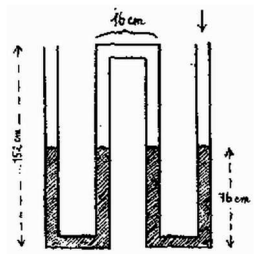
A verseny három kategóriában folyt le. Az I. kategóriában a szakközépiskolai tanulók versenyeztek. A II. kategóriába tartozott minden III. osztályos tanuló (kivéve a speciális, ill. komplex tantervű osztályok tanulóit), továbbá a fizikából fakultáción részt nem vevő IV. osztályos tanulók. A III. kategóriába tartozott minden további IV. osztályos tanuló és a speciális, ill. komplex III. osztályos tanulók. A II. és a III. kategóriában a feladatok ugyanazok voltak.

A II. és III. kategória feladatai

I. forduló

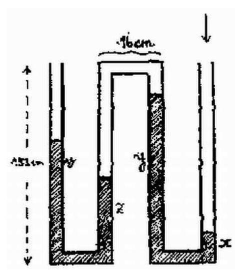
1. *Kezdetben a vékony üvegcső mindegyik szárában egyenlő magasan áll a higany (1. ábra). A légköri levegő* 76 cm *magas higanyoszlop nyomásával tart egyensúlyt. Ezután a jobboldali szár felett növeljük a levegő nyomását, amíg* $232,8$ cm*-es higanyoszlop nyomásával lesz egyenlő. Hogyan állnak most az egyes oszlopokban a higanyszintek?*



1. ábra

(Lugosi Erzsébet)

Megoldás. A levegő hosszát, a nyomásokat a higanyoszlopok hosszával mérjük (*2. ábra*).



2. ábra

A nyomásnövelés után a higanyoszlopok magassága az egyes szárakban x, y, z, v. Az elzárt levegő nyomása p. Boyle-Mariotte törvénye szerint:

$$(16 + 152) \cdot 76 = (16 + 304 - y - z) \cdot p.$$

A szárakban a nyomáskülönbségek:

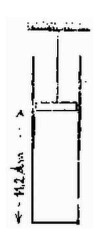
$$76 + v - z = p,$$
$$p + y - x = 232,8.$$

A higanytérfogatok állandósága miatt:

$$v + z = 152,$$
$$y + x = 152.$$

Az egyenletrendszer megoldása: $x = 12,8$ cm, $y = 139,2$ cm, $z = 60,8$ cm, $p = 106,4$ cm Hg.

2. *Egy* 8 kg *tömegű,* 20 cm^2 *alapterületű henger lóg dugattyújánál felfüggesztve (3 ábra). A hengerben* 27°C *hőmérsékletű hélium van. A hőmérséklet lassan csökken. Mennyi hőt kell a héliumtól elvonni, hogy a gázoszlop eredetileg* $11,2$ dm*-es hossza* $8,96$ dm*-re rövidüljön? A külső légnyomás* 10^5 Pa*,* $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$*. A hélium állandó térfogat melletti molhője* $C_v = 12\,300$ J/kmol K.



3. ábra

(*Vermes Miklós*)

Megoldás. A henger súlyából származó nyomás $80 : 20 = 4\ \mathrm{N/cm}^2$. Kezdetben és mindvégig a hélium nyomása $10 - 4 = 6\ \mathrm{N/cm}^2$. A lehűlés előtt a hőmérséklet $273 + 27 = 300$ K volt, a lehűlés után T lett. A gáztörvény szerint:

$$\frac{8,96}{11,2} = \frac{T}{300}, \quad \text{innen} \quad T = 240\ \mathrm{K}.$$

A hélium eredeti térfogata $20 \cdot 10^{-4} \cdot 1,12 = 0,00224\ \mathrm{m}^3$, végső térfogata $20 \cdot 10^{-4} \cdot 0,896 = 0,00179\ \mathrm{m}^3$. A hélium normáltérfogata V_0. A gáztörvény szerint:

$$\frac{10V_0}{273} = \frac{6 \cdot 0,0024}{300}, \quad \text{innen} \quad V_0 = 0,001\,223\ \mathrm{m}^3,$$

a hélium mennyisége: $0,001\,223 : 22,4 = 5,46 \cdot 10^{-5}$ kmol. Az I. főtétel szerint: $\Delta E = \Delta Q + \Delta W$. A gáz energiájának megváltozása:

$$\Delta E = 12\,300 \cdot 5,46 \cdot 10^{-5}(240 - 300) = -40,3\ \text{joule}.$$

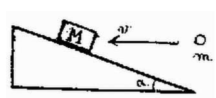
A gázon végzett munka:

$$\Delta W = p \cdot \Delta V = 6 \cdot 10^4 \cdot (0,00224 - 0,00179) = 27\ \text{joule}.$$

Behelyettesítve az I. főtételbe:

$$-40,3 = \Delta Q + 27, \quad \text{innen} \quad \Delta Q = -67,3\ \text{joule}.$$

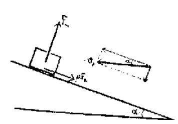
3. *Egy* $\alpha = 16,25^\circ$ *hajlásszögű lejtőn* $M = 1,6$ kg *tömegű test van (4. ábra). A súrlódási együttható* $\mu = 0,2$. *A lejtőre helyezett testet elengedjük, és ebben a pillanatban* $v = 12$ m/s *sebességgel vízszintesen belelövünk egy* $m = 0,4$ kg *tömegű golyót. Mennyivel csúsznak feljebb a lejtőn? (*$g = 10\ \mathrm{m/s}^2$.*)*



4. ábra

(*Lugosi Erzsébet*)

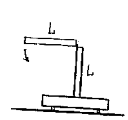
Megoldás. Az ütközésnél fellépő erőkhöz képest a gravitációs erők elhanyagolhatók. A tömegekre ható külső erő az F_n erő, amelyet a lejtő merőleges irányban fejt ki és μF_n súrlódási erő (*5. ábra*).



5. ábra

Mindkettő az ütközés Δt ideje alatt átlagos erő. Közvetlenül az ütközés után a két test együttes sebessége v_0. Alkalmazzuk az impulzustörvényt a lejtővel párhuzamos és a lejtőre merőleges irányokban!
Párhuzamosan: $(m + M)v_0 = mv\cos\alpha - \mu F_n \cdot \Delta t$;
merőlegesen: $mv\sin\alpha = F_n \Delta t$.
$F_n \cdot \Delta t$ kiküszöbölésével: $v_0 = \dfrac{mv(\cos\alpha - \mu\sin\alpha)}{M + m} = 2,17$ m/s.
A mozgást fékező gyorsulás: $a = g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 0,427g = 4,27\ \mathrm{m/s}^2$. A lejtőn felfelé megtett út: $s = v_0^2/2a = 0,499$ méter.

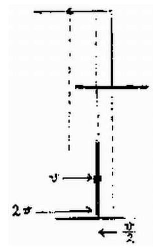
4. *Egy vízszintes pályán* m *tömegű kiskocsi áll, rajta* $L = 2$ m *magas, ugyancsak* m *tömegű rögzített oszlop áll (6. ábra). Ennek végéhez szintén* m *tömegű és* $L = 2$ m *hosszú rúd kapcsolódik egy csuklóval. A rudat vízszintes helyzetből elengedjük. Mekkora sebességgel csapódik a rúd vége az oszlophoz?* ($g = 10\ \mathrm{m/s}^2$)



6. ábra

(Honyek Gyula)

Megoldás. Jelöljük az ütközés pillanatában a rúd közepének a talajhoz viszonyított sebességét v-vel (*7. ábra*). Az impulzusmegmaradás törvényének értelmében ekkor a kocsi sebessége $v/2$. A rúd középpontjának a kocsihoz viszonyított sebessége $v + v/2 = 3v/2$. A rúd végpontjának a kocsihoz viszonyított sebessége $2 \cdot \frac{3v}{2} = 3v$.



7. ábra

A v sebességet az energiamegmaradás törvényével számítjuk:

$$mg \cdot \frac{L}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{1}{2}\omega^2 \cdot \frac{1}{12}mL^2 + \frac{1}{2}(2m)\left(\frac{v}{2}\right)^2.$$

A rúd szögsebességét a középpontnak a kocsihoz viszonyított sebességéből számítjuk:

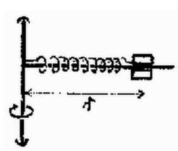
$$\omega = \frac{3v/2}{L/2} = \frac{3v}{L}.$$

Behelyettesítve az energiatételbe kapjuk a rúd középpontjának a talajhoz viszonyított sebességére: $v = \frac{2}{3}\sqrt{gL}$, és ezzel a rúd végpontjának a kocsihoz viszonyított sebessége:

$$3v = 2\sqrt{gL} = 8,94 \text{ m/s}.$$

II. forduló

1. *Függőleges tengely körül forgó vízszintes rúdon* $m = 0,6$ kg *tömegű test csúszhat (8. ábra). A testet egy rugó kapcsolja a tengelyhez. A rugó eredeti hossza* $L = 0,2$ m *és rugóállandója* $D = 5$ N/m. *A szögsebesség* $w = 2,5\ \mathrm{s}^{-1}$, $(g = 10\ \mathrm{m/s}^2)$.



8. ábra

Mekkora állandó sugarú körpályán maradhat meg a test abban az esetben,

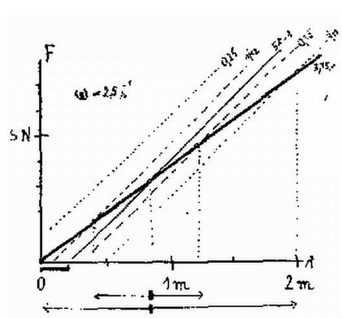
a) amikor a súrlódási együttható $\mu = 1/12$

b) és amikor a súrlódási együttható $\mu = 0,25$?

c) Hogyan alakulnak a viszonyok $\omega = 3,3\ \mathrm{s}^{-1}$ *szögsebességnél,* $\omega = 1/12$, ill. $\omega = 0,25$ *esetében?*

(Nagy László)

Megoldás. r sugarú körpályán maradáshoz $m\omega^2 r$ nagyságú erő kell.



9.a ábra

A *9.a ábra* grafikonján a vastag vonal mutatja $\omega = 2,5\ \mathrm{s}^{-1}$ esetében a körmozgáshoz szükséges erőt r függvényében: $F = 3,75r$. Ezt az erőt a rugó $D(r - L) = 5r - 1$ ereje hozza létre, ennek r-től való függését a vékony, folytonos vonal tünteti fel. A metszéspont tünteti fel a $3,75r = 5r - 1$ egyenletből a súrlódás nélküli esetben létrejövő $r = 0,8$ m állandó sugarat. Feladatunkban a rugó erejéhez hozzájárul a súrlódási erő.

a) $\mu = 1/12$ esetében a lehetséges legnagyobb súrlódási erő $\mu mg = 0,5$ newton.
Az egyensúly feltétele a szélső esetben:

$+0,5$ newtonhoz tartozóan: $3,75r = 5r - 1 + 0,5$, innen $r = 0,4$ méter;

$-0,5$ newtonhoz tartozóan: $3,75r = 5r - 1 - 0,5$, innen $r = 1,2$ méter.

A létrejövő sugár értéke lehet:

$$0,4 < r < 1,2.$$

A metszéspontokat a *9.a* ábrán a szaggatott egyenesek hozzák létre. *b)* $\mu = 0,25$ esetében a maximális súrlódási erő $\mu mg = 1,5$ newton. Az egyensúly feltétele a szélső esetekben:

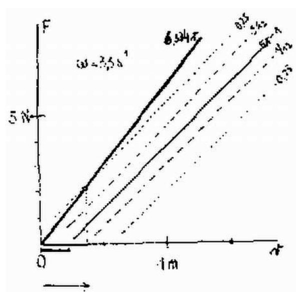
$+1,5$ newtonhoz tartozóan: $3,75r = 5r - 1 + 1,5$, innen $r = -0,4$ méter;

$-1,5$ newtonhoz tartozóan: $3,75r = 5r - 1 - 1,5$, innen $r = 2$ méter.

Állandó sugarú körmozgás lehetséges (elvben), ha

$$0 < r < 2.$$

A negatív sugárra vonatkozó rész nem valósítható meg. A rugó $0,2$ méter alatt összenyomott állapotban volna. A *9.a ábrán* pontozott vonalak tartoznak ehhez az esethez.



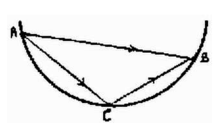
9.b ábra

c) $\omega = 3,3\ \mathrm{s}^{-1}$ esetében a *9.b* ábra rajzán a vastag vonal tünteti fel a körmozgáshoz szükséges erő függését r sugártól: $F = 6,534r$. $\mu = 1/12$ esetében a rugó és a súrlódás együttes $+\ 5r - 1 \pm 0,5$ ereje nem ad pozitív r-hez tartozó metszéspontot, ilyen esetben nem jöhet létre állandó sugarú körmozgás. $\mu = 0,25$ esetében

$$6,534r = 5r - 1 \pm 1,5 \text{ egyenlet gyökei}$$

$r = 0,33$ méter és $r = -1,63$ méter. Ekkor 0 és $0,33$ méter között lehetséges állandó sugarú körmozgás.

2. *Adva van egy félkör alakú vályú és benne egy A-tól mélyebben fekvő B pontba vezető lejtő. (10. ábra).*

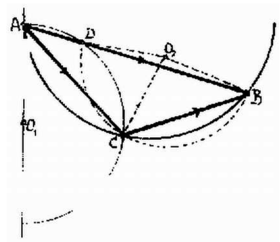


10. ábra

Bebizonyítandó: bárhol legyen is a félkörön az AB íven egy C pont, az ACB lejtőn hamarabb ér el egy test A-ból B-be, mint az eredeti AB lejtőn! C-ben az irányváltozás nem jár a sebesség nagyságának megváltoztatásával. A súrlódástól eltekintünk.

(Kovacsics Csaba)

Megoldás. Megrajzoljuk az A és C pontokon átmenő függőleges átmérőjű félkört (*11. ábra*). Ez az eredeti lejtőt D-ben metszi. Az ismeretes mértani hely szerint a mozgás ideje az AD és az AC lejtőkön ugyanannyi. Ezután a DB és CB utak megtevéséhez szükséges időt kell összehasonlítanunk.



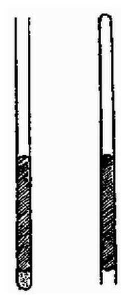
11. ábra

Rajzoljuk meg a DCB pontokon átmenő kört. Ebben a DB nagyobb középponti szöghöz tartozik, mint CB, tehát a DB út hosszabb, mint a CB út. Azonkívül a CB út minden pontja mélyebben van, mint a DB út bármely pontja, tehát a CB úton bármely ponton nagyobb a sebesség, mint a DB úton. Mindez azt jelenti, hogy a CB úton rövidebb a menetidő, mint DB úton, és ezzel az állítás be van bizonyítva.

3. *Egyik végén zárt,* $0,2\ \mathrm{cm}^2$ *alapterületű üvegcsövet nyitott végével felfelé függőlegesen tartunk (12. ábra). A csőben* $0,25$ cm *hosszú folyékony éteroszlopot* 19 cm *hosszú higanyoszlop zár el. A hőmérséklet* 35°C *(az éter forrponja). Hogyan helyezkedik el a higanyoszlop, ha a csövet megfordítjuk úgy, hogy nyitott vége legyen lefelé? A folyékony éter sűrűsége* $0,7\ \mathrm{g/cm}^3$*, relatív molekulatömege* 74.

(Vermes Miklós)

Megoldás. Kezdetben a nyomás 5/4 légköri nyomás, ekkor az éter folyékony. Megfordítva a nyomás 3/4 légköri nyomás, az éter elpárolog telítetlen gőzzé.



12. ábra

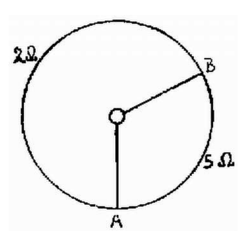
Az éter mennyisége $0,2 \cdot 0,25 = 0,05\ \mathrm{cm}^3$, tömege $0,05 \cdot 0,7 = 0,035$ gramm, vagyis $0,035 : 74 = 0,000473$ mol. Normálállapotban ennek $2,24 \cdot 10^4 \cdot 4,73 \cdot 10^{-4} = 10,6\ \mathrm{cm}^3$ a térfogata. Keressük, mennyi ennek a térfogata a mi körülményeink között. A gáztörvény szerint:

$$\frac{1 \cdot 10,6}{273} = \frac{0,75V}{273+35},$$

az étergőz térfogata $V = 15,9\ \mathrm{cm}^3$. A gőzzel megtöltött rész hossza: $\dfrac{15,9}{0,2} = 79,5$ cm.

4. *Kör alakú vezetőhurok egyharmad részének ellenállása* 5 ohm*, kétharmad részének ellenállása* 2 ohm*. A kör területe* $0,3\ \mathrm{m}^2$ *(13. ábra). A két rész találkozási helyeiről sugárirányú huzalokkal a kör középpontjába kisméretű ampermérőt kapcsolunk, melynek ellenállása* $0,5$ ohm*. A kör síkjára merőleges homogén mágneses indukció az időben egyenletesen változik:*

$$\frac{B}{t} = 0,4\ \mathrm{T/s}.$$



13. ábra

a) Mekkora áramot jelez az ampermérő?
b) Az ampermérőt ideális voltmérővel cseréljük fel. Ez mekkora feszültséget jelez?

(Nagy László)

Megoldás. *a)* Jelöljük a műszer ellenállását R-rel. Az indukált elektromotoros erő a műszer és az 5 ohmos ellenállás áramkörében $0,1 \cdot 0,4 = 0,04$ volt, ez fedezi az áramkörben az ellenállásokon létrejövő feszültségeséseket. Az 5 ohmos ellenállásban A-tól B felé I_1, a műszeren átvezető R ellenálláson át A-tól B felé I erősségű áram folyik, ezért:

$$0,04 = 5I_1 - RI.$$

A 2 ohmos ellenállásban B-től A felé I_2 erősségű áram folyik, és ebben az áramkörben az indukált feszültség $0,2 \cdot 0,4 = 0,08$ volt, ezért:

$$0,08 = 2I_2 + RI.$$

Az áramelágazás törvénye szerint: $I_1 + I = I_2$.
Az egyenletrendszer megoldása:

$$I_1 = \frac{0,08 + 0,12R}{10 + 7R}, \quad I_2 = \frac{0,4 + 0,12R}{7 + R},$$
$$I = \frac{0,32}{7 + R}.$$

Az ampermérő $R = 0,5$ ohmos ellenállása esetében: $I_1 = 0,0104$ amper, $I_2 = 0,0341$ amper, $I = 0,0237$ amper. Ez utóbbit mutatja az ampermérő A-tól B felé mutató irányban.

b) Az ampermérőre jutó feszültségkülönbség:

$$IR = \frac{0,32R}{10 + R} = \frac{0,32}{10/R + 7}.$$

$R = \infty$ ellenállású mérőműszer esetében a feszültség:

$$0,32 : 7 = 0,0457 \text{ volt.}$$

Ennyit mutat a voltmérő. A feszültség pozitív vége az A-ból kiinduló vezetéken van.

III. forduló

A versenyzők híg cinkjodid oldatot elektrolizáltak, és megfigyelték a fajlagos ellenállás időtől való függését. Az oldat hígulása következtében az ellenállás nőtt, és ezt a folyamatot kellett megvizsgálni. A feladat részletes ismertetése a **Fizika tanítása** című folyóiratban jelenik meg.

Az 1987. évi tanulmányi verseny eredménye

II. kategória

1. díj: Cynolter Cábor (Budapest, Fazekas M. Gyak. Gimn., IV. o. t., tanára: Horváth Gábor)
2. díj: Vargay Péter (Debrecen, Fazekas M. Gimn., IV. o. t.. tanárai: Szegedi Ervin és Takács Kálmán)
3. díj: Benczúr András (Budapest, Fazekas M. Gyak. Gimn., IV. o. t., tanára: Horváth Gábor)

A további helyezettek: 4. *Drasny Gábor* (Bp., Fazekas M., Gyak. G., III. o. t., t.: Horváth Gábor), 5. *Keleti Tamás* (Bp., Fazekas M. Gyak. G., III. o. t., t.: Horváth Gábor), 6. *Tasnádi Tamás*, (Bp., I. István G., IV. o. t., t.: Moór Ágnes), 7. *Gyuris Viktor* (Bp., Fazekas M. Gyak. G., IV. o. t., t.: Horváth Gábor), 8. *Pál Gábor* (Bp., Árpád G., IV. o. t., t.: Székely György), 9. *Vadász Dénes* (Miskolc, Földes F. G., IV. o. t., t.: Dolák Gabriella), 10. *Lang András* (Győr, Révai M. G., III. o. t., t.: Székely László és Jagudits György).
Elsőfokú dicséretet 13, másodfokú dicséretet 4 tanuló kapott.

III. kategória

1 díj: Zaránd Gergely (Budapest, Piarista Gimn., IV. o. t., tanára: Görbe László)
2 díj: Vasy András (Budapest, Apáczai Csere J. Gimn., III. o. t., tanára: Zsigri Ferenc)
3. díj: Balogh Péter (Mezőkövesd, I. László Gimn., IV. o. t., tanára: Rácz György)

A további helyezettek: 4. *Rösner Vilmos* (Bp., Apáczai Csere J. G., III. o. t., t.: Kelemen László), 5. *Horváth András* (Győr, Révai M. G., IV. o. t., t.: Székely László, Nikházy László és Takács István), 6. *Juhász Attila* (Debrecen, Kossuth L. G., IV. o. t., t.: Nagy Lászlóné), 7. *Károlyi György* (Bp., Radnóti M. G., IV. o. t., t.: Tomcsányi Péter), 8. *Englert Rolland* (Paks, Vak Bottyán G., IV. o. t., t.: Czuczor Miklós), 9. *Csáki Csaba* (Bp., Apáczai Csere J. G., III. o. t., t.: Kelemen László), 10. *Márkus Csaba* (Sárvár, Tinódy S. G., IV. o. t., t.: Tóth János).
Elsőfokú dicséretet 18, másodfokú dicséretet 26 tanuló kapott.

Vermes Miklós