A verseny három kategóriában folyt le. Az I. kategóriában a szakközépiskolai tanulók versenyeztek. A II. kategóriába tartozott minden III. osztályos tanuló (kivéve a speciális fizika és komplex természettudományi tantervű osztályokat), továbbá azok a IV. osztályos tanulók, akik fizikából nem vettek részt fakultáción. A III. kategóriába tartoztak a fizikából fakultáción részt vevő IV. osztályos tanulók, valamint a speciális és komplex tantervű III. és IV osztályos tanulók. A II. és III. kategóriában a feladatok ugyanazok voltak.

A verseny első fordulóját 1991. január 8-án, második fordulóját március 5-én, a harmadikat április 23-án rendezték meg.

Az idei versenyen résztvevők számának megoszlását az alábbi táblázat mutatja:

	Az OKTV-n résztvevők száma	
Indultak	Első fordulóból belküldve	Másodikra behíva
I. kat. 1849	309	120
II. kat. 2619	168	142
III. kat. 1601	115	115

A versenyen az I. kategóriában 5, a II. és III. kategóriában 10 – 10 versenyző ért el helyezést, további 15, ill. 22 és 21 kapott dicséretet.

Az iskolai válogató forduló után behívott versenyzőknek a következő feladatsort kellett megoldaniuk:

I. kategória

1. *Egy vékonyfalú, légritkított térben lévő üvegcső egyik vége zárt, másik végére folyadékhártya feszül. A hengeren belül és kívül p_o nyomású, T_o hőmérsékletű levegő van. Az üvegcső hossza h, sugara R. A folyadék felületi feszültsége α. A hőmérséklet lassan emelkedni kezd.*

a) *Mekkora hőmérsékletnél legnagyobb a bezárt levegő nyomása?*

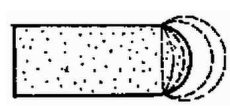
b) *Mennyi hőt vesz fel az elzárt levegő a maximális nyomású állapot eléréséig?*

$R = 5$ mm, $h = 25$ mm, $T_o = 250$ K, $p_o = 1000$ Pa, $\alpha = 5 \cdot 10^{-2}$J/m^2.

Tegyük fel, hogy a vizsgált nyomás- és hőmérséklet-tartományban a folyadék távol van a forrástól.

(Szegedi Ervin)

Megoldás. A melegedés kezdete után az emelkedő hőmérséklet miatt a hártya egyre inkább kidudorodik, az r-rel jelölt görbületi sugár egyre csökken.



Mivel a gáz nyomása a külső nyomással és a hártya görbületi nyomásával tart egyensúlyt:

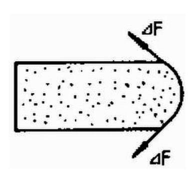
$$p = p_0 + \frac{4\alpha}{r}.$$

Látható, hogy ebben a szakaszban a nyomás növekszik. Az *ábrából* látszik, hogy r legkisebb értéke R lehet. Amikor ez bekövetkezik, a hártya pontosan félgömb alakú. A nyomásmaximum

$$p_{max} = p_o + \frac{4\alpha}{R} = 1040 \text{ Pa}.$$

(Ugyanerre az eredményre juthatunk a görbületi nyomás fogalmának felhasználása nélkül is. Jelölje F a cső által a hártyára kifejtett eredő erőt! Az *ábra* szerint az a) és a c) helyzetben $F < 4R\pi\alpha$, mivel F az elemi erők szimmetriatengely-irányú komponenseinek összege. A b) esetben $F = 4R\pi\alpha$, ekkor F maximális. A hártya egyensúlya miatt

a.)



$$pR^2\pi = F + p_oR^2\pi,$$

amiből

$$p = p_o + \frac{F}{R^2\pi}.$$

Felhasználva F maximális értékét p_{max}-ra a fenti eredményt kapjuk.)

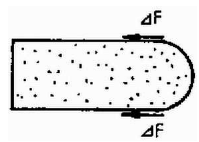
A kérdezett hőmérséklet a gáztörvény alapján számítható:

$$\frac{p_o R^2 \pi h}{T_o} = \frac{p_{max}[R^2\pi h + (2/3)R^3\pi]}{T},$$

ahonnan

$$T = \frac{p_{max}[h + (2/3)R]}{p_o h} T_o = 295 \text{ K}.$$

b) Az első főtétel szerint $Q = \Delta E + W_g$.



Az energiaváltozás könnyen számolható:

$$\Delta E = \frac{f}{2} N k \Delta T = \frac{f}{2} \frac{p_o R^2 \pi h}{T_o} \Delta T = 8,8 \cdot 10^{-4} \text{ J}.$$

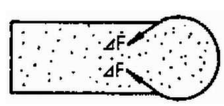
A gáz munkája egyrészt megnöveli a hártya energiáját, másrészt megemeli a külső levegőt.

$$W_g = 2\alpha(2R^2\pi - R^2\pi) + p_o \frac{2}{3} R^3 \pi = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ J}.$$

Az első főtétel alapján:

$$Q = 11,5 \cdot 10^{-4} \text{ J}.$$

c.)



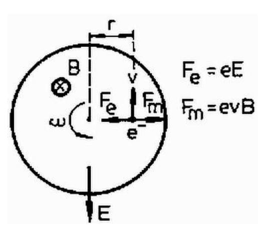
2. *Egy fémhenger ω szögsebességgel forog szimmetriatengelye körül. A henger tengelyirányú,* **B** *indukciójú homogén mágneses mezőben van.*

a) *Határozza meg a töltéssűrűséget a henger belsejében!*

b) *Milyen szögsebességnél lesz zérus a töltéssűrűség?*

(*Szegedi Ervin*)

Megoldás. A fémhenger forgási iránya szerint két esetet kell megkülönböztetnünk: ha **B** és w *egyező*, illetve ha *ellentétes* irányú.



A) **B** és ω ellentétes irányú:

Azt az esetet vizsgáljuk, amikor a fém vezetési (szabad) elektronjai már nem végeznek rendezett mozgást a hengerhez képest. Az *ábrán* egy kiválasztott elektronra ható (lényeges) erőket tüntettük fel: a mágneses Lorentz-erőt és a szétválasztott töltések mezejéből származó elektromos erőt. A Lorentz-erő most sugárirányban kifelé mutat.

Az elektron a körpálya középpontja felé gyorsul, következésképpen az elektromos erőnek a körpálya közepe felé kell hatnia. Ez azt jelenti, hogy az elektromos térerősség radiálisan kifelé mutat.

Az elektron mozgásegyenlete a vektorok abszolút értékeivel felírva:

(1) $$Ee - er\omega B = mr\omega^2,$$

ahonnan az elektromos térerősség nagysága:

(2) $$E = \frac{e\omega B + m\omega^2}{e} r.$$

Milyen töltéseloszlás kelti a (2) szerinti elektromos térerősséget? Ismeretes, hogy egy térfogatában homogén módon töltött *hosszú* henger belsejében a térerősség nagysága:

(3) $$E = \frac{\varrho}{2\varepsilon_o} r,$$

és pozitív töltéssűrűség esetén radiálisan kifelé mutat, vagyis *ugyanolyan szerkezetű,* mint a forgó hengerben kialakuló elektromos mező (azzal a figyelemre méltó különbséggel, hogy a forgó fémben még *rövid* henger esetében is egzakt eredményt kapunk, ui. a merev forgás stacionárius állapotához tartozó erőeloszlást csak ilyen töltés-eloszlás tudja biztosítani). Ezt felhasználva arra kell következtetnünk, hogy a forgó henger belsejében a töltéssűrűség konstans. (2) és (3) alapján e töltéssűrűség nagysága:

(4) $$\varrho = \frac{2\varepsilon_o \omega(eB + m\omega)}{e}.$$

Az összességében semleges henger belseje pozitív töltésű, a megfelelő negatív töltés a henger külső szélén helyezkedik el.

B) Ha **B** és ω azonos irányú:

Ebben az esetben a mágneses Lorentz-erő a kör közepe felé mutat. Három aleset lehetséges:

(a)

$$mr\omega^2 < er\omega B \rightarrow \omega < eB/m.$$

Ekkor az elektromos erő kifelé, **E** a henger tengelye felé mutat.

(b)

(5) $$mr\omega^2 = er\omega B \rightarrow \omega = eB/m.$$

Ekkor a Lorentz-erő körpályán tartja az elektronokat, nincs elektromos mező, a töltéssűrűség zérus. Ez felel meg a feladat *b*) kérdésére keresett megoldásnak!

(c)

$$mr\omega^2 > er\omega B \rightarrow \omega > eB/m.$$

Ekkor az elektromos erő a kör közepe felé, az **E** elektromos térerősség sugárirányban kifelé mutat.

A mozgásegyenletek:

(a) eset

$$mr\omega^2 = er\omega B - eE,$$

(6) $$E = \frac{e\omega B - m\omega^2}{e} r,$$

(7) $$\varrho = \frac{2\varepsilon_0 \omega(eB - m\omega)}{e}.$$

(c) eset

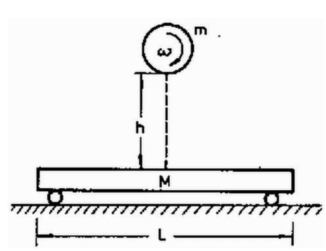
$$mr\omega^2 = er\omega B + eE,$$

(6) $$E = \frac{m\omega^2 - e\omega B}{e} r,$$

(7) $$\varrho = \frac{2\varepsilon_0 \omega(m\omega - eB)}{e}.$$

Az (a) esetben belül negatív, a (c) esetben belül pozitív töltéssűrűség van.

3. *Egy $m = 80$ kg tömegű, $R = 0,2$ m sugarú merev tömör gömböt vízszintes szimmetriatengelye körül ω szögsebességgel megpörgetünk, majd kezdősebesség nélkül $h =$ 1,25 m magasból egy $M = 200$ kg tömegű, kezdetben nyugvó, könnyen gördülő kiskocsinak pontosan a közepére ejtjük. (A kocsi hossztengelye a forgás síkjára illeszkedik.) A kocsi ütközéskor fellépő deformációja abszolút rugalmas, az ütközés pillanatszerű. A gömb az ütközés teljes ideje alatt csúszik A csúszási súrlódási együttható a gömb és a kocsi között $\mu =$ 0,1. A gömb a kocsiról visszapattanva ismét a kocsira esik.*



a) *Legalább milyen hosszú a kocsi?*

b) *Legalább mekkora volt a gömb kezdeti szögsebessége?*

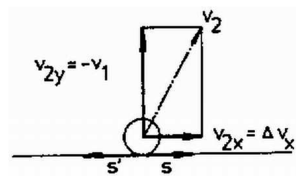
c) *Mekkora a mechanikai energiaveszteség az első és a második ütközés alatt, ha a gömböt a b) kérdés szerinti minimális szögsebességgel indítottuk?*

d) *Mekkora a súrlódási erők összes munkája, mekkora munkát végzett a gömb a kocsin és a kocsi a gömbön?*

e) *Mennyivel nőtt az egyes testek haladómozgási energiája? Hogyan változott a forgási energia?*

(*Holics László*)

Megoldás. *a)* A gömb leérkezésének sebessége $v_1 = \sqrt{2gh} = 5$ m/s. Az ütközéskor fellépő lendületváltozás y komponensének nagysága: $\Delta I_y = 2mv_y = 2\sqrt{2gh} = 800$ Ns, a vízszintes komponenséé pedig $\Delta I_x = S\Delta t$, ahol S az átlagos súrlódási erő.



Az ezalatt ható átlagos kényszererő:

$$K = \frac{\Delta I_y}{\Delta t} = \frac{2m\sqrt{2gh}}{\Delta t}.$$

Ezzel a vízszintes lendület:

$$I_x = \Delta I_x = S\Delta t = \mu K \Delta t = \mu \frac{2m\sqrt{2gh}}{\Delta t}\Delta t = 2\mu m\sqrt{2gh} = 80 \text{ Ns}.$$

A külső erők mind függőlegesek, tehát a rendszer vízszintes lendületváltozása 0, vagyis $MV = mv_{2x}$, ahol

$$v_{2x} = \frac{\Delta I_x}{m} = 2\mu v_1 = 2\mu\sqrt{2gh} = 1 \text{ m/s}$$

és

$$V = \frac{m}{M}v_{2x} = 2\frac{m}{M}\mu v_1 = 2\mu\frac{m}{M}\sqrt{2gh} = 0,4 \text{ m/s}.$$

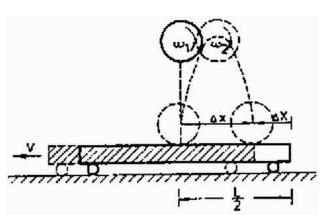
Az abszolút rugalmas deformáció miatt a gömb visszapattan és ugyanolyan magasra repül, mint ahonnan leesett. Ezért a visszapattanás függőleges sebességkomponensének nagysága megegyezik a leérkezés v_1 sebességével. Az ütközés után ferde hajítás jön létre, s a két ütközés között eltelt idő, vagyis a hajítás ideje:

$$t = 2v_1/g = \sqrt{8h/g} = 1 \text{ s}.$$

Ezalatt a gömb a földhöz képest $\Delta x = v_{2x}t = 2\mu\sqrt{16h^2} = 8\mu h = 1$ m utat tesz meg jobbra, míg a kocsi

$$\Delta X = Vt = \frac{m}{M}\Delta x = \frac{80}{200}\cdot 1 \text{ m} = 0{,}4 \text{ m}$$

nagyságú utat tesz meg balra. A két ütközés helye közötti távolság: $d = \Delta X + \Delta x = 1{,}4$ m.



A kocsi hossza tehát legalább:

$$L = 2d = 16\mu h\frac{m+M}{M} = 2{,}8 \text{ m}.$$

b) A gömb csúszó főkörének kerületi sebessége, ha a forgás éppen a tapadásig lassul: $v_{\rm rel} = V + v_{2x}$. A visszapattanás utáni szögsebesség minimális értéke (vagyis ha éppen a tiszta gördülésig csökken):

$$\omega_2 = \frac{v_{\mathrm{rel}}}{R} = \frac{V + v_{2x}}{R} = 4\mu\frac{m+M}{RM}\sqrt{gh} = 7\ \mathrm{s}^{-1},$$

ahol v_{rel} a kerület alsó pontjának a kocsihoz viszonyított sebessége.

A csúszási súrlódási erő fékező forgatónyomatékának átlagos értéke: $M = SR$, ahol $S = \mu K = \mu\frac{2m\sqrt{2gh}}{\Delta t}$, és ezzel a forgatónyomaték-tétel szerint:

$$M = \mu\frac{2m\sqrt{2gh}}{\Delta t}R = -\frac{\Theta\Delta\omega}{\Delta t}.$$

Δt kiesik, tehát:

$$|\Delta\omega| = \omega_1 - \omega_2 = \mu\frac{2m\sqrt{2gh}}{\frac{2}{3}mR^2}R = \frac{5\mu\sqrt{2gh}}{R} = 12{,}5\ \mathrm{s}^{-1},$$

így az induláskori szögsebesség keresett legkisebb értéke:

$$\omega_{1_{\min}} = \omega_2 + |\Delta\omega| = 7\ \mathrm{s}^{-1} + 12{,}5\ \mathrm{s}^{-1} = 19{,}5\ \mathrm{s}^{-1}.$$

c) Ha a második ütközés alatt már végig tapad a gömb, csak az első ütközés közben van mechanikai energiadisszipáció. Az ütközés közben az y irányú „szabadsági fokra” jutó mozgási energia a rugalmas erő miatt nem változik, az x irányra jutó transzlációs energia a súrlódási erő hatására megnő (úgy a golyóé, mind a kocsié), a forgásra jutó energia viszont lecsökken. Határozzuk meg a mechanikai energiaveszteséget! (Ez éppen az összes súrlódási munkával egyenlő.)

A munkatétel szerint $\sum W = \Delta E_{\mathrm{kin}}$, vagyis:

$$\Delta E_{\mathrm{mech}} = \sum W = W_{m\to M} + W_{M\to m} = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}\Theta(\omega_2^2 - \omega_1^2),$$

ahol az első tag a kocsi, a második tag a golyó haladó mozgásának energianövekedése, a harmadik tag a forgási energia csökkenése.

A kapott kifejezések behelyettesítése és a műveletek elvégzése után:

$$\Delta E_{\mathrm{mech}} = -\frac{m(4m+14M)}{M}\mu^2 gh = -156\ \mathrm{J}.$$

d) A súrlódási erő *összes* munkáját a *c)*-re adott válaszban már megkaptuk. A gömbnek a *kocsin* végzett munkája:

$$W_{g\to k} = \frac{1}{2}MV^2 = 4\frac{m^2}{M}\mu^2 gh = +16\ \mathrm{J},$$

míg a kocsi a *gömbön*:

$$W_{k\to g} = \sum W - W_{g\to k} = -2\frac{(4m+7M)m}{M}\mu^2 gh = -172\ \mathrm{J}$$

munkát végez. (Mivel a gömb transzlációs kinetikus energiája megnő, a forgási energiának kell csökkennie.)

e) *A kocsi mozgási energiája* $\Delta E_M = W_{g\to k} = +16$ J értékkel nőtt, a *gömb haladó mozgási energiája* $\Delta E_{\mathrm{m_{transz}}} = \frac{1}{2}mv_{2x}^2 = \mu m\sqrt{2gh} = +40$ J értékkel nőtt az ütközés alatt.

Végül a *gömb forgási energiája*

$$\Delta E_{\mathrm{m_{rot}}} = \frac{1}{2}\Theta(\omega_2^2 - \omega_1^2) = -2mgh\frac{4m+9M}{M}\mu^2 = -212\ \mathrm{J}$$

értékkel változott, tehát valóban csökkent.

Energiamérleg:

Eredeti összes mechanikai energia: $mgh + \frac{1}{2}\Theta\omega_1^2 = 1000\ \mathrm{J} + 243{,}36\ \mathrm{J} = 1243{,}36\ \mathrm{J}$.

A mechanikai energia az ütközés után: $\frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}\Theta\omega_2^2 = 16\ \mathrm{J} + 40\ \mathrm{J} + 31{,}36\ \mathrm{J} = 1087{,}36\ \mathrm{J}$.

A különbség: $\Delta E_{\mathrm{mech}} = -156$ J.

A forgási energia csökkenése: $\Delta E_{\mathrm{rot}} = \frac{1}{2}\Theta(\omega_2^2 - \omega_1^2) = -212$ J.

Az összes súrlódási munka, vagyis a rendszer mozgási energiájának (jelen esetben a teljes mechanikai energiájának) megváltozása -156 J, ami a következőképpen oszlik meg:

$$-156\ \mathrm{J} \quad \begin{array}{ll} \to & -212\ \mathrm{J}\ \text{forgási energiaváltozás,} \\ \to & +56\ \mathrm{J}\ \text{haladási energiaváltozás.} \end{array}$$

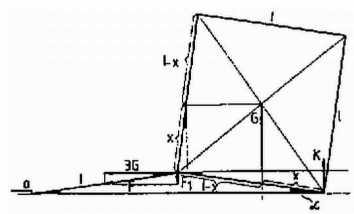
A 243,36 J eredeti forgási energiából 156 J disszipálódott és 56 J ment át transzlációs kinetikus energiába, maradt 31,36 J forgási energia.

II. és III. kategória

A gimnáziumi tanulók és a szakközépiskolások első két feladata megegyezett. A harmadik feladat a következő volt:

3. *Kezdetben egyik lapjával vízszintes, sima síkon nyugvó, $m = 8$ kg tömegű tömör, $l = 20$ cm élhosszúságú kocka egyik alsó élének középpontjához l hosszúságú fonál egyik végét erősítettük. Mekkora állandó erőt fejt ki a kocka a talajra és mekkora erőt fejt ki a fonál a kockára, ha a fonál másik végét a síkhoz szorítva $a = 3\ g$ gyorsulással húzzuk úgy, hogy a fonál mindig merőleges maradjon a hozzá csatlakozó élre?*

(*Holics László*)



Megoldás. Az *ábra* alapján annak jelöléseivel felírhatjuk a kocka mozgásegyenletét függőleges és vízszintes irányokra:

(1) $$K - F_1 - G = 0,$$
(2) $$F_1 \text{ctg } \alpha = 3\text{G},$$
(3) $$Kx \cos \alpha + F_1(l - x) \cos \alpha = 3Gx \cos \alpha.$$

Fennáll továbbá

(4) $$\frac{l}{2} - x = \frac{l}{2} \text{tg } \alpha.$$

(2)-és (4)ből

(5) $$F_1 = 3G\left(l - \frac{2x}{l}\right),$$

(1)-és (3)-ból

(6) $$(F_1 + G)x + F_1(l - x) - 3Gx = 0,$$

végül (5) és (6) alapján a fonálerő függőleges komponensének nagysága

$$F_1 = \frac{3}{4}G.$$

A talajt nyomó erő:

$$K = F_1 + G = \frac{7}{4}mg = 140 \text{ N}.$$

Ennek segítségével a keresett fonálerő:

$$F = \sqrt{F_1^2 + (3G)^2} = \sqrt{\frac{9}{16}G^2 + 9G^2} = \frac{3}{4}\sqrt{17}G = 247{,}4 \text{ N}.$$

A kocka alaplapja $\alpha = \text{arctg } \dfrac{\text{F}_1}{3\text{G}} = \text{arctg } \dfrac{1}{4} = 14°$-kal emelkedik meg.

*

A verseny elbírálása a 2. és a 3. fordulón mutatott teljesítmények alapján történt.

A fizika I. kategória eredményei:

I. díj: Liptay Pál (Salgótarján, Stromfeld Aurél Műszaki Szki., IV. o. t., tanára: Kovács F. Gáborné),
II. díj: Váczi Pál (Paks, Atomerőmű Vállalat Energetikai Szki., IV. o. t., tanárai: Torma Béla, Straubingerné Kemler Anikó),
III. díj: Gócs Viktor (Debrecen, Híradásipari Műszaki Szki, IV. o. t., tanára: dr. Kopcsa József),
4. *Török Imre* (Debrecen, Híradásipari Műszaki Szki., IV. o. t., tanára: dr. Kopcsa József),
5. *Jakó Attila* (Budapest, Latinca Sándor Szki., IV. o. t., tanára: Pataki Anikó).

További helyezettek:
6. Bonifert Csaba (Vác, Ipari Szki, IV. o. t.), **7.** Szedő Gábor (Budapest, Egressy Gábor Ipari Szki., IV. o. t), **8.** Bleuer Csaba (Budapest, Egressy Gábor Ipari Szki, IV o. t.), **9.** Fejér Gábor (Pécs, Pollack Mihály Építőipari Szki., IV. o. t.), **10.** Kósa István (Nyíregyháza, Vásárhelyi Pál Szki., IV. o. t.), **11.** Gyivicsán Zoltán (Kaposvár, Ipari Szki., III. o. t.), **12.** Majoros László (Budapest, Egressy Gábor Ipari Szki., IV. o. t.), **13.** Gyuró János (Hajdúnánás, Kőrösi Csoma Sándor Gimn. és Szki., III. o. t.), **14.** Lugosi László (Pécs, Zipernowszki Károly Műszaki Szki., IV. o. t.), **15.** Ligárt László (Győr, Jedlik Ányos Szki., III. o. t.), **16.** Blau Róbert (Budapest, Puskás Tivadar Szki., III. o. t.), **17.** Zsók András (Paks, Atomerőmű Energetikai Szakképzési Intézet III. o. t), **18.** Dénes Tamás (Pécs, Zipernowszky Károly Ipari Szki., IV. o. t.), **19.** Rohály Péter (Miskolc, Bláthy Ottó Szki., III. o. t.), **20.** Tóth Gábor (Budapest, Landler Jenő Szki., IV. o. t.), **21.** Solymári György (Budapest, Egressy Gábor Szki., IV o. t.).

A fizika II. kategória eredményei:

I. díj: Káli Szabolcs (Budapest, Fazekas Mihály Gimn., IV o. t., tanára: Horváth Gábor),
II. díj: Daruka István (Karcag, Gábor Áron Gimn., IV. o. t., tanára: Olajos István),
III. díj: Boncz András (Zalaegerszeg, Zrínyi Miklós Gimn., IV o. t., tanára: Pálovics Róbert),
4. *Sarang Attila* (Eger, Csiky Gergely Gimn., III. o.t., tanára: Hevesi László),
5. *Fedorcsák Péter* (Miskolc, Földes Ferenc Gimn., IV. o. t., tanárai: Zsúdel Ferenc és Dolák Gabriella),
6. *Falus Péter* (Budapest, Trefort Ágoston Gimn., IV. o. t., tanára: Honyek Gyula),
7. *Szendrői Balázs* (Budapest, Fazekas Mihály Gimn., III. o. t., tanára: Horváth Gábor),
8. *Gróf Attila* (Budapest, Fazekas Mihály Gimn., IV o. t., tanára: Horváth Gábor),
9. *Török János* (Zalaegerszeg, Zrínyi Miklós Gimn., IV. o. t., tanára: Pálovics Róbert),
10. *Szűts Dávid* (Budapest, Fazekas Mihály Gimn., III. o. t., tanára: Horváth Gábor).

További helyezettek:
11. Kiss István (Budapest, Szent István Gimn., IV. o. t), **12.** Fürjes Andor (Zalaegerszeg, Zrínyi Miklós Gimn., IV. o. t.), **13.** Kondor Imre (Budapest, Trefort Ágoston Gimn., III. o. t.), **14.** Czirók András (Miskolc, Földes Ferenc Gimn., IV. o. t.), **15.** Kiss Róbert (Győr, Révai M. Gimn., III. o. t.), **16.** Kőszegi Botond (Budapest, Fazekas Mihály Gimn., III. o. t.), **17.** Tóth Csaba (Szolnok, Verseghy Ferenc Gimn., III. o. t.), **18.** Egyedi Péter (Pécs, Leöwey Klára Gimn., IV. o. t), **19.** Perlaki Tamás (Debrecen, Fazekas Mihály Gimn., IV. o. t.), **20.** Jánosik János (Székesfehérvár, Teleki Blanka Gimn., IV. o. t.), **21.** Szegő László (Szolnok, Verseghy Ferenc Gimn., IV. o. t), **22.** Király Sándor Zsolt (Komló, Nagy Lajos Gimn., IV. o. t.), **23.** Lakos Gyula (Budapest, Fazekas Mihály Gimn., III. o. t.), **24.** Lénárt László (Kaposvár, Táncsics Mihály Gimn., IV. o. t.), **25.** Zsuppán Sándor (Zalaegerszeg, Zrínyi Miklós Gimn., IV. o. t.), **26.** Bilics Péter (Budapest, Fazekas Mihály Gimn., IV. o. t.), **27.** Ujváry-Menyhárt Zoltán (Budapest, Fazekas Mihály Gimn., III. o. t.), **28.** Czirják Gábor (Budapest, Fazekas Mihály Gimn., III. o. t.), **29.** Piróth Attila (Budapest, Fazekas Mihály Gimn., III. o. t.), **30.** Kertész Attila (Debrecen, Tóth Árpád Gimn., IV. o. t.), **31.** Álmos Attila (Budapest, Berzsenyi Dániel Gimn., III. o. t.), **32.** Matolcsi Máté (Budapest, Fazekas Mihály Gimn., III. o. t.).

A fizika III. kategória eredményei:
I. díj: Virág Ferenc (Ócsa, Bolyai János Gimn., IV. o. t., tanárai: Jarábik Béla és Beke István),
II. díj: Kovács Attila (Budapest, ELTE Apáczai Csere János Gyak. Gimn., III. o. t., tanára: Flórik György),
III. díj: Varga Péter (Kaposvár, Táncsics Mihály Gimn., IV o. t., tanára: Drankovics József),
4. *Kocsis László* (Sopron, Széchenyi István Gimn., IV. o. t., tanára: Légrádi Imre),
5. *Bodor András* (Budapest, ELTE Apáczai Csere János Gyak. Gimn., IV. o. t., tanára: Zsigri Ferenc),
6. Fehér Titusz (Budapest, József Attila Gimn., IV. o. t., tanára: Iván László),
7. *Bakos Tamás* (Eger, Gárdonyi Géza Gimn., IV. o. t., tanára: Leitner Györgyné),
8. *Molnár Déne*s (Debrecen, KLTE Gyak. Gimn., III. o. t., tanára: Szegedi Ervin),
9. *Holpár Péter* (Sopron, Berzsenyi Dániel Gimn., IV. o. t., tanára: dr. Lang Jánosné),
10. *Futó Tibor* (Budapest, Berzsenyi Dániel Gimn., IV. o. t., tanára: Hubert Györgyné).

További helyezettek:
11. Bob Zoltán (Győr, Czuczor Gergely Bencés Gimn., IV. o. t.), **12.** Hegedűs Pál (Sopron, Berzsenyi Dániel Gimn., IV. o. t.), **13.** Kukorelly Zsolt (Budapest, Szent István Gimn., IV. o. t.), **14.** Maróti Miklós (Szeged, Radnóti Miklós

Gimn., IV. o. t.), **15.** Szabó Dénes (Budapest, ELTE Apáczai Csere János Gyak. Gimn., IV. o. t.), **16.** Németh Péter (Pápa, Türr István Gimn., IV. o. t.), **17.** Osvald Ákos (Kaposvár, Táncsics Mihály Gimn., IV. o. t.), **18.** Papolczy Péter (Budapest, Berzsenyi Dániel Gimn., IV. o. t.), **19.** Csizmadia Péter (Budapest, Móricz Zsigmond Gimn., IV. o. t), **20.** Kővári Zoltán (Budapest, Szent István Gimn., IV. o. t.), **21.** Kulcsár Béla (Kecskemét, Katona József Gimn., III. o. t.), **22.** Kovács Ákos (Kecskemét, Katona József Gimn., IV. o. t.), **23.** Bédi Sándor (Érd, Vörösmarty Mihály Gimn., IV. o. t.), **24.** Stőhr Loránt (Budapest, ELTE Apáczai Csere János Gyak. Gimn., III. o. t.), **25.** Bán Zoltán (Kecskemét, Katona József Gimn., IV. o. t.), **26.** Harczos Gergely (Budapest, ELTE Apáczai Csere János Gyak. Gimn., IV. o. t.), **27.** Szabó Jenő (Sárvár, Tinódi Gimn., IV. o. t.), **28.** Baji Gál János (Gödöllő, Török Ignác Gimn., IV. o. t.), **29.** Nagy Benedek (Debrecen, KLTE Gyak. Gimn., IV. o. t.), **30.** Gáspár Ágnes (Kazincbarcika, Ságvári Endre Gimn., IV. o. t.), **31.** Végh Zoltán (Kecskemét, Piarista Gimn., IV. o. t.).