

Az I. kategóriában a szakközépiskolai tanulók versenyeztek. A II. kategóriába tartozott minden III. osztályos tanuló (kivéve a speciális, illetve komplex osztályok tanulói), továbbá minden, fizikából fakultáción részt nem vevő IV. osztályos tanuló. A III. kategóriába tartozott minden további IV. osztályos tanuló és a speciális, illetve komplex III. osztályos tanulók. A II. és III. kategóriában a feladatok ugyanazok voltak.

A II. és III. kategória feladatai

I. forduló

1. Az $\alpha = 30^\circ$ hajlásszögű lejtőn $m = 3$ kg tömegű test van egy $D = 80$ N/m rugóállandójú rugóhoz erősítve (1/a. ábra). Kezdetben a testet úgy tartjuk, hogy a rugó erőmentes legyen, azután hirtelen elengedjük. A súrlódás igen kicsiny. $g = 10$ m/s².

1986-10-321-1.eps

1/a ábra

a) Milyen mélységig megy le a test a lejtőn?

b) Hol áll meg a test, ha végül is az igen csekély súrlódás megállítja?

Megoldás. a) A helyzeti energia csökkenése egyenlő a létrejövő rugalmas energiával (1/b. ábra):

1986-10-321-2.eps

1/b ábra

$$mgx \cdot \sin \alpha = \frac{D}{2} \cdot x^2.$$

Innen

$$x = \frac{2mgx \cdot \sin \alpha}{D} = 0,375 \text{ méter.}$$

b) Egyensúly az erőegyenlőség esetében áll be:

$$Dy = mg \cdot \sin \alpha.$$

Innen:

$$y = \frac{mg \cdot \sin \alpha}{D} = 0,1875 \text{ méter}$$

2. Egy 15° -os hajlásszögű lejtőn két, egyenként 3 kg tömegű test áll (2. ábra). A testeket 200 N/m rugóállandójú rugó köti össze. A felső testnél 0,3, az alsónál 0,1 a súrlódási együttható. $g = 10$ m/s².

1986-10-322-1.eps

2. ábra

a) Mekkora közös gyorsulással mozognak a testek?

b) Mennyi a rugó megnyúlása ekkor?

Megoldás. Mindegyik testnél a lejtő menti súlyerő-összetevő:

$$30 \cdot \sin 15^\circ = 7,76 \text{ newton.}$$

Mindegyik testnél a lejtőre merőleges súlyerő-összetevő:

$$30 \cdot \cos 15^\circ = 29,0 \text{ newton.}$$

A súrlódási erő a felső testnél: $0,3 \cdot 29,0 = 8,7$ newton, ez a test egyedül nem indulna el. A súrlódási erő az alsó testnél: $0,1 \cdot 29,0 = 2,9$ newton. A súlyerők lejtő menti összetevőinek összege:

$$7,76 + 7,76 = 15,52 \text{ newton.}$$

A súrlódási erők összege: $8,7 + 2,9 = 11,6$ newton. A testet gyorsító erő: $15,52 - 11,6 = 3,92$ newton. A két test együtt elindul, gyorsulásuk:

$$a = F/m = 3,92 : 6 = 0,65 \text{ m/s}^2.$$

A felső test gyorsításához $0,65 \cdot 3 = 1,95$ newton szükséges, amihez $8,7$ newton járul a súrlódás miatt. Az összesen $1,95 + 8,7 = 10,65$ newton nagyságú erőből levonandó a súly $7,76$ newton nagyságú összetevője: $10,65 - 7,76 = 2,89$ newton. A rugó nyúlása $2,89 : 200 = 0,01445$ méter. Az alsó testtel végzett számítás természetesen ugyanennyit ad.

3. Egy földrengésnél a földfelszín vízszintesen mozgott. Először egy hirtelen lökés 5 cm- rel jobbra, azután 1 másodperc múlva egy hirtelen lökés 5 cm- rel balra mozdította el a földfelszínt. A mennyezetről 4 m hosszú fonálon csillár lóg le. Mekkora amplitúdóval leng a csillár a földrengés után?

(Nagy László)

1986-10-322-2.eps

3. ábra

Megoldás. Egy 4 méteres inga lengésideje $T = 2\pi\sqrt{l/g} = 4$ másodperc, az ehhez tartozó körfrekvencia $\omega = 2\pi/T = 1,57 \text{ s}^{-1}$. Az első lökés után eltelt 1 másodperc alatt az inga egynegyed lengést tett meg, ezért az 1 másodperc elteltkor fonala függőleges (3. ábra). Ebben a pillanatban az ingatest $\omega r = 1,57 \cdot 0,05 = 0,0785 \text{ m/s}$ sebességgel halad jobb felé. Az ingatest olyan rezgőmozgást végez, amelynek t pillanatban a kitérése (4. ábra):

$$0,05 = A \cdot \sin \omega t.$$

1986-10-323-1.eps

4. ábra

Sebessége ekkor $v = \omega r \cdot \cos \omega t$ alapján:

$$0,0785 = 1,57 \cdot A \cdot \cos \omega t.$$

Négyzetre emeléssel kiküszöbölve ωt -t, az amplitúdó:

$$A = 0,0707 \text{ méter.}$$

4. Két rögzített, párhuzamos fémlamezt (síkkondenzátort) feszültségforrásra kapcsolunk. A lemezek között 600 V/m térerősségű tér alakult ki (5. ábra).

1986-10-323-2.eps

5. ábra

a) Egyik esetben párhuzamosan a lemezek közé, felül vezetékekkel összekötött, kezdetben semleges lemezpárt süllyesztünk. A lemezek közötti távolságok egyenlők. Mekkora térerősségek alakulnak ki?

1986-10-323-3.eps

a) ábra

b) Egy másik esetben a lemezeket a b) rajz szerint helyezzük el. A lemezek közötti távolságok egyenlők. Mekkora térerősségek alakulnak ki a lemezek között?

1986-10-323-4.eps

b) ábra

(Nagy László)

Megoldás. Kezdeti állapotban U feszültség és d lemeztávolság mellett a térerő (6. ábra):

$$\frac{U}{d} = 600 \text{ V/m.}$$

1986-10-323-5.eps

6. ábra

a) A lemezek közötti térből hiányzik $d/3$ szélességű réteg (7. ábra), emiatt a kapacitás $3/2$ -szer nagyobb lesz. A töltéssűrűség és vele együtt a térerő is $3/2$ -szer lesz nagyobb, vagyis a két szélső rétegben a térerősség: 900 N/m .

1986-10-323-6.eps

7. ábra

b) A belógatott lemezpárnak összegezve semlegesnek kell maradnia (8. ábra).

1986-10-324-1.eps

8. ábra

Az eredeti kondenzátor bal oldali lemezének két oldalán ugyanolyan erős $E_1 = E_2$ térnek kell kialakulnia. Ezért a belógatott lemezpár jobb oldali lemezének jobb oldali felén kétszer annyi pozitív töltésnek kell jelentkeznie, mint negatív töltésnek. Ennek következtében $E_3 = 2E_2$.

Az eredeti potenciálkülönbség:

$$600d = E_2 \cdot \frac{d}{2} + E_3 \cdot \frac{d}{2}.$$

Az egyenletrendszer megoldása:

$$E_1 = E_2 = 400 \text{ V/m},$$

$$E_3 = 800 \text{ V/m}.$$

II. forduló

1. Az $L = 5,6$ méter hosszú fonálon függő $m = 0,5$ kg tömegű testnek vízszintesen $v_0 = 14 \text{ m/s}$ kezdősebességet adunk (9. ábra). A fonál teherbírása 40 newton. Hol lesz a test akkor, amikor a fonál elszakad? $g = 10 \text{ m/s}^2$.

1986-10-324-2.eps

9. ábra

(Nagy László)

Megoldás. A körpálya mentén a fonalat 40 newtonnál kevesebb erő feszíti. Keressük azt a φ szöget, amelynél a test elhagyja a körpályát (10. ábra). Ennek feltétele, hogy a súlyerő fonálirányú összetevője éppen a körmozgást okozó erővel legyen egyenlő:

$$mg \cdot \cos \varphi = \frac{mv^2}{L}.$$

1986-10-324-3.eps

10. ábra

Az elváláskor meglevő sebességet az energiatörvényből kapjuk meg:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - mgL(1 + \cos \varphi).$$

v^2 kiküszöbölésével megkapjuk a körpálya elhagyását jelentő φ szöget:

$$\cos \varphi = \frac{v_0^2/L - 2g}{3g} = 0,5, \quad \text{vagyis} \quad \varphi = 60^\circ.$$

Ekkor a sebesség:

$$v^2 = v_0^2 - 2Lg(1 + 0,5) = 28,$$

$$v = 2\sqrt{7} = 5,29 \text{ m/s}.$$

Ezzel a sebességgel és 60° -os indítási szöggel ferde hajítás kezdődik. Az elhajított test koordinátái 0-hoz viszonyítva:

$$x = v \cdot \cos \varphi \cdot t - L \sin \varphi = \sqrt{7} \cdot t - 2,8\sqrt{3},$$

$$y = v \cdot \sin \varphi \cdot t - gt^2/2 + L \cos \varphi = \sqrt{21} \cdot t - 5t^2 + 2,8.$$

A körrel való metszéspont megkeresése céljából ezeket behelyettesítjük a kör $x^2 + y^2 = L^2$ egyenletébe. Figyelembe véve, hogy számadatainkkal $gL \cos \varphi + v^2 = 0$, az eredmény:

$$\frac{g^2}{4} \cdot t^4 - vg \cdot \sin \varphi \cdot t^3 = 0.$$

t^3 -tel egyszerűsítve:

$$\frac{g^2}{4} \cdot t - vg \cdot \sin \varphi = 0.$$

A megoldás: $t = 4v \sin \varphi / g = 0,4\sqrt{21} = 1,833$ s.

Ezzel a körrel való találkozási pont koordinátái: $x = 0$, $y = -L$. Éppen a kiindulási helyén feszül meg a fonál és szakad el.

2. Egy hengerben héliumgáz van 218,4 K hőmérsékleten (11. ábra). A henger alapterülete $0,5 \text{ m}^2$, a dugattyú kezdeti magassága 0,32 méter. A 300 kg tömegű dugattyút egy rugó köti össze a henger fenekével. A rugóállandó $2,67 \cdot 10^8 \text{ N/m}$.

1986-10-325-1.eps

11. ábra

Ebben az állapotban a rugó nyújtatlan. A külső légnyomás 10^5 Pa . A hélium molhője $C_0 = 12,3 \text{ joule/molK}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$. A henger fala hővezető, ezért a gáz lassan felveszi a külső hőmérsékletet és eközben 1800 joule munkát végez.

a) Mennyi a külső hőmérséklet?

b) Mennyi a hélium hőfelvétele?

(Jurisits József)

Megoldás. Kezdetben a gáz nyomása $10^5 + \frac{6000}{0,5} = 1,12 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, a gáz a dugattyút $0,5 \cdot 1,12 \cdot 10^5 = 56\,000$ newton erővel nyomja. A gáz felmelegedésekor a munkavégzés ezen erő és a rugó ereje ellen történik. A munkavégzés x méteres emelkedésnél:

$$56\,000x + 0,5 \cdot 2,67 \cdot 10^5 x^2 = 1800.$$

Az egyenlet megoldása adja a dugattyú emelkedését: $x = 0,03$ méter.

Keressük a gáz normáltérfogatát. A kezdeti térfogat 160 dm^3 , az általános gáztörvény szerint:

$$\frac{1,12 \cdot 10^5 \cdot 160}{218,4} = \frac{10^5 V_0}{273}.$$

A normáltérfogat $V_0 = 224 \text{ dm}^3$, tehát a feladatban 10 mol héliumról van szó.

A felmelegedett gáz esetében a térfogat $0,5 \cdot 0,35 = 0,175 \text{ dm}^3$. Ekkor a rugó ereje $2,67 \cdot 10^5 \cdot 0,03 = 8000$ newton, ami $8000 : 0,5 = 16\,000 \text{ Pa}$ -t jelent. A felmelegedett gáz nyomása:

$$1,12 \cdot 10^5 + 16\,000 = 128\,000 \text{ Pa}.$$

Az általános gáztörvényből számítjuk a felmelegedett gáz hőmérsékletét:

$$\frac{1,12 \cdot 10^5 \cdot 0,16}{218,4} = \frac{1,28 \cdot 10^5 \cdot 175}{T}.$$

Innen a hőmérséklet: $T = 273 \text{ K}$.

A gáz energiájának növekedése:

$$\Delta E = 10 \cdot 12,3 \cdot (273 - 218,4) = 6716 \text{ joule}.$$

Az I. főtétele szerint:

$$\begin{aligned} \Delta E &= \Delta W + \Delta Q, \\ 6716 &= -1800 + \Delta Q. \end{aligned}$$

A gáz hőfelvétele $\Delta Q = 8516 \text{ joule}$.

3. A $C_1 = 10 \text{ }\mu\text{F}$ kapacitású kondenzátor szigetelő rétegének ohmos ellenállása 10^9 ohm , átütési feszültsége 130 volt. A $C_2 = 12,5 \text{ }\mu\text{F}$ kapacitású kondenzátor ohmos ellenállása $4 \cdot 10^9 \text{ ohm}$, átütési feszültsége 170 volt (12. ábra).

- a) Mi történik, ha AB pontokra 220 voltos egyenfeszültséget kapcsolunk?
 b) Mi történik, ha AB pontokra 220 voltos hálózati váltófeszültséget kapcsolunk?

(Dr. Bodó Zalán)

Megoldás. a) A feszültség az ellenállások arányában oszlik meg:

$$C_1\text{-re jut } \frac{10^9}{1 \cdot 10^9 + 4 \cdot 10^9} \cdot 220 = 44 \text{ volt,}$$

$$C_2\text{-re jut } \frac{4 \cdot 10^9}{1 \cdot 10^9 + 4 \cdot 10^9} \cdot 220 = 176 \text{ volt.}$$

A C_2 -kondenzátor átüt.

b) A kondenzátorok $1/\omega C$ váltóáramú ellenállásai 318 ohm és 265 ohm. Ezek mellett az ohmos ellenállások szerepe elhanyagolható, ezért a feszültség a kapacitásokkal fordított arányban oszlik meg,

$$C_1\text{-re jut } \frac{1/10}{1/10 + 1/12,5} \cdot 220 = 122,2 \text{ volt,}$$

$$C_2\text{-re jut } \frac{1/12,5}{1/10 + 1/12,5} \cdot 220 = 97,8 \text{ volt.}$$

A feszültségeloszlás az előbbihez képest fordított. Azonban a váltófeszültségek csúcserőértékei $122,2 \cdot \sqrt{2} = 172,8$ volt és $97,8 \cdot \sqrt{2} = 138,3$ volt. Ebben az esetben a C_1 -kondenzátor megy tönkre.

4. Kilenc ellenállás kettősgúla éleit alkotja. Nyolcnak egyenlő az ellenállása, a kilencediknek az ellenállása eltérő. Az alakzat öt csúcsa közül az összes lehetséges módon kettőt-kettőt kiválasztva megmértük az alakzat ellenállását és a következő adatokhoz jutottunk:

80 ohm (1 alkalommal), 32,941 ohm (1 alkalommal), 56 ohm (2 alkalommal), 44,235 ohm (2 alkalommal), 52,235 ohm (4 alkalommal). Állapítsuk meg ennek alapján, mekkora ellenállások alkotják a kettősgúla éleit!

(Légrádi Imre)

Megoldás. A többitől eltérő, x nagyságú ellenállás elhelyezkedésére nézve két feltevést lehet tenni.

Az első feltevés szerint az eltérő x ellenállás a középső rétegben van, például BC között (13. ábra). Ebben az esetben a következő ellenállásokat mérhetjük: $R_{AD} = R_{ED}$, $R_{CD} = R_{BD}$, R_{AE} , R_{BC} , $R_{AE} = R_{EC} = R_{EB} = R_{AB}$. Tehát 5 különböző értéket kapunk.

A második feltevés szerint az eltérő ellenállás az egyik oldalélben van, például A és B között. Ekkor a mérési eredmények: $R_{EC} = R_{ED}$, $R_{AC} = R_{AD}$, $R_{BD} = R_{BC}$, R_{CD} , R_{EB} , R_{AB} , R_{AE} .

Ez összesen 7 különböző értéket jelent. Tehát az első feltevésünk a helyes, mert 5 különböző értéket mértünk.

Ezután kiszámítjuk az x eltérő és a 8 egymással egyenlő r ellenállás nagyságát.

$$R_{AE} = 2r/3, \quad R_{AD} = R_{ED} = 7r/15, \quad R_{CD} = R_{BD} = \frac{(3r + 7x)r}{10r + 15x},$$

$$R_{AC} = R_{AB} = R_{EC} = R_{EB} = \frac{(11r + 24x)r}{30r + 45x}, \quad R_{BC} = \frac{2xr}{2r + 3x}.$$

A négyszer előforduló eset az 52,235 ohm:

$$\frac{(11r + 24x)r}{30r + 45x} = 52,235.$$

A továbbiakban az egyik lehetőség az egyszer előforduló értékeket vizsgálva:

$$\frac{2r}{3} = 80, \quad \frac{2xr}{2r + 3x} = 32,941.$$

Az egyenletrendszer megoldása:

$$r = 120 \text{ ohm}, \quad x = 56 \text{ ohm.}$$

Ellenőrzésül behelyettesítjük ezeket az adatokat a négyszer előforduló, 52, 235 ohmot adó egyenletbe. A helyettesítés igazolja az eredményt.

III. forduló

A versenyzők egy elektromos kismotor viselkedését tanulmányozták. A feladat ismertetése a *Fizika tanítása* című folyóiratban jelenik meg.

Az 1986. évi tanulmányi verseny eredménye

II. csoport

1. **díj: Antal Péter** (Debrecen, Kossuth L. Gimn., IV. o. t., tanára: Szegedi Ervin)
2. **díj: Kohári Zsolt** (Bp., Fazekas M. Gyak. Gimn., IV. o. t., tanára: Horváth Gábor)
3. **díj: Bősze Tibor** (Bp., Fazekas M. Gyak. Gimn. IV. o. t., tanára: Horváth Gábor)

A további helyezettek: 4. *Kardos József* (Miskolc, Földes F. Gimn., IV. o. t., t.: Szepessy Zoltánné), 5. *Kocsis Katalin* (Miskolc, Földes F. Gimn., IV. o. t., t.: Szepessy Zoltánné), 6. *Szokoly Gyula* (Bp., Fazekas M. Gyak. Gimn., III. o. t., t.: Horváth Gábor), 7. *Cynolter Gábor* (Bp., Fazekas M. Gyak. Gimn., III. o. t., t.: Horváth Gábor), 8. *Vadász Dénes* (Miskolc, Földes F. Gimn., III. o. t., t.: Dolák Gabriella), 9. *Ligeti Zoltán* (Bp., Fazekas M. Gyak. Gimn., IV. o. t., t.: Horváth Gábor), 10. *Bortel Gábor* (Bp., Árpád Gimn., IV. o. t., t.: Csaba György).

Elsőfokú dicséretet 9, másodfokú dicséretet 36 tanuló kapott.

III. csoport

1. **díj Tóth Zoltán** (Szigetvár, Zrínyi M. Gimn., IV. o. t., tanárai: Olláry József és Kiss Sára)
2. **díj: Juhász Tamás** (Bonyhád, Petőfi S. Gimn., IV. o. t., tanára: Hohmann Dénes)
3. **díj: Leiterreg András** (Szentendre, Móricz Zs. Gimn., IV. o. t., tanára Maknics Gábor)

A további helyezettek: 4. *Karsai Tamás* (Debrecen, KLTE Gyak. Gimn., IV. o. t., t.: Nagy Lászlóné és Szegedi Ervin), 5. *Kövesi Balázs* (Pécs, Nagy Lajos Gimn., IV. o. t., t.: Györkő Zoltánné), 6. *Tóth Gábor* (Salgótarján, Bolyai J. Gimn., IV. o. t., t.: Molnár Györgyné), 7. *Leisztinger Tamás* (Bp., Apáczai Csere J. Gyak. Gimn., IV. o. t., t.: Kelemen László), 8. *Czuprák Ernő* (Bp., Apáczai Csere J. Gyak. Gimn., IV. o. t., t.: Kiss László), 9. *Sziklai Péter* (Bp., Radnóti M. Gyak. Gimn., III. o. t. t.: Tomcsányi Péter), 10. *Lukács Gergely* (Bp., Piarista Gimn., IV. o. t., t.: Görbe László)

Elsőfokú dicséretet 8, másodfokú dicséretet 23 tanuló kapott.

Vermes Miklós