A FIZIKA OKTV HARMADIK FORDULÓJA AZ ELSŐ KATEGÓRIA RÉSZÉRE – 2010

Vannay László, Fülöp Ferenc
BME, Fizikai Intézet, Fizika Tanszék

A Műegyetem Fizikai Intézete 1994 óta rendezi a Fizika Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny (OKTV) harmadik, döntő fordulóját. Korábban három kategóriában versenyeztek a diákok. Első kategóriában az emelt szintű fizikaoktatásban részesülők, a másodikban az általános tantervű gimnáziumok tanulói és a harmadik kategóriában a szakközépiskolák diákjai.

A fizika OKTV – a 2007/2008-as tanévtől kezdődően – két csoportban (kategóriában) kerül megrendezésre.

A diákok hovatartozása a versenykiírás szerint:

„Az I. kategóriába azok a középiskolai tanulók, akik nem tartoznak a II. kategóriába.

A II. kategóriában azok a gimnáziumi tanulók, akik a 9. évfolyamtól kezdődően – az egyes tanévek heti óraszámát összeadva – a versenyben való részvétel tanévének heti óraszámával bezárólag összesen heti 8, vagy annál több órában tanulják a fizikát bizonyítványban feltüntetett tantárgyként.”

Mind a két csoport részére három fordulóból áll a verseny. Az első két forduló során elméleti problémákat kell megoldaniuk a versenyzőknek, míg a harmadik fordulóban mérési feladatokkal kell megbirkózniuk. A harmadik fordulóban az első két forduló legjobbjai mérik össze tudásukat.

A verseny értékelése a második (az I. kategóriánál maximum 60 pont) és a harmadik (az I. kategóriánál maximum 40 pont) fordulóban szerzett pontok összegzésével történik.

A BME Fizikai Intézet ebben az évben az I. kategória versenyének harmadik – döntő – fordulóját rendezte. A versenyen 30 diák vett részt, két 15 fős csoportban. Az egyik csoport délelőtt 8-tól 12 óráig, a másik 12.30-tól 16.30-ig dolgozhatott, egymástól függönnyel elválasztott mérőhelyeken. A mérőhelyeket sorsolással osztottuk ki a versenyzők között.

Dolgozatunkban először bemutatjuk a verseny kezdetekor kiadott írásos anyagot, majd vázoljuk a kitűzött feladatok megoldásának módját, beszámolunk az értékelés során szerzett tapasztalatokról, a versenyzők eredményeiről, és végül köszönetet mondunk mindazoknak, akik közreműködtek a verseny előkészítésében vagy lebonyolításában.

A versenyzők részére kiadott írásos anyag

Valós rugalmas ütközés vizsgálata

Feladat: a mérőhelyen található inga, valamint az inga és a kiskocsi ütközésének vizsgálata segítségével határozza meg a kiskocsi tömegét a reá szerelt rugóval és a gyurmaterheléssel együtt.

A megoldás lépései:

a) Végezzen méréseket arra vonatkozóan, hogy a rendelkezésére álló ingát tekintheti e „jó közelítéssel” matematikai ingának! Az inga rúdja csapágyazott, merev, „grafit” cső, a rúd végén lévő golyó tömege: 62 gramm. (maximum: 8 pont)

b) Határozza meg az inga és a kocsi ütközésére jellemző „ütközési tényezőt”! (maximum: 16 pont)

c) Határozza meg a kocsi tömegét! (maximum: 16 pont.)

Készítsen jegyzőkönyvet, amelyben részletesen ismertesse munkája menetét – olyan részletességgel, hogy annak alapján megismételhetők legyenek mérései – adja meg a mérései során nyert adatokat, azok feldolgozásához alkalmazott összefüggéseket, valamint az összefüggések segítségével kapott eredményeket. Ügyeljen arra, hogy számításai követhetők legyenek! Befejezésül közölje az elvégzett munkájával kapcsolatos megjegyzéseit és észrevételeit!

A feladat megoldásához a mérőhelyen az alábbi eszközöket találja:

Kiskocsi rugóval és terheléssel (a vizsgált minta); Bunsen-állvány dióval és fogóval; gyűjtőlencse foglalatban ($f \approx 35$ mm); stopperóra; szintezhető alaplap, rászerelt ingaállvány ingával, szögmérővel és megvilágító LED-del (a LED-et a működéséhez szükséges tápegység bekapcsolásával helyezheti üzembe); az alapra szerelhető ütköző; szintező; *Négyjegyű függvénytáblázatok. Matematikai, fizikai, kémiai összefüggések.* 1 db fehér A4-es papírlap; tolómérő (subler); szigetelőszalag; borotvapenge; csavarhúzó.

További információk:

A verseny időtartama 4 óra. Az elkészített jegyzőkönyve minden lapján, az első oldal jobb felső sarkában tüntesse fel a mérőhely számát, valamint azt, hogy a délelőtti (De), vagy a délutáni (Du) csoportban mért. Egyéb azonosításra alkalmas adatot (név, iskola stb.) ne tüntessen fel! Ha a kiadott eszközök kezelésével kapcsolatban problémái vannak, vagy az eszközök működésénél rendellenességet tapasztal, forduljon a felügyelő tanárokhoz. A méréseket körültekintően végezze! Vigyázzon, hogy az erős fényforrás ne világítson senkinek sem a szemébe! Tartsa be az általános balesetvédelmi szabályokat! Vigyázzon saját maga és a kiadott eszközök épségére!

A feladat megoldása

A versenyzők részére a feladat megértését segítette a mérőhelyen található eszközök jelenléte, míg az olvasó számára csak az eszközök listája ad némi tájékoztatást. Ezért két képet közlünk a kísérleti berendezésről. Az *1. kép* az állványra szerelt ingát mutatja, az állítható szögmérővel és a LED tartójával. A *2. kép* a mérésnél használandó összeállítást mutatja: a vizsgált kiskocsit a rászerelt rugóval, az állítható helyzetű ütközővel és a szögmérő skálájának kivetítéséhez alkalmazott optikai lencsével. A felvételen gyengén látszó kivetített skálát külön kiemeltük.

a) Ha az ingát ideális matematikai ingának tekintjük, a lengésidejének meghatározásához csak az inga hosszát kell ismernünk. Esetünkben az inga hosszának a tengely középpontjának és a golyó súlypontjának távolságát tekinthetjük. Ez a hossz a golyó tengelyközépponttól való távolságából, és a golyó sugarának méretéből tevődik össze. A távolságokat tolómérővel mérve: l = 69+12,5 = 81,5 mm. Ezzel az értékkel számolva, az inga lengésideje (T_i):

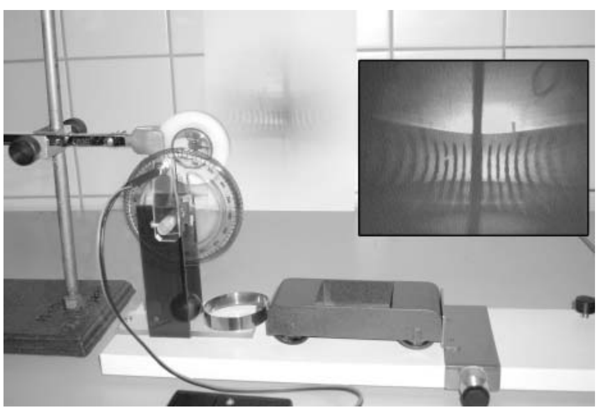
$$T_i = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{81{,}5\cdot 10^{-3}}{9{,}81}} = 0{,}5727\ \text{s}. \tag{1}$$

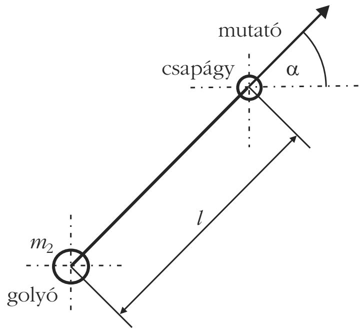
Az ingát nyugalmi helyzetéből 5°-ra kitérítve – az (1) összefüggés ilyen esetre vonatkozó közelítés – 30 lengés idejét tudtuk mérni. A mérést 10 esetben elvégezve, az átlagosan mért lengésidő: T_m = 0,5735 s. A lengésidőből számított ingahossz: l_m = 81,73 mm. Vizsgálataink alapján, a mért és a számított adatok összehasonlításával, azt a következtetést vontuk le, hogy ingánk a továbbiakban „jó közelítéssel” matematikai ingának tekinthető.

b) Két test centrális és egyenes ütközésekor az ütközés előtti, és az ütközés utáni sebességek közötti kapcsolat könnyen levezethető, de megtalálható a középiskolában használatos képletgyűjteményben (*Négyjegyű függvénytáblázatok. Matematikai, fizikai, kémiai összefüggések*) is. A vonatkozó összefüggések:

1. kép. Inga az állványon

2. kép. A mérésnél használandó összeállítás.





1. ábra. Vázlat az ingáról

$$u_1 = (1 + k)\,\frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - k\,v_1, \tag{2}$$

$$u_2 = (1 + k)\,\frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - k\,v_2, \tag{3}$$

ahol v az ütközés előtti sebesség; u az ütközés utáni sebesség, és k az ütközési szám:

$$k\left(v_1 - v_2\right) = u_2 - u_1. \tag{4}$$

Legyen az 1 jelű test az inga gömbje, a 2 jelű a kiskocsi. Amikor az ingát alkotó gömböt ütköztetjük a rögzített kiskocsival: $v_2 = u_2 = 0$ és ekkor:

$$k\,v_1 = -u_1. \tag{5}$$

A gömb ütközés előtti sebességét (v_1) az indítás magasságából, az ütközés utáni sebességét (u_1) az emelkedés magasságából, az energiamegmaradás törvénye segítségével határozhatjuk meg. Az inga helyzetét az ingához rögzített, szögmérő előtt mozgó mutató segítségével állapíthatjuk meg. Ha az ingát függőleges helyzetéből 90°-kal – vízszintes helyzetbe – kitérítjük és innen nyugalmi helyzetből elengedve, az ütközés előtti sebessége:

$$\begin{aligned} v_1 &= \sqrt{2\,l\,g} = \\ &= \sqrt{2\cdot 81{,}73\cdot 10^{-3}\cdot 9{,}81} = 1{,}2663\ \text{m/s}. \end{aligned} \tag{6}$$

Az ütközés után az emelkedés magasságának pontos meghatározása az inga gyors mozgása, és az inga helyzetét jelző szögmérő sűrű beosztása miatt nehezen oldható meg. Ezért az átlátszó műanyag szögmérő skáláját zöld színű LED-del megvilágítjuk és egy lencse (f = +35 mm.) segítségével ernyőre vetítjük. (Mivel a LED a skálának csak egy részét világítja meg, a LED helyzetét a szükségletnek megfelelően a szögmérő mentén egy körpályán lehetett változtatni.) Az inga gyors mozgása miatt az inga helyzetének meghatározása a mutató segítségével még így kivetítve sem könnyű feladat. Ezért a szélső helyzet meghatározásakor úgy jártunk el, hogy a szögmérő skálájának egy részét szigetelőszalaggal leragasztottuk, majd azt vizsgáltuk, hogy az ingára szerelt mutató a leragasztott részen túllendült-e. Ilyen módon megbízhatóan 0,5° pontossággal határozhattuk meg a mutató, azaz az inga helyzetét. Méréseink során azt találtuk, hogy a rögzített kocsiról ütközés után visszapattanó inga α_1 = 3,5° híján érte el vízszintes kiindulási helyzetét. Így az ütközés utáni pillanatban a visszapattanó golyó sebessége:

$$\begin{aligned} u_1 &= \sqrt{2\,l\,g\left(1 - \sin\alpha_1\right)} = \\ &= \sqrt{2\cdot 81{,}73\cdot 10^{-3}\cdot 9{,}81\cdot(1 - \sin 3{,}5°)} = \\ &= 1{,}2270\ \text{m/s}. \end{aligned} \tag{7}$$

A megállapított sebességek és (5) felhasználásával az ütközési tényező:

$$k = 0{,}969.$$

c) A kiskocsi tömegének meghatározására a (2) kifejezés ad lehetőséget. Amikor az ingát a rúd vízszintes helyzetéből indítva az álló, de nem rögzített kocsihoz ütköztetjük, v_2 = 0, v_1 pedig a már korábban is meghatározott 1,266 m/s. Ugyancsak ismert m_1, a golyó megadott tömege (62 g). Így csak a golyó ütközés utáni sebességét kell megállapítanunk ahhoz, hogy a kocsi tömegét (m_2) kiszámíthassuk.

A golyó ütközés utáni sebességét pedig ismét az emelkedés magasságának ismeretében tudjuk meghatározni. A mérés menete azonos az u_1 meghatározásánál alkalmazott eljárással. Méréseink alapján az inga mutatója, a golyó szélső helyzetében α_2 = 56,5°-os szöggel tért el a vízszintestől. Így a golyó sebessége az ütközés után:

$$\begin{aligned} u_1' &= \sqrt{2\,l\,g\left(1 - \sin\alpha_2\right)} = \\ &= \sqrt{2\cdot 81{,}73\cdot 10^{-3}\cdot 9{,}81\cdot(1 - \sin 56{,}5°)} = \\ &= 0{,}5161\ \text{m/s}. \end{aligned}$$

A most már a rendelkezésünkre álló adatokat a (2) egyenletbe behelyettesítve:

$$\begin{aligned} -0{,}5161 &= (1 + 0{,}969)\cdot\frac{62\cdot 1{,}2663 + m_2\cdot 0}{62 + m_2} - \\ &\quad - 0{,}968\cdot 1{,}2663. \end{aligned}$$

Innen a kiskocsi tömege:

$$m_2 = 155{,}44\ \text{g}.$$

Utólag a kiskocsi tömegét megmérve, azt 150 g-nak találtuk.

A versennyel kapcsolatos tapasztalatok és az eredmények

A feladat első részét a legtöbben sikeresen megoldották: az inga lengésidejének méréséből kapott és a mért adatokból számított értékének összehasonlításával. Megoldást jelentett az inga közvetlenül mért és a mért lengésidőből számított hosszának összehasonlítása is. Helyes mérési adatok esetén mind a két esetben igen jól egyeztek az adatok.

Az inga hosszának mérésénél nem vártuk el a tolómérőn a Noniusz-skála használatát. 0,5 mm-es mérési pontosságra számítottunk. Néhányan ismerték a skála használatának módját és alkalmazták. Volt azonban olyan versenyző, aki 2 cm-es hibával mérte a közel 8 cm-es hosszat.

Sokan nem tudták, vagy nem gondoltak arra, hogy a matematikai inga lengésidejére szokásosan alkalmazott összefüggés egy közelítés, amely 5°-nál kisebb kitérések esetén ad helyes eredményt.

A feladat második részénél néhány versenyző nem ismerte az ütközési szám fogalmát. Ennek a problémának úgy akartuk elejét venni, hogy olyan „függvénytáblát” adtunk minden versenyzőnek, amelyben szerepelt az ütközési szám definíciója (4), valamint a feladat megoldásához szükséges további két összefüggés – (2) és (3) – is. Néhány versenyző nem vette igénybe a segítséget, és maga definiált egy ütközési számot, ütközés előtti és utáni energiák, vagy sebességek segítségével.

Az ütközési szám meghatározásának legegyszerűbb módja az ingának a rögzített kiskocsival való ütköztetése, és az ingát képező golyó ütközés előtti és ütközés utáni sebességének meghatározása. Ekkor – mint ahogy fentebb leírtuk – az (5) összefüggés adja a megoldást. A golyó két sebessége az inga kitérésszögének mérésével (6), illetve (7) alkalmazásával történhet. Ezt az egyszerű megoldást – érdekes módon – csupán egy versenyző választotta.

A versenyzők zöme a (4) összefüggést vagy a lendületmegmaradás törvényét alkalmazta. Nekik szükségük volt a kocsi ütközés utáni sebességének ismeretére. Ezt a sebességet elvileg helyesen csak egy-két diák határozta meg. Ők a veszteségek miatt állandó lassulással mozgó test sebességére és a test által megtett útra vonatkozó összefüggést alkalmazták, utat és időt mértek. A rövid út miatt az idő mérése okozott nehézséget.

A legtöbben a kocsi mozgását állandó sebességűnek tekintették, és ugyancsak utat és időt mértek.

Azzal, hogy „valós” ütközés vizsgálatát kértük, arra akartuk felhívni a figyelmet, hogy az ütközés során veszteségek lépnek fel. Ez többeknek elkerülte a figyelmét, és veszteségek nélküli, ideális rugalmas ütközésnek tekintették a vizsgált esetet.

Az ütközési számra kapott igen eltérő eredményeket többen nem értelmezték. Nekik nem tűnt fel, hogy 1-nél nagyobb értéket kaptak, vagy rugalmatlan ütközésre jellemző kis értéket határoztak meg.

A kiskocsi tömegének meghatározása szoros kapcsolatban áll az ütközési számmal. Ezért az előbb röviden ismertetett elvi vagy mérési hibák kihatással voltak a tömeg értékének meghatározására. Ismét meg kell említeni, hogy a biztosan hibás eredmény – például a kocsi tömegére kapott 3 g – nem gondolkoztatta el a versenyzők többségét.

Szembeötlő, hogy a versenyzők kétharmada vidéki iskolákból jött. Külön meg kell említeni a győri Révai Miklós Gimnáziumot (felkészítő tanár: *Somogyi Sándor*) ahonnan hat versenyző vett részt a döntőn, és közülük négyen az első tíz között végeztek.

Figyelmet érdemel a budapesti Puskás Tivadar Távközlési Technikum diákjainak teljesítménye is, ahonnan öten kerültek a döntőbe.

A végeredmény

A második és a harmadik fordulón elért pontszámok összesítése után az élmezőnyben a sorrend az alábbiak szerint alakult:

1. *Varga Ádám* (SZTE Ságvári Endre Gyak. Gimn., Szeged, felkészítője: *Tóth Károly* és *Hilbert Margit*),
2. *Tamás Bence* (Szent István Gimn., Kalocsa, felkészítője: *Szőke Imre*),
3. *Maknics András* (Móricz Zsigmond Gimn., Szentendre, felkészítője: *Rózsa Sándor*),

4. *Hargitai Balázs* (Piarista Gimn., Budapest), 5. *Mészáros András* (Révai Miklós Gimn., Győr), 6. *Nagy Miklós* (Révai Miklós Gimn., Győr), 7. *Gőgös Balázs* (Révai Miklós Gimn., Győr), 8. *Vuchetich Bálint* (Révai Miklós Gimn., Győr), 9. *Lájer Márton* (Szent László Általános Művelődési Központ, Baja), 10. *Albert Áron* (Sárospataki Református Gimn., Sárospatak), 11. *Morapitiye Sunil* (Táncsics Mihály Gimn., Kaposvár), 12. *Szedelényi János* (Puskás Tivadar Távközlési Technikum, Budapest), 13. *Varsányi Márk* (Szilágyi Erzsébet Gimn., Eger), 14. *Szabó Zoltán* (Szilágyi Erzsébet Gimn., Eger), 15. *Kiss Ádám* (Czuczor Gergely Bencés Gimn., Győr).

Köszönetnyilvánítás

A verseny anyagi hátterét részben az Oktatási Hivatal biztosította. Ezt ezúton is köszönjük.

A verseny lebonyolításához szükséges eszközök kivitelezéséért *Horváth Bélá*nak, *Halász Tibor*nak és *Bacsa Sándor*nak, a megfelelő körülmények megteremtéséért *Gál Bélánén*ak és *Mezey Miklós*nak mondunk köszönetet.

A versennyel kapcsolatos adminisztrációs és gazdasági ügyek intézéséért *Honti Edit*et és *Kovács Anná*t illeti köszönet.

Elismerés és köszönet illeti mindazokat (szülőket, tanárokat, barátokat stb.), akik segítették a versenyzők munkáját és ezzel hozzájárultak a verseny sikeréhez.

Szerkesztőség: 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29–33., 31. épület, II.emelet, 315. szoba, Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682
A Társulat Internet honlapja http://www.elft.hu, e-postacíme: mail.elft@gmail.com
Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős: Szatmáry Zoltán főszerkesztő.
Kéziratokat nem őrzünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.
Nyomdai előkészítés: Kármán Tamás, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szathmáry Attila ügyvezető igazgató.
Terjeszti az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulatnál vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyszámlán.
Megjelenik havonta, egyes szám ára: 780.- Ft + postaköltség.
HU ISSN 0015–3257 (nyomtatott) és **HU ISSN 1588–0540** (online)