

Fizika gyakorlati feladatok

a 2019. évi Nagy László Fizikaverseny gyakorlati fordulójára

A 10. évfolyam rövid feladata: Két egymásra helyezett labda

Két rugalmas gumilabdánk közül a kis labda tömege 14 dkg, a nagy labdaé pedig 42 dkg, azaz a kis labda tömegének háromszorosa. Az ütközéseket minden esetben tekintsük tökéletesen rugalmasnak. Ha a labdákat ugyanolyan magasságból egyenként a talajra ejtjük, nagyjából ugyanolyan magasságra pattannak vissza. Ha azonban a kisebb labdát pontosan a nagyobbik tetejére illesztjük, és a két labdát együtt engedjük el, egészen érdekes dolgokat tapasztalhatunk.



- Ha külön-külön ejtettük le a két labdát, és azok nagyjából egyforma magásra pattannak vissza, mit mondhatunk a talajra érkezést követő visszapattanási sebességükről?
- Ha a két labdát egymásra helyezve együtt ejtettük le, hogyan viselkednek a földet érést követően a különböző tömegű labdák?
- Hogyan értelmezhetjük a tapasztalatokat?

Megoldás:

- Ha mindkét labdát külön-külön egyforma magasról ejtettük le, akkor közel azonos sebességgel érnek földet, és azonos kezdősebességgel pattannak vissza.
- Ha egymásra helyezve ejtjük le a labdákat, akkor azt tapasztaljuk, hogy az alsó labda lényegében a földön marad, a kisebb pedig jóval nagyobb sebességgel pattan vissza.
- Mindkét labda azonos v sebességgel ér földet. Mivel esés közben nincsenek egymással kapcsolatban, ezért az alsó labda v sebességgel a földről visszapattanva találkozik az ugyancsak v sebességgel vele szembe jövő kisebb labdával. Mivel ütközésük teljes mértékben rugalmas, föl lehet írni rájuk a lendületmegmaradás és az energiamegmaradás törvényét.

A kísérlet értelmezésénél nem követelmény ugyan a versenyzők számára, de ha felírjuk a szóban forgó egyenleteket a felfelé v sebességgel induló nagy labdára és a v sebességgel még lefelé tartó kis labdára (pozitív előjelűnek tekintve a felfelé irányt, v_1 -gyel jelölve a visszapattanó kis labda, valamint v_2 sebességgel a felfelé induló nagy labda sebességét), akkor az alábbiakat kapjuk. A lendületmegmaradás törvénye $3mv - mv = 3mv_2 + mv_1$ illetőleg az energiamegmaradás törvénye $\frac{1}{2}(mv^2 + 3mv^2) = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}3mv_2^2$. Előbbiből v_1 -et kifejezve és behelyettesítve a második egyenletbe, valamint a műveleteket elvégezve ezt kapjuk: $4v^2 = 4v_1^2 - 12v \cdot v_2 + 12v_2^2$, amelyet rendezve és megoldva $v_2 = 0$ vagy $v_2 = v$ értéket kapunk. A lineáris egyenletből $v_2 = 0$ mellett $v_1 = 2v$ értéket kapunk, ami azt jelenti, hogy a nagy labda a földön marad, míg a kis labda a talajra érkezési sebességének a duplájával pattan vissza: ez a kísérleti tapasztalatokkal megegyezik. A $v_2 = v$ megoldásnál a lineáris egyenletből $v_1 = -v$ adódik, ami szerint a felül lévő kis labdának lefelé kellene indulnia, ami nem lehetséges.

A 11. évfolyam rövid feladata: A nagyon hosszú szívószálak problémája – avagy mi van a palackban?

Sokan szeretjük szívószállal inni a különféle italokat. A kereskedelemben kaphatók hosszú, akár 50 cm-es szívószálak is. Most még hosszabbakkal fogunk kísérletezni. A szívószálakat hosszú műanyagcsövekkel fogjuk helyettesíteni.

Az épület külső oldalfala mellett – szorult helyzeteket enyhítve – különböző magasságokban elhelyeztünk számotokra egy-egy üveg finom üdítőitalt. A különböző szinteken elhelyezett palackok mindegyikében más és más ital van, amelyeket könnyen azonosítani tudtok.

Mi most a harmadik emeleten vagyunk. Tudnotok kell még a következőket:

- a) a baloldali szívószálba nyúló palack a harmadik emelet padlószintjén van,
- b) a középső szívószálhoz csatlakozó palack a második emelet padlószintjén van,
- c) a jobb oldalihoz csatlakozó palack a földszint padlószintjének magasságában van.

Szívjátok föl az üvegekben lévő folyadékokat a) b) c) sorrendben, és állapítsátok meg, hogy a különböző emeleteken lévő palackokban milyen folyadékokat helyeztünk el! Ha azonosítani tudjátok a palackban elhelyezett italt, azt nektek ajándékozzuk!

A helyzet áttekintését segítheti az itt látható szemléltető ábra.

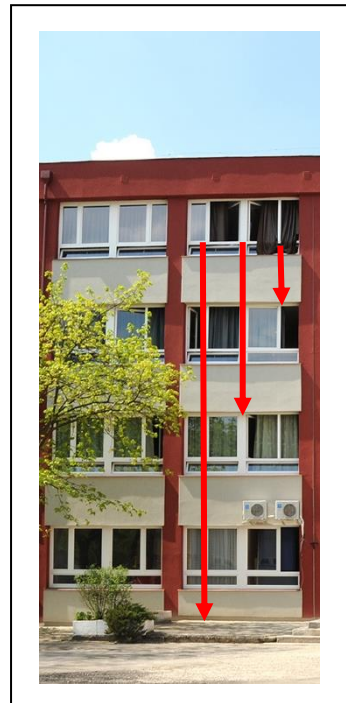
Megoldás:

A bal oldali csőhöz csatlakozó folyadék kb. 1,5 m-es magasságban van, az itt lévő folyadékot (Coca Cola Zéró) nagyon könnyű felszívni. Mivel ezek a folyadékok víznek tekinthetők (?), ehhez kb. 15 kPa nyomáskülönbséget kell biztosítanunk a szíváskor.

A középső csőhöz csatlakoztatott folyadék kb. 4,5 m mélységben van. Az itt lévő folyadék (narancs Fanta) felszívása már nehezebben megy, a szükséges nyomáskülönbség 45 kPa (a légköri nyomásnak nagyjából a fele).

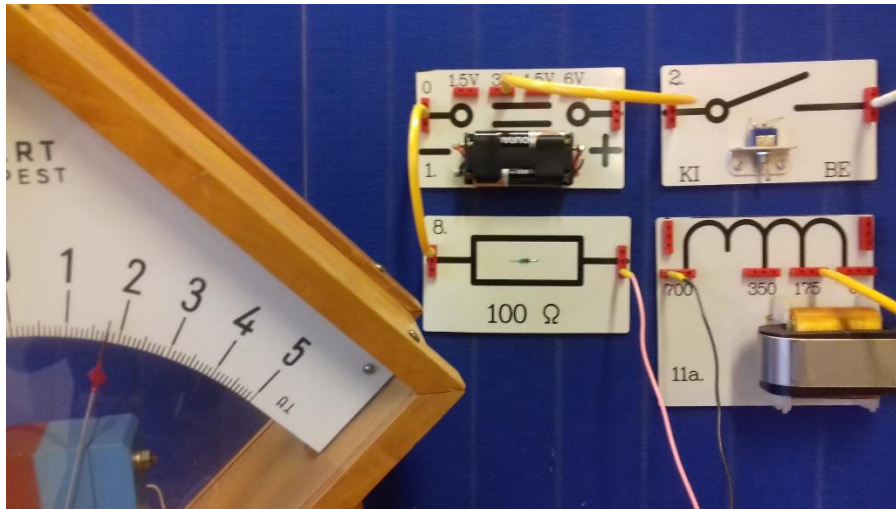
A jobb oldali csőhöz csatlakoztatott palack kb. 10,5 m mélységben van, a felszívásához szükséges nyomáskülönbség kb. 105 kPa, azaz a légköri nyomásnál nagyobb. Ez azt jelenti, hogy a földszinten elhelyezett palackból a harmadik emeletre lehetetlen felszívni a folyadékot. Ezért a földszinten elhelyezett palackban lévő folyadék mibenlétéről ezzel a módszerrel nem szerezhetünk információt. Ebben a palackban egyébként házipálinkát helyeztünk el.

Kiegészítés: A csapat akár azt is elmondhatja, hogy ez a kísérlet analóg egy vízzel elvégzett Toricelli-kísérlettel. Ha vízzel teletöltenénk a 10,5 m hosszú csövet, és az alsó végét vízbe állítanánk, akkor a vízoszlop kb. 10 m magasságban állapodna meg, mert a 10 méteres vízoszlop nyomása tart egyensúlyt a külső levegő nyomásával.



A 12. évfolyam rövid feladata: Soros R-L kör vizsgálata egyen- és váltófeszültséggel

Az asztalon lévő és az ábrán látható kísérleti összeállításban egy $R = 100\ \Omega$ nagyságú ohmos ellenállást sorba kapcsoltunk egy tekercsel. Ha a rendszerre $U = 2,7\ V$ egyenfeszültséget kapcsolunk, akkor $I = 17\ mA$ áramerősséget mértünk.



- Az egyenfeszültséggel való táplálás esetén mekkora a tekercs ellenállása?
- Olvassátok le a soros körben folyó váltóáram nagyságát, ha a soros elrendezésre szintén $U = 2,7\ V$ nagyságú váltakozó feszültséget kapcsolunk. Miért változott az áramerősség értéke az egyenfeszültséggel végzett kísérlethez képest?
- Határozzátok meg, hogy a váltófeszültség alkalmazása esetén mekkora a tekercs induktív ellenállása!

Megoldás:

- Az egyenfeszültséggel való tápláláskor az $R = 100\ \Omega$ és a tekercs ohmos ellenállása összeadóik, és ezek eredője $R_e = \frac{U}{I} = 159\ \Omega$, ezért a tekercs ohmos ellenállása $R_L = 59\ \Omega$.
- Ha ugyancsak $U = 2,7\ V$ váltófeszültség alkalmazásával megmérjük a körben folyó áram erősségét, akkor az áramerősség értéke $I = 7\ mA$ -re csökken. A váltakozó feszültség esetén a tekercsnek nem csak ohmos, hanem induktív ellenállása is van, amely növeli a soros kör ellenállását, ezért az áramerősség jelentősen csökken.
- A soros kör impedanciája $Z = \frac{U}{I} = 386\ \Omega$. Mivel a váltóáramú ellenállások soros kapcsolásakor $Z^2 = R^2 + X_L^2$, ahol $R = 159\ \Omega$ (az előzmények szerint), ebből $X_L = 351\ \Omega$ adódik a tekercs induktív ellenállására. A tekercs induktivitása nem volt ugyan kérdés, de a hálózat körfrekvenciájából $L = 1,1\ H$ érték lenne kapható.

Megjegyzés a feladat értékeléséhez: Az értékeléskor bemutatjuk, hogy ha a tekercsbe vasmagot helyezünk, akkor a mért áramerősség $0,5\ mA$ -re csökken, azaz impedancia $Z = 5400\ \Omega$ lesz. Ha ezzel számoljuk ki az induktív ellenállás nagyságát, akkor $X_L = 5397\ \Omega$ -ot kapunk. Ezzel kiszámolva a tekercs induktivitását $L = 17\ H$ -t kapunk.

A 10. évfolyam mérési feladata: A víz fajhőjének mérése kaloriméterrel

Az elektromos fűtőszállal ellátott kaloriméterbe 1,2 dl vizet töltöttünk. Mérjétek meg a rendelkezésetekre álló eszközökkel a víz fajhőjét! Értékeljétek a kapott eredmény pontosságát! Javasoljuk, hogy a melegítést kb. 5 percig, maximum 8-10 percig végezzétek!



Eszközök: elektromos fűtőszállal ellátott hőszigetelt kaloriméter 1,2 dl vízzel és keverővel, hőmérővel, $U=6V$ feszültségű egyenáramú áramforrás, áramerősség mérésére alkalmas mérőműszer, valamint okostelefonotok stoppere.

Megoldás: A kaloriméterben lévő víz hőmérséklete mérésem során $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. Az áramforrásra kötjük a kaloriméter fűtőszálát, egy vele sorba kapcsolt árammérő műszert, és megmérjük a körben folyó áram erősségét, amely mérésünk során $I = 2,65\text{ A}$ volt. A víz melegítését $t = 5\text{ min} = 300\text{ s}$ ideig végeztük, eközben a fűtőszál a vizet $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra, azaz $\Delta T = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal melegítette föl.

A fűtőszál által végzett elektromos munka $W = I^2 \cdot R \cdot t$ volt. Az $R = \frac{U}{I} = 2,26\text{ }\Omega$ értékkel számolva $W = 4\,760\text{ J}$ értéket kaptunk, amely energia többsége (a veszteségeket egyelőre elhanyagolva) a víz felmelegítésére fordítódik. A $W = Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ formulából $c = 5\,670\text{ }\frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$ értéket kaptunk.

Az eredmény értékelése: a víz fajhője valójában $4\,200\text{ }\frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$, amelytől jelentősen eltérve 35%-kal nagyobb értéket mértünk. Nem vettük figyelembe a kaloriméter belső alumíniumpoharának hőkapacitását, ezzel kapcsolatos adatokat nem is adtunk meg. Az alumíniumpohár tömege 28 g, így hőkapacitása $C = 25,2\text{ }\frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}}$, az általa felvett energia így 252 J (a telep által leadott energia kb. 5%-a). Ezzel az értékkel számolva némileg jobb, $5\,360\text{ }\frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$ értéket kaphatunk, a hiba oka tehát alapvetően nem ez. A veszteségeket az okozza, hogy a kísérlet során a vezetők és a csatlakozások érezhetően és erőteljesen melegsznek, így az áramforrás által leadott energia mintegy 30%-a diszzipálódik. A hiba másik oka az, hogy a rövid idő alatt nem tudtuk kivárni a rendszer termikus egyensúlyának beállását.

A 11. évfolyam mérési feladata: xilofon készítése seprűnyélből

Készítsétek el a xilofon nevű ütőshangszer modelljét seprűnyélből! Kiindulásként levágtunk egy 50 cm hosszú darabot, amely a dó alaphangot (D) definiálja. Számoljátok ki a dó hangot

követő ré, mi, fá, szó, lá, ti és dó (D') hangot adó fadarabok szükséges hosszát! Jelöljétek be a rendelkezésekre álló seprűnyélre a szükséges vágások helyét, amelyek az egyes hangokat szólaltatják majd meg. A bejelölt helyeken munkatársaink elvágják a seprűnyelet, és a stabil felfüggesztés érdekében rácsavarozzák egy lécre. A maradék fadarabot használjátok fel az általatok elkészített és „behangolt” hangszert megszólaltatására. Ne várjatok túlságosan tiszta hangzást!

- A zsűri és a közönség számára játsszatok el kétszer egy dó-ré-mi-fá-szó-lá-ti-dó futamot!
- Adjátok meg a levágott rudak hosszát csökkenő sorrendben: 50 cm,
- Magyarázzátok el, miért pont ilyen hosszúságú rudakat vágattatok le!

Eszközök: nyárfából készült két hosszú seprűnyél, mérőszalag, ceruza, fűrész, függvénytáblázat a „Hangskálák hangjainak rezgésszámai és hangközei” táblával, amelyből leolvashatjátok a szomszédos hangközökre vonatkozó adatokat.



A megoldás ismertetését követően játsszatok el hangszereken a közönségnek egy egyszerű gyermekdalt (minden csapatnak mást írunk elő), de ne mondjátok el, mit fogtok előadni. A zsűri és a közönség feladata lesz a dallam felismerése. A dalt szolmizációs jelekkel és szöveggel megadjuk számotokra (ezeket a csapatoknak külön-külön megadjuk, de a zsűrinek nem).

Megoldás: A függvénytáblázat 136. (?) oldalán megtalálhatók a hangoknak az alaphanghoz viszonyított frekvenciái. Mivel a seprűnyélben jó közelítéssel állandónak tekinthető a hullám terjedés sebessége, a levágandó darabok hossza a frekvenciával fordítottan arányos. A frekvenciára és az egyes darabok hosszára vonatkozó számításaink a szóban forgó táblázat alapján a következők:

hang	l (cm)	hosszarány	frekvencia arány
Dó	50	1	1,00
Ré	44	0,89	1,13

Mi	40	0,80	1,25
Fá	38	0,75	1,33
Szó	33	0,67	1,50
Lá	30	0,60	1,67
Ti	27	0,53	1,88
Dó'	25	0,50	2,00

A levágandó darabok hosszát a félkövér oszlop tartalmazza. A „hangszer” a pontos mérés ellenére nem túlságosan tisztán szól, de a dallam – kis konstruktivitással – felismerhető.

A csapatok számra szolmizációs hangokkal és szövegekkel megadott dalok az alábbiak:

1. Hull a pelyhes fehér hó...
2. Boci, boci tarka...
3. Katalinka, szállj el...
4. Télapó itt van

A 12. évfolyam mérési feladata: A kisszögű lejtőn legördülő henger mozgása

Helyezzük a fémhengert (üreges cső) az enyhe, kb. 1 fokos hajlásszögű lejtő tetejére, és kezdősebesség nélkül engedjük legurulni. Ha több mérést végzünk, az átlagolt eredmények pontosabbak lesznek.

- a) Készítsük el a mozgás út-idő, valamint a megtett fordulatok számának az eltelt időtől való függését mutató grafikonját úgy, hogy az indulástól számítva *kétmásodperces gyakorisággal* jelöljük be a legördülő henger helyét – a grafikon elkészítéséhez a rendelkezésükre álló Excel-táblába írjátok be az adatokat, és a szükséges grafikonok automatikusan megjelennek. A kapott grafikonok alapján milyen mozgást végez a legördülő henger? Mi ennek az oka?
- b) Mekkora a lejtő végén a henger sebessége és szögsebessége?
- c) Számoljuk ki az adatokból és a mérési eredményekből a henger tehetetlenségi nyomatékát, valamint a lejtő alján jellemző forgási energiáját!

Eszközök:

216 cm hosszú tanulói pad mint enyhe lejtő, kréta a jelöléshez, vashenger, mérőszalag, mobiltelefonok stoppere, digitális mérleg



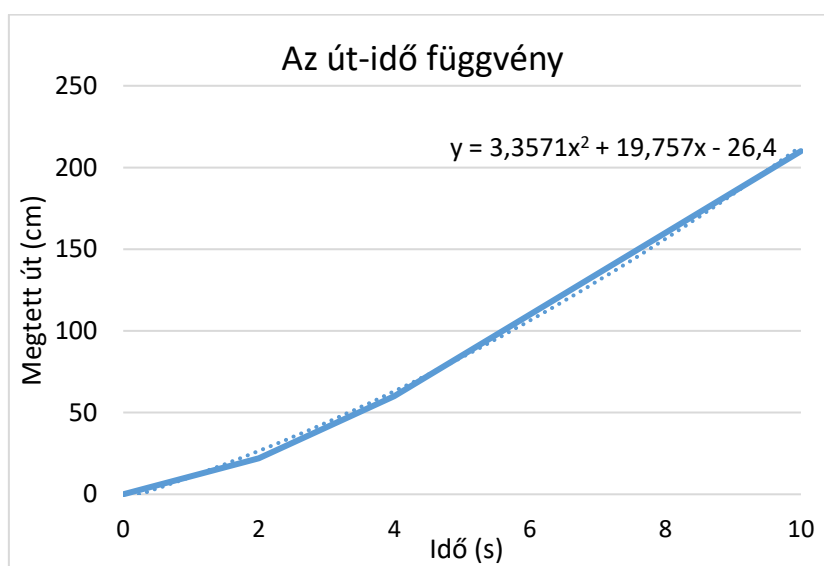
Megoldás:

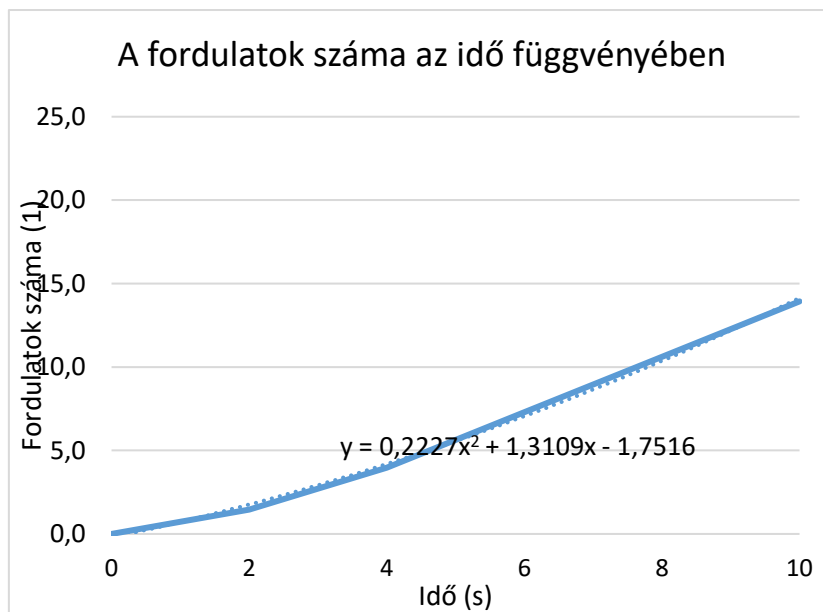
A henger tömegét megmérve 500 g-ot kapunk, átmérője pedig 4,8 cm (új adatok: 370g, 4,2 cm)

a) Ha az indulástól számítva kétmásodpercenként megjelöljük a legördülő henger helyét, akkor – jól reprodukálhatóan – az alábbi s-t adatokat kapjuk. Táblázatunk az $N = \frac{s}{2r\pi}$ képlettel számolva tartalmazza az adott időpillanatig megtett fordulatok számát.

t (s)	0	2	4	6	8	10
s (cm)	0	22	60	110	160	210

Ha a kétmásodpercenként megtett utat többször megmérjük, az átlagokkal jelentősen javíthatjuk mérési eredményünk pontosságát. A megtett út és a megtett fordulatok számának az eltelt időtől való függését a kapott diagramok mutatják. A kapott grafikonra másodfokú polinomot illesztettünk, és kiírtattuk a kapott másodfokú függvényt is.





A mérési adatok bemutatására (elsősorban a kollégák kedvéért) az alábbi táblázat utolsó sorában kiszámoltattuk az egymást követő időintervallumokban az út változási gyorsaságát, azaz az egyes időintervallumokra jellemző átlagsebességet. Látható, hogy a 6. s-tól 25 cm/s körül állandósul a henger sebessége.

t (s)	0	2	4	6	8	10
s (cm)	0	22	60	110	160	210
t (s)	0	2	4	6	8	10
N (1)	0,0	1,5	4,0	7,3	10,6	13,9
ds/dt (cm/s)		11	19	25	25	25

- b) A kapott út-idő és fordulatszám-idő grafikonokból az látható, hogy az első néhány másodpercben a henger gyorsul, majd – nagyjából félúttól – a sebessége közel állandó (vagy alig változik). Ennek oka az, hogy a sebesség növekedésével növekedő közegellenállási erő és a hengert gyorsító erők eredője az enyhe lejtőn félúttól nulla értéket ad.
- c) Mivel az út második felében a sebesség lényegében állandó, a sebességet például az út második felének hosszából és a megtételhez szükséges időből határozhatjuk meg, ezekkel a henger a lejtő alján $v = 25 \text{ cm/s}$, szögsebességére pedig $\omega = \frac{v}{r} = 10,4 \frac{1}{s}$ értéket kapunk.
- d) A tehetetlenségi nyomaték a mérési eredmények alapján a lejtő alján kapott v és ω értékekből számítható ki. A lejtő alján a henger forgási energiája azonban nem egyszerűen a $E_f = \frac{1}{2} \cdot \Theta_s \cdot \omega^2$ képletből számítható ki, hiszen a henger nem a tömegközéppontja körül, hanem a lejtőn lévő pillanatnyi forgástengely körül forog. A tehetetlenségi nyomaték számításakor ezért a Steiner-tételt kell alkalmaznunk: $\Theta = \Theta_s + m \cdot d^2$, ahol d a henger sugarával egyenlő. Így $\Theta = m \cdot r^2 + m \cdot r^2 = 2 \cdot m \cdot r^2 = 0,00058 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 = 5,8 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$. Ezzel a lejtő alján a henger forgási energiája $E_f = \frac{1}{2} \cdot \Theta \cdot \omega^2 = 0,031 \text{ J}$

A 9. osztályosok mérési feladata:

Helyezzük a fémhengert (üreges cső) a kis hajlásszögű lejtő tetejére, és kezdősebesség nélkül engedjük legurulni. Ha több mérést végzünk, az átlagolt eredmények pontosabbak lesznek. Ezért javasoljuk, hogy négyszer mérjétek meg az összetartozó út- és időadatokat. Javasoljuk, hogy a tényleges mérés megkezdése előtt kicsit „gyakoroljatok”, mert elég nehéz másodpercenként megjelölni a legördülő henger helyét. Munkátokat a háttérben hallható másodpercenkénti metronómhang segíti.

- Készítsük el a mozgás út-idő, valamint a megtett fordulatok számának az eltelt időtől való függését mutató grafikonját úgy, hogy az indulástól számítva *egymásodperces gyakorisággal* jelöljük be a legördülő henger helyét – a grafikon elkészítéséhez a rendelkezésetekre álló Excel-táblába írjátok be az adatokat, és a szükséges grafikonok automatikusan megjelennek. A kapott grafikonok alapján milyen mozgást végez a legördülő henger?
- Mérési eredményeitek átlaga alapján kirajzolódik a legördülő henger sebesség-idő grafikonja. Mit állapíthatsz meg a kapott grafikonból? Mi lehet a mérési tapasztalat magyarázata?
- A mért adataidból számolva megjelenik a gyorsulás-idő grafikon. Mit állapíthatsz meg a henger gyorsulásáról?
- A henger a lejtő alján éri el legnagyobb sebességét. Számold ki, hogy a lejtő alján mérhető mozgási energiája hány százaléka a lejtő tetején mérhető magassági energiának? Hová lett a többi energia?

Eszközök:

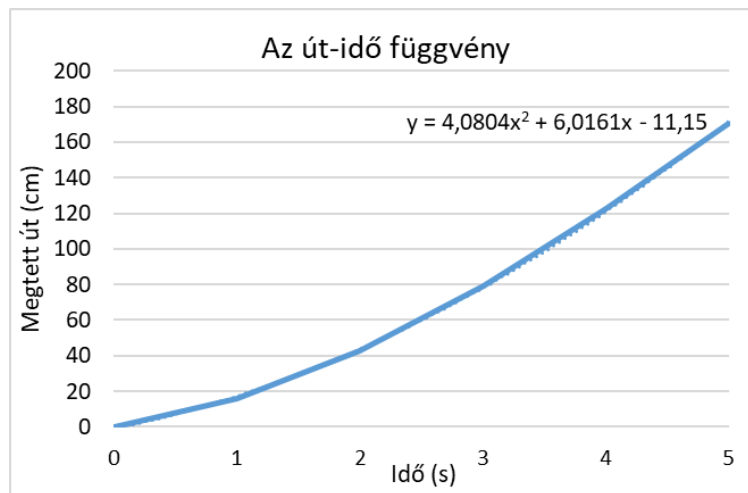
216 cm hosszú tanulói pad mint enyhe lejtő, kréta a jelöléshez, vashenger, mérőszalag, mobiltelefonok stoppere, digitális mérleg.



Megoldás:

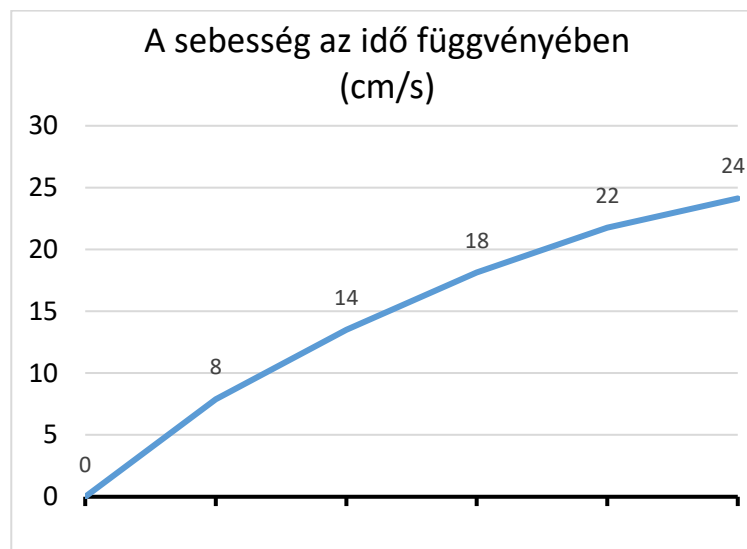
- Egy másodpercenként bejelöljük a legördülő henger által megtett utat, a mérést négy alkalommal egymást követően végezzük el, így az alábbi adatokat kaphatjuk:

A henger út-idő függvénye az alábbiak szerint adódik:



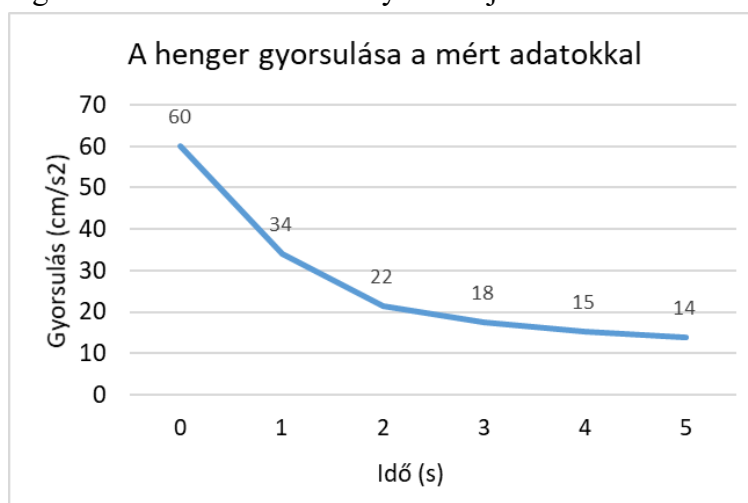
A kapott adatok és a grafikon alapján a henger fokozatosan gyorsuló mozgást végez.

b) A sebesség-idő grafikonra a következőket kapjuk:



Ebből azt látjuk, hogy a sebesség nem egyenletesen növekszik, azaz a henger gyorsulása nem állandó, hanem folyamatosan csökken.

c) A gyorsulás-idő grafikon az alábbi eredményeket adja:



A gyorsulás mértéke tehát folyamatosan csökken. Ennek oka az, hogy a gravitációs erő és a lejtő által kifejtett, elfelé mutató eredő erő mellett jelentkezik a gördülési ellenállásból adódó fékező erő, valamint a levegő közegellenállásának fokozatosan növekvő hatása.

- d) A kb. 370 g tömegű henger helyzeti energiája a 4 cm magas lejtő tetején kb. 14,8 mJ. A lejtő alján a henger sebessége kb. 24 cm/s, ezért mozgási energiája kb. 10,6 mJ. A helyzeti energiájának tehát kb. 70%-a alakul mozgási energiává,