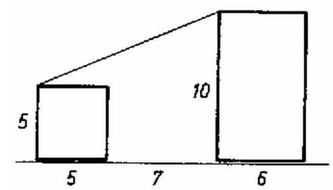
Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat október 19-én rendezte ez évi fizikai versenyét Budapesten és 7 vidéki városban az idén érettségizettek és középiskolai tanulók számára. A versenyzők öt óráig dolgozhattak és bármilyen segédeszközt használhattak. A versenyzők száma 433 volt. Ismertetjük a feladatokat és megoldásukat.

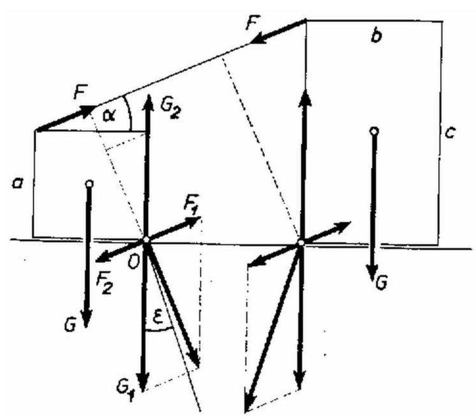
1. 5 dm *élhosszúságú kocka és* 10 dm *magasságú,* 6 dm *alapélű hasáb* 7 dm *távolságban állnak egymástól. A kocka és a hasáb súlya egyenlő. A felső éleket egy fonál köti össze, amely eredetileg feszültségmentes. Idővel a fonál a levegő nedvessége következtében megfeszül és benne fokozatosan növekedő feszítőerő támad. Mi az a legelső megmozdulás, amit a testeken észlelhetünk? A csúszási súrlódási együttható* 0,4 (1. *ábra*).

(Vermes Miklós)



1. ábra

Megoldás. Mindegyik testnél vagy megcsúszás, vagy felborulás történhet, az ehhez szükséges négy erőt kell nagyság szerint sorba állítani. Először a kockánál tesszük át a G súlyt és a fonálban feszítő F erőt az O sarokpontba (2. ábra).



2. ábra

Ehhez G_1 és G_2, valamint F_1 és F_2 erők hozzávétele szükséges. F_1 és G_1 eredőjének vízszintes összetevője $F_1 \cos\alpha$, függőleges összetevője $G_1 - F_1 \sin\alpha$. A kocka nem csúszik meg, és az O pont forgástengely lehet, ameddig

$$\frac{F \cos\alpha}{G - F \sin\alpha} < \mu = \operatorname{tg}\varepsilon$$

(μ a súrlódási együttható). Innen a megcsúszás feltételét jelentő erő:

$$\text{(I)} \qquad F = \frac{\mu G}{\cos\alpha + \mu \sin\alpha}.$$

F és F_2 felbillentő erőpárt alkot, amelynek forgatónyomatéka $F(a \sin\alpha + +a \cos\alpha)$, ezzel szemben a súly forgatónyomatéka $Ga/2$. A forgatónyomatékokat egyenlővé téve megkapjuk azt az erőt, amelynél kezdődhet a felbillenés:

$$\text{(II)} \qquad F = \frac{G}{2\,(\sin\alpha + \cos\alpha)}:$$

A hasábnál ugyanígy járunk el. Itt az áthelyezett erők eredőjének vízszintes összetevője $F \cos\alpha$, függőleges összetevője $G + F \sin\alpha$. Annak feltétele, hogy a hasáb ne csússzék el:

$$\frac{F \cos\alpha}{G + F \sin\alpha} < \mu = \operatorname{tg}\varepsilon.$$

Innen a megcsúszás feltételét jelentő erő:

$$\text{(III)} \qquad F = \frac{\mu G}{\cos\alpha - \mu \sin\alpha}.$$

A hasábot felbillentő forgatónyomaték $Fc \cdot \cos\alpha$, a súly visszatartó forgatónyomatéka $Gb/2$. Ezeket egyenlővé téve megkapjuk azt az erőt, amelynél a hasáb felbillenése kezdődne:

$$F = \frac{Gb}{2c\cos\alpha}. \tag{IV}$$

A fonál megfeszülése közben az F erő fokozatosan növekszik. Meg kell néznünk, hogy az előbb nyert négy erő közül melyik a legkisebb, mert az ennek megfelelő elmozdulás következik be először. Számadatainkkal:

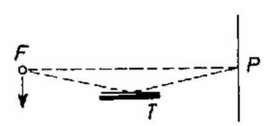
tg $\alpha = 5/12$, sin $\alpha = 5/13$, cos $\alpha = 12/13$. Így a négy erő:

$$\begin{aligned} I.&\quad F = 13G/35,\\ II.&\quad F = 13G/34,\\ III.&\quad F = 13G/25,\\ IV.&\quad F = I3G/40. \end{aligned}$$

Látjuk, hogy a negyedik megmozduláshoz szükséges erő a legkisebb, tehát az első jelenség a hasáb felbillenése.

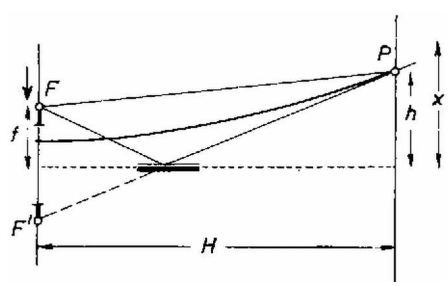
2. *Az F fényforrásból az E ernyő alkalmasan kiválasztott P helyére egyrészt közvetlenül, másrészt a kis T tükörről visszaverődve úgy esik fény, hogy az ernyőn interferenciacsíkok keletkeznek (3. ábra). Ha az F fényforrást a rajz síkjában lassan a nyíl irányában lefelé kezdjük mozgatni, az interferenciacsíkok az ernyőn vándorolni látszanak. Merre indulnak el?*

(Károlyházy Frigyes)



3. ábra

I. megoldás. F-nek F'-ben virtuális tükörképe van. A helyzet olyan, mintha F és F' szinkron működő fényforrások volnának (4. ábra). Azon pontok, ahol az útkülönbség ugyanaz, hiperbolákon feküsznek, amelyek fókuszai F és F'. F lefelé mozgatása F és F' közeledését jelenti, miközben a hiperbolák valós tengelye változatlan marad. Ez azt jelenti, hogy a hiperbolák szétterülnek, vagyis az eredetileg kiszemelt útkülönbséghez tartozó P pont felfelé vándorol.



4. ábra

II. megoldás. A P ponthoz tartozó útkülönbség eredetileg (4. ábra):

$$\sqrt{H^2 + (h+f)^2} - \sqrt{H^2 + (h-f)^2}.$$

Ha f-et kisebbítjük Δ-val, az ugyanakkora útkülönbséghez tartozó pont x magasságba vándorol. Most az útkülönbség:

$$\sqrt{H^2 + (x+f-\Delta)^2} - \sqrt{H^2 + (x-f+\Delta)^2}.$$

A két útkülönbséget egyenlővé tesszük és egyszerűsítünk H-val:

$$\sqrt{1 + \left(\frac{h+f}{H}\right)^2} - \sqrt{1 + \left(\frac{h-f}{H}\right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{x+f-\Delta}{H}\right)^2} - \sqrt{1 + \left(\frac{x-f+\Delta}{H}\right)^2}.$$

Felhasználva $\sqrt{1+\varepsilon} \approx 1 + \varepsilon/2$ becslést:

$$1 + \frac{1}{2}\left(\frac{h+f}{H}\right)^2 - 1 - \frac{1}{2}\left(\frac{h-f}{H}\right)^2 = 1 + \frac{1}{2}\left(\frac{x+f-\Delta}{H}\right)^2 - 1 - \frac{1}{2}\left(\frac{x-f+\Delta}{H}\right)^2.$$

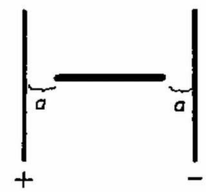
Innen kiszámítható az az új x magasság, ahol Δ-val történt elmozdítás után ismét az előbbi az útkülönbség:

$$x = h \cdot \frac{f}{f - \Delta}.$$

Ez pedig nagyobb, mint h. Tehát az interferenciacsíkok felfelé vándorolnak. Közelítően $x = h + \Delta \frac{h}{f}$, tehát az interferenciasáv mozgási sebessége közelítőleg a fényforrás sebességének h/f-szerese.

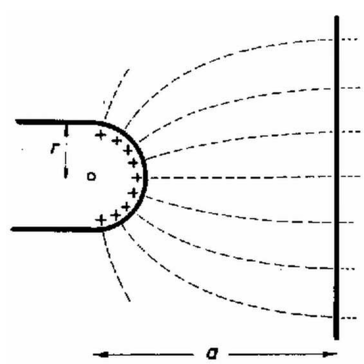
3. *Nagy területű síkkondenzátor lemezei között a feszültség* $U = 100$ volt. *A lemezek között, a lemezekre merőlegesen hosszú,* 1 mm *átmérőjű, mindkét végén legömbölyített fémrúd van (5. ábra). A rúdvégek távolsága a lemezektől mindkét oldalon* $a = 5$ mm. *Számítsuk ki hozzávetőlegesen, mekkora feszítőerő működik a fémrúdban!*

(Károlyházy Frigyes)



5. ábra

Megoldás. Tekintettel a szimmetrikus elrendezésre, végig a fémrúd mentén a feszültség 50 volt, vagyis $U/2$ a jobb oldali lemezhez képest. Közvetlenül a rúd végénél az erővonalak sugarasan indulnak ki, mint a gömbön elhelyezett töltés esetében, ezért a rúd végének a potenciálja a lemezhez képest kQ/r (6. ábra).



6. ábra

A tér távolabbi módosulását nem kell figyelembe vennünk, hiszen a töltés átvivésének munkája javarészét a gömbfelület közelében végezzük, és nem sokat számít, hogy milyen messze van a lemez. Tehát:

$$\frac{U}{2} = \frac{kQ}{r},$$

Innen az a töltés, amely a megosztás következtében a rúd végén összegyűlik: $Q = Ur/2k$. Ez akkora erővel vonzódik a lemezhez, mintha a lemez mögött levő, szimmetrikusan elhelyezett ugyanakkora töltéshez vonzódna (ún. tükörerő):

$$F = \frac{kQ^2}{(2a)^2} = \frac{U^2}{16k} \cdot \left(\frac{r}{a}\right)^2.$$

Coulombbal, méterrel és newtonnal számolva $k = 9 \cdot 10^9$, és így számadatainkkal $F = 7 \cdot 10^{-10}$ newton.

A verseny eredménye. I. díjat kapott egyenlő helyezésben *Ábrahám Tibor,* a budapesti ELTE–TTK fizikus hallgatója (Egerben a Gárdonyi Géza Gimnáziumban érettségizett mint Bodnár István és Patkó György tanítványa) és *Vladár Károly* honvéd (Kiskunhalason a Szilády Áron Gimnáziumban érettségizett mint Péter Irén tanítványa). **II.** díjat kapott *Szép Jenő,* Budapesten a Veres Pálné Gimnázium IV. osztályában Kishonti Istvánné tanítványa. Dicséretet kaptak könyvjutalommal: *Bezdek András,* Dunaújvárosban a Münnich Ferenc Gimnázium IV. o. tanulója, (Kobzos Ferenc tanítványa), *Kovács Imre* honvéd, (Kaposvárott az Általános Gépipari Szakközépiskolában érettségizett mint Németh Tiborné tanítványa), *Meszéna Géza* honvéd (Budapesten a Berzsenyi Dániel Gimnáziumban érettségizett mint Apró Pál, Hubert Györgyné és Sárkány Andrásné tanítványa) és *Prőhle Péter* honvéd (Budapesten a Fazekas Mihály Gimnáziumban érettségizett mint Szűcs Barna és Tóth László tanítványa).