# 42. MIKOLA SÁNDOR ORSZÁGOS KÖZÉPISKOLAI TEHETSÉGKUTATÓ FIZIKAVERSENY – BESZÁMOLÓ

Koncz Károly – PTE Babits Gyakorló Gimnázium
Simon Péter – PTE Fizikai Intézet, Pécsi Leőwey Klára Gimnázium

A járvány alatti erős visszaesés után 2022-ben jelentősen növekedett a versenyre való jelentkezések száma. Nagy öröm, hogy ez a trend idén is folytatódott. 2023-ban 158 középiskola 2796 diákja próbálta megoldani a Mikola-verseny első fordulós feladatlapját. (Tavalyi adatok: 157 iskola, 2572 diák. Tavalyelőtti adatok: 131 középiskola, 1815 diák.)

A verseny szakmai megvalósulásának hátterében a kb. húsztagú versenybizottság munkája áll. Az anyagi feltételek legfőbb biztosítói: EMMI, Nemzeti Tehetségprogram, Eötvös Loránd Fizikai Társulat, Pécsi Tudományegyetem, Paksi Atomerőmű Zrt., Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft., Samsung, Baranya Megyei Önkormányzat, Pécs Város Önkormányzata, Gyöngyös Város Önkormányzata, valamint sok-sok magánadományozó. A döntő két helyszíne idén is a Gyöngyösi Berze Nagy János Gimnázium, illetve a Pécsi Leőwey Klára Gimnázium.

## Első forduló

2023. február 14-én megrendezett első fordulóban a diákoknak 3 óra alatt kellett megoldaniuk 5 számításos feladatot. A négy kategóriában megjelent 20 feladat közül ismertetjük azt a kettőt, melyet a versenybizottság a legizgalmasabbnak tart.

**Az I. kategória (Gimnázium 9. évfolyam)** 4. feladata, *Baranyai Klára* (Veresegyház) javaslata:

Egy 1,2 kg tömegű, távirányításos, gyors modellautó mozgását számítógépes programmal elemeztük. A program két grafikont rajzolt ki: a test sebességének $x$ irányú (kelet felé mutató) és $y$ irányú (észak felé mutató) összetevőjét az idő függvényében.

a) Mekkora eredő erő gyorsította a modellautót?
b) Ha a 4. másodperc után sem változna a kisautóra ható eredő erő, akkor mikor mozogna éppen délkelet felé? Mekkora sebességgel?

*Megoldás:*
Adatok: $m$ = 1,2 kg

a) A grafikonokról leolvasható adatok alapján keleti irányban a modellautó gyorsulása $a_x$ = 1,5 m/s$^2$, északi irányban pedig $a_y$ = –2 m/s$^2$. Az eredő gyorsulás $a = [a_x^2 + a_y^2]^{1/2}$.
Az eredő erő $F = ma$ = 3 N.
b) Amikor az autó éppen délkelet felé mozog, akkor a keleti és északi irányba mutató pillanatnyi sebesség komponenseinek nagysága azonos, előjele ellentétes: $v_x(t) = -\, v_y(t)$. Behelyettesítve a sebességkomponensek időfüggő kifejezéseit, a következő egyenletet kapjuk:

$$4\ \mathrm{m/s} + 1{,}5\ (\mathrm{m/s^2})\cdot t = -\,[3\ \mathrm{m/s} - 2\ (\mathrm{m/s^2})\cdot t].$$

Az egyenlet megoldása alapján ez 14 s elteltével következik be. Ebben a pillanatban a kisautó sebessége:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{2v_x^2} = \sqrt{2}\,|v_x|$$
$$= \sqrt{2}\cdot\left(4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 1{,}5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot 14\ \mathrm{s}\right) = 25\sqrt{2}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 35{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

**A II. kategória (Gimnázium 10. évfolyam)** 2. feladata, *Szkladányi András* (Baja) javaslata:

Kínában, a *Tsien-tang-kiang* folyón időnként dagálykor úgynevezett torlóár alakul ki, a dagály megállítja a folyó vizének az áramlását, és a folyómederbe a tengervíz 30 km/h sebességgel, 7 m magas, közel függőleges falként nyomul be. Egy merész jetskis, a jelenséget figyelve, a vízfallal párhuzamosan halad 60 km/h sebességgel. Megvárja, amíg a vízfal 25 méterre közelít, majd sebességét megtartva 40 m sugarú negyedkörív mentén elkanyarodik, azután pedig egyenes vonalban távolodik.

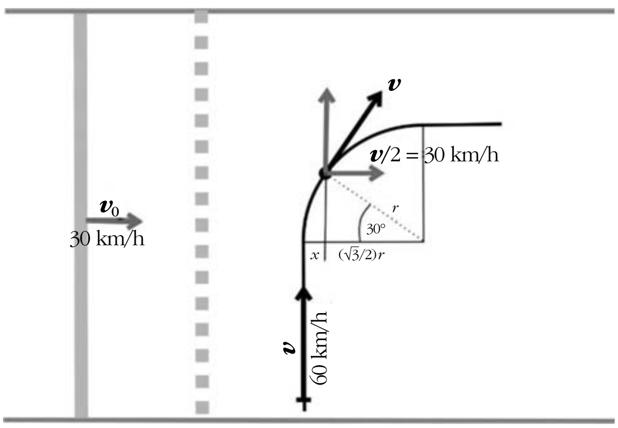
a) Milyen messze lesz a jetskis a vízfaltól a kanyarodás kezdetétől számított 5 s múlva?
b) Mekkora a vízfal és a jetskis legkisebb távolsága?

*Megoldás:*
Adatok: $v_0$ = 30 km/h = 8,33 m/s, $v$ = 60 km/h = 16,7 m/s, $r$ = 40 m, $d$ = 25 m, $t$ = 5 s.

a) A jetskis a negyedkörös fordulatot $t_1 = 2r\pi/(4v)$ = 3,77 s alatt teszi meg, miközben 40 métert távolodik a vízfaltól, a hátralévő $t_2$ = 1,23 s alatt pedig további $v\cdot t_2$ = 20,5 métert. Közben a vízfal $v_0\cdot t$ = 41,7 métert halad a jetskis felé.

Tehát 5 s elteltével a távolságuk 25 m + 40 m + 20,5 m – 41,7 m = 43,8 méter.

b) A vízfal és a jetskis akkor van egymáshoz legközelebb, amikor utóbbinak a fordulás során a vízfal haladási irányával párhuzamos sebességkomponense pontosan $v_0$ = 30 km/h. Ez éppen 30°-os szögelfordulásnál következik be.




Eddig a pillanatig $t' = 2r\pi/(12v) = 1{,}26$ s telik el, mely idő alatt a vízfal $v_0 \cdot t' = 10{,}5$ métert közeledik. Eközben a jetskis $x = r\,(1 - \sqrt{3}/2) = 5{,}4$ métert távolodik a vízfaltól (lásd az ábrát). A legkisebb távolság 25 m + 5,4 m – 10,5 m = 19,9 méter.

## Második forduló

Az első fordulóban legalább 50%-os teljesítményt elérő diákok jutnak a 2. fordulóba. Idén ez 97 iskola 419 diákjának sikerült. Az újabb megmérettetésre március 22-én került sor. A második fordulóban megjelent 16 feladat közül a bizottság döntése alapján a következő kettőt ismertetjük.

**Az I. kategória (Gimnázium 9. évfolyam)** 4. feladata, *Baranyai Klára* (Veresegyház) javaslata:

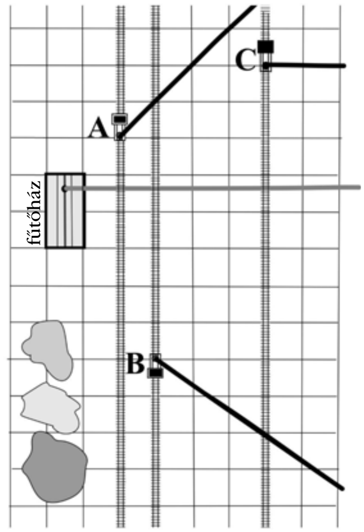
Egy reggel a vasúttörténeti parkban a 60 méter hosszú fűtőház kéménye füstölt, a párhuzamosan futó síneken régi, egyforma gőzmozdonyok döcögtek. A parkban egyenletes, 6 m/s sebességű szél fújt a talajjal párhuzamosan. A parkról a mellékelt drónfelvétel készült, a fényképen látszanak a kémények füstcsíkjai.

a) A fénykép elkészítése után mennyi idővel láthattuk felülről kereszteződni az A és a B mozdony füstcsíkját?

b) A kép készítésének pillanatában egyenletesen gyorsulva elindult a C mozdony. Mekkora volt a C mozdony gyorsulása, ha felülről nézve azt láttuk, hogy mindhárom mozdony füstcsíkja egy pontban keresztezte egymást?

*Megoldás:*

A füstcsíkok iránya és a fűtőház méretéből azonosított 30 méteres beosztású négyzetrács segítségével meghatározhatjuk a mozdonyok sebességét a szélsebesség ismeretében.




A szél egy rácsosztásnyit, azaz 30 métert 5 másodperc alatt tesz meg. Ez alatt az idő alatt az A mozdony is 30 métert halad előre, vagyis a sebessége

$$v_A = 6\ \text{m/s}.$$

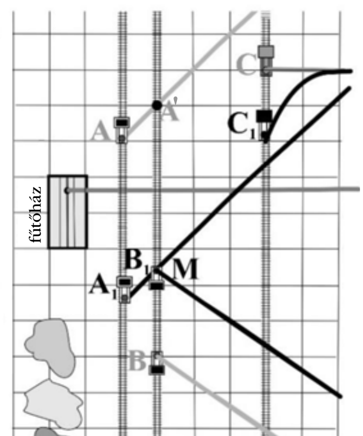
A B mozdony 60 métert halad, amíg a szél 90 méterrel sodorja oldalra a füstöt, vagyis 15 másodperc alatt. A sebessége:

$$v_B = \frac{60\ \text{m}}{15\ \text{s}} = 4\,\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

a) A füstcsíkok a mozdonyok sebességével mozogva egymás felé haladnak. A két füstcsík metszéspontja akkor jön létre, amikor a rajzon A'-vel jelölt pont találkozik a B mozdony kéményével. Mivel ezek kezdeti távolsága 210 méter, relatív sebességük a két mozdony sebességének összege, a keresett időpont:

$$t = \frac{210\ \text{m}}{6\ \text{m/s} + 4\ \text{m/s}} = 21\ \text{s}.$$

Tehát a két füstcsík a kép elkészülte után 21 másodperccel keresztezte egymást.




b) Az M metszéspont kialakulásának pillanatáról az alábbi vázlatos képet készíthetjük, halványan jelölve a kiinduló állapotot:

Az M és A' távolsága annyi, amekkora utat 21 másodperc alatt az A mozdony megtett az $A_1$ pontba érve:

$$MA' = 6\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 21\ \text{s} = 126\ \text{m}.$$

Ezután az M pont jobbra sodródik. A három füstcsík akkor keresztezheti egymást egy pontban, ha a C mozdony abban a pillanatban, amikor az M pont eléri a C vágányt, maga is ebbe a pontba ér.

Az M pont a C vágányt 90 méter megtétele után, 15 másodperc alatt éri el. A C mozdony indulása óta eddig a pillanatig eltelt idő:

$$t_C = 21\text{ s} + 15\text{ s} = 36\text{ s}.$$

A C mozdony összes megtett útja:

$$s_C = \text{MA'} + 30\text{ m} = 156\text{ m}.$$

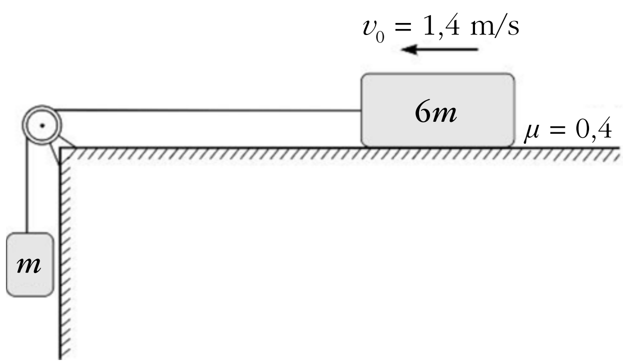
A C mozdony ez idő alatt nyugalomból indulva egyenletesen gyorsult, így a négyzetes úttörvényből meghatározhatjuk a gyorsulását:

$$a_C = 2s_C/t_C^2 = 0{,}24\text{ m/s}^2.$$

Megjegyezhetjük, hogy a C mozdony füstcsíkja parabola alakú lesz, de ennek nincs szerepe a megfontolásainkban.

**A II. kategória (Gimnázium 10. évfolyam)** 4. feladata, *Honyek Gyula* (Veresegyház) javaslata:

Vízszintes asztal szélére egy könnyű, súrlódásmentes csigát rögzítünk, melyen vékony, erős, nyújthatatlan fonalat vetünk át. A fonál egyik végére $m$ tömegű testet erősítünk, míg a másik végére $6m$ tömegű hasábot rögzítünk az ábrán látható módon. A hasáb és az asztal felülete közötti csúszási és tapadási súrlódási együttható megegyezik, mindkettő értéke 0,4. A hasáb és a csiga kezdeti távolsága 50 cm. A hasábot hirtelen meglökjük a csiga felé, így a hasáb 1,4 m/s kezdősebességet kap.




a) A hasáb meglökése után mennyi idővel feszül meg a fonál?
b) Milyen messze áll meg a hasáb a csigától?

*Megoldás:*
a) A hasáb hirtelen meglökése után az $m$ tömegű test szabadon kezd esni, tehát a függőleges elmozdulását így írhatjuk le:

$$y = (g/2)\cdot t^2.$$

A $6m$ tömegű hasáb elmozdulása pedig így adható meg:

$$x = v_0 t - (a/2)\cdot t^2 = v_0 t - (\mu g/2)\cdot t^2.$$

A fonál akkor feszül meg, ha a két elmozdulás egyenlővé válik ($x = y$):

$$\frac{g}{2}t^2 = v_0 t - \frac{\mu g}{2}t^2 \;\rightarrow\; t = \frac{2v_0}{g(1+\mu)} = 0{,}2\text{ s}.$$

b) A fonál megfeszüléséig mindkét test

$$x = y = \frac{g}{2}t^2 = v_0 t - \frac{\mu g}{2}t^2 = 0{,}2\text{ m} = 20\text{ cm}$$

utat tesz meg. Ezután már egy rendszerként mozognak, tehát közös gyorsulásukat így számíthatjuk ki:

$$mg - 6\mu mg = 7ma_k \;\rightarrow\; a_k = \frac{(1-6\mu)g}{7} = -2\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

A negatív előjel azt fejezi ki, hogy a rendszer lassulni fog, végül megáll.

A feladat legnehezebb része azt meghatározni, hogy a fonál megfeszülésekor mekkora lesz a rendszer közös sebessége. A szabadon eső test 0,2 s alatt $v_1 = gt = 2$ m/s sebességre tesz szert, míg a $6m$ tömegű hasáb 1,4 m/s-ról indul, lassulása $-\mu g = -4$ m/s$^2$, vagyis 0,2 s alatt 0,8 m/s-ot veszít a sebességéből, tehát a fonál megfeszülésekor a hasáb sebessége

$$v_2 = v_0 - \mu g t = 0{,}6\text{ m/s}.$$

Azt kell észrevennünk, hogy a két test között a fonál közvetíti a kölcsönhatást, az $m$ tömegű test lelassul, a $6m$ tömegű pedig felgyorsul, az egész folyamat lényegében egy tökéletesen rugalmatlan ütközésnek felel meg, így a kialakuló közös sebességet így kaphatjuk meg:

$$mv_1 + 6mv_2 = 7mv_k \;\rightarrow\; v_k = \frac{v_1 + 6v_2}{7} = 0{,}8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

A közös mozgás időtartama így adható meg:

$$t_k = v_k/|a_k| = 0{,}4\text{ s}.$$

Ennyi ideig az előzőekben kiszámított közös sebesség fele lesz a rendszer átlagsebessége, tehát a közös mozgás elmozdulása:

$$\Delta s = (v_k/2)\,t_k = 0{,}16\text{ m} = 16\text{ cm}.$$

A hasáb teljes elmozdulása $x + \Delta s = 36$ cm, tehát a hasáb 50 cm – 36 cm = 14 cm-re áll meg a csigától.

## Harmadik forduló

A döntőbe jutáshoz az elérhető 40-ből 29 pontra volt szükség az I. kategóriában, 29 a II.-ban, 26 a III.-ban, 18 a IV.-ben. A gimnazisták közül 44 és 43 diák jutott a döntőbe, a technikumban tanulók közül csak 5 és 4 fő. Sok éve probléma, hogy a technikumban tanulók teljesítménye nagyon elmarad a gimnazisták eredménye mögött.

A járványhelyzet miatt 2020-ban és 2021-ben nem tudtunk döntőt szervezni, hanem a második forduló bizottság által kijavított versenydolgozatai alapján hirdettünk végeredményt. Nagy öröm, hogy a pandémia elmúltával újra tudunk igazi döntőt szervezni – idén másodjára. Hagyományosan a kilencedikesek Gyöngyösön, a tizedikesek Pécsett vetélkedtek a finálében május 7-étől 9-éig. Gyöngyösön az I. és III. kategória döntője volt. A gyöngyösi elméleti feladatlapot Vigh Máté szerkesztette, a zsűri elnöke *Szász Krisztián* volt. A zsűri további tagjai: Honyek Gyula, *Horváth Ferenc, Pántyáné Kuzder Mária*. Gyöngyösön közel 30 éven keresztül *Kiss Miklós* és felesége, *Kissné Császár Erzsébet* szervezték nagy szeretettel a döntőt. Áldozatos, színvonalas munkájukért itt is köszönetet mondunk. Emellett Miklós a mérési feladatokat is kidolgozta. Nyugdíjazásukkal egyidőben visszavonultak. Feladatukat *Horváthné Zörög Anikó* és *Csordás Ágnes* vette át. Pécsett a II. és IV. kategória döntője volt. A feladatlapot szerkesztette a zsűri elnöke, *Pálfalvi László*. A zsűri további tagjai: *Koncz Károly, Kotek László, Simon Péter,* Szkladányi András. A harmadik fordulóban megjelent 16 feladat közül a bizottság döntése alapján a következő kettőt ismertetjük.

**Az I. kategória (Gimnázium 9. évfolyam)** 2. feladata, *Kotek László* (Pécs) javaslata:

Egy $M = 3m$ tömegű, $h = 0{,}15$ m magasságú, harang alakú test szabadon csúszhat egy hosszú, vízszintes felületen. A test végei belesimulnak a vízszintes síkba. Kezdetben a test nyugalomban van, és tetején egy $m$ tömegű, kisméretű hasáb található bizonytalan egyensúlyi helyzetben. A kis hasábot az ábra szerint jobbra kissé kimozdítjuk eredeti helyzetéből. A kis hasáb a vízszintes felületre érve rugalmasan ütközik egy nagyobb hasábbal, amelyet mindvégig állandó $u_0$ sebességgel mozgatunk feléje. A súrlódás mindenhol elhanyagolható, minden mozgás az ábra síkjában történik. A kis hasáb a harang alakú testen való mozgása során soha nem válik el attól.


Legalább mekkora állandó $u_0$ sebességgel kell mozgatni a nagy hasábot, hogy a kis hasáb az ütközés után áthaladjon a harang alakú testen?

*Megoldás:*
Legyen az $m$ tömegű test sebessége a vízszintes felületre érkezéskor $v_1$, a harang alakú testé pedig $V$!

Az impulzusmegmaradás így írható:

$$mv_1 - 3mV = 0, \quad \text{ebből} \quad v_1 = 3V.$$

A súrlódás hiánya miatt alkalmazhatjuk a mechanikai energia megmaradásának törvényét:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}\cdot 3mV^2.$$

Ebbe beírva a $v_1$ és $V$ közötti összefüggést:

$$mgh = \frac{1}{2}m(3V)^2 + \frac{1}{2}\cdot 3mV^2.$$

Innen a következő sebességeket kapjuk:

$$V = \sqrt{\frac{gh}{6}} = 0{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad v_1 = \sqrt{\frac{3}{2}gh} = 1{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Most egyelőre ne foglalkozzunk a nagy hasábbal történő ütközés részleteivel, csak tegyük fel azt, hogy az ütközés után a kis hasáb $v_2$ sebességgel halad a harang alakú test felé. Határozzuk meg, hogy mekkora $v_2$ érték esetén fogja az m tömegű test utolérni a harang alakú testet, majd éppen feljutni a tetejére, hogy azután egy bizonyos $v_{\text{közös}}$ sebességgel együtt mozogjanak tovább! Vegyük észre, hogy a $v_{\text{közös}}$ sebességgel mozgó (azaz tömegközépponti) vonatkoztatási rendszerben ez a folyamat éppen az imént tárgyalt lecsúszási folyamat fordítottja. A lecsúszás során a kis hasáb és a harang alakú test *egymáshoz viszonyítva* $V + v_1 = 2{,}0$ m/s sebességgel lökődött szét, így a feljutás akkor jön létre, ha a két test ugyanekkora nagyságú relatív sebességgel közelít egymáshoz. A harang alakú test sebessége az újbóli találkozás előtt $V = 0{,}5$ m/s volt, így a kis hasábnak a felülethez viszonyítva $v_2 = V + (V + v_1) = 2{,}5$ m/s-mal kell mozognia az ábra szerint balra.

Végül következzen a nagy hasábbal történő ütközés vizsgálata! Gondolatban üljünk bele a nagy hasábbal együttmozgó vonatkoztatási rendszerbe! Itt nyilvánvaló, hogy a kis hasáb ugyanakkora relatív sebességgel közeledik a nagy hasáb felé ütközés előtt, mint amenynyivel távolodik attól ütközés után. Az ütközés előtti és utáni relatív sebességek nagyságát egyenlővé téve:

$$v_1 + u_0 = v_2 - u_0,$$

ahonnan

$$u_0 = (v_2 - v_1)/2 = 0{,}5 \text{ m/s}.$$

Ekkora tehát határesetben a nagy hasáb sebessége, a keresett $u_0$ értékének ennél kicsit nagyobbnak kell lenni.

*Megjegyzések:*

1. A paraméteres számolásból látszik, hogy a feladat előírása akkor teljesíthető, ha

$$u_0 > V = \sqrt{gh/6},$$

2. A feladat egyik kulcsa $v_2$ értékének meghatározása. Ez a fenti furfangos gondolatmenet helyett megmaradási törvények segítségével is megtehető. A kis hasáb és a harang alakú test találkozására alkalmazhatjuk az impulzusmegmaradást:

$$mv_3 + 3mv_2 = 4mv_{\text{közös}},$$

valamint az energiatételt:

$$\frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}\cdot 3mV^2 = \frac{1}{2}\cdot 4mv_{\text{közös}}^2 + mgh.$$

Ebből a két sorból $v_2$-re az alábbi másodfokú egyenletet kapjuk:

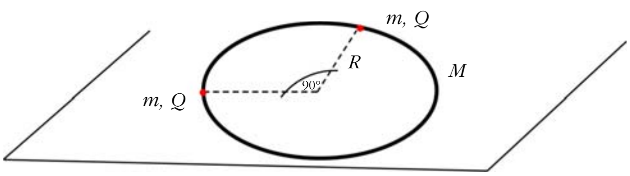
$$v_2^2 - 2v_2V + V^2 - \frac{8}{3}gh = 0.$$

Az adatokat behelyettesítve végül az egyenlet nem triviális megoldására valóban a $v_2$ = 2,5 m/s értéket kapjuk.

**A II. kategória** 4. feladata, *Koncz Károly* (Szigetvár) javaslata:

Az ábrán látható, nem rögzített, szigetelőből készült, $M = 2m$ tömegű, elhanyagolható keresztmetszetű karika, amelynek sugara $R$ = 8 cm, vízszintes szigetelő felületen nyugszik. A karikán két szigetelő gyöngy szabadon tud mozogni. A gyöngyök tömege $m$ = 4 g, töltése $Q$ = 2 μC. Kezdetben a gyöngyöket úgy tartjuk, hogy a hozzájuk húzott sugarak egymással derékszöget zárnak be. A gyöngyök a mozgásuk során pontszerűnek tekinthetők, és a súrlódás mindenhol elhanyagolható. A gyöngyöket elengedjük.

a) Mekkora a gyöngyök és a karika tömegközéppontjának a sebessége abban a pillanatban, amikor a gyöngyökhöz húzott sugarak először 180°-os szöget zárnak be?
b) Mekkora az előző helyzetben a karika tömegközéppontjának az elmozdulása?
c) Mekkora ebben a pillanatban a karika és valamelyik gyöngy között ébredő erő?




*Megoldás:*

a) Az ábrán látható és az eredeti állapotra felírva a lendület megmaradásának törvényét:

$$\sum I = \text{áll.},$$

$$0 = 2mv_M - 2mv,$$

$$v_M = v.$$

A folyamatra alkalmazva az energia megmaradásának törvényét:

$$\sum E = \text{áll.},$$

$$kQ^2/(R\sqrt{2}) = (1/2)\cdot 2mv_M^2 + 2(1/2)mv^2 + kQ^2/(2R).$$

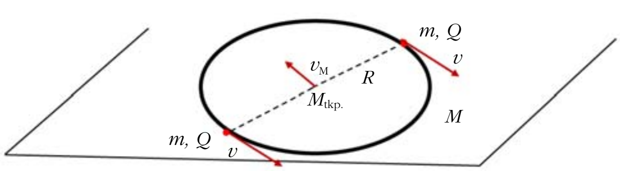
Az előző eredményt az egyenletbe helyettesítve és az egyenletet átrendezve:

$$kQ^2/(R\sqrt{2}) - kQ^2/(2R) = (1/2)\cdot 2mv_M^2 + 2\cdot(1/2)m(v_M)^2,$$

$$v_M = Q\{[k/(4mR)]\cdot[(2-\sqrt{2})/\sqrt{2}]\}^{1/2},$$

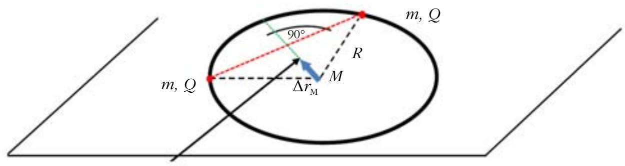
$$v_M = (Q/2)\cdot\{[k/(mR)]\cdot(\sqrt{2}-1)\}^{1/2},$$

$$v_M = 3{,}41\,\text{m/s}.$$




A gyöngyök sebessége megegyezik a karika tömegközéppontjának sebességével.

b) Mivel a külső erők eredője zérus, a rendszer tömegközéppontja helyben marad.




A rendszer tömegközéppontja a kezdő helyzetben a derékszögű háromszög átfogóhoz tartozó magasságának a felezőpontjában (azaz az $R$ oldalú négyzet átlójának negyedében) van.

Az ábra alapján a karika tömegközéppontja a gyöngyszemeket összekötő húr felezőpontján átmenő sugár mentén mozdul el. Az elmozdulás nagysága megegyezik a karika középpontjának a tömegközépponttól való kezdeti távolságával:

$$\Delta r_M = R\sqrt{2}/4,$$

$$\Delta r_M = 2\sqrt{2}\cdot 10^{-2}\ \text{m}.$$

c) Ebben a pillanatban a karika nem gyorsul, tehát alkalmazhatjuk a karika rendszerében a dinamika alapegyenletét a gyöngyökre. A karika tömegközéppontjához viszonyítva a gyöngyök $R$ sugarú körpályán mozognak $v_{rel}$ sebességgel:

$$\sum F = m\cdot a_{cp},$$

$$F_k - kQ^2/(4R^2) = m v_{rel}^2/R.$$

A relatív sebesség meghatározása:

$$v_{rel} = v_M + v,$$

$$v_{rel} = 2v.$$

Ezt felhasználva:

$$F_k = m(2v)^2/\text{R} + kQ^2/(4R^2),$$

$$F_k = k(Q^2/R^2)\cdot(\sqrt{2} - 3/4),$$

$$F_k = 3{,}72\ \text{N}.$$

Honyek Gyula volt felelős Gyöngyösön a mérési feladat kidolgozásáért és megvalósításáért. A vizsgálat során egy enyhén megdöntött és forgatott rúdra akasztott test lassú mozgását kellett tanulmányozni a rúddal párhuzamos irányban. A forgatás miatt ferde irányú csúszási súrlódási erő lép fel, melynek rúdirányú összetevője egyensúlyt tart a nehézségi erő rúdirányú komponensével. A súrlódási erő rúdra merőleges összetevője forgatónyomatékot eredményez, ami a lecsúszó test akasztójának kismértékű elfordulását eredményezi. Ezért az egyenletes mozgással haladó test erőegyensúlyát három dimenzióban kellett vizsgálni, egyrészt rúdirányban, másrészt a rúdra merőleges síkban. Az erők nagyságát szerkesztéssel lehetett meghatározni, és a mérés végső célja a rúd és a test akasztója közötti csúszási súrlódási együttható kiszámítása volt.

Simon Péter volt felelős Pécsett a helyi szervezésért, valamint a mérési feladat kidolgozásáért. Idén a levegő hőtágulását kellett vizsgálni. A főzőpohárban lévő, nehezékkel ellátott, skálázott kémcső szája lefelé nézett. A pohárba úgy töltöttünk meleg vizet, hogy ellepje a kémcsövet. A buborékképződés után, a hőmérséklet csökkenésével a kémcsőben lévő keverék (levegő és telített gőz) térfogata csökkenni kezdett. A száraz levegő állandó nyomáson összetartozó térfogat–hőmérséklet értékeinek számolása után a levegő hőtágulási együtthatóját kellett meghatározni.

2023-ban a következő diákok érték el a legjobb helyezéseket:

I. kategória (Gimnázium 9. évfolyam):

1. helyezett: *Téti Miklós* (Budapesti Fazekas Mihály Gyak. Gimnázium, tanára: *Schramek Anikó*)
2. helyezett: *Tóth Kolos Barnabás* (Budapesti Eötvös József Gimnázium, tanára: *Gulyás Erzsébet*)
3. helyezett: *Ürge Benedek* (Budapesti Fazekas Mihály Gyak. Gimnázium, tanára: *dr. Nagy Piroska Mária*)

II. kategória (Gimnázium 10. évfolyam):

1. helyezett: *Elekes Dorottya* (Budapest-Fasori Evangélikus Gimnázium, tanárai: *Izsa Éva, Költő Emese*)
2. helyezett: *Bencz Benedek* (Baár-Madas Református Gimnázium, tanára: *Horváth Norbert*)
3. helyezett: *Ujpál Bálint* (Miskolci Herman Ottó Gimnázium, tanárai: *Pilzné Nagylaki Tünde, Veres Pálné, Dezsőfi György, Dudás Imre*)

Elekes Dorottya tavaly Gyöngyösön is első volt, így ő kétszeres Mikola-bajnok.

III. kategória (akik első évben tanulnak technikumban):

1. helyezett: *Balogh Barnabás* (BMSzC Trefort Ágoston Két Tanítási Nyelvű Technikum, tanára: *Fülöp László*)

IV. kategória (akik második évben tanulnak technikumban):

1. helyezett: *Szabó Iván* (Paksi Energetikai Technikum, tanára: *Nagyné Lakos Mária*)

A döntőn minden versenyző kapott oklevelet, ajándékkönyvet, pendrive-ot, valamint egyéb ajándékot (válltáska, toll, hátizsák, Samsung-termék) is. Mind a négy kategória győztese Mikola-éremmel tért haza. Gyöngyösön és Pécsett is minden felkészítő tanár kapott emléklapot, Gyöngyösön egy üveg bort is. A visszajelzések alapján a résztvevők (diákok, felkészítő tanárok, zsűri, szülők) elégedetten, élményekkel, ismeretekkel gazdagodva tértek haza a verseny döntőjéről. A Mikola-verseny Magyarország egyik legnépszerűbb fizikaversenye. A sikerért sok ember munkálkodott együtt. Az egyes fordulók feladatlapjai, megoldásai, eredménylistái olvashatóak a verseny honlapján: www.mikolaverseny.hu, ezzel is gazdagítva a hazai fizikaoktatás kultúráját.