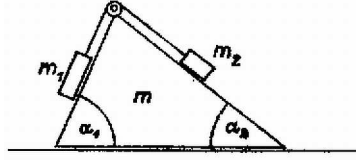
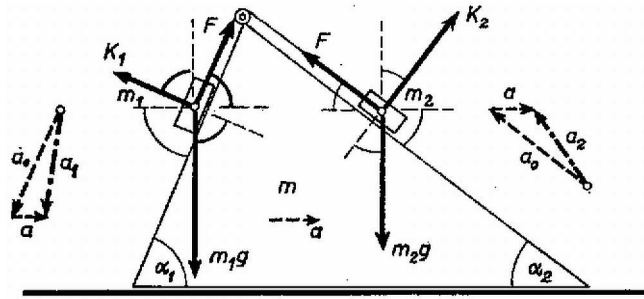


1. Vízszintes síkra helyezett m tömegű ék (kettős lejtő) tetején átvetett fonálon m_1 és m_2 tömegek lógnak. A lejtők hajlásszögei α_1 és α_2 (1. ábra). A súrlódás, a fonál és a csiga tömege elhanyagolható. Kezdetben az egész rendszer nyugalomban van, azután elengedjük. Mennyi az ék gyorsulása? Mennyi a fonálon lógó testek gyorsulása? Mikor marad az ék nyugalomban?



1. ábra

Megoldás. Minden gyorsulást az inerciarendszerhez képest számítunk. Az ék gyorsulása a , a testek gyorsulása a lejtőhöz képest a_0 . A lógó tömegek gyorsulása az inerciarendszerhez képest a_0 és a nagyságú vektorok eredője (a_1 , illetve a_2). Az irányokat a 2. ábrán feltüntetett esetben számítjuk pozitívoknak.



2. ábra

m_1 tömegre $m_1 g$ súlya, a lejtő részéről merőlegesen kifejtett K_1 erő és F fonálerő hat. Ezek vektoreredője adja az $m_1 a_1$ mozgató erőt. Hasonló a helyzet m_2 -nél. Az éket mozgató ma erőt K_1 , K_2 , ill. a két F nagyságú reakcióerő vízszintes összetevőinek összege adja. Ezeket az összefüggéseket függőleges és vízszintes összetevőkben felírva 5 egyenletet kapunk az 5 ismeretlen (a_0 , a , K_1 , K_2 , F) számára. Az egyenletrendszer megoldása hosszadalmas.

Célszerű, ha Newton II. axiómáját a lejtőmenti erőösszetevőkre írjuk fel. K_1 és K_2 lejtőre merőleges erők most nem játszanak szerepet. m_1 tömeget a lejtő mentén lefelé (a választott pozitív irányban) $m_1 g \sin \alpha_1 - F$ erő mozgatja. Az m_1 tömeg inerciarendszerhez képest számított gyorsulásának lejtőmenti összetevője $a_0 - a \cos \alpha_1$. Az erőtvény szerint:

$$m_1(a_0 - a \cos \alpha_1) = m_1 g \sin \alpha_1 - F,$$

innen a fonálerő:

$$(1) \quad F = m_1(g \sin \alpha_1 + a \cos \alpha_1 - a_0).$$

Hasonlóan m_2 tömegnél:

$$m_2(a_0 - a \cos \alpha_2) = F - m_2 g \sin \alpha_2,$$

ebből:

$$(2) \quad F = m_2(g \sin \alpha_2 - a \cos \alpha_2 + a_0).$$

A fonálerő (1) és (2) kifejezéseit egyenlővé téve:

$$(3) \quad (m_1 \cos \alpha_1 + m_2 \cos \alpha_2)a = (m_1 + m_2)a_0 - (m_1 \sin \alpha_1 - m_2 \sin \alpha_2)g.$$

Az ék viselkedésére legegyszerűbben az impulzustörvényből következtethetünk. A lógó tömegek lejtőhöz viszonyított sebességei v_0 (bal oldalt lefelé, jobb oldalt felfelé), ezek vízszintes összetevői $v_0 \cos \alpha_1$ és $v_0 \cos \alpha_2$ (balra). Figyelembe véve az ék jobbra mutató v sebességét, a lógó tömegek sebességösszetevői az inerciarendszerhez képest $v_0 \cos \alpha_1 - v$ és $v_0 \cos \alpha_2 - v$. Az impulzustétel szerint:

$$m_1(v_0 \cos \alpha_1 - v) + m_2(v_0 \cos \alpha_2 - v) = mv.$$

Egyenletesen gyorsuló mozgásról lévén szó a sebességek arányosak a gyorsulásokkal, ezért

$$m_1(a_0 \cos \alpha_1 - a) + m_2(a_0 \cos \alpha_2 - a) = ma.$$

Rendezve:

$$(4) \quad a = \frac{m_1 \cos \alpha_1 + m_2 \cos \alpha_2}{m + m_1 + m_2} \cdot a_0.$$

Ez az összefüggés mutatja, hogyha a két gyorsulás közül az egyik nulla, akkor a másik is az. Az ék csak akkor maradhat nyugalomban, ha a lógó tömegek is nyugosznak rajta. Ami különben azonnal belátható az impulzustörvényből.

A (3)-ból és (4)-ből álló egyenletrendszer megoldása a_0 és a gyorsulásokra ezeket az eredményeket adja:

$$(5) \quad a_0 = g \cdot \frac{(m + m_1 + m_2)(m_1 \sin \alpha_1 - m_2 \sin \alpha_2)}{(m_1 + m_2)(m + m_1 + m_2) - (m_1 \cos \alpha_1 + m_2 \cos \alpha_2)^2},$$

$$(6) \quad a = g \cdot \frac{(m_1 \cos \alpha_1 + m_2 \cos \alpha_2)(m_1 \sin \alpha_1 - m_2 \sin \alpha_2)}{(m_1 + m_2)(m + m_1 + m_2) - (m_1 \cos \alpha_1 + m_2 \cos \alpha_2)^2}.$$

Mindkét gyorsulás akkor nulla, ha

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}.$$

A fonálerő kiszámítására (1)-et és (2)-t összeadjuk; felhasználva az (5) és (6) szerinti eredményeket:

$$F = g m_1 m_2 \cdot \frac{(m + m_1 + m_2)(\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2) - (m_1 \cos \alpha_1 + m_2 \cos \alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{(m_1 + m_2)(m + m_1 + m_2) - (m_1 \cos \alpha_1 + m_2 \cos \alpha_2)^2}.$$

K_1 és K_2 kényszererők kiszámításához m_1 és m_2 tömegeknél a függőleges erőösszetevőket vesszük számításba:

$$\begin{aligned} m_1 a_0 \sin \alpha_1 &= m_1 g - K_1 \cos \alpha_1 - F \sin \alpha_1, \\ m_2 a_0 \sin \alpha_2 &= -m_2 g + K_2 \cos \alpha_2 + F \sin \alpha_2. \end{aligned}$$

Ezekből az egyenletekből, (1), (2), (6) felhasználásával:

$$\begin{aligned} K_1 &= m_1 g \cos \alpha_1 \left[1 - \frac{\operatorname{tg} \alpha_1 (m_1 \cos \alpha_1 + m_2 \cos \alpha_2)(m_1 \sin \alpha_1 - m_2 \sin \alpha_2)}{(m_1 + m_2)(m + m_1 + m_2) - (m_1 \cos \alpha_1 + m_2 \cos \alpha_2)^2} \right], \\ K_2 &= m_2 g \cos \alpha_2 \left[1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_2 (m_1 \cos \alpha_1 + m_2 \cos \alpha_2)(m_1 \sin \alpha_1 - m_2 \sin \alpha_2)}{(m_1 + m_2)(m + m_1 + m_2) - (m_1 \cos \alpha_1 + m_2 \cos \alpha_2)^2} \right]. \end{aligned}$$

Valamennyi képletünkben a rögzített ék esete az $m = \infty$ helyettesítéssel kapható meg.

Egy konkrét példa feladatunkra:

$$\begin{aligned} a_1 &= 67,4^\circ, & \sin \alpha_1 &= 12/13, & \cos \alpha_1 &= 5/13, \\ a_2 &= 36,9^\circ, & \sin \alpha_2 &= 3/5, & \cos \alpha_2 &= 4/5, \end{aligned}$$

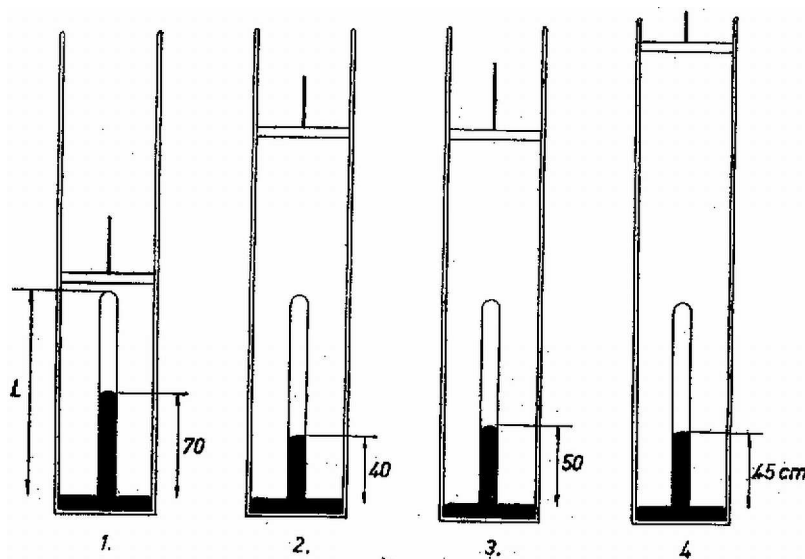
$$m = 20 \text{ kg}, \quad m_1 = 13 \text{ kg}, \quad m_2 = 10 \text{ kg}.$$

$$\text{Ekkor} \quad a_0 = \frac{129}{410} \cdot g = 0,315 \text{ g}, \quad a = \frac{39}{410} \cdot g = 0,095 \text{ g},$$

$$F = \frac{1719 \text{ kg}}{205} \cdot g = 82,3 \text{ newton}, \quad K_1 = \frac{791 \text{ kg}}{205} \cdot g = 37,9 \text{ newton}, \quad K_2 = \frac{1757 \text{ kg}}{205} \cdot g = 84,1 \text{ newton}.$$

Mosó Tamás

2. Dugattyús hengerben Torricelli-kísérlet van összeállítva (3. ábra), a higany fölött hidrogén, a hengerben levegő van. Az 1. állapotban a higanyoszlop magassága 70 cm, a levegő nyomása $p_{l1} = 1,334 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 1,317 \text{ atmoszféra} = 100 \text{ Hgcm}$, a hőmérséklet $0^\circ \text{C} = 273^\circ \text{K}$. A dugattyút állandó hőmérséklet mellett lassan felhúzza a levegő nyomása a 2. állapotban $p_{l2} = 0,8 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 0,79 \text{ atmoszféra} = 60 \text{ Hgcm}$ lesz és a higanyszint 40 cm. Ezután a dugattyú változatlan helyzete mellett a hőmérsékletet T_3 fokra emeljük; ebben a 3. állapotban a higanyoszlop magassága 50 cm. Végül úgy jutunk a 4. állapothoz, hogy a levegő nyomása változatlan marad, de a higanyszál magassága 45 cm lesz. Mennyi a hidrogéngáz nyomása és hőmérséklete a végső állapotban ?



3. ábra

Megoldás. A hidrogén és a levegő adatait a négy állapotban következőképp jelöljük:

	1.	2.	3.	4.
hidrogén nyomása	p_{h1}	p_{h2}	p_{h3}	p_{h4}
hidrogén térfogata	V_{h1}	V_{h2}	V_{h3}	V_{h4}
levegő nyomása	$p_{l1}=100 \text{ Hg cm}$	$p_{l2}=60 \text{ Hg cm}$	$p_{l34} =$	$= p_{l34}$
levegő térfogata	V_{l1}	$V_{l23} =$	$= V_{l23}$	V_{l4}
közös hőmérséklet	$273 \text{ }^\circ\text{K}$	$273 \text{ }^\circ\text{K}$	T_3	T_4

Minden nyomást Hgcm-ben mérünk. A Torricelli-cső hossza L (cm-ben), a hidrogén térfogatának mértéke, a hidrogén által betöltött csőrész hossza.

A hidrogénre az 1. és 2. állapotok között alkalmazzuk Boyle–Mariotte törvényét. A nyomások $p_{h1} = (100 - 70) \text{ Hgcm} = 30 \text{ Hgcm}$ és $p_{h2} = (60 - 40) \text{ Hgcm} = 20 \text{ Hgcm}$. Tehát

$$30(L - 70) = 20(L - 40).$$

Innen megtudjuk a Torricelli-cső hosszát: $L = 130 \text{ cm}$. A négy hidrogéntérfogatnak megfelelő csőhossz:

$$(V_{h1}) 60 \text{ cm}, \quad (V_{h2}) 90 \text{ cm}, \quad (V_{h3}) 80 \text{ cm}, \quad (V_{h4}) 85 \text{ cm}.$$

A hidrogén nyomása a 3., illetve 4. állapotban $p_{l3} = p_{h34} - 50 \text{ Hgcm}$, illetve $p_{h4} = p_{l34} - 45 \text{ Hgcm}$. A levegő nyomása 3. és 4. között nem változott meg, ezért a higanyszál csak úgy mehetett le, hogy a hőmérséklet emelkedett. De akkor a dugattyút is feljebb kell húzni, hogy melegebb állapotban a levegő nyomása ugyanannyi maradjon.

Felírjuk a hidrogénre az egyesített gáztörvényt a 2. és 3. állapotok között:

$$\frac{20 \cdot 90}{273} = \frac{(p_{l34} - 50)80}{T_3}.$$

Felírjuk a hidrogénre az egyesített gáztörvényt a 3. és 4. állapotok között:

$$\frac{(p_{l34} - 50)80}{T_3} = \frac{(p_{l34} - 45)85}{T_4}.$$

Felírjuk a levegőre Gay-Lussac II. törvényét a 2. és 4. állapotok között:

$$\frac{p_{l34}}{60} = \frac{T_3}{273}.$$

Ennek az egyenletrendszernek a megoldása: $p_{l34} = 80 \text{ Hgcm}$, $T_3 = 364 \text{ }^\circ\text{K}$, $T_4 = 451 \text{ }^\circ\text{K}$. A hidrogén nyomásai: $p_{h3} = 30 \text{ Hgcm}$, $p_{h4} = 35 \text{ Hgcm}$. Ezzel minden kérdésre feleltünk.

A levegő térfogatainak az arányát is kiszámíthatjuk:

$$V_{l1} : V_{l23} : V_{l4} = 6 : 10 : 12,4.$$

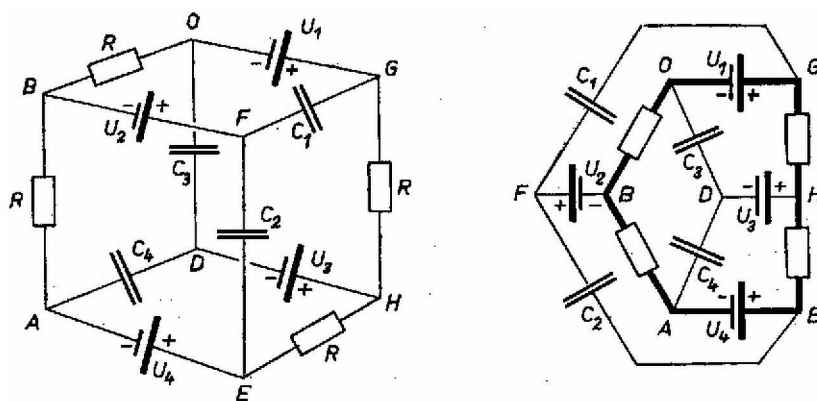
Ha ismeretes, hogy a Torricelli-cső keresztmetszet-területe például 2 cm^2 , akkor az első állapotban a hidrogén térfogata $2 \cdot 60 \text{ cm}^3 = 120 \text{ cm}^3$, 30 Hgcm nyomás mellett, $273 \text{ }^\circ\text{K}$ -en. Ezért hidrogénünk normáltérfogata $(120 \cdot 30 :$

76) $\text{cm}^3 = 47,37 \text{ cm}^3$. Mivel $22\,400 \text{ cm}^3$ normálállapotú hidrogén tömege 2,016 gramm, ezért a mi hidrogénünk tömege $(47,37 \cdot 2,016 : 22\,400) \text{ gramm} = 0,00426 \text{ gramm}$.

Iglói Ferenc

Megjegyzés. Az eredeti feladat figyelembe kívánta vetetni a higany hőkiterjedését is. Fizikus szempontból nézve ennek nincs sok értelme, hiszen a higany nem-lineáris hőkiterjedése és gőznyomása legalább annyit jelent, mint a hőkiterjedés okozta százalékos nagyságrendi eltérés.

3. A 4. ábra bal oldali rajza szerinti kapcsolásban R négy darab egyenlő ellenállást, C_1, C_2, C_3, C_4 egyenlő, $1 \mu\text{F}$ -os kondenzátort jelent. A négy áramforrás feszültségei $U_1 = 4$ volt, $U_2 = 8$ volt, $U_3 = 12$ volt és $U_4 = 16$ volt; belső ellenállásuk elhanyagolható. Mennyi a négy kondenzátor összes energiája? Mennyi a C_2 kondenzátor töltése, ha H és B pontokat rövidre zárjuk?



4. ábra

Megoldás. A kondenzátor CU töltésének és $CU^2/2$ energiájának a kiszámításához a feszültségre van szükségünk. Terítsük ki a hálózatot síkba (4. ábra jobb oldali rajza). Az egyenáram nem folyhat át kondenzátorokon, ezért csak az ábra vastagon rajzolt vezetékein folyik áram. Ebben az áramkörben $4R$ ellenállásra $U_4 - U_1 = 12$ volt feszültség van rákapcsolva, tehát az áramerősség:

$$I = \frac{U_4 - U_1}{4R}.$$

Az ohmos feszültségesések és a telepek feszültségeinek a felhasználásával kiszámítjuk az egyes pontok feszültségeit, alapul választva A pont feszültségét mint nullát.

A	0 volt
B	$(U_4 - U_1)/4$ 3 volt
O	$(U_4 - U_1)/2$ 6 volt
G	$(U_4 - U_1)/2 + U_1$ 10 volt
H	$(U_4 - U_1)/2 + U_1 + (U_4 - U_1)/4$ 13 volt
E	$(U_4 - U_1)/2 + U_1 + (U_4 - U_1)/2$ 16 volt
D	$(U_4 - U_1)/2 + U_1 + (U_4 - U_1)/4 - U_3$ 1 volt
F	$(U_4 - U_1)/4 - U_3 + U_2$ 11 volt

A kondenzátorok feszültsége, töltése és energiája:

C_1	$(11 - 10) \text{ volt} = 1 \text{ volt}$	$1 \cdot 10^{-6} \text{ coulomb}$	$0,5 \cdot 10^{-6} \text{ joule}$
C_2	$(16 - 11) \text{ volt} = 5 \text{ volt}$	$5 \cdot 10^{-6} \text{ coulomb}$	$12,5 \cdot 10^{-6} \text{ joule}$
C_3	$(6 - 1) \text{ volt} = 5 \text{ volt}$	$5 \cdot 10^{-6} \text{ coulomb}$	$12,5 \cdot 10^{-6} \text{ joule}$
C_4	$(1 - 0) \text{ volt} = 1 \text{ volt}$	$1 \cdot 10^{-6} \text{ coulomb}$	$0,5 \cdot 10^{-6} \text{ joule}$

A kondenzátorok összes energiája $26 \cdot 10^{-6} \text{ joule}$.

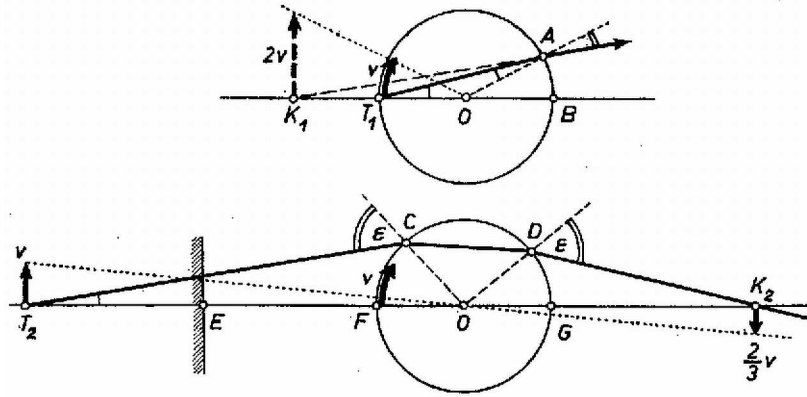
Ha H és B pontokat összekötjük, akkor két külön áramkör alakul ki. Ezek csak egyetlen HB pontban függenek össze. Az alsó áramkörben $U_4/2R$ erősségű áram folyik és A -hoz képest E feszültsége $U_4 = 16$ volt, HB feszültsége $U_4/2 = 8$ volt. Az F pont feszültsége $U_4/2 + U_2 = 16$ volt. Így C_2 kondenzátor mindegyik lemezén egyformán 16 volt a feszültség, tehát ennek a kondenzátornak nincs töltése. qsmallskip

Szabó Zoltán

4. Egy függőleges síktükör előtt elhelyezünk egy vékonyfalú, gömb alakú, vízzel telt akváriumot. Az akvárium sugara R és középpontja $3R$ távolságra van a tükörtől. Egy távoli megfigyelő az akvárium középpontján át a tükörre merőlegesen

néz. Az akváriumnak a tükörhöz legközelebb levő pontjában egy kis hal úszik v sebességgel az akvárium fala mentén. Milyen sebességgel mozognak egymáshoz képest a halnak a megfigyelő által látott képei? A víz törésmutatója $n = 4/3$.

Megoldás. A hal 1 másodperc alatt v utat tesz meg. Ez a szakasz legyen az a tárgy, amelynek kétféle módon keletkezett képét keressük. Csak a tengelyhez közeli sugarakkal, kis szöggel számolunk, ezért mindenütt (töréstörvényben és sinustételben) a szöget használjuk sinusa helyett.



5. ábra

A T_1 pontban úszó halról mint tárgyról, egyetlen törőfelület ad képet (5. ábra felső rajza). A T_1 -ből $\gamma = \angle AT_1O$ alatt induló fénysugár törőszöge A -nál a vízben γ , a levegőben $n\gamma$ (kettős ívű szög). Ennek a kilépő sugárnak a visszafelé rajzolt meghosszabbítása adja K_1 -ben a virtuális kép helyét. Továbbá $\angle K_1AT_1 = n\gamma - \gamma = (n-1)\gamma$. A K_1T_1A háromszögre felírjuk a sinustételt:

$$\frac{K_1T_1}{K_1A} = \frac{(n-1)\gamma}{\gamma} = n-1.$$

Mivel megengedett közelítéssel $K_1A = K_1O + R$, $K_1T_1 = K_1O - R$, ezért

$$\frac{K_1O - R}{K_1O + R} = n-1.$$

Innen a virtuális kép távolsága a középponttól:

$$K_1O = \frac{n}{2-n} \cdot R.$$

Víznél $n = 4/3$ és $K_1O = 2R$. Ha a törésmutató nagyobb, mint 2, a kép reális. A nagyítást a kép- és tárgytávolság hányadosa adja:

$$\frac{K_1O}{T_1O} = \frac{n}{2-n}.$$

Víz esetében a nagyítás 2-szeres.

A síktükör E -ben van (5. ábra alsó része). Ez a síktükör a tőle $2R$ távolságban levő tárgyról, a v sebességnek megfelelő szakasról a tükör mögött $2R$ távolságban, T_2 ben ad ugyanakkora virtuális képet. T_2 a gömb középpontjától $5R$ távolságban van. Legyen általában $T_2O = kR$. A T_2 -ben levő virtuális kép úgy viselkedik, mint egy normális tárgy, amelyet a gömbön mint lencsén át nézünk; a tükörrel ezután már nem kell törődnünk. T_2 reális képét számíthatjuk a vastag lencsék törvényével, de egyenes úton is megkapjuk.

A T_2 -ből $\gamma = \angle CT_2F$ szög alatt induló fénysugár C -nél levő ε beesési szögét keressük. Sinustétellel a T_2OC háromszögből:

$$\frac{\varepsilon}{\gamma} = \frac{T_2O}{CO} = \frac{kR}{R} = k, \quad \varepsilon = k\gamma.$$

A törőszög az üvegben:

$$\frac{\varepsilon}{n} = \frac{k\gamma}{n} = \angle DCO = \angle CDO.$$

Ki kell számítanunk a $\angle DOG$ -et. Először $\angle COF = \varepsilon - \gamma = k\gamma - \gamma = \gamma(k-1)$. A $\angle COD$ ugyanúgy 180° -ra egészíti ki a C -nél és D -nél levő szögek összegét, mint a $\angle COF$ és $\angle DOG$ összegét, ezért

$$\angle DOG + \gamma(k-1) = 2 \cdot \frac{k\gamma}{n}.$$

Innen $DOG \triangleleft = \gamma \left(\frac{2k}{n} - k + 1 \right)$. Felírjuk a DOK_2 háromszögre a sinustételt:

$$\frac{OK_2}{DK_2} = \frac{\varepsilon}{\gamma \left(\frac{2k}{n} - k + 1 \right)} = \frac{k\gamma}{\gamma \left(\frac{2k}{n} - k + 1 \right)}, \quad \frac{OK_2}{OK_2 - R} = \frac{k}{\frac{2k}{n} - k + 1}$$

Ebből megkapjuk a képtávolságot:

$$OK_2 = \frac{kn}{n(2k-1) - 2k} \cdot R.$$

Ha $k = 5$ és $n = 4/3$, akkor $OK_2 = 10R/3$. A nagyítás:

$$\frac{OK_2}{OT_2} = \frac{n}{n(2k-1) - 2k}.$$

Ha $k = 5$ és $n = 4/3$, akkor a nagyítás $2/3$.

Foglaljuk össze a számítások eredményét. A hal valójában v sebességgel halad felfelé. Virtuális képe $2v$ sebességgel felfelé, reális képe $2v/3$ sebességgel lefelé mozog. A két kép relatív sebessége $2v + 2v/3 = 8v/3$, az eredetinek $8/3$ -szorosa.

De most jön a legfontosabb. Mi az egész számítás értelme? Eddig csak azt tudjuk, hogy a rajzlapon a gömbtől balra egy virtuális kép $+2v$, a gömbtől jobbra $-2v/3$ sebességgel mozog. Mindkét mozgás a rajzlapon, a rajzolt képekkel megy végbe, különböző helyeken. De mit lát az ember, ha elvégzi a kísérletet?

Ha a hal mellett milliméterskála van és ezek képein figyeljük a halképek mozgását, ugyanazokat a mérőszámokat kapjuk, mint a valóságos sebességnél. A sebességek ellentétesek és az egyik sebesség a másiknak háromszorosa lesz, továbbá az egyik hal háromszor olyan hosszú, mint a másik. De most nemcsak erről van szó. Nagyon messziről kell néznünk, hiszen egy messze a gömb mögött levő és egy, a gömb előtt levő képet egyszerre kell élesen látnunk. A két kép távolsága $8,33R$. A reális képet is látni lehet szemmel, ha a tiszta látás távolságánál messzebből nézzük. Itt van annak a jelentősége, hogy a feladat szövege szerint a berendezést messziről kell néznünk. Ekkor a különböző távolságokban levő képekhez vezető egyenesek szögelfordulásait figyeljük meg, és ha elég messziről nézünk, akkor a különböző távolságok ellenére is közelítően $8/3$ arányban növekedett sebességet észlelünk. Természetesen valahogy informálódunk a hal valóságos v sebességéről is.

A sebességnövekedés aránya általános esetben:

$$\frac{2n}{2-n} \cdot \frac{(k-1)(n-1)}{2k(n-1)-n}.$$

Érdekes a jelenséget tényleg megfigyelni. Széles, vízzel telt hengerpoharat tükör elé állítunk. A halat függőlegesen a vízbe tartott hurkapálca helyettesíti. A pálca mozgatásakor jól megfigyelhetjük a képek különböző sebességű mozgását.

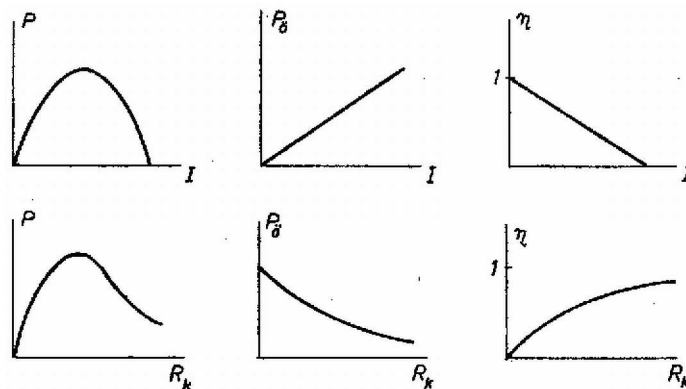
Tichy-Rács Ádám

Kísérleti feladat. Megmérendő egy adott feszültségforrás P hasznos teljesítménye, mint I áramerősség függvénye! Ennek alapján határozzuk meg az elem R_b belső ellenállását és U_0 elektromotoros erejét! Rajzoljuk fel a hasznos és összes teljesítmény, valamint η hatásfok függését R külső ellenállástól!

Az összes teljesítmény $P_\delta = U_0 I$, a belső ellenállás teljesítményfogyasztása $I^2 R_b$, tehát a hasznos teljesítmény, mint az áramerősség függvénye:

$$P = U_0 I - I^2 R_b.$$

A grafikon, megegyezésben a képlettel, parabolát ad. P hasznos teljesítményt a lemerő U kapocsfeszültség és I áramerősség szorzataként kapjuk meg. Két P , U , I értékcsoporthoz U_0 és R_b számítható. Nem biztos, hogy a kísérletsorozat folyamán U_0 és R_b állandó marad.



6. ábra

Az összes teljesítmény:

$$P_{\delta} = U_0 I = \frac{U_0^2}{R_b + R_k}.$$

A hasznos teljesítmény:

$$P = UI = \frac{U_0^2 R_k}{(R_b + R_k)^2}.$$

A hatásfok

$$\eta = \frac{P}{P_{\delta}} = \frac{R_k}{R_k + R_b}.$$

P_{δ} és η R_k -től hiperbola-függvény, P a fenti törtfüggvény szerint függ. A grafikonokat a 6. ábra mutatja.

Gács Lajos