

# A 2012. ÉVI FIZIKA ORSZÁGOS KÖZÉPISKOLAI TANULMÁNYI VERSENY ELSŐ KATEGÓRIÁJÁNAK HARMADIK FORDULÓJA

Vannay László, Fülöp Ferenc  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Fizikai Intézet, Fizika Tanszék

Simon Ferenc Vannay Lászlóval készített interjújához kapcsolódóan közöljük az alábbi írást. A kísérleti OKTV-feladatok egészen 2011-ig hagyományosan megjelentek a *Fizikai Szemle*ben. 2011 után az Oktatási Hivatal nem adott egyértelmű állásfoglalást, hogy a cikkek megjelenhetnek-e vagy sem. Közben, „néhány” év késéssel, Vannay László megkapta az OH engedélyét a feladat megjelentetésére. (A *Fizikai Szemle* nemrégiben hasonló témájú cikket jelentett meg.<sup>1</sup>)



A BME Fizikai Intézete 1994 óta rendezi a fizika Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny (OKTV) harmadik, döntő fordulóját.

A fizika OKTV – a 2007/2008-as tanévtől kezdődően – két csoportban (kategóriában) kerül megrendezésre, a versenykiírásban megfogalmazott feltételek határozzák meg, hogy a diák az I. vagy a II. kategóriába kerül.

Mindkét csoport részére három fordulóból áll a verseny. Az első két fordulóban a versenyzőknek elméleti problémákat kell megoldaniuk, míg a harmadik fordulóba jutott legjobbaknak mérési feladatokkal kell megbirkózniuk.

A verseny értékelése a második (maximum 60 pont) és a harmadik (maximum 40 pont) fordulóban

szerezett pontok összegzésével történik. Ha az összesítés után egyenlő pontszám jön létre, a sorrendet a harmadik, kísérleti fordulón elért eredmény határozza meg.

A Műegyetem Fizikai Intézete 2012-ben az I. kategória versenyének harmadik, döntő fordulóját rendezte. A versenyen 29 diák – 14, illetve 15 fős csoportban – vett részt. Az első csoport délelőtt 8-tól 12 óráig, a másik délután 1/21-től 1/25 óráig, egymástól függően elválasztott mérőhelyeken dolgozhatott. A mérőhelyeket sorsolással osztottuk ki a versenyzők között.

## Mérések függőleges, vastag falú alumíniumcsőben eső mágnesekkel

A verseny során függőleges helyzetű, vastag falú alumíniumcsövekben eső mágnesek mozgását kell vizsgálni.

A feladat megoldásához rendelkezésére álló eszközök

2 darab vastag falú alumíniumcső. A csövek külső átmérője: 25 mm, belső átmérője: 7 mm, hossza: 145 mm. A csöveken 25 mm-enként sugárirányú átmenő furatok (6 darab) található a fénykapuk elhelyezéséhez. Az első furat a cső végétől 10 mm-re helyezkedik el. *Az egyik cső palástja ép, a másikat az alkotójával párhuzamosan felhasítottuk.* A csövek belső felülete sima, tükrösített.

A két cső azonos minőségű anyagból készült!

2 darab fénykapu időmérő elektronikával (használatukat lásd később).

1 darab tápegység az időmérő elektronika táplálására.

7 darab neodímiummágnes-gyűrű\* (átmérő 6/2 mm, hossz 5 mm, anyaga: N48).

1 darab műanyag lap, hogy az eső mágnesek erre érkezzenek.

2 darab milliméterpapír.

2 darab „befőzőgumi” a fénykapuk rögzítéséhez.

A mérési összeállítást az *1. ábra* mutatja.



Vannay László villamosmérnök, a BME Fizika Tanszék címzetes egyetemi docense. Kutatási területe kristálynövesztés oldatból és kristályok technikai alkalmazása volt. 1993-tól 1996-ig, majd 1999-től 2004-ig az ELFT Kristályfizikai Szakcsoportjának elnöke. 1975-től 2009. évi nyugdíjazásáig mérnök- és fizikushallgatókat oktatott, 1997-től tehetséggondozó programot vezetett. 1994-től a fizika OKTV kísérleti fordulójának szervezője, ELTE Fizikai Intézetével váltakozva, hol az I., hol a II. kategória versenyzőinek.



Fülöp Ferenc a BME Villamosmérnöki Karán végzett 1983-ban. Azóta a BME Kísérleti Fizika, majd Fizika Tanszékén dolgozik. Kezdetben infravörös sugárzás detektálásával, hőmérsékletméréssel foglalkozott, majd szilárdtest-fizikai kutatásokban vett részt. Mérnök- és fizikushallgatók számára tart előadást és laboratóriumi mérési gyakorlatokat. Huszonöt éve közreműködik a Fizika OKTV kísérleti fordulójának megrendezésében.

<sup>1</sup> Németh Viktória, Nguyen Q. Chinh: A Lenz-törvény demonstrálásában használt rézcső méretének hatása a csőben mozgó mágneses testek sebességére. *Fizikai Szemle* 68/9 (2018) 318–325. Megtekinthető a <http://fizikaiszemle.hu> archívumában.



1. ábra. A mérés összeállítása.

## Feladatok

1. *Állapítsa meg*, hogy a felhasított palástú, vastag falú alumíniumcsőben eső 7 darab mágnesgyűrűből álló mágnes sebessége hogyan alakul az esés során! (18 pont)

a. Végezzen gondos méréseket az út-idő függvény meghatározásához!

b. Rajzolja fel az út-idő grafikont.

c. Ismertesse a sebesség alakulását az esés közben!

d. Milyen fizikai effektusok befolyásolhatják az eső mágnes mozgását, és ezek közül melyek hatása hanyagolható el?

e. Magyarázza meg, hogy a sebesség miért alakul a tapasztaltak szerint!

f. Röviden írja le, hogy a feladat megoldása során szerzett ismeretei szerint, hogyan alakul a felhasított palástú csőben a kisebb számú kis mágnesből álló mágnes sebessége az esés során, valamint azt, hogy az ép palástú csőben várhatóan miként alakul az eső mágnesek sebessége! Válaszát indokolja!

2. *Végezzen méréseket* annak megállapítására, hogy mekkora sebességgel éri el a függőleges, *ép palástú* cső alsó végét a 2, 3, 4, 5, 6 és a 7 darab mágnesgyűrűből álló eső mágnes. A megállapított sebességeket tüntesse fel táblázatban! (9 pont)

3. *Végezzen méréseket* annak megállapítására, hogy mekkora sebességgel éri el a függőleges, *felhasított palástú* cső alsó végét a 2, 3, 4, 5, 6 és a 7 darab mágnesgyűrűből álló eső mágnes! A megállapított sebességeket tüntesse fel táblázatban! (9 pont)

4. *Egy grafikonon tüntesse fel* az eső mágneseknek (a 2, 3, ... 7 darab kis mágnesgyűrűből álló mágnes) a csövek végénél elért sebességét, a mágnesek számának függvényében, az ép és a felhasított palástú cső esetén! Milyen tanulságot von le a grafikonról? Miért különböző a két függvény menete? (4 pont)

\* *Figyelem! Erős mágneseket használnak!*

A használat során különös figyelmet kell fordítani a munkavédelemre. A mágnesekkel pacemaker használó személy nem dolgozhat. A mágneses térre érzékeny műszerek, eszközök, berendezések működése a mágnesek hatására megváltozhat. A mágneses adathordozókon tárolt adatok megsérülhetnek vagy megsemmisülhetnek.

## A fénykapuk használata

A két darab fénykapu közül az egyik az indító (fehér jelöléssel), a másik a leállító (piros jelöléssel). Ha az indító kapu fényútját valami megszakítja, az elektronika elkezd az időt mérni és mindaddig mér, amíg a másik kapu fényútja meg nem szakad. A kapuk az alumíniumcsövek oldalán

lévő furatok segítségével helyezhetők el a kívánt helyre. Indítás előtt a kijelzőt az előlapon található gombbal lehet nullázni.

A mért idő számok formájában, ezred másodpercekben olvasható le az elektronika kijelzőjéről. Az elektronika működéséhez 5 V-os feszültség szükséges, ezt a tápegység biztosítja. A beállított tápfeszültséget ne változtassa meg!

A verseny folyamán készített írásos anyagain, grafikonjain minden lap első oldalán, a jobb felső sarokban tüntesse fel a mérőhelye számát (101, ... 130)! Egyéb, azonosításra alkalmas adatot (név, iskola stb.) ne tüntessen fel!

Méréseit körültekintően végezze! Pontos eredményeket csak gondos méréssel fog kapni. Jegyzőkönyvét olyan részletesen készítse el, hogy mérései a leírtak alapján pontosan megismételhetők legyenek! Írása olvasható legyen!

A verseny időtartama 4 óra. Igyekezzen méréseit úgy megtervezni, hogy azok a rendelkezésére álló idő alatt végrehajthatók legyenek!

Ha a verseny közben problémái jelentkeznek, forduljon a felügyelő oktatókhoz!

## A feladatok megoldása

A felhasított vastag falú csőben eső, 7 darab kis mágnesgyűrűből álló mágnes út-idő függvényének felrajzolásához szükséges méréseket az alábbiak szerint végeztük.

– A vizsgálandó, vastag falú alumíniumcsövet a műanyag alátéttel – függőleges helyzetben – az asztalra helyeztük.

– Az „indító” fénykaput az első, erre a célra létesített furatokba – a cső felső élétől 10 mm-re – helyeztük, és befőzőgumival rögzítettük.

– A „leállító” fénykaput a 2,5 cm-rel lejjebb lévő furatokba helyeztük és rögzítettük.

– Az időmérő elektronikát üzembe helyeztük (rákapcsoltuk a tápfeszültséget és nulláztuk).

**A felhasított falú csőben eső mágnes egyre növekvő megtett útjához szükséges mért idők átlaga**

mágnesek száma	2,5 cm	5 cm	7,5 cm	10 cm	12,5 cm
7 db	0,0922 s	0,1734 s	0,3034 s	0,4350 s	0,5730 s

– A kis mágnesgyűrűkből álló mintát – a cső hossz-tengelyébe hozva – első elemével a csőbe helyeztük, majd elengedtük.

– Az első 2,5 cm-es út megtételéhez szükséges időt ötször mértük és átlagoltuk.

– A „leállító” kaput 2,5 cm-rel lejjebb helyeztük, és ismét ötször mértük az 5 cm-es út megtételéhez szükséges időt.

– A továbbiakban is a fentiek szerint jártunk el a 7,5, a 10 és a 12,5 cm-es út megtételéhez szükséges idő mérésénél.

*Különös gondot fordítottunk a minták indítására!* Amikor az indítás nem sikerült pontosan (például, ha a minta nem volt függőleges helyzetben és hallhatóan koccant), a mért időt nem vettük figyelembe.

A mérések eredményeit az 1. táblázatban tüntettük fel. A táblázat adataival felrajzolt út-idő grafikont a 2. ábra mutatja.

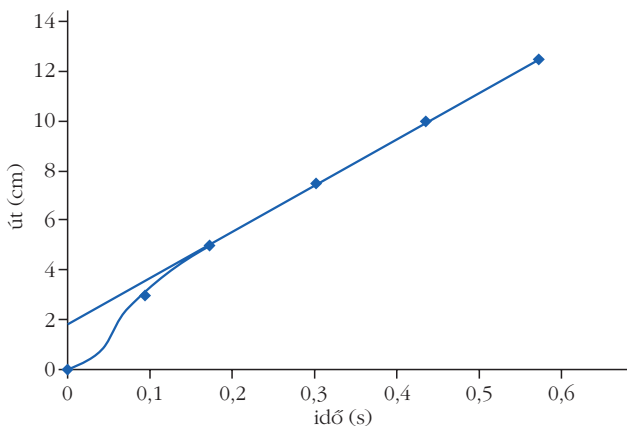
A kapott grafikon alapján megállapítható, hogy a mágnes kezdetben fokozatosan gyorsul, ezt követően lassul, majd ~6 cm után állandó sebességgel mozog.

A csövekben eső mágnesekre a nehézségi erő, a változó mágneses tér hatására a Lenz-törvény értelmében a csőfalban kialakuló örvényáramok miatt fellépő erő, a súrlódási erő, a közegellenállási erő, a felhajtóerő, valamint a Föld mágneses tere hat.

A súrlódási erő hatása figyelmen kívül hagyható, a csőfalra merőleges erő elhanyagolható nagyságú. A közegellenállási erő becslött értéke három, négy nagyságrenddel kisebb a nehézségi erőnél. A Föld mágneses terének hatása is kicsi. Így mondhatjuk, hogy az eső mágnesek sebességét a nehézségi erő és az örvényáramok fékező hatása alakítja.

A mágnes az esés kezdetekor álló helyzetben van, egy része még a csövön kívül helyezkedik el. Változó

2. ábra. A felhasított csőben eső 7 darab mágnesgyűrűt tartalmazó mágnes út-idő grafikonja.



mágneses tér még nincs, még nem indukálódik feszültség, az örvényáramok hatása nulla. A mágneset a nehézségi erő gyorsítja. A növekvő sebességű esés, valamint az egyre inkább a csőbe érő mágnes hatására fokozatosan növekszik az örvényáramok fékező hatása, de a sebesség még mindig növekszi. Ez az útszakasz ~3,5 cm-ig tart. (A mágnes ekkor ér teljes hosszával a csőbe.) Az eddig elért sebességnél már az örvényáramok fékező ereje nagyobb, mint a nehézségi erő, ezért a sebesség fokozatosan csökken. A csökkenés addig tart, amíg a nehézségi erő és az örvényáramok fékező ereje egyensúlyba jut. Ettől kezdve az esés sebessége állandó. Az indulástól az állandósult sebesség eléréséig terjedő időszakban csak egy mérési pontunk van, azonban a mozgás – jellegét tekintve – csak az elmondottak szerint alakulhat.

A felhasított palástú csőben eső kisebb számú kis mágnesgyűrűből álló mágnesek sebessége annyiban fog eltérni az eddigiektől, hogy mivel tömegük kisebb, az egyensúlyi helyzet kisebb sebességnél és rövidebb úton fog kialakulni.

Az ép palástú cső esetén a felhasítás nem korlátozza az örvényáramok kialakulását, így minden egyes eső mágnes esetén kisebb sebességnél áll be az egyensúly, mint a felhasított palástú csőnél. Ez azt is eredményezi, hogy megnő az állandó sebességű szakasz hossza.

Az ép palástú csőben eső mágnesek állandósult sebességének meghatározása két módon valósítható meg. Az egyik lehetőség út-idő függvények felvétele és az állandó sebességű szakaszra történő egyenes illesztésével, az egyenes egyenletéből meghatározni a sebességet (ezt időigényessége miatt nem vártuk a versenyzőktől, de természetesen jó megoldásnak tekintettük). A másik lehetőség az állandó sebességű szakaszon, adott út és a megtételéhez szükséges idő mérésével, a  $v = s/t$  összefüggés segítségével.

Az 1. ábrán látható, hogy a felhasított palástú csőben eső, 7 darabból álló mágnes már majdnem 5 cm-es út megtétele után állandó sebességgel mozog, valamint megállapítottuk, hogy az ép palástú csőben eső mágnesek rövidebb úton érik el az egyensúlyi állapotot, ezért a vizsgált útszakaszt az 5 cm-től 12,5 cm-ig, vagy 7,5 cm-től 12,5 cm-ig választhatjuk. A hosszabb út a növeli a mérés pontosságát. Mivel minket az idő nem korlátozott, elvégeztük az út-idő grafikonok felvételéhez szükséges méréseket, (az eredményeket a 2. táblázat mutatja) és egyeneseket illesztettünk az út-idő grafikonok állandó sebességű szakaszára. (A nem felhasított, 2,5 cm-hez tartozó adatokat halványan tüntettük fel.)

Az illesztett egyenesek egyenletét, továbbá az egyenletekből meghatározott állandósult sebességeket (a regressziós állandók négyzetével együtt) a 3. táblázatban tüntettük fel. A regressziós állandók

2. táblázat

**Az ép falú csőben eső mágnesek egyre növekvő megtett úthoz szükséges mért idők átlaga**

mágnesek száma	2,5 cm	5 cm	7,5 cm	10 cm	12,5 cm
7 db	0,1792 s	0,3396 s	0,5744 s	0,8036 s	1,0396 s
6 db	0,1824 s	0,4182 s	0,6776 s	0,9492 s	1,2102 s
5 db	0,2102 s	0,5160 s	0,8290 s	1,1316 s	1,4396 s
4 db	0,2936 s	0,6664 s	1,0508 s	1,4176 s	1,7932 s
3 db	0,4038 s	0,8464 s	1,3100 s	1,7582 s	2,2170 s
2 db	0,5420 s	1,1088 s	1,6668 s	2,2496 s	2,8214 s

3. táblázat

**Az ép falú csőben eső mágnesek állandósult sebessége egyenesillesztésből és az utolsó 7,5 cm megtételéhez szükséges időből számítva**

mágnesek száma	illesztett egyenes	$R^2$	állandósult sebesség	számított sebesség
7 db	$y = 10,733x + 1,3518$	1,0000	10,733 cm/s	10,714 cm/s
6 db	$y = 9,4418x + 1,0660$	0,9999	9,4418 cm/s	9,470 cm/s
5 db	$y = 8,1340x + 0,7864$	1,0000	8,1340 cm/s	8,120 cm/s
4 db	$y = 6,6711x + 0,5312$	0,9999	6,6711 cm/s	6,656 cm/s
3 db	$y = 5,4822x + 0,3463$	1,0000	5,4822 cm/s	5,472 cm/s
2 db	$y = 4,3699x + 0,1778$	0,9999	4,3699 cm/s	4,379 cm/s

es út, és a megtételéhez szükséges idő segítségével számított sebesség.

Itt is világosan látható, hogy a két módszerrel megállapított sebességek igen jól megegyeznek.

Most is ki kell hangsúlyoznunk, hogy a versenyzőktől az állandósult sebesség meghatározását az út és a megtételéhez szükséges idő figyelembe vételével vártuk.

A 4. feladat a 3. és az 5. táblázatban található sebességértékek felhasználásával könnyen megoldható, amit a 3. ábra mutat.

A 3. ábra alapján egyrészt megállapítható, hogy a vizsgált mágnesek állandósult sebessége egyenesen arányos a mágnes alkotó kis mágnesgyűrűk számával, másrészt az, hogy a felhasított palástú cső esetén mindig nagyobb az eső mágnesek állandósult sebessége.

értékei azt mutatják, hogy mérési eredményeink igen jól illeszkednek az egyenesekre.

A két vizsgált csőben kialakuló sebességek különbségét – mint azt korábban is megállapítottuk – a

A 3. táblázat utolsó oszlopában az 5 cm-től a 12,5 cm-ig tartó út hossza és az út megtételéhez szükséges idő felhasználásával számított sebességeket tüntettük fel. (A számításhoz szükséges adatokat a 2. táblázatból vettük.)

A két módon meghatározott sebességek nagyon jól egyeznek.

A felhasított palástú csőben eső mágnesek állandósult sebességének meghatározásakor ugyanúgy jártunk el, mint az ép palástú cső esetén. Az út-idő kapcsolatok meghatározásához mért adatokat a 4. táblázat mutatja. Az állandósult sebességű szakaszra (7,5 cm-től 12,5 cm-ig) illesztett egyenesek egyenletét, valamint a belőlük meghatározott sebességeket a 5. táblázatban tüntettük fel. Ebben a táblázatban az utolsó oszlop a 7,5 cm-től 12,5 cm-ig tartó 5 cm-

4. táblázat

**A felhasított falú csőben eső mágnesek egyre növekvő megtett úthoz szükséges mért idők átlaga**

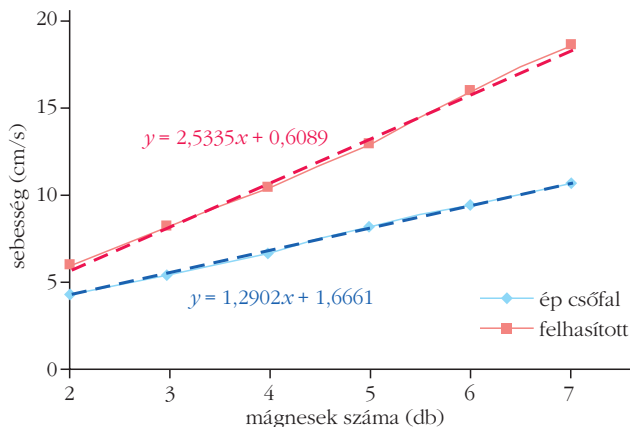
mágnesek száma	2,5 cm	5 cm	7,5 cm	10 cm	12,5 cm
7 db	0,0922 s	0,1734 s	0,3034 s	0,4350 s	0,5730 s
6 db	0,0984 s	0,2300 s	0,3856 s	0,5444 s	0,6978 s
5 db	0,1132 s	0,2954 s	0,4972 s	0,6908 s	0,8854 s
4 db	0,1702 s	0,4090 s	0,6530 s	0,8924 s	1,1332 s
3 db	0,2544 s	0,5654 s	0,8720 s	1,1682 s	1,4780 s
2 db	0,4012 s	0,8194 s	1,2324 s	1,6520 s	2,0712 s

3. táblázat

**A felhasított falú csőben eső mágnesek állandósult sebessége egyenesillesztésből és az utolsó 5 cm megtételéhez szükséges időből számítva**

mágnesek száma	illesztett egyenes	$R^2$	állandósult sebesség	számított sebesség
7 db	$y = 18,543x + 1,8945$	0,9998	18,543 cm/s	18,546 cm/s
6 db	$y = 16,014x + 1,3109$	0,9999	16,014 cm/s	16,015 cm/s
5 db	$y = 12,880x + 1,0983$	1,0000	12,880 cm/s	12,880 cm/s
4 db	$y = 10,412x + 0,7032$	1,0000	10,412 cm/s	10,412 cm/s
3 db	$y = 8,2490x + 0,3256$	0,9998	8,249 cm/s	8,251 cm/s
2 db	$y = 5,9610x + 0,1534$	1,0000	5,961 cm/s	5,961 cm/s





3. ábra. Az állandósult sebességek a mágnesgyűrűk számának függvényében ép és felhasított falú csövek esetén.

palást felhasítása okozza. A felhasítás korlátozza a változó mágneses tér által indukált feszültség hatására létrejövő örvényáramok kialakulását.

## A versennyel kapcsolatos tapasztalatok

Az első feladat méréseit mindenki elvégezte, és sokan helyes eredményeket kaptak. A mérési pontokra illesztett „görbék” és azok magyarázatai azonban már igen különbözők voltak.

A koordináta kezdőpontját általában a cső tetejére, vagy az első furat helyére (az indító kapu helyére) vették fel a versenyzők.

Többen az origóból (függetlenül attól, hogy azt hol vették fel) induló egyenest illesztettek a mérési pontokra. Ennek fizikai jelentését nem gondolták át, hiszen az ilyen út-idő grafikonon azt jelentené, hogy a mágnes kezdettől fogva állandó sebességgel esik.

Sokan voltak, akik a 2. vagy 3. mérési pontoktól, az 5.-ig kapott eredményekre illesztettek egyenest, és megállapították, hogy itt a mágnes állandó sebességgel mozog, de az indulás körül történetekkel nem foglalkoztak.

Volt, aki az origóból induló parabolát csatlakoztatott az állandó sebességhez tartozó egyeneshez (a parabolatengely a felvett koordináta egyik vagy másik tengelyével volt párhuzamos), nem gondolva arra, hogy milyen mozgást jelentene egy ilyen görbe.

Az indulástól az állandósult sebesség eléréséig történeteket csak néhányan írtak le helyesen, és közülük sem mindegyik rajzolta meg jól a grafikonon kezdeti szakaszát.

A grafikonok felrajzolásánál tapasztalt problémák jelentek meg a sebesség alakulásának leírásakor is.

Az eső mágnes mozgását befolyásolható fizikai effektusok közül teljes listát senki sem adott. Érdekes módon csak egy-két említés történt a Föld mágneses terére, vagy a felhajtóerőre.

A sebesség alakulásának magyarázata a legtöbb esetben az állandósult sebességű szakaszra vonatkozott, amit az örvényáramok hatása és a nehézségi erő egyensúlya eredményezett.

Csak néhányan voltak, akik a súrlódási erő, illetve a csőben összenyomódó levegő hatásával magyarázták az állandósult sebesség kialakulását.

2011-ben a diákok vékony falú, függőleges helyzetű, alumínium- és rézcsőben eső mágnesek mozgását vizsgálták.<sup>2</sup> Ekkor több versenyző vélekedett úgy, hogy a csövek palástját (a cső hossz tengelyével párhuzamosan) felhasítva a mágnesek „szabadon” esnének. A kitzűzött feladattal ezen elképzelés hibás voltára kívántuk felhívni a figyelmet.

## Eredmények

A második és harmadik fordulón elért pontszámok összesítése után az élmezőnyben az alábbi sorrend alakult ki.

1. *Németh Márton*, a Veres Péter Gimnázium (Budapest) tanulója, felkészítője: *Székely György*.

2. *Pataki Bálint Ármin*, a Herman Ottó Gimnázium (Miskolc) tanulója, felkészítői: *Dezsőfi György* és *Dudás Imre*.

3. *Szekeres Kornél*, a Fazekas Mihály Gimnázium (Debrecen) tanulója, felkészítője: *Adorján László*.

4. *Gémes Gábor* (Hódmezővásárhely Megyei Jogú Város Önkormányzat Gimnáziuma), 5. *Brunner Krisztof* (tatabányai Árpád Gimnázium) és *Broda Balázs* (miskolci Árpád Gimnázium), 7. *Szaksz Bence* (győri Kazinczy Ferenc Gimnázium) és *Krisztián Dávid* (egri Szilágyi Erzsébet Gimnázium), 9. *Tardos Jakab* (Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium), 10. *Erdős Gergely* (nagykanizsai Bathyány Lajos Gimnázium), 11. *Pásztor Dániel* (budapesti Eötvös József Gimnázium), *Mezősi Máté* (miskolci Herman Ottó Gimnázium) és *Sulyok András Attila* (Szentendrei Református Gimnázium), 14. *Vágány András* (budapesti Veres Péter Gimnázium), 15. *Hódsági Kristóf* (győri Czuczor Gergely Bencés Gimnázium).

## Köszönetnyilvánítás

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

A verseny lebonyolításához szükséges eszközök kivitelezéséért *Horváth Bélának*, *Halász Tibornak* és *Bacsa Sándornak*, a megfelelő körülmények megteremtéséért *Gál Bélánénak* és *Mezey Miklósnak* mondunk köszönetet.

A versennyel kapcsolatos adminisztrációs és gazdasági ügyek intézéséért *Honti Editet* és *Kovács Annát* illeti köszönet.

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

<sup>2</sup> Vannay László, Fülöp Ferenc: Fizika OKTV harmadik fordulója, a második kategória részére – 2011. *Fizikai Szemle* 61/11 (2011) 387–392.