43. MIKOLA SÁNDOR ORSZÁGOS KÖZÉPISKOLAI TEHETSÉGKUTATÓ FIZIKAVERSENY – BESZÁMOLÓ

Koncz Károly[1], Simon Péter[2,3,@]
[1]PTE Babits Gyakorló Gimnázium, Pécs
[2]PTE Fizikai Intézet, [3]Pécsi Leőwey Klára Gimnázium, Pécs
[@]E-mail: sipet68@gmail.com

A járvány utáni években állandósulni látszik a versenyre való jelentkezések száma. Nagy öröm, hogy ez a trend idén is folytatódott. 2024-ben 159 középiskola 2771 diákja próbálta megoldani a Mikola-verseny első fordulójának feladatlapját. (Tavalyi adatok: 158 iskola, 2796 diák. Tavalyelőtti adatok: 157 középiskola, 2572 diák.)

A verseny szakmai megvalósulásának hátterében a kb. húsztagú versenybizottság munkája áll. Az anyagi feltételek legfőbb biztosítói: Belügyminisztérium Köznevelési Helyettes Államtitkárság, Nemzeti Tehetségprogram, Eötvös Loránd Fizikai Társulat, Pécsi Tudományegyetem, Paksi Atomerőmű Zrt., Paks II. 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 volt.

Első forduló

A 2024. február 13-án 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.

A II. kategória (gimnázium, 10. évfolyam) 3. feladata *Szkladányi András* (Baja) javaslata:

Egy este a curlingpályán két, ottfelejtett, 30 cm átmérőjű és 19,1 kg tömegű curlingkő nyugszik szorosan egymás mellett. Az egyiken egy feleakkora tömegű kutya áll. A kutya hirtelen átugrik a másik kőre, és a kővel együtt mozog tovább. A meginduló curlingkövek peremének távolsága 4 s múlva 5 m lesz.

a) Mekkora sebességgel távolodnak a kövek?
b) A jéghez viszonyítva mekkora sebességgel ugrott át a kutya?
c) Legalább mennyi munkát végzett a kutya az elrugaszkodás közben?
d) A súrlódás, a közegellenállás és az ugrás időtartama elhanyagolható.

(A *curling* a téli sportok egyike, amelyben ún. köveket csúsztatnak jégpályán egy kijelölt kör alakú mezőbe.)

Megoldás:
Adatok: $M = 19{,}1$ kg, $m = 9{,}55$ kg, $s = 5$ m, $t = 4$ s.

a) A lendületmegmaradás törvényét az első kőtől való elrugaszkodásra és a másodikra történő érkezésre alkalmazva (előjelezés nélkül):

$$m v = M u_1 \qquad \text{és} \qquad m v = (m + M)\, u_2.$$

ahol v a kutya, u_1 és u_2 a kövek sebességét jelöli (a talajhoz képest).

Behelyettesítve:

$$M u_1 = \left(m + M\right) u_2 \quad \rightarrow \quad u_1 = \frac{m+M}{M} u_2.$$

A két kő egymáshoz viszonyított sebessége:

$$u_1 + u_2 = \frac{s}{t} = 1{,}25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

u_1 kiküszöbölésével a következőt kapjuk:

Koncz Károly 1982-től a pécsi Babits Gyakorló Gimnázium fizika szakos tanára. Szakvizsgázott, mesterpedagógus, vezetőtanár. 2002 óta a Mikola Sándor Tehetségkutató Fizikaverseny feladatkitűző bizottságának tagja. Feladatokat tűz ki, javítja a második forduló dolgozatait, részt vesz a második forduló feladatsorának összeállításában, a 10. évfolyamos döntő zsűrijének tagja.

Simon Péter 1992-ben végzett az ELTE matematika-fizika tanári szakán. 1997 óta a Pécsi Leőwey Klára Gimnáziumban tanít. 2005-től a PTE TTK Fizikai Intézetében tanárszakos hallgatókat oktat. A Fizika OKTV bizottságának a tagja, vezeti a Mikola Versenybizottságot. Több tankönyv, példatár társszerzője. 2018-ban Rátz Tanár Úr Életműdíjat kapott.

$$\frac{m+M}{M}u_2+u_2=\frac{s}{t}, \qquad u_2=\frac{M}{m+2M}\cdot\frac{s}{t}=0{,}5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

Visszahelyettesítve:

$$u_1=\frac{m+M}{m+2M}\cdot\frac{s}{t}=0{,}75\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

b) A kutya jéghez viszonyított sebessége az ugrás közben:

$$v=\frac{M}{m}u_1=1{,}5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

c) A kutya munkája legalább akkora, mint az elrugaszkodást követően (de még a második kőre érkezés előtt) a rendszer mozgási energiája:

$$W=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}Mu_1^2=16{,}1\,\mathrm{J}.$$

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

Két 30°-os lejtő áll egymással szemben, tükörszimmetrikusan. A hosszú lejtőket rövid, súrlódásmentes szakasz köti össze törésmentesen. Az egyik lejtő sima, a másik érdes. Ha a bal oldali lejtő tetejéről egy kisméretű testet indítunk el lökésmentesen, akkor a jobb oldali lejtőn négyszer olyan magasra jut, mint ha a jobb oldali lejtő tetejéről indítottuk volna a testet.

a) Melyik a sima lejtő, a jobb vagy a bal oldali?
b) Mennyi a súrlódási együttható az érdes lejtőn?

A sima lejtőn a súrlódás elhanyagolható.

Megoldás:

a) A bal oldali a sima, a jobb oldali pedig az érdes lejtő. Ha összehasonlítjuk a kiindulási és a megérkezési helyzetet, akkor mindkét esetben helyzetienergia-csökkenést láthatunk, a kettő különbsége a felszabaduló hő. Ha az érdes lejtő tetejéről indul a test, akkor nagyobb a hőfejlődés, tehát a másik oldalon kevésbé tud felkapaszkodni a test.

b) *Dinamikai tárgyalás*: Kezdjük a bal oldali indítással! A test $2h_0$ úton $g\sin 30° = g/2$ gyorsulással mozog, tehát az érdes lejtőt $\sqrt{2gh_0}$ sebességgel éri el. Az érdes lejtőn megtett útja $8h$, gyorsulása $g(\sin 30° + \mu\cos 30°) = (g/2)(1+\sqrt{3}\mu)$. Az út, a sebesség és a gyorsulás között a következő összefüggést írhatjuk fel:

$$2gh_0 = 8hg(1+\sqrt{3}\mu).$$

A jobb oldali indítás esetén lényegében ugyanígy járhatunk el. $2h_0$ úton $(g/2)(1-\sqrt{3}\mu)$ gyorsulással $[2gh_0(1-\sqrt{3}\mu)]^{1/2}$ sebességet ér el a test a lejtő aljára érve, majd $2h$ úton $g/2$ lassulással veszti el ezt a sebességét:

$$2gh_0(1-\sqrt{3}\mu) = 2hg.$$

Ha a fenti két kiemelt egyenletből kifejezzük a h_0/h arányt, akkor a következő összefüggésre jutunk:

$$4\left(1+\sqrt{3}\mu\right)=\frac{1}{1-\sqrt{3}\mu}.$$

Az egyenlet megoldása $\mu = \mathbf{0{,}5}$.

Energetikai tárgyalás: Az első esetben keletkező hő $Q_1 = mg(h_0-4h)$. A második esetben a keletkező hő $Q_2 = mg(h_0-h)$. A két hő aránya a súrlódó részeken megtett utak arányával egyezik meg:

$$\frac{Q_2}{Q_1}=\frac{2h_0}{8h}=\frac{mg\left(h_0-h\right)}{mg\left(h_0-4h\right)}=\frac{\left(h_0-h\right)}{\left(h_0-4h\right)}.$$

Ebből az egyenletből kifejezhetjük a h magasságot: $h = (1-\sqrt{3}/2)\,h_0$. Ezek után külön-külön kifejezhetjük Q_1-et és Q_2-t (bár az egyik is elég lenne a súrlódási együttható meghatározásához):

$$Q_1=mg\left[h_0-4\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)h_0\right]$$
$$=\left(\mu mg\cos 30°\right)8h$$
$$=\mu mg\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot 8\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)h_0,$$

amiből $\mu = \mathbf{0{,}5}$, illetve

$$Q_2=mg\left[h_0-\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)h_0\right]$$
$$=\left(\mu mg\cos 30°\right)2h$$
$$=\mu mg\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot 2h_0,$$

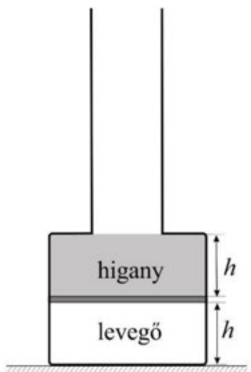
amiből sokkal egyszerűbben, de nagyon megnyugtató módon következik, hogy $\mu = \mathbf{0{,}5}$.

Megjegyzés: $\mathrm{tg}\,30° = \sqrt{3}/3 > \mu = 1/2$, így a kisméretű test az érdes oldal tetejéről elengedve is gyorsulva mozog lefelé.

Második forduló

Az első fordulóban legalább 50%-os teljesítményt elérő diákok jutottak a 2. fordulóba. Idén ez 103 iskola 605 diákjának sikerült. Az újabb megmérettetésre március 12-én került sor. A második fordulóban megjelent 16 feladat közül a bizottság döntése alapján a következő kettőt ismertetjük.

Az II. kategória (gimnázium, 10. évfolyam) 3. feladata *Kotek László* (Pécs) javaslata:



Egy vízszintes felületen lévő, alul zárt, különböző keresztmetszetű (közös forgástengelyű és belső térfogatú) kettős henger alsó részében lévő, súrlódásmentesen mozgó, elhanyagolható tömegű dugattyú h = 38 cm hosszúságú levegőoszlopot zár el. A dugattyú felett szintén h magasságú higanyoszlop tölti ki a nagyobb keresztmetszetű henger felső részét. A külső légnyomás 76 cm magas higanyoszlop hidrosztatikai nyomásával egyenlő. A hengerek keresztmetszeti felületének aránya 2.

a) Hányszorosára kell emelni a levegő Kelvin-skálán mért hőmérsékletét, hogy az összes higany éppen átfolyjon a felső hengerbe?
b) Határozzuk meg a dugattyú elmozdulását abban a pillanatban, amikor a levegő Kelvin-skálán mért hőmérsékletét éppen 2-szeresére növeltük!

Megoldás:
Adatok: a légnyomás p_0 = 76 Hgcm, h = 38 cm.

a) Mérjük a nyomásokat Hgcm-ben, a távolságokat cm-ben! A külső légnyomás p_0 = 76 Hgcm, a bezárt levegő nyomása $p_1 = 1{,}5p_0$. Legyen a gáz kezdeti térfogata V_1, kezdeti hőmérséklete T_1! A higany átfolyása után a levegő nyomása $p_2 = 2p_0$ lesz, térfogata pedig $V_2 = 2V_1$. Legyen ekkor a levegő hőmérséklete T_2! Az egyesített gáztörvényből:

$$\frac{1{,}5p_0V_1}{T_1} = \frac{2p_0 \cdot 2V_1}{T_2}.$$

A hőmérsékletek aránya:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{8}{3}.$$

b) Legyen a kérdéses helyzetben a dugattyú elmozdulása x! Legyen a dugattyú keresztmetszete A, a vékonyabb, felső hengerben legyen az átfolyt higanyoszlop magassága y! A higany összenyomhatatlansága miatt:

$$x \cdot A = y \cdot \frac{A}{2}, \qquad y = 2x.$$

A levegő állapotjelzői ebben az állapotban:

$$p_x = p_0 + (h - x) + y = (3h + x)\,\mathrm{Hgcm},$$

$$V_x = (h + x)A\,\mathrm{cm}^3,$$

$$T_x = 2T_1.$$

Az egyesített gáztörvényből:

$$\frac{\frac{3}{2} \cdot 2h \cdot hA}{T_1} = \frac{(3h + x) \cdot (h + x)A}{2T_1}.$$

Ebből:

$$x^2 + 4hx - 3h^2 = 0.$$

A dugattyú elmozdulása:

$$x = (\sqrt{7} - 2)h\ \mathrm{cm} \approx 24{,}5\ \mathrm{cm}.$$

Az II. kategória (gimnázium, 10. évfolyam) 4. feladata *Koncz Károly* (Szigetvár) javaslata:

Vízszintes, elég hosszú, egyik végén rögzített, merev szigetelő pálcán egy $m = 9 \cdot 10^{-4}$ kg tömegű, $Q = 9 \cdot 10^{-7}$ C töltésű, kisméretű, elmozdulásra képes gyöngyöt nyugalmi állapotban tartunk. A teret minden időpillanatban homogén, a pálcával párhuzamos térerősségű elektromos mező tölti ki. A mező térerőssége az idő függvényében az $E(t) = E_0 - c \cdot t$ függvény szerint változik, ahol $E_0 = 4 \cdot 10^2$ N/C és $c = 10^2$ (N/Cs). A gyöngyöt t = 0-kor elengedjük. A pálca és a gyöngy között a súrlódási együtthatók mindegyike 0,02. A mágneses hatások és a közegellenállás elhanyagolható.

a) Határozd meg a gyöngy indulási gyorsulását, és ábrázold a gyorsulását az idő függvényében az első 6 másodpercben!
b) Az előző időintervallum melyik időpillanatában maximális a sebesség, és mekkora az értéke?
c) Készítsd el vázlatosan a gyöngy sebesség-idő grafikonját az első 6 másodpercben!

Megoldás:

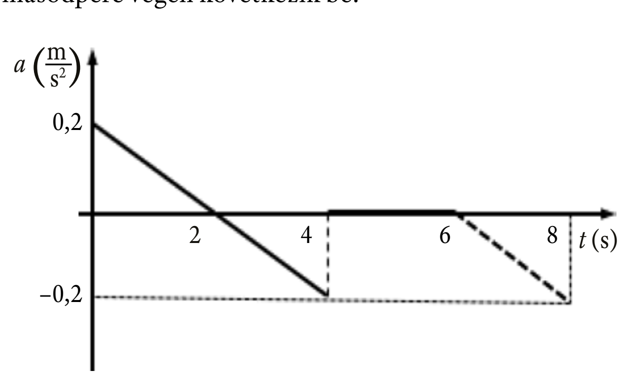
a) A dinamika alapegyenlete a pálcával párhuzamosan:

$$(E_0 - ct) \cdot Q - \mu mg = ma.$$

A behelyettesítést elvégezve:

$$0{,}2 - 0{,}1 \cdot t = a.$$

Az előző kapcsolat a [0, 4s] időintervallumban érvényes. A 4. másodperc végén megáll a test, és nyugalomban marad mindaddig, amíg az elektromos erő egyenlővé válik a tapadási erő maximális értékével, ami a 6. másodperc végén következik be.



Indoklás:
A t = 2s időpillanatban a gyorsulás előjelet vált, tehát a test a továbbiakban lassul. A nyert sebességet a grafikon alatti területek alapján ugyanannyi idő alatt veszti el, mint amennyi idő alatt nyerte, tehát a megállás időpillanata a 4. másodperc vége. A továbbiakban az elektromos erő egy darabig kisebb, mint a tapadási súrlódási erő maximális értéke, így a test nem tud elmozdulni, ennek az időtartama Δt. Mivel éppen most vált a térerősség zérussá, Δt a lent látható módon is számolható.

Az indulás pillanata (visszafelé):

$$(E_0 - c \cdot \Delta t)Q = \mu_0 mg,$$

$$\Delta t = \frac{E_0 Q - \mu_0 mg}{cQ},$$

$$\Delta t = 2s,$$

$$t = 4s + 2s = 6s.$$

b) A sebesség maximális, amikor az erők eredője (a gyorsulás) először zérus értékre csökken (azaz előjelet vált):

$$(E_0 - ct)Q = \mu mg,$$

$$t = \frac{E_0 Q - \mu mg}{cQ},$$

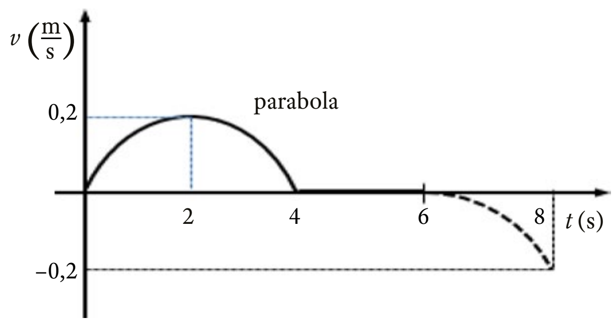
$$t = 2s.$$

A maximális sebesség az $a(t)$ grafikon alatti területből határozható meg:

$$v_{\text{max.}} = \frac{\left(0{,}2\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 0\right)}{2} \cdot 2s,$$

$$v_{\text{max.}} = 0{,}2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

c) A grafikon első részének három pontja ismert, és az alakra a mozgás jellegéből következtethetünk. Először a gyorsulás nagy, így a $v(t)$ grafikon gyorsan emelkedik, majd a gyorsulás kicsi, tehát a $v(t)$ grafikon egyre lassabban emelkedik, és így tovább. Az első rész megnevezése, pontos felismerése nem elvárás. Az alak analógia alapján is kitalálható (egyenletesen változó mozgásnál $v(t)$, $s(t)$ grafikonokat felidézve). A következő 2 másodpercben a test áll, mivel az elektromos erő kisebb, mint a tapadási erő maximuma.



Harmadik forduló

A döntőbe jutáshoz az elérhető 40-ből 18 pontra volt szükség az I. kategóriában, 26-ra a II.-ban, 25-re a III.-ban, 23-ra a IV.-ben. A gimnazisták közül 46-46 diák jutott a döntőbe, a technikumban tanulók közül csak 4-4 fő. Sok éve probléma, hogy a technikumban tanulók teljesítménye nagyon elmarad a gimnazisták eredménye mögött.

Hagyományosan a kilencedikesek Gyöngyösön, a tizedikesek Pécsett vetélkedtek a finálékban május 5-étől 7-éig.

Gyöngyösön tehát az I. és III. kategória döntője volt. A gyöngyösi elméleti feladatlapot *Vigh Máté* szerkesztette, a zsűri elnöke *Szász Krisztián* volt. A zsűri további tagjai: *Baranyai Klára*, *Kis Tamás*, *Pántyáné Kuzder Mária*. A szervezési feladatokat második éve *Horváthné Zörög Anikó* és *Csordás Ágnes* végzi.

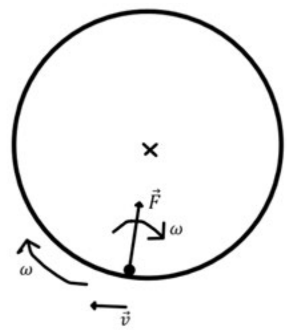
Pécsett a II. és IV. kategória döntője volt. A feladatlapot a zsűri elnöke, *Pálfalvi László* szerkesztette. A zsűri további tagjai: Honyek Gyula, Koncz Károly, Kotek László, Szkladányi András. A harmadik fordulóban megjelent 16 feladat közül a bizottság döntése alapján a következő kettőt ismertetjük.

A II. kategória (gimnázium, 10. évfolyam) 4. feladata, Pálfalvi László (Pécs) javaslata:

Vízszintes, súrlódásmentes felületen m tömegű, pontszerű test nyugszik. A testre adott (t = 0) időpillanatban olyan, a síkkal párhuzamos erő kezd hatni, melynek nagysága állandó, de T idő alatt az asztal síkjában egyenletesen körbefordul. Az erő nagyságának értéke F. A test mozgását a [0, T] időintervallumban vizsgáljuk.

a) Határozzuk meg a test maximális sebességét!
b) Határozzuk meg a test elmozdulását T idő alatt!

Megoldás:
Induljunk ki az egyenletes körmozgásból, mivel ebben az esetben az állandó nagyságú erővektor állandó (ω) szögsebességgel körbe forog. A mozgás történjen az ábra szerint az óramutató járásának irányában, F forgása szintén.



Ismert, hogy

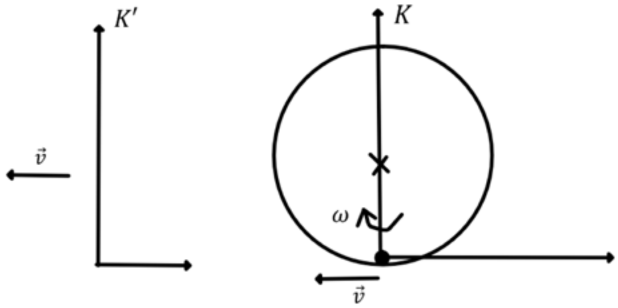
$$F = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r,$$

ahonnan

$$r = \frac{FT^2}{4\pi^2 m}.$$

A kerületi sebesség:

$$v = \omega r = \frac{2\pi}{T} r = \frac{FT}{2\pi m}.$$



E körmozgás történjék a K laboratóriumi rendszerben. A feladat szövege szerint t = 0-ban a test áll, ami a K-ban egyenletesen körmozgó test esetén nem teljesül. Ezért tekintsünk egy a fenti *ábra* szerinti, K-ban v sebességgel *jobbról balra* mozgó K' inerciarendszert, melyben t = 0-ban igaz az, hogy a test sebessége zérus. K'-ben (lévén, hogy inerciarendszer) az erő változatlan: állandó ω szögsebességgel forog körbe.

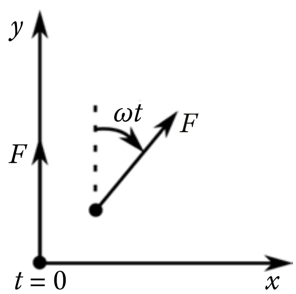
K'-ből szemlélve a mozgás egy r sugarú tisztán gördülő kerék (t = 0-ban a talajjal érintkező) kerületi pontjának a mozgása. E pont a $T/2$ időpillanatban éri el a (tetőponthoz tartozó) maximális $v_{\max} = 2v$ sebességét, ahol

$$v_{\max} = \frac{FT}{\pi m}.$$

A tömegpont elmozdulása T idő alatt:

$$\Delta r = vT = 2r\pi = \frac{FT^2}{2\pi m}.$$

Megjegyzés: a feladat integrálszámítással is megoldható.



$$ma \quad F\cdot\sin(\quad t),$$
$$ma \quad F\cdot\cos(\quad t),$$

$$a = \frac{F}{m}.$$

$$v_x = \int_0^t a_x \mathrm{d}t' = \int_0^t a\cdot\sin(\omega t')\mathrm{d}t'$$
$$= \frac{a}{\omega}\big(1-\cos(\omega t)\big),$$

$$v_y = \int_0^t a_y \mathrm{d}t' = \int_0^t a\cdot\cos(\omega t')\mathrm{d}t' = \frac{a}{\omega}\sin(\omega t),$$

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 = \frac{\quad}{\quad}\Big[\big(1-\cos(\omega t)\big) \; + \sin^2(\omega t)\Big]$$

$$= \frac{\quad}{\quad}\big(1-\cos(\quad t)\big).$$

A sebesség (-négyzet) maximális, ha

$$\cos(\omega t) = -1, \quad \omega t = \pi, \quad t = \frac{\pi}{\omega} = \frac{T}{2}.$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{4a^2}{\omega^2}} = \frac{2a}{\omega} = \frac{2F}{m\frac{2\pi}{T}} = \frac{FT}{\pi m},$$

$$x = \int_0^t v_x \mathrm{d}t' = \int_0^t \frac{a}{\omega}\big(1-\cos(\omega t')\big)\mathrm{d}t' = \frac{a}{\omega}t - \frac{a}{\omega^2}\sin(\omega t),$$

$$y = \int_0^t v_y \mathrm{d}t' = \int_0^t \frac{a}{\omega}\sin(\omega t')\mathrm{d}t' = -\frac{a}{\omega^2}\cos(\omega t),$$

$$\Delta x = x(T) = \frac{a}{\omega}T = \frac{F}{m}\cdot\frac{T^2}{2\pi},$$

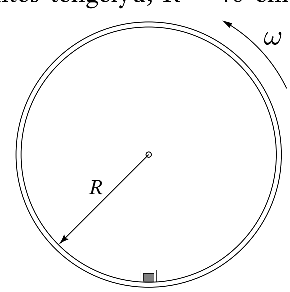
$$\Delta y = y(T) = 0,$$

$$x(0) = 0, \qquad y(0) = 0,$$

$$\Delta r = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)} = \Delta x = \frac{FT^2}{2\pi m}.$$

Az I. kategória 2. feladata Szkladányi András (Baja) javaslata:

Egy centrifuga egy vízszintes tengelyű, R = 40 cm belső sugarú hengeres dobból áll, amelyet egy motor állandó fordulatszámmal képes forgatni. A dobba egy kis testet helyezünk, amit a dob belső felületéhez rögzített kis, súrlódásmentes falakkal oldalról megtámasztunk (lásd az *ábrát,* itt jobbra).



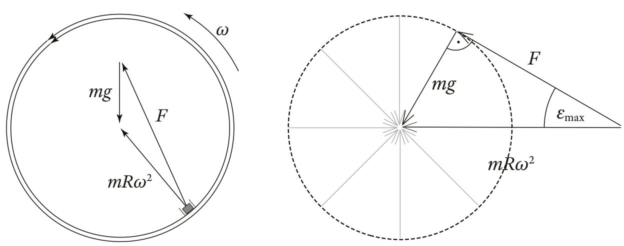
a) Legalább mekkora ω_0 szögsebességgel kell forognia a centrifugának, hogy a kis test ne váljon el a dob falától?
b) Vektoros ábra segítségével szerkesszük meg a dob által a kis testre kifejtett eredő erő irányát egy általános helyzetben, ha $\omega > \omega_0$!
c) Legalább mekkora a tapadási súrlódási együttható a dob fala és a kis test között, ha a test $\omega > \sqrt{2g/R}$ szögsebességeknél a támaszfalak eltávolítása esetén sem csúszik meg a dob belsejében?

Megoldás:

a) Határesetben a legfelső helyzetben éppen nem válik el a dob falától, azaz itt a nyomóerő nullává válik. Ez azt jelenti, hogy az mg nehézségi erő tartja a testet körpályán:

$$mg = mR\omega_0^2, \text{ ahonnan } \omega_0 = \sqrt{g/R} = 5\ \mathrm{s}^{-1}.$$

b) A kis testre a függőlegesen lefelé mutató mg nehézségi erő és a dob által kifejtett F eredő erő hat. Ezek hatására a test mindvégig a forgástengely irányába gyorsul $R\omega^2$ gyorsulással. A dinamika alapegyenletének segítségével az F erő iránya a bal oldali ábra szerint megszerkeszthető.



Rögzítsük most gondolatban a testre ható, $mR\omega^2$ nagyságú eredő erő irányát, és vizsgáljuk meg, milyen irányokba mutathat F, miközben az mg nehézségi erő a dob egy fordulata alatt az eredő erő irányához képest körbeforog (lásd a fenti *jobb oldali ábrát*). Látható, hogy az ε szög akkor maximális, amikor F hatásvonala érinti a nehézségi erő talppontja által kirajzolt kört. Mivel az érintő és az érintési pontba húzott sugár egymásra merőleges, továbbá a megcsúszás határán $mR\omega^2 = 2mg$, a jobb oldali ábrán egy olyan derékszögű háromszög keletkezik, melynek átfogója kétszerese a rövidebb befogónak. Ebből következik, hogy az ε szög maximális nagysága egy körülfordulás során 30°. Számítsuk ki ebben a megcsúszáshoz közeli helyzetben az S tapadási súrlódási erőt és az N nyomóerőt! Az $\varepsilon_{\max} = 30°$ szögérték miatt F sugár- és érintőirányú komponensei így számolhatók:

$$S = \frac{F}{2}, \qquad N = \frac{\sqrt{3}}{2}F,$$

amiből a tapadási súrlódási együtthatóra vonatkozó feltétel:

$$\mu \geq \frac{S}{N} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} = 0{,}577.$$

Megjegyzés. Könnyen abba a hibába eshetünk, hogy feltételezzük, a megcsúszás határa abban a helyzetben következik be, amikor a test a tengellyel azonos magasságba kerül, hiszen ilyenkor a mozgás fenntartásához szükséges S súrlódási erő maximális, nagyságát tekintve éppen mg. Ez azért nem igaz, mert nem S, hanem az S/N hányados maximális értékét kell vizsgálni. A fenti megoldásból kiderül, hogy a test akkor kerül legközelebb a megcsúszáshoz, amikor a hozzá húzott sugár a függőlegessel 60°-os szöget zár be.

c) Amint az a b) rész vektoros ábrájáról leolvasható, a test különböző helyzeteiben a dob által kifejtett F eredő erő más-más nagyságú ε szöget zár be a felület adott pontbeli normálisával (azaz a sugáriránnyal). A megcsúszás akkor kerülhető el, ha még az előforduló legnagyobb ε szög esetén is teljesül a tapadás $S/N \leq \mu$ feltétele, ahol S és N rendre az F erő tangenciális és sugárirányú komponensei.

Kis Tamás volt felelős Gyöngyösön a mérési feladat kidolgozásáért és megvalósításáért. A diákoknak gumiszálak rugalmas megnyúlását kellett tanulmányozniuk. Az első feladatban a gumiszál hosszának megváltozását kellett mérni 10 és 15 dkg tömegű testek által okozott terhelés mellett, egyre csökkenő nyújtatlan hosszak esetén. A mérési adatok felhasználásával minden esetben ki kellett számolni a gumírozott zsinór rugalmassági állandóját, valamint meg kellett határozni a zsinór nyújtatlan hossza és a rugalmassági állandó közötti függvénykapcsolatot. A második feladatban egy 12 dkg tömegű test által okozott megnyúlást kellett megmérni, valamint azt vizsgálni, hogy lineáris kapcsolatot feltételezve a hosszváltozás és a feszítő erő között a 10–15 dkg tartományban, mekkora relatív hiba adódik a gyűrű tömegére a mérés alapján. Végül egy műanyag csőbe rejtett, egy-egy végénél egymáshoz erősített, különböző minőségű zsinórpár megnyúlását kellett vizsgálni. Ismert volt a két zsinór együttes nyújtatlan hossza, valamint egy grafikon a két zsinór rugalmassági állandójáról a nyújtatlan hossz függvényében. Meg kellett határozni a két gumiszál nyugalmi hosszát az őket eltakaró cső megbontása nélkül.

Simon Péter volt felelős Pécsett a helyi szervezésért, valamint a mérési feladat kidolgozásáért. Idén a tapadási súrlódást kellett vizsgálni egy fecskendő segítségével. A feladat két részből állt. Az első mérés során a fecskendő csőrét ujjbegyünkkel zárni kellett, majd a dugattyú által elzárt levegőt nagyon lassan összenyomtuk a felére, aztán elengedtük a dugattyút. A dugattyú hamarosan megállt a kiindulásinál kisebb térfogatértéknél! A folyamatot izotermikusnak tekintve megfogalmazhatjuk a Boyle–Mariotte-törvényt, valamint azt, hogy a dugattyúra ható erők összege nulla a végállapotban. A mért adatokat a fenti törvényekbe helyettesítve megkaptuk a dugattyúra ható tapadási súrlódási erő értékét. A feladat második részében a tapadási erő maximumértékét kellett meghatározni. Most is befogtuk a fecskendő csőrét, majd a dugattyút nagyon lassan toltuk kicsit, elengedtük, majd megint toltuk egy kicsit, majd elengedtük, és így tovább. Így eljuthattunk egy olyan pozícióba, hogy a dugattyút elengedve az nem mozog tovább. A dugattyú ilyen módon létrehozott egyensúlyi helyzetében a tapadási erő maximumértéke jelenik meg, melyet az első részben megismert törvényekkel határozhattunk meg.

2024-ban a következő diákok érték el a legjobb helyezéseket:

I. kategória (gimnázium, 9. évfolyam):

1. helyezett: *Eleki János* (Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium, tanára: *Vincze István*)
2. helyezett: *Vödrös Dániel* (Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Gimnázium, tanára: *Schramek Anikó*)
3. helyezett: *Sánta Gergely* (Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Gimnázium, tanára: *Schramek Anikó*)

II. kategória (gimnázium, 10. évfolyam):

1. helyezett: *Tóth Kolos Barnabás* (Budapesti Eötvös József Gimnázium, tanárai: *Gulyás Erzsébet, Sas Tamás*)
2. helyezett: *Gyenes Károly* (Kecskeméti Bányai Júlia Gimnázium, tanárai: *Szittyai István, Sarlós Ferenc, Csányi Sándor*)

3. helyezett: *Muraközi Péter* (Czuczor Gergely Bencés Gimnázium, tanára: *Csonka László*)

III. kategória (akik első évben tanulnak technikumban):

1. helyezett: *Szöllősi Dániel* (Energetikai Technikum és Kollégium, Paks, tanára: *Damjanovitsné Eke Violetta*)

IV. kategória (akik második évben tanulnak technikumban):

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

A döntőn minden versenyző kapott oklevelet, ajándékkönyvet, pendrive-ot, valamint egyéb ajándékot (toll, hátizsák, Samsung-termék, …) is. Mind a négy kategória győztese Mikola-éremmel tért haza. Gyöngyösön és Pécsett is minden felkészítő tanár kapott emléklapot. A visszajelzések alapján a résztvevők (diákok, felkészítő tanárok, zsűri, szülők) elégedetten, pozitív 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, ezzel is gazdagítva a hazai fizikaoktatás kultúráját.