. A Fizikai Szemle januári száma őróla szól. Lapunk is köszönti a magyar származású tudóst.

Radnai Gyula

Ifjú Természetbarátok Klubja

A természettudományok iránt érdeklődő középiskolás diákok számára klubfoglalkozás-sorozat indult az ELTE Természettudományi Karán. A foglalkozások során a diákok előadásokon és kísérleti bemutatókon ismerkedhetnek meg a fizika, kémia, biológia és a földrajz érdekes területeivel, és lehetőséget kapnak az önálló kísérletezésre is.

Az első összejövetelen a mindennapi élethez kapcsolódó, egyszerű fizikai kísérleteket láthattak a résztvevők, a második alkalommal pedig a TTK Ásvány- és Kőzettárába látogattunk el. A soron következő szakköri foglalkozás kémiai témájú lesz, címe: Kemilumineszcencia. Látványos, ritkát látható kísérleteket figyelhetünk meg majd, és megtudhatjuk, hogyan lehet a fény segítségével „rejtőzködni”, illetve, hogy mire használhatná Sherlock Holmes a kemilumineszcenciát. Az előadás

időpontja: 1998. február 27. péntek délután 15.30,

helye: ELTE TTK 1088 Bp., Múzeum krt. 6–8. D épület, Eötvös terem.

A negyedik klubfoglalkozás áprilisban lesz, témája: *Meteoritok és holdkőzetek.* További információkat levélben (1088. Bp., Múzeum krt. 6-8.), telefonon (266-9833/2607, 2544) vagy faxon (266-7927) kérhetnek.

Minden érdeklődő diákot és tanár kollégát szeretettel várunk:

Illy Judit és **Unyi Tamás**
ELTE TTK Általános Fizika Tanszék

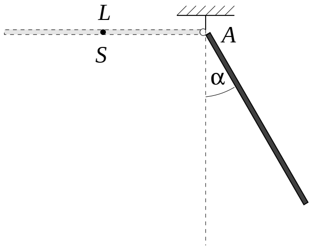
Beszámoló az 1996–97. tanévi Országos Középiskolai Fizika Tanulmányi Versenyről

A fizika OKTV-t az előző évek gyakorlatához hasonlóan az elmúlt tanévben is három kategóriában és három fordulóban rendezték meg. Az első (iskolai) és a második (megyei) fordulón elméleti problémákat, a harmadik fordulón pedig mérési feladatokat oldottak meg a versenyzők. A végső sorrendet a második és a harmadik fordulóban elért pontszám összege alapján állapította meg a versenybizottság.

Az alábbiakban ismertetjük a verseny II. fordulójának feladatait és azok megoldását.*

* Az elméleti forduló feladatairól és azok megoldásairól *Holics László:* Versenyfeladatok II. című könyvében (TypoTEX Kiadó, 1997.) olvasható részletes beszámoló.

Az I. kategória (szakközépiskolások) feladatai



1. ábra

1. feladat. $L=1$ m *hosszúságú, vékony, homogén pálca egyik végéhez* (A) *a pálcára merőleges tengely van erősítve, amelynél fogva egy kampóra függesztettük. A pálcát a vízszintesig kitérítjük, majd kezdősebesség nélkül elengedjük. A kampó olyan (kisméretű) körívet alkot, hogy a pálca elhagyja a kampót amikor a függőlegessel* $\alpha=30°$*-os szöget alkot.*

Mekkora szöget alkot a pálca a vízszintessel abban a pillanatban, amikor középpontja (S) *a kampótól való elválás után a legmagasabbra kerül?*

(Holics László)

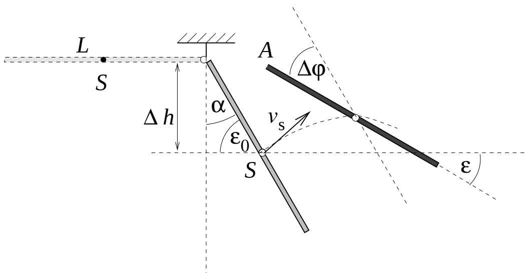
Megoldás. Amikor a pálca elválik a kampótól, tömegközéppontja ferde hajítást végez. Közben a pálca a már megszerzett szögsebességével egyenletesen forog (a homogén nehézségi erőnek nincs a tömegközéppontra vonatkoztatva forgatónyomatéka). Meghatározzuk a tömegközéppont (S) elváláskori pillanatnyi sebességének nagyságát és irányát valamint a pálca szögsebességét, a hajítás emelkedési idejét, majd ebből a pálca szögelfordulását, végül a vízszintessel bezárt szögét.

A munkatételből:

$$mg\Delta h=\frac{1}{2}\Theta_A\omega^2,$$

ahonnan a szögsebesség:

$$\omega=\sqrt{\frac{3g}{L}\cos\alpha}.$$



2. ábra

Innen a tömegközéppont sebessége: $v=L\omega/2$. A hajítás szöge ugyancsak α. Ezzel a hajítás sebességének függőleges összetevője: $v_y=v\sin\alpha$. Az emelkedés ideje (a maximális magasság elérésének pillanata a hajítás kezdetétől számítva):

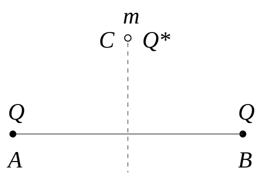
$$\Delta t_{\mathrm{em}}=\frac{v_y}{g}=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{3L}{g\cos\alpha}}\cdot\sin\alpha.$$

A pálca szögelfordulása ezalatt:

$$\Delta\varphi=\omega\cdot\Delta t_{\mathrm{em}}=\sqrt{\frac{3g}{L}\cos\alpha}\cdot\frac{1}{2}\sqrt{\frac{3L}{g}\cos\alpha}\cdot\sin\alpha=\frac{3}{2}\cos\alpha\sin\alpha=\frac{3}{4}\sin 2\alpha.$$

A pálca vízszintessel bezárt hajlásszöge a ferde hajítás kezdetén: $\varepsilon=(\pi/2)-\alpha=60°$, kérdéses pillanatban pedig:

$$\varepsilon=\varepsilon_0-\Delta\varphi=\frac{\pi}{3}-\frac{3}{4}\sin\ 2\alpha=\frac{\pi}{3}-\frac{3}{4}\sin 60°=0{,}398\ \mathrm{rad}=22{,}8°.$$



3. ábra

2. feladat. *Az $AB = 1$ m hosszú, szakasz végpontjaiban két $Q = 10^{-6}$ C nagyságú pozitív töltés van rögzítve. A szakasz egyik felezőmerőlegesének valamely C pontjából nyugalomból elengedünk egy $m = 1$ g tömegű és $Q^* = -10^{-6}$ C töltésű pontszerű testet. Ez a test az AB szakaszra $v = 3$ m/s sebességgel érkezik.*

a) Milyen messze van a C pont az AB szakasztól?

b) Milyen mozgást végez a test? Ábrázoljuk közelítően az erőt az AB szakasztól való távolság függvényében!

c) A test mozgása során hol veszi fel a sebesség és a gyorsulás legnagyobb és a legkisebb értékét? Mekkorák ezek az értékek? (A folyamat légüres térben és súlytalanság állapotában megy végbe.)

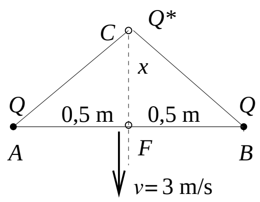
(Blészer Jenő)

Megoldás. *a*) A testre ható erők eredője az AB szakaszra merőleges, tehát a test az AB szakaszt az F felezőpontban éri el. Keressük a CF szakasz hosszát.

Írjuk fel a C és F pontbeli energiákat! (A numerikus számításnál SI egységeket használunk.) C-ben a mozgási energia nulla, a helyzeti energia pedig

$$E_C^{(h)} = 2 \cdot k \frac{QQ^*}{\sqrt{d^2 + x^2}} = -\frac{18 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{0{,}5^2 + x^2}},$$

ahol $d = \frac{1}{2}AB$. Az F pontban a mozgási energia:



4. ábra

$$E_F^{(m)} = \frac{1}{2}mv^2 = 4{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ J},$$

a helyzeti energia pedig

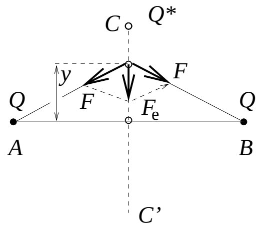
$$E_F^{(h)} = 2 \cdot k \frac{QQ^*}{d} = -36 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$$

Az energiamegmaradás törvénye szerint

$$-36 \cdot 10^{-3} + 4{,}5 \cdot 10^{-3} = -\frac{18 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{0{,}5^2 + x^2}},$$

ahonnan a keresett $x = FC$ távolságra 0,277 m = 27,7 cm adódik.

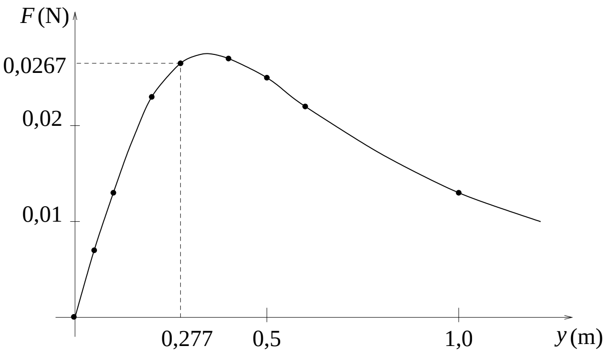
b) A test az F pontot elhagyva az energiamegmaradás törvénye alapján a felező merőlegesen továbbhaladva egy olyan C' pontig jut el, amelyre $FC' = 27{,}7$ cm, és ott visszafordul. A mozgás ezután ismétlődik, azaz 27,7 cm amplitúdójú rezgőmozgás jön létre, amely azonban nem harmonikus rezgés, mert az eredő erő a kitéréssel *nem* egyenesen arányos.



5. ábra

Az F_e eredő erő az y kitérés függvényében így adható meg:

$$F_e(y) = 1{,}8 \cdot 10^{-2} \frac{y}{\left(0{,}25 + y^2\right)^{3/2}}.$$



6. ábra

Zsebszámológép segítségével értéktáblázatot készíthetünk és ábrázolhatjuk is az eredő erőt *(6. ábra)*. Látható, hogy viszonylag nagy kitérés-tartományban az erőfüggvény lineárisnak tekinthető, itt tehát harmonikus rezgést végezhet a test.

c) A sebesség a szélső helyzetekben zérus, az AB szakasz felezőpontjában pedig maximális, 3 m/ s nagyságú. Az $y=0$ értékhez tartozó eredő erő $F_e=0$, itt a gyorsulás $a=0$. A legnagyobb kitéréshez ($y=0{,}277$ m) tartozó eredő erő: $F_e^{max}=0{,}0267$ N, és itt a legnagyobb a gyorsulás: $a_{max}=F_e^{max}/m=26{,}7$ m/s^2.

3. feladat. *Egy ideális gázzal körfolyamatot végzünk. Az egyes részfolyamatokhoz tartozó hőkapacitások a következők:*

1. részfolyamat: $T \to 4T$*, a hozzá tartozó hőkapacitás* 13 *egység (nem állandó, hőmérsékleti átlagérték);*

2. részfolyamat: $4T \to 2T$*, a hozzá tartozó hőkapacitás* 10 *egység (állandó);*

3. részfolyamat: $2T \to T$*, a hozzá tartozó hőkapacitás* 14 *egység (állandó).*

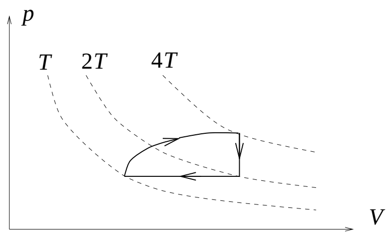
A részfolyamatok között van egy izochor és egy izobár.

a) Hány atomos a gáz?

b) Mekkora a körfolyamat hatásfoka?

c) Hányszorosa a gáz kezdeti T hőmérséklettől a második részfolyamat $3T$ *hőmérsékletéig végzett munkája az egész körfolyamat alatt végzett munkájának?*

(Szvetnik Endre)



7. ábra

Megoldás. a) Mivel

$$\frac{c_p}{c_V}=\frac{f+2}{f}=\frac{14}{10}=\frac{7}{5},$$

$f=5$-nek kell lennie, tehát a gáz 2 atomos.

b) Az állandó nyomáshoz tartozó hőkapacitás minden ideális gáznál nagyobb, mint az állandó térfogathoz tartozó, így a második részfolyamat az izochor, a harmadik részfolyamat pedig az izobár. (Az első azért nem lehet izobár, noha nagyobb a második folyamat hőkapacitásánál, mert nem állandó érték.)

A $p-V$ állapotsíkon az első részfolyamat nem ábrázolható egyértelműen a hőkapacitás átlagértékének a részletekre vonatkozó információszegénysége miatt, a gázzal közölt hő azonban így is meghatározható. Mivel a körfolyamat során $\Delta E=0$, a gáz által végzett munka a felvett hővel egyenlő. Az I. főtétel szerint: $\Delta E_\text{b}=Q_\text{gázzal}+W_\text{gázon}=0$, azaz $W_\text{gázon}=-Q_\text{gázzal}$, és így $W_\text{gáz által}=Q_\text{gázzal}$. Ezzel a hatásfok:

$$\eta=\frac{W_\text{gáz által}}{Q_\text{fel}}=\frac{Q_\text{gázzal}}{Q_\text{fel}}=$$
$$=\frac{13\cdot(4T-T)+10\cdot(2T-4T)+14\cdot(T-2T)}{13\cdot(4T-T)}=\frac{5}{39}\approx 0{,}13=13\%.$$

(Az $\eta=\frac{Q_\text{fel}-Q_\text{le}}{Q_\text{fel}}$ összefüggésből is ez adódik, hiszen a negatív közölt hő nagysága a leadott hő.)

c) A gáz által végzett munkát az első főtételből határozzuk meg.

$$\Delta E_\text{b}=-\,W_\text{gáz által}+Q_\text{gázzal},$$
$$W_\text{gáz által}=Q_\text{gázzal}-\Delta E_\text{b}=$$
$$=13\frac{\text{egység}}{\text{K}}\cdot(4T-T)+10\frac{\text{egység}}{\text{K}}\cdot(3T-4T)-10\frac{\text{egység}}{\text{K}}\cdot(3T-T)=9\,\frac{\text{egység}}{\text{K}}T.$$

Kihasználtuk, hogy $\Delta E_\text{b}=C_V\Delta T$ bármilyen folyamat esetén. A hatásfok meghatározásánál már meghatároztuk a gáz által az egész körfolyamat alatt végzett munkát: $W_\text{gáz által}=$ $=5$ egység $\cdot\,T$, tehát a kérdezett hányados:

$$\frac{W_{\text{gáz által}(T\to 3T)}}{W_\text{gáz által (kör)}}=\frac{9T}{5T}=\frac{9}{5}=1{,}8.$$

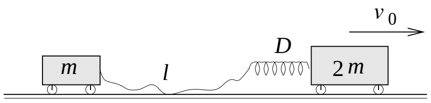
A II. és III. kategória (valamennyi gimnazista) feladatai

1. feladat. *Egy m tömegű, könnyen gördülő kiskocsihoz l hosszúságú, lazán lelógó fonalat kötöttünk, amelynek a másik vége egy $2m$ tömegű kiskocsihoz szerelt D direkciós erejű csavarrugóhoz csatlakozik az ábra szerint. A rugó összenyomásra is működik és tengelye mindig egyenes marad. A $2m$ tömegű kocsit v_0 sebességgel meglökjük.*

a) *A fonál megfeszülésétől számítva mennyi idő múlva ér a hátsó kocsi a rugóhoz?*

b) *Mennyi idő múlva feszül meg ismét a fonál?*

($m=8$ kg, $D=23{,}3$ N/m, $l=1$ m, $v_0=2$ m/s.)



8. ábra

(Holics László)

Megoldás. *a*) A fonál első megfeszülésétől első meglazulásáig tulajdonképpen egy „rugalmas ütközés” megy végbe (nem a szokásos rugalmas „tolás”, hanem rugalmas „rántás” formájában). Erre külső erők hiányában az impulzus, disszipatív erők hiányában pedig a mechanikai energia megmaradása érvényes.

Ez az ütközés egy fél harmonikus rezgésből áll. Térjünk át tömegközépponti koordináta-rendszerre! A fonál megfeszülése pillanatától az m_1, illetve m_2 tömegű kiskocsi valamekkora t idő alatt Δx_1, illetve Δx_2 utat tesz meg. A tömegközéppont mozgásának tétele alapján:

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = \frac{m_2}{m_1}. \tag{1}$$

Ugyanakkor a rugó által (mindkét testre) kifejtett erő nagysága:

$$F = D(\Delta x_1 + \Delta x_2). \tag{2}$$

(1)-ből Δx_2-t kifejezve és (2)-be írva:

$$F = D\left(\Delta x_1 + \frac{m_1}{m_2}\Delta x_1\right) = D\frac{m_1+m_2}{m_2}\Delta x_1 = D_1^*\Delta x_1. \tag{3}$$

Ezzel az m_1 tömegű (és hasonlóképpen szimmetrikusan az m_2 tömegű) kocsi fél rezgésideje:

$$t_1 = \frac{T}{2} = \pi\sqrt{\frac{m_1}{D_1^*}} = \sqrt{\frac{m_1 m_2}{D(m_1+m_2)}} = \sqrt{\frac{2m}{3D}} = \sqrt{\frac{16\ \text{kg}}{3\cdot 23{,}3\ \text{N/ m}}} = 1{,}5\ \text{s}.$$

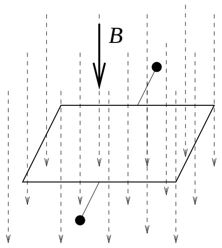
Megjegyzés. Ugyanezt a számszerű eredményt kapjuk az m_2 tömeg kocsira is, amelyre $D_2^* = 3D$, míg $D_1^* = \frac{3}{2}D$ volt.

A két kocsi egymáshoz viszonyított (relatív) sebessége a félrezgés kezdetéig $v_{\text{rel}} = v_0 = 2\ \text{m/s}$ volt, így a félrezgés befejezésekor a szimmetria miatt ennek -1-szerese, tehát a hátsó kocsinak a rugóval való ütközéséig még eltelik

$$t_2 = \frac{l}{v_0} = \frac{1\ \text{m}}{2\ \text{m/s}} = 0{,}5\ \text{s}$$

idő. A fonál megfeszülésétől a rugóval való ütközésig tehát összesen $t = t_1 + t_2 = 1{,}5\ \text{s} + 0{,}5\ \text{s} = 2\ \text{s}$ telik el.

b) Mivel a folyamat tükrös (a rugó összenyomódásától ellazulásáig a periódusidő másik fele telik el,) és a relatív sebesség -1-szerese a kezdeti értéknek, a fonál a kocsi rugóval való érintkezésétől számítva a fonál másodszori megfeszüléséig ugyancsak 2 s, a fonál első megfeszülésétől számítva pedig összesen 4 s idő telik el.



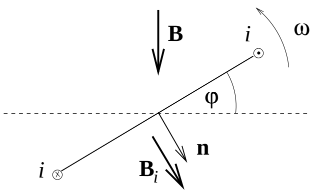
9. ábra

2. feladat. *Egy téglalap alakú, homogén tömegeloszlású, elhanyagolható ellenállású zárt vezetőkeret egyik szimmetriatengelye körül foroghat. A keret homogén, síkjára merőleges, B indukciójú, időben állandó mágneses mezőben nyugszik és benne nem folyik áram. A keret egyik oldalát meglökjük és a keret forogni kezd. A keret területe A, önindukciós tényezője L. A tengely súrlódása elhanyagolható.*

a) *Hogyan változik a keretben folyó áram erőssége az elfordulás szögének függvényében?*

b) *Határozza meg, hogy a keret mely helyzetében maximális a mágneses mezőnek a keretre ható forgatónyomatéka!*

(Szegedi Ervin)



10. ábra

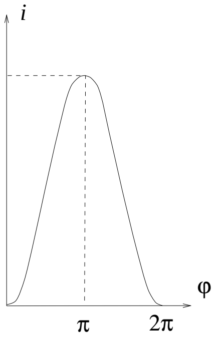
Megoldás. *a*) A megoldás egyik kulcsa, hogy a keret ellenállása elhanyagolható. Ez azt jelenti, hogy a keret anyagának belsejében az elektromos térerősség (makroszkópikusan értve) nulla, mert különben végtelen nagy áramnak kellene folynia. Alkalmazzuk Maxwell II. törvényét a keret mentén:

$$\oint \vec{E}\Delta\vec{s} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0.$$

A keret által körülvett teljes mágneses fluxus tehát nem változhat a mozgás során. Mivel a kezdeti fluxusérték $\Phi = B \cdot A$ volt, ezért ugyanennyi kell legyen a keret bármely helyzetében.

Egy φ szögű helyzetben a keret fluxusa egyrészt a B indukciójú mezőtől származik ($B \cdot A \cdot \cos\varphi$), másrészt a keretben indukálódott i áram által keltett mágneses tértől ($L \cdot i$). A teljes fluxus tehát: $B \cdot A \cdot \cos\varphi + L \cdot i$. A fluxus állandósága miatt azonban: $B \cdot A = B \cdot A \cdot \cos\varphi + L \cdot i$. Innen az áramerősség: $i = \frac{B \cdot A}{L}(1 - \cos\varphi)$. A maximális áramerősség $\cos\varphi = -1$-nél, azaz $\varphi = \pi$-nél adódik:

$$i_{\max} = \frac{2B \cdot A}{L}.$$



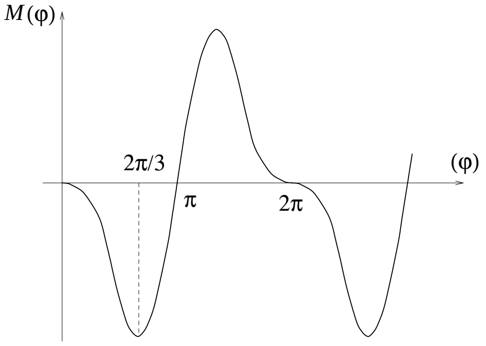
11. ábra

Megjegyzés. A $\varphi = \pi$-nél létrejövő $i_{\max} \cdot L = 2B \cdot A$ összefüggés érthető is, hiszen a külső tértől származó fluxus (a keret átfordulása miatt) $-B \cdot A$, ezért a „saját” fluxusnak $+2B \cdot A$-nak kell lennie, hogy a teljes fluxus $+B \cdot A$ maradjon.

b) A keretre mozgás közben $M(\varphi) = -B \cdot A \cdot i \cdot \sin\varphi$ forgatónyomaték hat. Felhasználva az áramerősségre kapott összefüggést, a forgatónyomaték így írható:

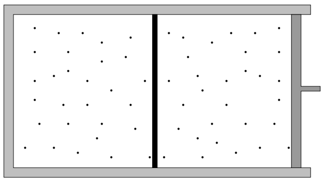
$$M(\varphi) = -\frac{(B \cdot A)^2}{L} \cdot \sin\varphi\,(1 - \cos\varphi).$$

A forgatónyomatékot vizsgálva látható, hogy 180°-os elfordulásig fékező nyomaték hat, ezt követően pedig átfordulást segítő. Megállapítható tehát, hogy a $\varphi = \pi$ helyzet a „holtpont”, ha a keret ezt a helyzetet (instabil egyensúlyi helyzet) eléri, akkor már túl is fordul. Az $M(\varphi)$ kifejezés szélsőértékeit megkaphatjuk, ha függvény néhány helyettesítési értékét zsebszámológéppel kiszámítjuk, és ezek alapján ábrázoljuk a függvényt. A *12. ábrán* látható, hogy a „maximális fékező forgatónyomaték” a függvény minimumhelyénél, kb. 120°-nál lép fel.



12. ábra

Megjegyzés. A függvény szélsőértéke differenciálszámítással is megkereshető. A $\frac{dM}{d\varphi}=0$ egyenlet megoldása megadja a minimum (és a maximum) helyét. Ez a feltétel a $2\cdot\cos^2\varphi-\cos\varphi-1=0$ másodfokú egyenletre vezet, amelynek (számunkra lényeges) megoldása: $\cos\varphi=-\frac{1}{2}$, azaz $\varphi=\frac{2\pi}{3}$ rad $=120^\circ$.

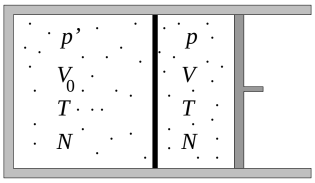


13. ábra

3. feladat. *Egy henger belsejébe jó hővezető, rögzített fal p_0 nyomású, V_0 térfogatú, $T_0=280$ K hőmérsékletű héliumgázt zár be. A fal másik oldalán ugyancsak p_0 nyomású, V_0 térfogatú, T_0 hőmérsékletű héliumgáz van, amelyet egy dugattyú zár el a külső levegőtől. A henger és a dugattyú hőszigetelő anyagú és elhanyagolható hőkapacitású. A dugattyú lassú benyomásával a jobb oldali gázt $V_0/2$ térfogatra nyomjuk össze. Határozzuk meg ebben az állapotban a gázok hőmérsékletét!*

(Szegedi Ervin)

Megoldás. A jó hővezető fal és a lassú benyomás biztosítja, hogy a két gáz hőmérséklete egymással mindig megegyezik. Közbenső állapotban az állapothatározókat jelöljük az *ábra* szerint! Vizsgáljuk az összenyomás egy elemi részfolyamatát!



14. ábra

A teljes rendszerre felírt I. főtétel alapján (mivel $Q_{\text{összes}}=0$):

$$\frac{f}{2}\cdot 2Nk\Delta T=-p\Delta V,$$

ami átrendezve ilyen alakot ölt:

$$\frac{2f}{2}Nk\Delta T=-p\Delta V. \tag{1}$$

Írjuk fel még a jobb oldali gáz állapotegyenletét is:

$$pV=NkT. \tag{2}$$

Vegyük észre, hogy az (1) és (2) egyenletek egy N részecskés, $2f$ szabadsági fokú ideális gáz adiabatikus állapotváltozásának egyenletei.

Megjegyzés. A bal oldali gáz termikus kölcsönhatása a jobb oldalival abban nyilvánul meg – a jobb oldali gáz szempontjából – , hogy megduplázódik a részecskék energiatároló szabadsági fokainak száma. Gondoljuk meg, hogy ez elég természetes, hiszen a gázok közötti energiaátadás miatt a munkával közölt energia fele akkora hőmérsékletváltozást okoz a jobb oldali gáznak, mint a tiszta adiabatikus kölcsönhatásban.

A vizsgált folyamatban tehát a jobb oldali gázra: $pV^{\varkappa}=$ állandó, vagy más alakban: $TV^{\varkappa}=$ állandó, ahol most

$$\varkappa=\frac{2f+2}{2f}=\frac{f+1}{f}.$$

Héliumra $f=3$, vagyis $\varkappa=\frac{4}{3}$. A keresett hőmérséklet tehát:

$$T=T_0\left(\frac{V_0}{V}\right)^{\frac{1}{3}}=T_0\cdot 2^{\frac{1}{3}}=1{,}26\,T_0=352{,}8\text{ K}.$$

A verseny végeredménye

I. kategória: 1. **Szénási Tamás** (Budapest, Puskás Tivadar Távközlési Techn., IV. o.t.), tanára: Beregszászi Zoltán; 2. **Brezniczky János** (Eger, Wigner Jenő Műszaki Informatikai Középiskola, IV. o.t.), tanára: Nagyné Fodor Zsuzsanna; 3. **Schieber András** (Budapest, Puskás Tivadar Távközlési Techn., IV. o.t.), tanára: Beregszászi Zoltán.

II. kategória: 1. **Kersch Péter** (Aszód, Petőfi S. Gimn., III. o.t.), tanárai: Kovács István, Kersch Gyula; 2. **Frenkel Péter** (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., IV. o.t.), tanára: Horváth Gábor; 3. **Zawadowski Ádám** (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., III. o.t.), tanára: Horváth Gábor.

III. kategória: 1. **Kovács Gábor** (Sopron, Berzsenyi D. Evangélikus Líceum, IV. o.t.), tanárai: dr. Lang Jánosné, Piacsek István; 2. **Sexty Dénes** (Eger, Neumann J. Közgazd. Szki. és Gimn, IV. o.t.), tanára: Pecsenye Pálné; 3. **Nyakas Péter** (Zalaegerszeg, Zrínyi M. Gimn., IV. o.t.), tanára: Vadvári Tibor.

Holics László

CSILLAGÁSZAT

Rovatvezető: Horányi Gábor

Újdonságok

Újabb Uránusz-holdak

A Palomar-hegyi 5 m-es távcsővel a csillagászok a Naprendszer két új tagját fedezték föl. Brett J. Gladman és társai az Uránuszt és környékét vizsgálták 1997. szeptember 6–7-én, és két halvány objektumot fedeztek föl, amelyek a bolygóval együtt haladtak. A megfigyelést azóta más távcsövekkel is igazolták. Így az Uránusznak már 17 holdját ismerjük. Az 5 legnagyobbat földi észlelésekkel fedezték föl; a Voyager-2 még tizet talált a bolygó melletti 1986-os elhaladásakor. A pályaszámítások szerint az új holdak közel körpályán mozognak az Uránusz körül, s több mint 6, ill. 8 millió km-re találhatók a bolygótól (ez több mint 10-szerese a többi hold távolságának). Mozgásuk bonyolult, mert az Uránusztól való nagy távolságuk és kis tömegük miatt a többi nagybolygó is befolyásolja azt. Az új holdak átmérője 160 és 80 km; ezek a Földről eddig észlelt legsötétebb (legkisebb albedójú) holdak.

„Kék csellengők”

A gömbhalmazok a Tejútrendszer távoli, gömb alakú tartományát (halóját) kitöltő csillagtársulások. Egy-egy gömbhalmaz 50 ezer és 50 millió közötti számú csillagot tartalmazhat.

A gömbhalmazok bizonyos rendellenes csillagaival – az ún. „blue straggler”-ekkel (BS, magyarra kb. „kék csellengők”-nek lehetne fordítani) – kapcsolatos évtizedes rejtély megoldódni látszik. Ezek a csillagok fényesebbek, forróbbak, következésképp első pillantásra fiatalabbnak látszanak, mint halmazbeli társaik legtöbbje. Ha tehát feltesszük, hogy a gömbhalmaz minden csillaga egyszerre keletkezett, akkor ilyen csillagok nem létezhetnének. A Hubble Űrtávcsővel megfigyeltek és részletesen elemeztek egy BS csillagot a 47 Tucanae gömbhalmaz középpontja táján. Az észlelési adatok alapján feltételezik, hogy a BS-ek valójában két kisebb tömegű csillag összeolvadásával jönnek létre. A kisebb tömegű csillagok lassabban fejlődnek, mint a nagyok, tehát a nagyoknál lassúbb ütemben változnak, amíg a zsúfolt halmazban összeütközve egybe nem olvadnak és új csillagfejlődési pályára nem kerülnek.

Miért forró a napkorona?

Nehéz választ adni arra a kérdésre, hogy ha a Nap felszíne – a fotoszféra – csak mintegy 6000 K hőmérsékletű, akkor miért van a koronában kb. 3 millió K. Eddig a korona magas hőmérsékletét a koronában kifelé haladó magnetohidrodinamikai hullámok által szállított energiával magyarázták. A kutatók a Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) megfigyeléseiből is arra következtettek, hogy a melegedés a Nap magnetoszférájában tárolt energia felfelé áramlásából származik. A hatalmas mágneses hurkok kiterjednek az űrbe, a Nap forgásával megcsavarodnak, és erős elektromos áramokat hoznak létre, ami a környező gázt felmelegíti.

A Sky and Telescope alapján összeállította

Makk Péter és **Szeredi Pál**
Budapest, Veres Péter Gimnázium 8. o.t.

Kvazárok – a Kozmosz kannibáljai

A kvazárok a Világegyetem legerősebben sugárzó objektumai. Fényerősségük több milliárdszorosan múlja felül egy átlagos csillagét. Kiterjedésük viszont igen kicsi: átlagosan naprendszernyi méretűek.

Az első kvazárt 1963-ban fedezték fel, erős rádiósugárzása révén. Képe pontszerűnek látszott, így csillagszerű rádióforrásnak nevezték el. (Angolul quasi stellar radio source, e szavak egyes betűinek összevonása adja a quasar nevet.) Azóta kiderült, hogy az elnevezés hibás, mert az újonnan felfedezett kvazárok zöme nem erős rádióforrás. Sokkal aktívabbak az optikai és a röntgen tartományban.

Az újabb elméletek szerint a kvazárok ősi galaxisok háborgó magjai lehetnek, amelyek középpontjában hatalmas tömegű fekete lyuk található. A fekete lyuk roppant mértékű tömegvonzása révén folyamatosan maga köré gyűjti a galaxis anyagát: a gázfelhőket és a kifejlett csillagokat. A csillagokat aztán a gravitáció szabályosan szétszakítja, így anyaguk a gázfelhők anyagával együtt egy örvénylő korongot képez a fekete lyuk körül. Ebből az ún. tömegbefogási korongból az anyag a fekete lyukba zuhan. A fekete lyuk belseje felé zuhanó anyag hatalmas energiára tesz szert, felmelegszik és sugároz. Ezt a sugárzást a fekete lyuk nem tudja befogni, s így kaphatunk hírt a kvazárokról. A kvazárok sugárzásának ismeretében a kvazárok belsejében lévő fekete lyuk tömegét valahol 100 millió és kb. 1 milliárd naptömeg közöttinek becsülik.

A Hubble-űrtávcsőnek köszönhetően az utóbbi időben számos kvazárnál sikerült megfigyelni a körülötte lévő ún. befogadó galaxist is (ezek a korábbi képeken észrevehetetlenek maradtak, mert a kvazár, vagyis az aktív, fényes galaxismag teljesen elhomályosította őket). A galaxisok némelyike még nem olvadt össze a kvazárral, de alakjuk torzulása arra utal, hogy már a fekete lyuk gravitációs hatása alatt állnak. Durvábban fogalmazva: a kvazárt működtető fekete lyuk egyszerűen „megeszi" a befogadó galaxist. Ha elfogy a fűtőanyag, a fekete lyuk ideiglenesen inaktív fázisba kerül, éppen ezért kvazárt sem tud működtetni. Ez a vészjósló csend azonban csak addig tart, amíg a következő áldozat – általában egy teljes galaxis – nem „merészkedik" túlságosan közel a fekete lyukhoz. Ezután már ennek a sorsa is megpecsételődik: gravitációs szétszakítás és bekebelezés lesz az osztályrésze.

A kvazárok távolsága különböző, de amint egyre messzebb tekintünk a múltba, fokozatosan nő a számuk. A legközelebbi kvazár távolsága is több mint 1 milliárd fényév. Mintegy 2–3 milliárd évvel az ősrobbanás után, vagyis 12–13 milliárd fényévnyi távolságban gyakoriságuk erős maximumot mutat: ekkor a kvazárok térbeli sűrűsége közel ezerszerese volt a jelenleginek. Ez arra utal, hogy akkoriban – vagyis 12–13 milliárd éve – drámai változások zajlottak a fiatal Univerzumban. Ha még távolabbi kvazárokat keresünk, azt tapasztaljuk, hogy előfordulásuk gyakorisága erősen csökkenni kezd. E hiány oka még nem tisztázott: lehet, hogy ekkor még nem léteztek, de az is lehet, hogy nem tudjuk megfigyelni őket.

A kvazárok igen izgalmas égitestek, s a kozmológiai kutatásokban is fontos szerepet töltenek be. Ezért sok helyen találkozhatunk velük az Interneten is.

Kvazárok az Interneten

http://www.astro.up.pt/users/apedrosa/QUASARS/pag1.html – Mi mással is kezdhetnénk a kvazárok világába történő utazásunkat, mint a Hubble-űrtávcső drámai képeivel? Lenyűgöző felvételek, képszövegek és tudományos háttér – nagyszerű ráhangolódás a témára!

http://www.cv.nrao.edu/~abridle/quasars.htm – Kvazárok rádióképei.

http://www.phys.vt.edu/~astrophy/faq/quasars.html – A kvazárokkal kapcsolatos leggyakoribb kérdések; válaszok a Virginia Tech Fizika Tanszékétől.

http://lheawww.gsfc.nasa.gov/docs/xray/research/agn/agn.html – Aktív galaxismagok honlap; egy gazdag és színes oldal!

http://ecf.hq.eso.org/samples/lowzquasars.html – Bepillanthatunk a HST képkezelő programjainak kezelőfelületeibe! A célpont egy kis vöröseltolódású kvazár.

http://www.astro.psu.edu/users/dps/surveys.html – Kutatás nagy vöröseltolódású kvazárok után (néhány fontos diagrammal).

http://www-hpcc.astro.washington.edu/papers/redshift/redshift.html – A nagy vöröseltolódású kvazárok természete. Egy tudományos szempontból is kimerítő oldal.

http://www.student.nada.kth.se/~f93-cal/Qcontents.html – Kvazárok: az Univerzum nagy rejtélyeinek egyike; egy jó szöveges összefoglaló anyag.

http://www.obs-hp.fr/www/catalogues/veron2_7.html – Kvazár és aktív galaxismag katalógus.

http://www.astro.princeton.edu/BBOOK/SCIENCE/QUASARS/quasars.html – A Princeton Egyetem kimerítő tudományos összefoglalója, számos ábrával és grafikonnal.

http://www.astro.columbia.edu/~fang/preprints/q1343/paper3abstract.html – Egy fizikai csemege: a kettős kvazárok színképelemzése.

http://156.26.14.23/alex/quasars.htm – Egy hosszú kérdéssor a kvazárokról – itt ellenőrizheted a tudásodat!

Mindenkinek jó kutatást kívánok! Írjátok meg a lapnak, miről szeretnétek információkat, vagy küldjetek nekem E-mailt (tom@gedeon.akg.hu)!

Simon Tamás

Fizika gyakorlatok és feladatok megoldása

FGy. 3002. *A kezemre fújva hideget érzek, rálehelve meleget. A levest azért fújom, hogy hűtsem, a gyurmát azért, hogy melegítsem és így megpuhuljon. Hogyan lehetséges ez?*

Közli: *Kovácsné Homoki-Nagy Olga,* Monor

Megoldás. A leheletünk a testhőmérsékletünkkel (kb. 37 °C-kal) megegyező hőmérsékletű, ez melegebb, mint a környező levegő. Emiatt a kezünkre lehelve a szokásosnál melegebbet érzünk, a gyurmát pedig egy kicsit meg tudjuk puhítani.

Amikor ráfújunk a kezünkre, a gyors légáram elsodorja a kezünk közelében levő, a kezünk által folyamatosan melegített levegőt, ilymódon elősegíti a kéz hőleadását, amit úgy érzékelünk, mintha a környezet hidegebb lenne.

A forró levesre fújva a párolgó leves fölötti vízgőzt sodorja el a gyorsan mozgó levegő. Ezáltal elősegítjük a leves párolgását, s mivel a párolgás hőelvonással jár, a leves hűlését gyorsítjuk. Ez a hatás (a párolgás hűtőhatása) a kezünknél is „működik", de a forró levesnél sokkal inkább számottevő.

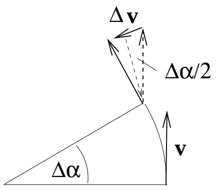
Több dolgozat alapján

330 dolgozat érkezett. Helyes 207 megoldás. Kicsit hiányos (3 pont) 22, hiányos (1–2 pont) 72, hibás 29 dolgozat.

FGy. 3071. *Egyenletes körmozgást végző részecske periódusideje* 2 *másodperc. Félperiódus alatt a centripetális gyorsulás vektor változása* $6\ \mathrm{m/s^2}$. *Mekkora a részecske kerületi sebessége és a kör sugara? Mekkora a sebességvektor megváltozásának nagysága* 0,1 s, *illetve* 0,01 s *alatt?*

Közli: *Lévai Albert,* Mezőtúr

Megoldás. Egyenletes körmozgásnál a centripetális gyorsulás nagysága állandó, iránya pedig a kör középpontja felé mutat. Félperiódus alatt a részecske 180°-ot fordul, így a gyorsulásvektora éppen -1-szeresére változik. Ha ez a változás $6\ \mathrm{m/s^2}$, akkor a gyorsulás nagysága $a=3\ \mathrm{m/s^2}$. Másrészt $a=r\omega^2$, ahol a szögsebesség $\omega=2\pi/T=3{,}14\ \mathrm{s^{-1}}$. Innen a körpálya sugara kiszámítható: $r=30{,}4$ cm, a kerületi sebességre pedig $v=r\omega=$ $=0{,}95\ \mathrm{m/s}$ adódik.



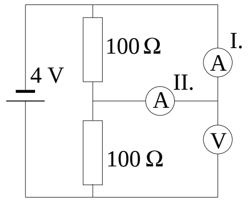
Valamely Δt idő alatt a test helyvektora is és a sebességvektora is $\Delta\alpha=\omega\Delta t$ szöggel fordul el. A sebességvektor változása ezalatt (lásd az *ábrát*)

$$|\Delta\mathbf{v}|=2v\sin\frac{\Delta\alpha}{2}.$$

A fenti összefüggésekből megkaphatjuk, hogy a sebességvektor változása 0,1 s alatt 0,298 m/s, 0,01 s alatt pedig 0,029998 m/s nagyságú. Ezekből a számadatokból megállapíthatjuk, hogy a sebességvektor átlagos változási üteme (átlaggyorsulása) általában eltérhet a pillanatnyi gyorsulástól, egyre rövidebb és rövidebb időtartamokat vizsgálva viszont az egységnyi időre eső sebességváltozás nagysága egyre jobban megközelíti a pillanatnyi gyorsulás vektorának nagyságát.

Nagy Marianna (Kecskemét, Bányai Júlia Gimn., II. o.t.)

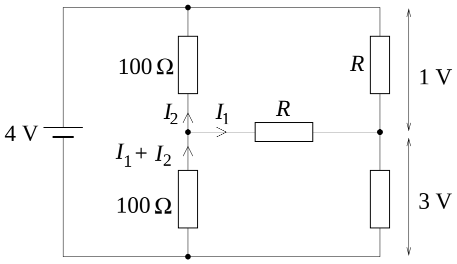
107 dolgozat érkezett. Helyes 48 megoldás. Kicsit hiányos (3 pont) 7, hiányos (1–2 pont) 35, hibás 17 dolgozat.



FGy. 3082. *Az* ábrán *az* I. *árammérő* 10 mA *áramot mutat, a voltmérő pedig* 3 V *feszültséget. Mit mutat a* II. *árammérő? Az árammérők egyformák, a telep belső ellenállása elhanyagolható.*

Budó Ágoston verseny, Szeged

Megoldás. Jelöljük az árammérők belső ellenállását R-rel, az áramirányokat pedig az *ábrán* látható módon. Mivel az I. árammérőn 10 mA áram folyik át, a rá eső feszültség pedig 1 V, az ellenállása $R = 100\ \Omega$.



Írjuk fel az ismert értékű ellenállásokon eső feszültséget I_1 és I_2 segítségével! A 100 ohmos ellenállásokon eső feszültség:

$$100\ \Omega \cdot (I_1 + I_2) + 100\ \Omega \cdot I_2 = 4\ \text{V},$$

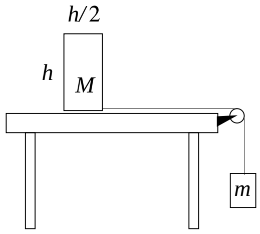
az alsó ellenállásra és a II. árammérőre jutó teljes feszültség pedig

$$100\ \Omega \cdot (I_1 + I_2) + 100\ \Omega \cdot I_1 = 3\ \text{V}.$$

Ezt az egyenletrendszert megoldva $I_1 = \frac{1}{150}$ A és $I_2 = \frac{5}{300}$ A adódik. A II. árammérő tehát 6,7 mA-es értéket mutat.

Szilágyi Tamás (Debrecen, KLTE Gyak. Gimn., 9. évf.)

145 dolgozat érkezett. Helyes 68 megoldás. Kicsit hiányos (3 pont) 2, hiányos (1–2 pont) 15, hibás 60 dolgozat.

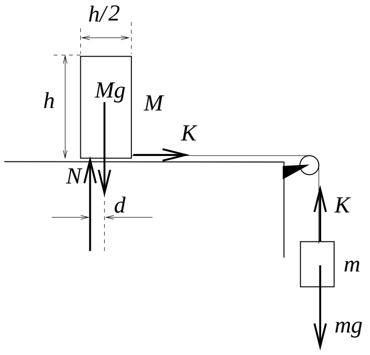


FF. 3085. *Egy h magasságú, $h/2$ szélességű, M tömegű, homogén tömegeloszlású hasábot vízszintes felületre helyezünk. A hasáb aljához egy fonalat erősítünk, melyet csigán vetünk át, és végére m tömegű testet akasztunk, majd a rendszert magára hagyjuk. A súrlódás mindenhol elhanyagolható. Mekkora m/M tömegaránynál billen meg a hasáb?*

Nagy László verseny, Kazincbarcika

Megoldás. A kötéllel összekötött testek a rájuk ható külső erők hatására azonos a nagyságú gyorsulással mozognak. Ha a kötelet feszítő erő K, akkor a mozgásegyenletek:

$$mg - K = ma, \qquad K = Ma.$$



Ebből az egyenletrendszerből meghatározható a gyorsulás és a kötélerő:

$$a=\frac{m}{m+M}\,g,\qquad \text{illetve}\qquad K=\frac{mM}{m+M}\,g.$$

Az M tömegű test nem billen meg, ha a rá ható erőknek a test tömegközéppontjára vonatkoztatott eredő forgatónyomatéka nulla. Az asztallap által kifejtett N erő hatásvonalának és a tömegközéppontnak a távolságát d-vel jelölve a fel nem billenés feltétele:

$$K\,\frac{h}{2}-N\,d=0.$$

Felhasználva K korábban kiszámított értékét, továbbá azt, hogy N nagysága Mg, a fenti egyenletből kifejezhetjük d-t:

$$d=\frac{K}{N}\cdot\frac{h}{2}=\frac{m}{m+M}\cdot\frac{h}{2}.$$

Az egyensúly akkor nem biztosítható, ha N támadáspontja a hasáb alapterületén kívülre esik, vagyis ha $d>h/4$. Eszerint az

$$\frac{m}{m+M}\cdot\frac{h}{2}>\frac{h}{4},\qquad \text{azaz}\qquad \frac{m}{M}>1$$

egyenlőtlenség teljesülése esetén billen fel a hasáb.

Pesti Péter (Budaörs, Illyés Gy. Gimn., 10. évf.) dolgozata alapján

154 dolgozat érkezett. Helyes 51 megoldás. Kicsit hiányos (4 pont) 45, hiányos (1–3 pont) 35, hibás 23 dolgozat.

FN. 3109. *Egy lemezjátszó korongjára egy sík lapot erősítettünk, majd arra egy tömör, homogén tömegeloszlású gumilabdát helyeztünk. A lemezjátszót bekapcsoljuk. Írjuk le a labda mozgását akkor, amikor már tisztán gördül az egyenletesen forgó, vízszintes lapon!*

Közli: *Gnädig Péter,* Budapest

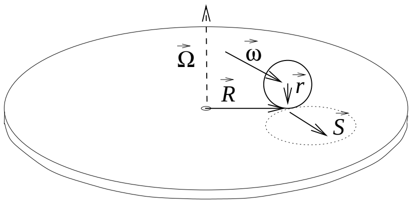
Megoldás. Írjuk le a labda mozgását az „álló” (a lemezjátszó dobozához rögzített) koordináta-rendszerből nézve. Jelöljük a labda tömegközéppontjának sebességét $\vec{v}$-vel, gyorsulását $\vec{a}$-val, a labda forgási szögsebességét $\vec{\omega}$-val, szöggyorsulását $\vec{\beta}$-val, a síklap által kifejtett súrlódási erőt pedig $\vec{S}$-sel. Ezek a mennyiségek vízszintes irányú vektorok. (A labda függőleges tengely körül is foroghat, ha kezdetben volt ilyen irányú szögsebessége, de ez a mozgás független a többitől, ezért a továbbiakban nem foglalkozunk vele.) Érdemes bevezetni még két további jelölést: labda középpontjából a legalsó pontjába lefelé mutató $\vec{r}$ vektort, valamint a korong $\vec{\Omega}$ szögsebesség-vektorát. (Mindkét vektor függőleges irányú és időben állandó.)

Ezekkel a vektormennyiségekkel tömör alakban felírhatjuk az m tömegű, Θ tehetetlenségi nyomatékú labda mozgásegyenleteit. A dinamika alaptörvénye szerint

(1) $$\vec{S}=m\vec{a},$$

a forgómozgás alaptörvénye szerint pedig

(2) $$\vec{r} \times \vec{S} = \Theta\vec{\beta}.$$



A labda tisztán gördül a síklapon, legalsó pontjának sebessége tehát ugyanakkora, mint az érintkezésnél a síklap megfelelő (a lemezjátszó tengelyétől kiinduló $\vec{R}$ vektorral jellemzett) pontjának sebessége. Mivel a labda legalsó pontjának sebessége a tömegközéppont $\vec{v}$ sebességének és a forgásból származó $\vec{\omega} \times \vec{r}$ kerületi sebességnek összege, a síklap megfelelő pontjának sebessége pedig $\vec{\Omega} \times \vec{R}$, a csúszásmentes gördülés feltétele:

(3) $$\vec{v} + (\vec{\omega} \times \vec{r}) = \vec{\Omega} \times \vec{R}.$$

Képezzük a (3) egyenletben szereplő mennyiségek változási sebességét! Mivel $\vec{\Omega}$ és $\vec{r}$ időben állandó vektorok, $\vec{R}$ változási sebessége pedig éppen a labda $\vec{v}$ sebességvektora, írhatjuk, hogy

(4) $$\vec{a} + (\vec{\beta} \times \vec{r}) = \vec{\Omega} \times \vec{v}.$$

Fejezzük ki (1)-ből az $\vec{S}$ vektort és helyettesítsük be (2)-be, majd onnan fejezzük ki $\vec{\beta}$-t és írjuk be (4)-be:

(5) $$\vec{a} + \frac{m}{\Theta}[(\vec{r} \times \vec{a}) \times \vec{r}] = \vec{\Omega} \times \vec{v}.$$

A szögletes zárójelben álló vektor $\vec{a}$ és $\vec{r}$ merőlegessége miatt $r^2 \cdot \vec{a}$ (ahol r a labda sugara), továbbá $\Theta = \frac{2}{5}mr^2$ felhasználásával (5) ilyen alakra hozható:

(6) $$\vec{a} + \frac{5}{2}\vec{a} = \vec{\Omega} \times \vec{v}, \qquad \text{azaz} \qquad \vec{a} = \frac{2}{7}\vec{\Omega} \times \vec{v}.$$

Ez az egyenlet azt mutatja, hogy a labda sebességvektora $\frac{2}{7}\Omega$ szögsebességgel *egyenletesen* forog körbe, a labda tömegközéppontja tehát ilyen szögsebességű egyenletes körmozgást végez. A körpálya középpontja általában *nem* esik egybe a lemezjátszó tányérjának közepével, hanem a kezdőfeltételektől (az indítás helyétől és a kezdősebességtől) függően máshol is lehet.

Megjegyzések: 1. Vigyázat: a merev testek térbeli forgómozgásának egyenlete általában nem olyan „egyszerű”, mint ahogy az a (2) egyenletben szerepel, hanem csak a perdület vektorának változási sebességével fogalmazható meg. Jelen esetben (a labda gömbszimmetriája miatt) a perdület $\Theta \cdot \vec{\omega}$ alakú, s ennek változási sebessége (mivel Θ nem csak a testhez rögzített rendszerből, de az inerciarendszerből nézve is állandó) $\Theta\vec{\beta}$.

2. A labda tömegközépponti szögsebességének és a lemezjátszó szögsebességének aránya a jelen esetben (tömör, homogén lábdánál) $\frac{2}{7}$, általában pedig $\frac{\Theta}{\Theta+mr^2}$. Vékonyfalú labdánál (teniszlabda, pingponglabda) például $\Theta = \frac{2}{3}mr^2$, ilyenkor a legnagyobb a két szögsebesség aránya, nevezetesen $\frac{2}{5}$.

(G. P.)

9 dolgozat érkezett. Hiányos (2–3 pont) 4 megoldás, hibás 4, nem versenyszerű 1 dolgozat.

A mérési feladat megoldása

190. mérési feladat. *Hány* cm^3 *gáz fejlődik egyetlen pezsgőtabletta vízben való feloldása során?*

XX. kerületi fizika-kémia verseny, Budapest

Megoldás. A mérést legegyszerűbben úgy lehet elvégezni, hogy egy nagyobb edényben (akváriumban, üvegtálban) valamilyen eszközzel (pl. vízzel teli, a szájával lefelé fordított mérőhengerrel) felfogjuk a fejlődő gázt s a mérőhenger beosztásán leolvassuk a gáz térfogatát. Ha nem áll rendelkezésre mérőhenger, akkor ismert (megmért) belső átmérőjű edényben felfogva a gázt a gázoszlop magasságából kiszámíthatjuk a térfogatát. Megtehetjük azt is, hogy egy alul kilyukasztott nyitott műanyagflakont egy kicsit nagyobb átmérőjű, vízzel töltött edénybe helyezünk. Miután a lyukon beáramló víz hatására a vízszint azonos magasságra áll be, a flakonba összemorzsolt pezsgőtablettát ejtünk, majd a kupakot szorosan rácsavarjuk. A keletkezett gáz a flakonból kiszorítja a víz egy részét, melynek térfogatát hosszúságméréssel könnyen meg lehet határozni.

A mérés akkor lesz utólag ellenőrizhető, más mérésekkel összevethető, ha a körülményeket minél pontosabban leírjuk. Fontos, hogy meghatározzuk (de legalább a dobozon levő adatok alapján lejegyezzük) a pezsgőtabletta tömegét, megmérjük a víz hőmérsékletét, és ha módunkban áll, meghatározzuk a külső légnyomást is.

Akik többször megismételték a mérést (sajnos ennek korlátot szab a pezsgőtabletták nem elhanyagolhatóan kicsi ára), megfigyelhették, hogy a keletkező gáz mennyisége erősen ingadozik, általában a később elvégzett kísérleteknél egyre növekedett. Sokan rájöttek arra, hogy ez a vízben oldódó gáz (szén-dioxid) miatt van. Ez igen erősen (akár 100 százalékkal is) befolyásolhatja a mérési adatokat, vagyis a mérésben igen jelentős szisztematikus hibát okoz. (Emellett a vízszint változásából adódó nyomásváltozás – amit sokan számításba vettek, vagy az edények emelgetésével megpróbáltak kiküszöbölni – szinte teljesen elhanyagolható a külső légnyomás mellett.)

Az első „feloldott” tablettából még jelentős mennyiségű szén-dioxid oldódik be a vízbe, a továbbiakból már egyre kevesebb, a közvetlenül megmérhető, kibugyborékoló gáz mennyisége tehát egyre többnek adódik. *Kocsis Bence* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn. 12. évf.) megfigyelte, hogy a színes (málna ízű) tabletta csak a felfogóedényben festette meg a vizet, a külső tartályban nem. A tablettákat (fél tabletta egységekben növelve) sorozatban oldotta fel, s vizsgálta a keletkező gáz mennyiségének függését a tabletta sorszámától, majd a telítésbe hajló görbéből következtetett a vízben maradó gáz mennyiségére. *Gál Tamás* (Zalaegerszeg, Ságvári E. Gimn. 11. évf.) két különböző mennyiségű vízben oldott fel tablettákat, s a keletkező gázból – feltételezve, hogy a vízben maradó gázmennyiség a víz térfogatával arányos – kiszámította a szisztematikus hiba nagyságát, és a számított értékkel korrigálta a mérési eredményeit. *Kovács Krisztián* (Nagykanizsa, Batthyány L. Gimn. 12. évf.) is különböző térfogatú edényekben oldva mérte a keletkező gáz térfogatát. Átlagolt mérési adatai: 380 cm^3-es edényben 18, 240 cm^3-es edényben 50, végül 180 cm^3-es edényben 85 cm^3 gázt fejlődését észlelte. A gáz térfogatát a víz térfogatának függvényében ábrázolva közel lineáris függvényt kapott, amit a nulla (értelemszerűen: nagyon kicsiny) víztérfogatra extrapolálva az összes keletkező gázra a 140–150 cm^3-es becsült értéket kapta. Érdemes megfigyelni, hogy ez a mennyiség mintegy nyolcszorosa (!) a legnagyobb (a gázt leginkább feloldó) vízmennyiségnél megfigyelhető gáz térfogatának.

Lazányi János (Debrecen, KLTE Gyak. Gimn. 12. évf.) különböző hőmérsékletű vízbe helyezett pezsgőstablettákat. A folyadékokban oldott gáz mennyisége erősen függ a hőmérséklettől. (Melegebb folyadékban kevésbé oldódnak a gázok, ezért lehet „kiforralni" a vízből a levegőt, szén-dioxidot stb.) A hőmérséklet függvényében változó gázfejlődési adatokból következtetni lehet a folyadékban maradó gáz mennyiségére is.

A vízben oldott gáz mennyiségét – a pezsgőtabletta kémiai összetételének és a reakció egyenletének ismeretében – számítással is meg lehet határozni. (Táblázatból kikereshetjük a szén-dioxid oldhatóságát a kísérleti körülményeknek megfelelő nyomáson és hőmérsékleten, majd az eltávozó gáz mennyiségének ismeretében kiszámíthatjuk az oldatban maradó hányadot.)

Több versenyző úgy próbálta csökkenteni a vízben oldott szén-dioxid mennyiségét, hogy egy lombikban csak kevés vizet juttatott a tablettára, s a keletkező gázt hosszú, vékony műanyagcsőbe vezette. A csőben kicsiny „vízdugó" jelezte a térfogatváltozást, de számottevő mennyiségű gázt nem tudott feloldani.

Néhányan tömegméréssel próbálkoztak: az oldás előtti és utáni tömegek különbségéből határozták meg az eltávozott gáz mennyiségét. Ez elvben jó, gyakorlatilag azonban nehezen megvalósítható eljárás. A kis különbségek miatt igen pontos mérlegre van szükség, és pl. a folyadék párolgását is figyelembe kell vennünk, továbbá a vízben feloldódó gáz problémája itt is jelentkezik.

98 dolgozat érkezett. Helyes Gál Tamás, Ivády Balázs, Kocsis Bence, Kovács Krisztián, Lazányi János, Mach Tivadar, Náfrádi Balázs, Patay Gergely és Somorácz Áron megoldása. Kicsit hiányos (5 pont) 21, hiányos (1–4 pont) 60, hibás 4, nem versenyszerű (név nélküli, illetve több feladat megoldását tartalmazza egyetlen lapon) 3 dolgozat. Szép, gondos munkára utal a Patrona Hungariae Gimn. 11. évf. tanulóinak (9 fő) közösen beküldött mérési jegyzőkönyve; ez azonban az *egyéni* pontversenyben nem értékelhető.

Fizikából kitűzött gyakorlatok és feladatok

195. mérési feladat. Különböző poharakba töltsünk ugyanannyi és ugyanolyan hőmérsékletű (pl. 80 °C-os) teát, és mérjük meg, hogyan csökken a tea hőmérséklete az idő függvényében! Mitől függ a lehűlés gyorsasága?

Közli: *Gnädig Péter,* Budapest

FGy. 3129. Keménypapírból kivágott tompaszögű háromszögeket próbáljunk megállítani a vízszintes asztalon. Van-e olyan háromszög, amelyik csak egyetlen oldalán állhat meg? (Biztosítjuk, hogy a háromszög síkja mindig függőleges maradjon.)

Közli: *Varga István,* Békéscsaba

FGy. 3130. Egy 40 wattos fogyasztót sorba kapcsolunk egy másik fogyasztóval, ennek következtében teljesítménye 17 wattra csökken. Hány wattos a másik fogyasztó? (Tételezzük fel, hogy a hálózati feszültség és a fogyasztók ellenállása állandó.)

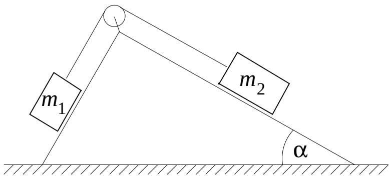
Közli: *Keglevich László,* Budapest
(1930–1997)

FGy. 3131. Egy mól, kezdetben 300 K hőmérsékletű, kétatomos gázt zárt edényben 1000 K-re melegítünk. Közben a molekulák egy része disszociál (különálló atomokra esik szét). 1000 K-en a kétatomos molekulák energiája a gáz összenergiájának már csak a fele. Hány molekula disszociált és hányszorosára nőtt a gáz nyomása? (A molekulák rezgését ne vegyük figyelembe!)

Közli: *Horváth Szilárd,* Budapest

FGy. 3132. Hányszor több munkát végez a gáz, amikor izobár módon tágul ki, mint abban a folyamatban, amelynek során nyomása a térfogatával arányosan nő? A kezdő- és a véghőmérsékletek egyenlőek.

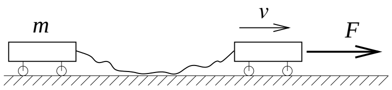
Közli: *Kotek László,* Pécs



FGy. 3133. Mindegyik felületén súrlódásmentes kettős lejtő derékszögű csúcsához elhanyagolható tömegű, súrlódásmentes csigát erősítünk. A csigán átvetett fonal m_1 és m_2 tömegű testeket köt össze. Határozzuk meg α-t m_1 és m_2 függvényeként arra az esetre, amikor nem csúszik el a lejtő a súrlódásmentes, vízszintes asztalon!

Közli: *Rácz György,* Mezőkövesd

FGy. 3134. Két kiskocsit vékony, 18 N/m direkciós erejű, nyújtatlan állapotában 96 cm hosszú gumiszál köt össze, amely kezdetben lazán nyugszik a talajon. Az egyik kocsit állandó 1,2 m/s sebességgel húzzuk.



a) A szál kiegyenesedésétől számítva mennyi idő múlva éri utol az $m = 2$ kg tömegű kiskocsi az előtte haladó kocsit?

b) Ábrázoljuk és írjuk fel az idő függvényében, hogy az első kocsira mekkora erőt kell kifejtenünk, hogy egyenletesen mozogjon!

c) Mekkora munkát végeztünk?

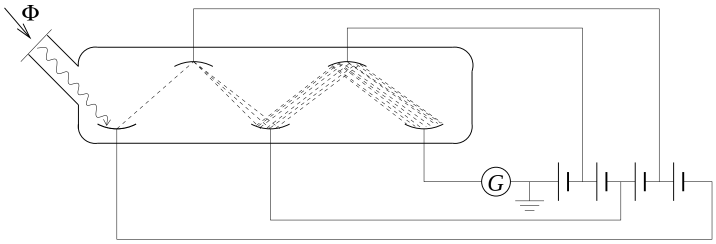
d) Mekkora utat tett meg a hátsó kocsi?

Közli: *Holics László,* Budapest

FF. 3135. Egy 2 μm állandójú optikai rácsra merőlegesen monokromatikus fényt bocsátunk. Ha ezt a rácsot egy feleakkora sűrűségűre cseréljük, az első erősítés iránya 10,4°-kal kisebb szöget zár be a beeső fény irányával. Mekkora a fény hullámhossza?

Közli: *Szabó Zoltán,* Budapest

FF. 3136. Bay Zoltán 60 éve, 1938-ban találta fel a fotoelektron-sokszorozót, amely gyenge fényintenzitást képes átalakítani érzékeny galvanométerrel mérhető elektromos árammá. (Az ábrán egy leegyszerűsített sokszorozó látható, az igaziban $10-15$ fokozat van.)



Φ intenzitású, f frekvenciájú ultraibolya fény világítja meg a W kilépési munkájú fotokatódot, és a két elektróda között U feszültség gyorsítja a elektronokat. Ha a veszteségektől eltekintünk, akkor egy foton legfeljebb hány elektront juttat az áramkörbe, és legfeljebb mekkora áram folyik át a galvanométeren? (Adatok: $\Phi=10^{-10}$ W, $f=2{,}2\cdot10^{15}$ Hz, $W=0{,}42\cdot10^{-18}$ J, $e=1{,}6\cdot10^{-19}$ C, $h=6{,}06\cdot10^{-34}$ Js, $U=40$ V).)

Közli: *Simon Péter,* Pécs

FF. 3137. Az m tömegű részecske körpályán mozog az $\vec{F}=-k\vec{r}$ vonzóerő hatására egy centrális erőtérben. Határozzuk meg a Bohr-féle kvantálási szabály alapján a megengedett pályák sugarait és a részecske energiáját ezeken a pályákon!

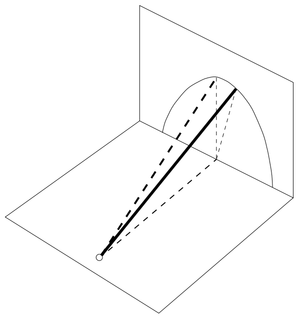
Romániai versenyfeladat

FF. 3138. A tengerfenék és az óceán vize közötti súrlódás miatt a dagályhullámok maximuma nem pontosan a Hold felé mutat. A Hold mozgásához képest siet vagy késik a dagály? Milyen hatással van ez a Föld forgására?

Közli: *Honyek Gyula,* Budapest

FN. 3139. Egy homogén rúd az egyik végéhez erősített gömbcsukló körül elfordulhat. A rudat függőleges falnak támasztjuk úgy, hogy elengedés után egyensúlyban maradjon. Ezután a rúd felső végét kicsit kimozdítjuk oldalra, majd elengedjük. Milyen helyzetben válik el a rúd a faltól? (A falnál és a csuklónál a súrlódás elhanyagolható.)

Közli: *Szvetnik Endre,* Budapest



❄

A fizika feladatok megoldásai a következő címre küldendők:

Eötvös Loránd Fizikai Társulat, KöMaL feladatok

Budapest, Pf. 433. 1371

A beküldési határidő: **1998. március 11.**

❄

Physics

Experimental problem: 195. Pour the same amount and temperature (e.g. 80 °C) of tea into different cups and measure the temperature decrease versus time. What does the speed of the cooling depend?

New exercises: 3129. We are trying to make an obtuse-angled triangle cut out of cardboard stand on a horizontal table plate. Is there such triangle that can only stand on one side? (The plane of the triangle is kept vertical.) **3130.** A load of power of 40 W is connected parallel to another load, thus the power decreases to 17 W. What is the power of the second load? (Provided the voltage and load resistance are kept constant.) **3131.** One mol of biatomic gas is being heated in a closed tank from 300 K up to 1000 K. During the process part of the molecules dissociate. At 1000 K the energy of the biatomic molecules are only half of that of the whole gas. How many molecules have dissociated and by what factor has the gas pressure risen? (The oscillation of the molecules are not to be taken in account.) **3132.** How many times greater is the work done by a gas expanding at constant pressure, than of that which pressure is proportional to its volume? The initial and final temperatures are the same. **3133.** A frictionless pulley of negligible mass is attached to the rectangular peak of a double sided slope with negligible friction on all sides. A thread passing over the pulley connects bodies of mass m_1 and m_2. Determine α versus m_1 and m_2 when the slope does not slip on the vertical table with also negligible friction. **3134.** Two small carriages are connected by a thin elastic string of unstretched length of 96 cm and of force constant of 18 N/m which at first lies loosely on the ground. One of the carriages is being pulled by a constant velocity of 1.2 m/s. a) How long does it take the carriage of mass $m=2$ kg to catch up with the carriage in front of it after the string has straightened? b) Make a graph versus time showing what force should be applied on the first carriage to maintain a constant velocity? c) Determine the work needed. d) What is the distance covered by the second carriage?

New problems: 3135. An optical grid of grid constant of 2 μm is illuminated with a perpendicular beam of monochromatic light. Should this grid be replaced by one with half the original density, so shall the first order diffraction angle decrease by $10.4°$. What is the wavelength of the light? **3136.** The photoelectron multiplier which is able to transform weak light intensity into electrical current measurable by a sensitive galvanometer was invented by Z. Bay 60 years ago, in 1938. (The picture shows the simplified model, the real one has $10-15$ grades.) Ultraviolet light of intensity Φ and frequency f is incident onto a photocathode of work function W. The electrons are accelerated between the two electrodes by voltage U. If the losses are negligible, what is the maximum number of electrons a photon can send into the circuit? What is the maximum of the current flowing through the galvanometer? (Data: $\Phi=10^{-10}$ W, $f=2{,}2\cdot10^{15}$ Hz, $W=$ $=0{,}42\cdot10^{-18}$ J, $e=1{,}6\cdot10^{-19}$ C, $h=6{,}06\cdot10^{-34}$ Js, $U=40$ V.) **3137.** A particle of mass m is on a circuital orbit due to force $\vec{F}=-k\vec{r}$ of a central force field. According to the Bohr theory determine the radius of the possible orbits and the energy of the particle on these certain orbits. **3138.** Due to the friction between the water and the crust of the Earth at the bottom of the oceans the maximum of the tide waves are not exactly pointed at the Moon. Does the tide hurry or delay in compare to the motion of the Moon? What effect does this have on the rotation of the Earth? **3139.** An homogeneous rod may turn around a ball-and-socket joint attached to one end of it. The rod leans on a vertical wall and is in equilibrium when left alone. The upper end of the rod is then displaced by a little to the side and is left alone. At what position does the rod separate from the wall? (The friction by wall and the joint is negligible.)