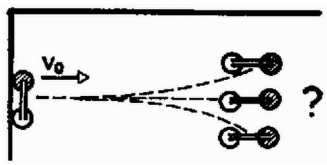
Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 1988. október 28-án rendezte 65. versenyét Budapesten és 12 vidéki városban. A versenyen az 1988-ban érettségizettek és középiskolai tanulók vehettek részt. A versenyzőknek 5 óra állt rendelkezésükre, bármilyen segédeszközt használhattak. Összesen 289 versenyző adott be dolgozatot. A feladatok kitűzését és a beadott megoldások értékelését a Versenybizottság közösen végezte; vezetője *Vermes Miklós* visszavonulását követően *Radnai Gyula*, tagjai *Boros János*, *Gnädig Péter* és *Károlyházy Frigyes* voltak. Ismertetjük a feladatokat és a verseny végeredményét.

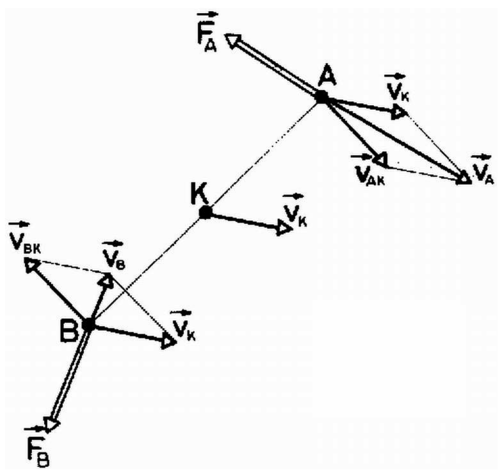
1. *Két egyforma pénzérméből egy rájuk ragasztott hurkapálca segítségével „lapos súlyzót" készítünk. A súlyzót az asztal szélére helyezzük, és az egyik érmének egy ütéssel a súlyzó tengelyére merőleges kezdősebességet adunk. Az ütést akkorára választjuk, hogy a súrlódás a súlyzót egy negyed fordulat megtétele után állítsa meg.*

Elkanyarodik, vagy egyenes vonalban mozog a súlyzó tömegközéppontja ? (1. ábra)



1. ábra

Megoldás. Tekintsünk egy ellökés utáni, de megállás előtti pillanatot ! A helyzetet a 2. ábra mutatja. Az ábrán A jelöli a meglökött érme tömegközéppontját, B a másikét. K a súlyzó tömegközéppontja (AB felező pontja).



2. ábra

A súlyzó bármely pontjának mozgása két jellegzetes mozgásból tehető össze:

az egyik a tömegközépponttal együtt történő haladó mozgás, ezt a pillanatnyi sebességet jelöli $\vec{v}_K$ az ábrán;

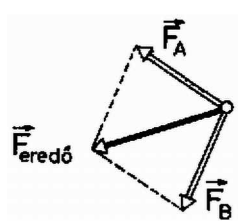
a másik a tömegközéppont körüli forgás, az ennek megfelelő pillanatnyi sebesség A-nál $\vec{v}_{AK}$, B-nél pedig $\vec{v}_{BK}$.

A meglökött érme sebessége az asztalhoz képest $\vec{v}_A$, a másik érme sebessége az asztalhoz képest $\vec{v}_B$.

A súrlódási erő mindkét érme esetén a sebességgel ellentétes irányú, de nagyságuk egyenlő, mivel a felületre merőleges nyomóerők egyenlők.

Mivel $\vec{v}_{AK}$ és $\vec{v}_K$ hegyesszöget, $\vec{v}_{BK}$ és $\vec{v}_k$ pedig tompaszöget alkot, ezért $\vec{v}_A$ kisebb szöget zár be $\vec{v}_K$-val, mint $\vec{v}_B$.

Így az eredő erő „hátrafelé" és a rajzon „lefelé" mutat (3. ábra), tehát a tömegközéppont jobbra kanyarodik el.



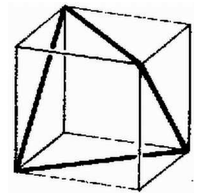
3. ábra

Megjegyzés. A fenti megfontolás során a pénzérmék méretét elhanyagoltuk. A valóságban a „forogva haladó" pénzérmére ható súrlódási erő (a pénzérme különböző részeire ható súrlódási erők eredője) függ a tömegközéppont sebességétől. Ez a hatás éppen a megoldásban tárgyalt effektus ellen dolgozik, de elegendően hosszú hurkapálca esetén teljes mértékben elhanyagolható.

2. *Az a élhosszúságú szigetelő kockára lapátlók mentén vezetett huzalból – az ábra szerint – R ellenállású áramkört illesztünk. B erősségű homogén mágneses mezőt kapcsolunk be, rendre a kocka egyes lapjaira merőleges irányokban (4. ábra).*

a) *Mekkora töltés halad át az egyes esetekben a huzal keresztmetszetén?*

b) *Haladhat- e át ezeknél is több töltés, valamilyen „ferde” irányú B esetén?*



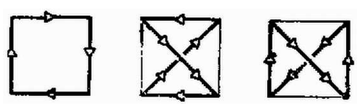
4. ábra

Megoldás. A huzal tetszőleges keresztmetszetén áthaladó töltés az alábbi módon számítható ki:

$$\Delta Q = I \cdot \Delta t = \frac{U}{R}\Delta t = \frac{\Delta \Phi}{R} = \frac{B \cdot A}{R},$$

ahol A jelenti a hurok B-re merőleges vetületének területét.

A kocka egyes lapjaira merőleges irányokban az 5. ábrán vázolt vetületeket kaphatjuk.



5. ábra

Amikor a vetület egy a oldalú négyzet, akkor az áthaladó töltés:

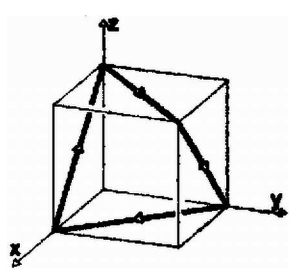
$$\Delta Q = \frac{B \cdot a^2}{R}.$$

A másik két esetben a vetület két egybevágó háromszög, melyek „körüljárási iránya” azonban ellentétes, így a két terület előjeles összege zérus. Ezekben az esetekben tehát

$$\Delta Q = 0.$$

Most vizsgáljuk meg, hogy valamilyen ferde irányú B esetén haladhat-e át több töltés, mint az előbb kiszámított $\frac{B \cdot a^2}{R}$.

Vegyünk fel egy derékszögű koordinátarendszert úgy, hogy a tengelyek legyenek párhuzamosak a kocka éleivel, és mondjuk x irányból nézve legyen a hurok vetülete az a oldalú négyzet (6. ábra).



6. ábra

Ekkor az indukcióvektor komponenseit B_x-szel, B_y-nal, ill. B_z-vel jelölve az áthaladt töltés:

$$\Delta Q = \frac{B_x A_x + B_y A_y + B_z A_z}{R}, \quad \text{vagyis}$$

$$\Delta Q = \frac{B_x a^2}{R} + 0 + 0, \quad \text{mivel} \quad A_y = 0 \quad \text{és} \quad A_z = 0.$$

Minthogy $B_x \leq B$ ezért

$$\Delta Q \leq \frac{Ba^2}{R},$$

tehát semmilyen ferde irányú B esetén nem haladhat át több töltés.

Ugyanerre az eredményre jutunk természetesen akkor is, ha a hurok különböző irányú vetületeit hasonlítjuk össze. Ebben az esetben még be kell bizonyítani, hogy a hurok semmilyen vetületének területe sem lehet nagyobb a^2-nél. Ebből azután már következik a bizonyítandó állítás:

$$\Delta Q = \frac{B \ \cdot A^*}{R} \leq \frac{Ba^2}{R}.$$

Megjegyzés. Annak bizonyítása, hogy a vetület területe nem lehet nagyobb a^2-nél, történhet például azon felismerés alapján, hogy a fenti hurok egy olyan térbeli négyszöget alkot, amelynek nemcsak oldalai, de átlói is $a \cdot \sqrt{2}$ hosszúságú lapátlók. Az átlók vetületei lesznek a vetületnégyszög átlói. Így a vetületnégyszög átlói sem lehetnek $a \cdot \sqrt{2}$-nél hosszabbak. Mivel egy síkbeli négyszög területe nem lehet nagyobb, mint az átlók szorzatának a fele, ezért a vetület területe legfeljebb

$$\frac{a\sqrt{2} \cdot a\sqrt{3}}{2} = a^2$$

lehet.

3. *Egy pontszerű monokromatikus fényforrás és egy ernyő között átlátszatlan, fekete lemez van, rajta két parányi környílás. Fény csak ezeken a nyílásokon át juthat az ernyőre. Az ernyőn interferenciacsíkok jelennek meg.*

Elhelyezhetünk-e – ha igen, hogyan – egy síktükröt úgy, hogy az ernyő megvilágítása

a) *nagyjából egyenletes legyen;*

b) *közel zérus legyen?*

Megoldás. Mindkét eset elérhető, megvalósítható, ha a tükröt az átlátszatlan, fekete lemeznek azon az oldalán helyezzük el, ahol a fényforrás is van. Ekkor ugyanis már magán a fekete lemezen is létrejön interferencia a közvetlenül és a tükörről visszaverődve odaérő fény között.

a) Az ernyő megvilágítása nagyjából egyenletes lesz, ha az ernyőre csak az egyik parányi környílásból esik fény. Ehhez a tükröt úgy kell beállítani, hogy a direkt és a visszavert fény interferenciájának eredménye *az egyik parányi környílás helyén kioltás legyen,* a másiknál viszont nem. Ekkor ez utóbbi az egyetlen környílás, melyen át fény jut az ernyőre. A „parányi" jelző utal arra, hogy a nyílás mérete olyan kicsi, hogy a nyíláson létrejövő elhajlás okozta intenzitásváltozás csekély. Az ernyő megvilágítása *nagyjából egyenletes.*

b) Az ernyő megvilágítása közel zérus lesz, ha a tükröt úgy állítjuk be, hogy a direkt és a visszavert fény interferenciájának eredménye *mindkét parányi környílás helyén kioltás* lesz. Ez megtehető, mert a kioltások nemcsak egy-egy pontban, hanem egy-egy görbe mentén jönnek létre, s akár az is elérhető, hogy az egyik „sötét csík" áthaladjon mindkét környíláson. Mivel azonban a tökéletes kioltás szigorúan véve csak egy zérus szélességű vonal mentén valósul meg, s a környílás ugyan parányi, de nem zérus szélességű, ezért az ernyő megvilágítása nem tökéletesen zérus, hanem csak *közel zérus* lesz.

Megjegyzés. A feladatnak van egy „triviális" megoldása is. Ha a tükröt árnyékoló lemeznek használjuk, és eltakarjuk vele egyik, illetve mindkét nyílást, előáll a feladatban megfogalmazott *a),* illetve *b)* eset. Ezt a megoldást mégsem lehet teljes értékűnek elfogadni, hiszen például a *b)* kérdés csak „közel zérus" megvilágítást ír elő, nem pedig teljes sötétséget. Arról nem is beszélve, hogy a fizikában a tükröt tükörként illik felhasználni. Tudták ezt a versenyzők is, meg is írták többen, hogy csak azért adják ezt a megoldást, mert jobb nem jut az eszükbe. Az igazi megoldásra kevesen találtak rá.

A verseny eredménye

I. díjat kaptak egyenlő helyezésben:

Fucskár Attila, az ELTE programozó matematikus hallgatója, aki a budapesti Kaffka Margit Gimnáziumban érettségizett, mint Jánosi Ilona tanítványa, és *Hauer Tamás,* az ELTE fizikus hallgatója, aki a budapesti Apáczai Csere János Gimnáziumban érettségizett, tanára Kelemen László.

II. díjat kaptak egyenlő helyezésben:

Csahók Zoltán, az ELTE fizikus hallgatója, aki a budapesti Fazekas Mihály Gimnáziumban érettségizett, mint Horváth Gábor tanítványa, *Demeter Gábor,* a budapesti Móricz Zsigmond Gimnázium IV. osztályos tanulója, tanára Tarnóczyné Gegedon Melitta, és *Szabó Szilárd,* a budapesti Apáczai Csere János Gimnázium IV. osztályos tanulója, tanára Holics László.

III. díjat kaptak egyenlő helyezésben:

Csilling Ákos, a budapesti Fazekas Mihály Gimnázium III. osztályos tanulója, tanára Horváth Gábor, *Keleti Tamás,* az ELTE matematikus hallgatója, aki a budapesti Fazekas Mihály Gimnáziumban érettségizett, mint Horváth Gábor tanítványa, és *Pásztor Gábor,* a miskolci Földes Ferenc Gimnázium IV. osztályos tanulója, tanára Zámborszky Ferenc.

Dicséretet kaptak egyenlő helyezésben:

Lencse Gábor, a győri Révai Miklós Gimnázium IV. osztályos tanulója, tanárai Jagudits György és Takács István, valamint *Somfai Ellák,* a pápai Petőfi Sándor Gimnázium IV. osztályos tanulója, tanára Dankó Ferenc.

Az eredményhirdetésre 1988. november 25-én került sor az ELTE Múzeum körúti fizikai előadótermében. A nyertes versenyzőkön és tanáraikon kívül részt vettek az ünnepélyes díjkiosztáson a KöMaL 1987–88. évi fizika pontversenyének legjobbjai is.

Valamennyi nyertes és helyezett versenyzőnek, valamint az őket felkészítő tanároknak ezúton is gratulálunk.