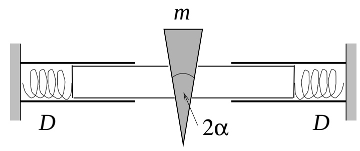
A fizika I. kategória (szakközépiskolások) feladatai



1. ábra

1. feladat. *Az ábra szerint egymással szemben rögzítünk két egyforma „kilövő szerkezetet", amelyek egy-egy* $D = 800\ \mathrm{N/m}$ *direkciós erejű rugót tartalmaznak. Ezután közéjük helyezünk egy* $m = 0{,}5\ \mathrm{kg}$ *tömegű,* $\alpha = 15°$ *félnyílásszögű éket úgy, hogy mindegyik rugó* $\Delta l_0 = 6\ \mathrm{cm}$*-rel összenyomódjon. A hengerek és a rugók tömege valamint minden súrlódás elhanyagolható.*

a) Legfeljebb mekkora sebességet érhet el az elengedett ék?

b) Mekkora lehet az ék maximális emelkedése?

(Számoljunk $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$*-tel!)*

(Jurisits József)

Megoldás. A hengerekre ható erők eredője nulla, ui. a hengerek (az adott közelítésben) tömegtelenek. A hengerre három test hat: a rugó, az ék és a cső fala. A rugóerő a pillanatnyi összenyomódással kifejezve: $F_\mathrm{r} = D\Delta l$. A cső súrlódásmentes fala csak függőlegesen felfelé ható erőt fejt ki a hengerre. Az egyes hengerek által az ékre kifejtett erő merőleges kell legyen az ék felületére (hiszen nincsen súrlódás). Ez a feltétel akkor teljesül, ha a kérdéses erő függőleges komponensének és a vízszintes komponensének aránya $\operatorname{tg}\alpha$. Eszerint az ékre ható teljes függőleges erő:

$$\sum F = 2D\Delta l \cdot \operatorname{tg}\alpha - mg.$$

Az ék sebessége mindaddig nő, amíg a fenti kifejezés pozitív. A sebesség abban a pillanatban maximális, amikor az erők eredője nulla. Ekkor a rugó pillanatnyi összenyomódásának értéke:

$$\Delta l_1 = \frac{mg}{2D\ \operatorname{tg}\alpha} = 1{,}17\ \mathrm{cm}.$$

A rugó végének elmozdulása ezalatt: $\Delta x = \Delta l_0 - \Delta l_1 = 4{,}83\ \mathrm{cm}$, az ék emelkedése pedig $\Delta y = \operatorname{ctg}\alpha \cdot \Delta x = 18\ \mathrm{cm}$.

Az ék legnagyobb sebességét a munkatétel segítségével kapjuk:

$$-mg\Delta y + 2 \cdot \frac{1}{2} D\left[(\Delta l_0)^2 - (\Delta l_1)^2\right] = \frac{1}{2} m v_\mathrm{max}^2,$$

ahonnan $v_\mathrm{max} = 1{,}68\ \mathrm{m/s}$.

Ettől kezdve lassulva emelkedik az ék. A kiindulási helyzettől mért emelkedés magasságát szintén a munkatételből kaphatjuk. A kezdő- és végállapotban az ék sebessége nulla, így

$$2 \cdot \frac{1}{2} D(\Delta l_0)^2 - mgh = 0,$$

ahonnan a maximális emelkedési magasság: $h = 57{,}6\ \mathrm{cm}$. (Feltettük, hogy a rugók a teljes meglazulásukig működtek. Ez valóban teljesül, hiszen a számított emelkedési h magasság nagyobb, mint $\Delta l_0/\operatorname{tg}15° = 0{,}224\ \mathrm{m}$.)

2. feladat. *Szobahőmérsékleten egy* $V = 2$ *literes szódásszifonban* $V_1 = 1{,}6\ \mathrm{l}$ *szódavíz és felette* $V_2 = 0{,}4\ \mathrm{l}$ *térfogatú,* $p = 240\ \mathrm{kPa}$ *nyomású* CO_2 *gáz van. Maximálisan mennyi szódavíz engedhető ki a szifonból, ha a külső nyomás* $p_0 = 100\ \mathrm{kPa}$*?*

(Szobahőmérsékleten a víz felett $100\ \mathrm{kPa}$ CO_2 *gáznyomás esetén* $1\ \mathrm{l}$ *vízben annyi* CO_2 *gáz oldódik, amelynek térfogata* $100\ \mathrm{kPa}$ *nyomásnál* $v = 0{,}8\ \mathrm{l}$*; a víz feletti egyéb* p *nyomásnál az oldott* CO_2 *gáznak a* $100\ \mathrm{kPa}$ *nyomásra átszámított térfogata* pv/p_0*. A szifonban levő levegő hatását hanyagoljuk el! A szifon csöve az edény aljáig ér le.)*

(Blészer Jenő)

Megoldás. Határozzuk meg először az 1 liter vízben oldott CO_2 tömeghányadát. p_0 gáznyomás esetén az oldott szén-dioxid térfogata $T = 300\ \mathrm{K}$ hőmérsékleten (a feladat szövege szerint) v térfogatú, azaz

$$m_0 = \frac{p_0 v M}{RT}$$

tömegű. ($M = 44\ \mathrm{g/mol}$ a szén-dioxid moláris tömege.) p gáznyomás esetén oldott CO_2 p_0 nyomáson, T hőmérsékleten pv/p_0 térfogatú, a tömege tehát

$$m = \frac{p_0}{RT}\frac{p}{p_0} vM = \frac{pvM}{RT}.$$

Ezekből a p gáznyomás esetén $V^* = 1$ liter vízben oldott CO_2 és az őt tartalmazó (ϱ sűrűségű) víz tömeghányada:

$$(1) \qquad \mu = \frac{m}{m_{\text{víz}}} = \frac{m}{V^* \varrho} = \frac{pvM}{V^* \varrho RT} = \frac{4}{5}\,\frac{M}{\varrho RT}\,p.$$

Számítsuk ki a $V_{\text{ö}}$ össztérfogatú szifonban levő CO_2 össztömegét, ha a gáz V térfogatú és p nyomású:

$$m(p,V) = m_{\text{gáztérben}} + m_{\text{vízben oldva}}$$

azaz

$$m(p,V) = \frac{MpV}{RT} + (V_{\text{ö}} - V)\,\varrho \cdot \mu,$$

ami (1) felhasználásával

$$(2) \qquad m(p,V) = \frac{M}{5RT} p(V + 4V_{\text{ö}})$$

alakra hozható.

A gáz kezdeti nyomása $p_{\text{k}} = 240$ kPa, a végső nyomás $p_{\text{v}} = 100$ kPa, a kezdeti térfogata $V_{\text{k}} = 0{,}4\ \text{dm}^3$, végső térfogata ($V_{\text{v}}$) pedig a feladat tulajdonképpeni kérdése. A folyamat elején, illetve végén az oldott CO_2 tömeghányada (1) alapján:

$$\mu_{\text{k}} = \frac{4}{5}\,\frac{M}{\varrho RT}\,p_{\text{k}}, \qquad \text{illetve} \qquad \mu_{\text{v}} = \frac{4}{5}\,\frac{M}{\varrho RT}\,p_{\text{v}}.$$

Az oldott CO_2 tömegaránya a nyomás csökkenése miatt változik. Közelítsük a folyamat átlagos tömeghányadát számtani középpel[1]:

$$\overline{\mu} = \frac{\mu_{\text{k}} + \mu_{\text{v}}}{2} = \frac{4}{5}\,\frac{M}{\varrho RT}\,\frac{p_{\text{k}} + p_{\text{v}}}{2}.$$

Az eltávozott $\Delta V = V_{\text{v}} - V_{\text{k}}$ térfogatú víz kivisz magával $(V_{\text{v}} - V_{\text{k}})\varrho\overline{\mu}$ tömegű CO_2-t. A szén-dioxid össztömegének állandóságát kifejező egyenlet (tömegmérleg):

$$m(p_{\text{k}}, V_{\text{k}}) = m(p_{\text{v}}, V_{\text{v}}) + (V_{\text{v}} - V_{\text{k}})\,\varrho\overline{\mu},$$

ami (2) felhasználásával:

$$\frac{M}{5RT} p_{\text{k}}\,(V_{\text{k}} + 4V_{\text{ö}}) = \frac{M}{5RT} p_{\text{v}}\,(V_{\text{v}} + 4V_{\text{ö}}) + \frac{4}{5}\,\frac{M}{RT}\,\frac{p_{\text{k}} + p_{\text{k}}}{2}\,(V_{\text{v}} - V_{\text{k}})\,.$$

Innen

$$V_{\text{v}} = \frac{(2p_{\text{v}} + 3p_{\text{k}})V_{\text{k}} + 4(p_{\text{k}} - p_{\text{v}})V_{\text{ö}}}{2p_{\text{k}} + 3p_{\text{v}}} = 1{,}91\ \text{dm}^3.$$

A palackban végül 100 kPa nyomású gáz maradt, és $V_{\text{ö}} - V_{\text{v}} = 0{,}09\ \text{dm}^3$ térfogatú víz nem folyt ki a palackból. A szifonból tehát 1,51 liternyi szódavíz (csaknem a teljes kezdeti vízmennyiség) kiengedhető.

3. feladat. *Van N darab U_0 üresjárási feszültségű, R belső ellenállású egyforma áramforrásunk. Mindegyiket felhasználva telepet készítünk belőlük úgy, hogy először bizonyos számú áramforrást azonos pólussorrendben sorba kapcsolunk egy-egy láncba, majd ezeket a megegyező számú áramforrást tartalmazó láncokat — azonos pólusaikat összekötve — párhuzamosan kapcsoljuk egymással. A nyert telepre a kivehető teljesítmény szempontjából optimális ellenállású fogyasztót kapcsolunk.*

a) Hány telepet kapcsoljunk egy-egy láncba, azaz milyen telepelrendezést készítsünk, hogy a legnagyobb teljesítményt kapjuk a fogyasztón?

b) Mekkora ez a teljesítmény, ha $N = 64$, $U_0 = 12$ V, $R = 2\ \Omega$?

(Légrádi Imre)

Megoldás. Kapcsoljunk sorba s darab áramforrást egy-egy láncba, így $k = N/s$ darab lánc keletkezik $(1 \le s \le N)$. Egy-egy lánc eredő üresjárási feszültsége $U_1 = sU$, eredő belső ellenállása $R_1 = sR$.

A párhuzamosan kapcsolt láncokból álló telep eredő belső ellenállása

$$R_{\text{b}} = \frac{R_1}{k} = \frac{sR}{N/s} = s^2\frac{R}{N}.$$

Ha a kivehető teljesítmény szempontjából optimális ellenállású fogyasztót kapcsolunk a telepre, akkor annak ellenállása a telep belső ellenállásával egyezik meg, vagyis

$$R_{\text{f}} = R_{\text{b}} = s^2\frac{R}{N}.$$

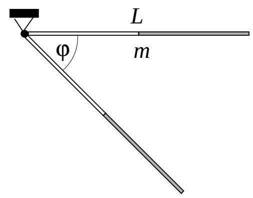
[1] Felsőbb matematikai módszerekkel a folyamat részletesebben is elemezhető, s ennek eredménye azt mutatja, hogy az alkalmazott közelítés jogos.

A fogyasztón leadott teljesítmény

$$P = I^2 R_\mathrm{f} = \left(\frac{sU}{2s^2R/N}\right)^2 \frac{s^2R}{N} = \frac{U^2N}{4R}.$$

Végeredményünkben *nem* szerepel s, ami azt jelenti, hogy az optimális ellenállású fogyasztón minden esetben ugyanakkora teljesítmény jön létre, függetlenül attól, hogy mekkora s értéke, azaz milyen elrendezésű a telepünk. Számadatainkkal $P = 1152$ W.

A fizika II. és III. kategória (valamennyi gimnazista) feladatai



2. ábra

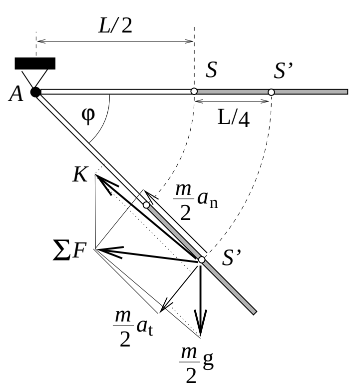
1. feladat. *Egy L hosszúságú, m tömegű homogén, vékony rudat egyik végénél fogva csuklósan felfüggesztünk, majd a vízszintesig kitérítjük az ábra szerint. A rudat kezdősebesség nélkül elengedjük. Mekkora és milyen irányú erőt fejt ki a rúd egyik $L/2$ hosszúságú fele a másik $L/2$ hosszúságú felére a $\varphi = 60°$-os szögelfordulás pillanatában?*

(Holics László)

Megoldás. A félrúd által kifejtett (a valójában a két fél találkozási pontjában ható) kényszererőt az alsó félrúd tömegközéppontjának mozgásegyenletéből határozhatjuk meg. A mozgásegyenletet érdemes két komponensre, érintőleges (tangenciális) és sugárirányú (normál) vetületre felírni:

(1) $$K_\mathrm{t} + \frac{m}{2}g\,\cos\varphi = \frac{m}{2}a_\mathrm{t},$$

(2) $$K_\mathrm{n} - \frac{m}{2}g\,\sin\varphi = \frac{m}{2}a_\mathrm{n}.$$



3. ábra

A $K = \sqrt{K_\mathrm{n}^2 + K_\mathrm{t}^2}$ kényszererő meghatározásához a normál és tangenciális gyorsulásokat kell a folyamat dinamikájából meghatározni. Ehhez a pillanatnyi szögsebességre és szöggyorsulásra van szükségünk. A szögsebességet a munkatételből, a szöggyorsulást a forgatónyomaték-tételből kaphatjuk meg. Mivel a félrúd szögadatai azonosak az egész rúdéival, érvényesek a következők:

$$mg\frac{L}{2}\sin\varphi = \frac{1}{2}\frac{1}{3}mL^2\omega^2,$$

ahonnan

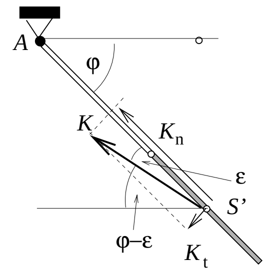
(3) $$L\omega^2 = 3g\sin\varphi,$$

valamint

$$mg\frac{L}{2}\cos\varphi = \frac{1}{3}mL^2\beta,$$

innen

(4) $$L\beta = \frac{3}{2}g\cos\varphi.$$



4. ábra

Az (1)–(4) egyenletekből $a_t = \frac{3}{4}L\beta$ és $a_n = \frac{3}{4}L\omega^2$, ezekből a keresett erő két (derékszögű) komponensének nagyságára

$$K_t = \frac{1}{16}mg\cos\varphi, \qquad \text{valamint} \qquad K_n = \frac{26}{16}mg\sin\varphi$$

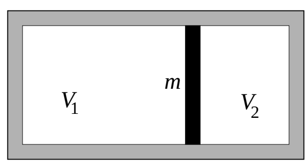
adódik. A kérdéses erő nagysága:

$$K = \frac{1}{16}mg\sqrt{\cos^2\varphi + 26^2\cdot\sin^2\varphi} = \frac{\sqrt{2029}}{32}mg \approx 1{,}4\,mg.$$

A K erőnek a rúdhoz viszonyított ε irányára fennáll:

$$\operatorname{tg}\varepsilon = \frac{K_t}{K_n} = \frac{1}{26\cdot\sqrt{3}} \approx 0{,}0222,$$

ahonnan $\varepsilon \approx 1{,}27°$, a vízszintessel bezárt szög pedig $\alpha = \varphi - \varepsilon = 58{,}73°$.



5. ábra

2. feladat. *Hőszigetelő falú hengerben $V_1 = 3$ liter térfogatú, $p_1 = 4\cdot10^5$ Pa nyomású és $T_1 = 1092$ K hőmérsékletű héliumgázt egy igen jó hőszigetelő, $m = 2$ kg tömegű fal választ el $V_2 = 2$ liter térfogatú, $p_2 = 2{,}5\cdot10^5$ Pa nyomású és $T_2 = 1365$ K hőmérsékletű héliumgáztól. A válaszfalat elengedjük, ezután a fal súrlódás nélkül mozoghat. Maximálisan mekkora sebességre gyorsul fel a válaszfal?*

(Holics László)

Megoldás. A folyamat adiabatikus. A súlyos fal addig gyorsul, míg a két oldalról ható nyomás éppen egyenlővé nem válik. Mivel a dugattyú hőszigetelő, energiát a gáztól hőcserével nem vesz fel. A dugattyú mozgási energiájának megváltozása a rajta végzett munkák összegével egyenlő (munkatétel):

$$\frac{1}{2}mv^2 = W_1 + W_2.$$

A két gáz munkája adiabatikus állapotváltozás során belső energiájuk megváltozásának ellentettjével egyenlő, tehát:

$$\frac{1}{2}mv^2 = -\Delta E_1 - \Delta E_2.$$

Ismeretes (a hőtan I. főtételéből és a gáztörvényből könnyen megkapható), hogy a gáz belső energiájának megváltozása így is felírható: $\Delta E = \Delta(pV)/(\kappa - 1)$, ahol $\kappa = c_p/c_V$ az ún. fajhőhányados. Ezt felhasználva esetünkben (a második állapothoz tartozó értékeket vesszővel jelölve):

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{p_1V_1 + p_2V_2}{\kappa - 1} - \frac{p_1'V_1' + p_2'V_2'}{\kappa - 1}.$$

Mivel a legnagyobb sebesség elérésekor nem gyorsul a fal, a két gáz nyomása éppen megegyezik, vagyis $p_1' = p_2' = p_k$ közös érték egy pillanatra, és az össztérfogat a dugattyú (fal) elmozdulásával nem változik ($V_1' + V_2' = V_1 + V_2$), ezért egyenletünk így alakul:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{p_1V_1 + p_2V_2}{\kappa - 1} - \frac{p_k(V_1 + V_2)}{\kappa - 1}.$$

A közös p_k nyomást az adiabatikus állapotváltozás egyenletéből ($p^{1/\kappa}\cdot V =$ állandó) határozhatjuk meg:

$$p_1^{1/\kappa}V_1 = p_k^{1/\kappa}V_1',$$

$$p_2^{1/\kappa}\, V_2 = p_\mathrm{k}^{1/\kappa}\, V_2',$$

Ezeket összeadva (és figyelembe véve, hogy az össztérfogat változatlan) kapjuk, hogy

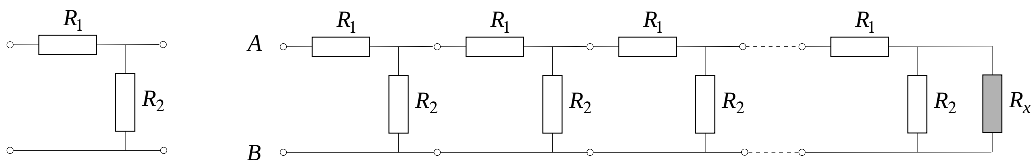
$$p_1^{1/\kappa}\, V_1 + p_2^{1/\kappa}\, V_2 = p_\mathrm{k}^{1/\kappa}\, (V_1 + V_2),$$

ahonnan (felhasználva, hogy héliumra $\kappa = \dfrac{5}{3}$) a közös nyomás

$$p_\mathrm{k} = \frac{\left(p_1^{1/\kappa}\, V_1 + p_2^{1/\kappa}\, V_2\right)^\kappa}{(V_1+V_2)^\kappa} = 3{,}37 \cdot 10^5\ \mathrm{Pa}.$$

Ezt az eredményt a fal mozgási energiájának képletébe írva a keresett sebességre végül $v = 5{,}016$ m/s ≈ 5 m/s adódik.

3. feladat. *A jobb oldali ábrán látható ellenálláslánc a bal oldali ábrán látható „négypólusból" n számút tartalmaz. $R_1 = 1\ \Omega$ és $R_2 = 6\ \Omega$. Az ellenálláslánc egy R_x ellenállással van lezárva.*



6. ábra

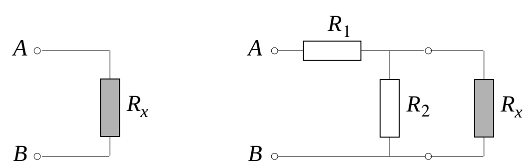
a) Mekkora legyen az R_x ellenállás értéke, hogy az A és B pontok között mérhető eredő ellenállás értéke független legyen a bekapcsolt négypólusok n számától?

b) Az ellenállásláncot az a) kérdésben meghatározott R_x ellenállással zárjuk le, és az A és B pontok közé $U_{AB} = 3$ V kapocsfeszültségű telepet kapcsolunk. A lánc most $n = 21$ négypólust tartalmaz. Határozzuk meg ebben az esetben az R_x ellenállásra eső feszültséget!

(Szegedi Ervin)

Megoldás. a) Ha a feladat első részében megfogalmazott feltétel teljesíthető, akkor $n = 0$ és $n = 1$ esetén is teljesül, tehát az A és B pontok között mérhető eredő ellenállás e két esetben egyenlő. Az *ábra* alapján:

(1) $$R_x = R_1 + \frac{R_2 R_x}{R_2 + R_x},$$



7. ábra

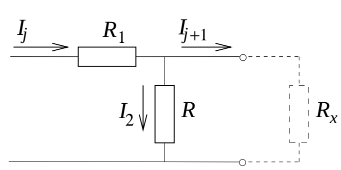
A kérdéses R_x-re egy másodfokú egyenletet kapunk:

$$R_x^2 - R_1 R_x - R_1 R_2 = 0,$$

amelynek megoldása: $R_x = 3\ \Omega$.

Meg kell vizsgálnunk, hogy $R_x = 3\ \Omega$ esetén valóban teljesül-e, hogy R_{AB} független a bekapcsolt négypólusok számától! Tekintsük az utolsó négypólust és az azt lezáró R_x ellenállást! Ezek eredője az (1) feltétel alapján R_x. Ekkor viszont az utolsó előtti négypólus végeredményben szintén R_x ellenállással van lezárva, ami ismét azt jelenti, hogy az eredő R_x. Az eljárást mindaddig folytathatjuk, amíg az első négypólushoz érünk. Ez ismét R_x eredő ellenállású hálózatrésszel van lezárva, tehát az A és B pontok között az eredő ellenállás valóban R_x, értéke független a bekapcsolt négypólusok számától.

b) Az utolsó tagon (vagyis az R_x ellenálláson) eső feszültség kiszámításához meg kell határoznunk az R_x ellenálláson átfolyó áram erősségét.



8. ábra

Az első R_1 ellenálláson átfolyó áram erőssége $U_{AB} = 3$ V és $R_{AB} = 3\ \Omega$ miatt $I_1 = U_{AB}/R_{AB} = 1$ A. Vizsgáljuk meg ezután egy tetszőleges (mondjuk a j-edik) négypólust. Az R_1 ellenálláson folyó áram erőssége legyen I_j, az R_x

ellenálláson folyó áram erőssége pedig I_{j+1}. Ekkor a csomóponti törvény szerint az R_2 ellenálláson $I_j - I_{j+1}$ áram folyik át, és a huroktörvény szerint fenn kell álljon, hogy

$$\frac{I_{j+1}}{I_j - I_{j+1}} = \frac{R_2}{R_x}.$$

Innen az áramerősségek arányára

$$\frac{I_{j+1}}{I_j} = \frac{R_2}{R_x + R_2} = \frac{2}{3}$$

adódik, melyből I_1 ismeretében rendre kiszámolhatók a lánc egyes elemein átfolyó áramerősségek:

$$I_2 = \frac{2}{3} I_1, \qquad I_3 = \frac{2}{3} I_2 = \left(\frac{2}{3}\right)^2 I_1, \ \ldots \ I_n = \left(\frac{2}{3}\right)^{n-1} I_1.$$

Ezzel az $n = 21$ tagú láncot lezáró R_x ellenálláson átfolyó áram: $I_{22} = 1\ \mathrm{A} \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^{21} = 0{,}2\ \mathrm{mA}$, az ellenálláson eső feszültség pedig $R_x I_{22} = 0{,}6\ \mathrm{mV}$.

Holics László

A fizika I. kategória végeredménye

1.**Walsch, Thomas William** (Szeged, Déri Miksa Ipari Szki., 11. évf.),
tanára: Varjasiné Balla Edit;

2.**Tomon Sándor** (Bp., Puskás Tivadar Távközlési Techn., 11. évf.),
tanára: Alapiné Ecseri Éva;

3.**Belicza András** (Bp., Puskás Tivadar Távközlési Techn., 11. évf.),
tanára: Szabó Gábor;

4. *Belicza Zsolt* (Bp., Puskás T. Távk. Techn., 12. évf.), tanára: Szigligeti Márta; 5. *Hegedűs Zoltán Csaba* (Miskolc, Andrássy Gyula Műsz. Szki. 11. évf.), tanárai: Gonda Gáspár, Dobos Zsolt.

A fizika II. kategória végeredménye

1. **Felföldi Zsolt** (Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Gimn., 12. évf.),
tanára: Horváth Gábor;

2. **Végh László** (Debrecen, Fazekas Mihály Gimn., 12. évf.),
tanárai: Lakatos Tibor, Szegedi Ervin;

3. **Terpai Tamás** (Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Gimn., 12. évf.),
tanára: Horváth Gábor;

4. *Tóth Bálint* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., 12. évf.), tanára: Horváth Gábor; 5. *Patakfalvi Zsolt* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., 12. évf.), tanárai: Horváth Gábor, Dvorák Cecília; 6. *Buella Csaba* (Tiszaújváros, Eötvös J. Gimn. és Szki., 12. évf.), tanára: Magyari Árpád; 7. *Lukács László* (Miskolc, Földes F. Gimn., 12. évf.), tanára: Gregáné Ursán Zsuzsanna; 8. *Németh András* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., 12. évf.), tanárai: Horváth Gábor, Dvorák Cecília; 9. *Gulyás Nándor* (Mezőkovácsháza, Hunyadi J. Gimn., 12. évf.), tanárai: Sallai István, Varga István; 10. *Pilászy István* (Bp., Piarista Gimn., 12. évf.), tanára: Urbán János.

A fizika III. kategória végeredménye

1. **Hegedűs Ákos** (Pécs, Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma, 11. évf.),
tanárai: Orovica Márkné, Kotek László;

2. **Máthé András** (Budapest, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimn., 11. évf.), tanára: Flórik György;

3. **Rácz Balázs** (Budapest, Veres Péter Gimn., 12. évf.), tanára: Varga Mária;

4–5. *Gáspár Merse Előd* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., 11. évf.), tanára: Horváth Gábor; *Gönci Balázs* (Bp., Móricz Zs. Gimn., 12. évf.), tanára: Horányi Gábor; 6. *Buday Tamás* (Debrecen, KLTE Gyak. Gimn., 11. évf.), tanárai: Kovács Miklós, Szegedi Ervin; 7. *Madarász Tamás* (Bp., ELTE Radnóti M. Gyak. Gimn., 12. évf.); tanára: Szalóki Dezső; 8–9. *Ispánovity Péter Dusán* (Bp., ELTE Radnóti M. Gyak. Gimn., 12. évf.); tanára: Honyek Gyula; *Rozsonday Gerzson* (Debrecen, KLTE Gyak. Gimn., 12. évf.), tanárai: Kirsch Éva, Szegedi Ervin; 10–11. *Kajtár Márton* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., 11. évf.), tanára: Horváth Gábor; *Madarász Ádám* (Bp., ELTE Radnóti M. Gyak. Gimn., 11. évf.); tanára: Kiss László.