

Dinamika

Fizika 9.

Készítette: Rapavi Róbert

Lektorálta: Gavlikné Kis Anita

Kiskunhalas, 2014. december 31.



KISKUNHALASI
REFORMÁTUS KOLLÉGIUM
SZILÁDY ÁRON GIMNÁZIUMA

6400 Kiskunhalas, Kossuth Lajos utca 14. OM: 027956
tel.: 77 / 421-215 e-mail: szilady@gmail.com web: szilady.net

TÁMOP-3.1.3-11/2-2012-0025

„Jövőd a természettudományokban rejlik!”

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Balesetvédelem

Minden munkahelyen, így a természettudományos kísérletek végzésekor is be kell tartani azokat a szabályokat, amelyek garantálják a biztonságos munkavégzést a gimnáziumunkban. Az előírásokat komolyan kell venni, és aláírással igazolni, hogy tűz és balesetvédelmi oktatáson részt vettél.

Általános szabályok

- A tanulók a laboratóriumi gyakorlat megkezdése előtt a folyosón várakoznak, s csak tanári kísérettel léphetnek be a laboratóriumba.
- A laboratóriumba csak az ott szükséges füzetet, könyvet, íróeszközt viheted be. Táskát, kabátot csak külön engedély alapján szabad bevinni.
- A laboratóriumban étel nem tárolható; ott enni, inni tilos!
- A laboratóriumban az iskolától kapott köpenyt kell viselni, a hosszú hajat hajgumival össze kell kötni!
- A munkahelyedet a feladat végzése közben tartsd rendben és tisztán!
- A munkavédelmi, tűzrendészeti előírásokat pontosan tartsd be!
- A laboratóriumot csak a kijelölt szünetben hagyhatod el. Más időpontban a távozáshoz a tanártól engedélyt kell kérni.
- A laboratóriumban csak a kijelölt munkával foglalkozhatsz. A gyakorlati munkát csak az elméleti anyag elsajátítása után kezdheted meg.
- Az anyag-és eszközkiadást, a füzetvezetést az órát tartó tanár szabályozza.
- A laboratórium vezetőjének, munkatársainak, tanárod utasításait maradéktalanul be kell tartanod!

Néhány fontos munkaszabály

- Törött vagy repedt üvegedényt ne használj!
- Folyadékot tartalmazó kémcső a folyadékfelszíntől lefelé haladva melegítendő. Nyílását ne tartsd magad vagy társad felé!
- A vegyszeres üvegek dugóit ne cserélgess össze! Szilárd vegyszert tiszta vegyszeres kanállal vedd ki, a kanalat használat után töröl el! Megmaradt vegyszert a vegyszeres edénybe visszönteni nem szabad!
- A laboratóriumi lefolyóba ne dobj olyan anyagot (pl. szűrőpapírt, gyufaszálat, parafadugót, üvegcserepet stb.), amely dugulást okozhat!
- Az eszközöket csak rendeltetésszerűen, tanári engedéllyel szabad használni!
- Az eszközöket, berendezéseket csak rendeltetésszerűen és csak az adott paraméterekre beállítva használhatod!
- Vegyszerekhez kézzel nyúlni szigorúan tilos!
- Soha ne szagolj meg közvetlenül vegyszereket, ne kóstolj meg anyagokat kémia órán!
- Ha bőrödre sav vagy lúg kerül, először mindig töröld szárazra, majd bő vízzel öblítsd le!
- A legkisebb balesetet vagy az eszközök meghibásodását azonnal jelentsd a szaktanárnak!
- Munka közben mind a saját, mind társaid testi épségére vigyáznod kell!
- Tanóra végén rakj rendet az asztalodon tanárod és a laboráns irányításával!

1. óra

Súrlódási együttható mérése

Emlékeztető

Hogyan szólnak Newton törvényei?

Newton I. törvénye:

.....

.....

Newton II. törvénye:

.....

Newton III. törvénye:

.....

.....

Vízszintes síkon mozgatva egy testet az egyenletes sebességű mozgáshoz a csúszási súrlódási erővel egyező nagyságú vízszintes erővel kell hatni a testre. A test megmozdításához a húzó-erőnél nagyobb erőre van szükség, ennek az erőnek a nagysága a tapadási súrlódási erő maximumával egyezik meg.

$$F_{\text{húzó}} = F_s = \mu \cdot F_{ny}$$

$$F_{h,max} = F_{tap,max} = \mu_0 \cdot F_{ny}$$

$$F_{ny} = m \cdot g$$

A fentiek alapján tehát erők mérésének segítségével meghatározható a súrlódási együttható (μ) és a tapadási súrlódási együttható (μ_0) is.

$$\mu = \frac{F_h}{m \cdot g}$$

$$\mu_0 = \frac{F_{h,max}}{m \cdot g}$$

Eszköz és anyaglista

különböző tömegek	rugós erőmérő
fahasáb egyik oldala filc anyaggal bevonva	

*A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat***I. mérés**

Igazoljuk, hogy a súrlódási erő nagysága független a felület nagyságától! A fahasábokat különböző nagyságú felületükön húzzuk. A nyomóerő nagysága megegyező és a felület minősége is.

Végezzünk méréseket különböző terhelések vagy különböző tömegű hasábok esetén. Mérési adatainkat foglaljuk táblázatba. Egyenletes mozgás esetén a mért húzóerő egyenlő a súrlódási erővel.

Felület (cm ²)	F_{s1} (N)	F_{s2} (N)	F_{s3} (N)	$F_{s,átl}$ (N)
Másik tömeg				

II. mérés

Igazoljuk, hogy a súrlódási erő nagysága egyenesen arányos a nyomóerő nagyságával!

Mérjük meg a test súlyát (ez lesz egyenlő a nyomóerővel), valamint a húzóerőt (ez lesz egyenlő a súrlódási erővel). Próbáljuk egyenletesen mozgatni a testet, miközben mérjük a mozgatóerőt. Adatainkat foglaljuk táblázatba és ezekből határozzuk meg a csúszási súrlódási együtthatót. Több tömeg esetén végezzünk 3-3 mérést. Mérési adatainkat átlagoljuk a μ értékének meghatározásához. ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

m (g)	F_s (N)	filces oldal	$\mu = \frac{F_s}{m \cdot g}$	μ (filc)	$\mu_{átl}$	$\mu_{átl}$ (filc)

Megfelelően mérve a súrlódási erő és a nyomóerő között egyenes arányosságot kapunk. A súrlódási erőt ábrázolva a nyomóerő függvényében a kapott egyenes meredeksége éppen a súrlódási együttható lesz.

III. mérés

Határozzuk meg a tapadási súrlódási erő maximumát! Ha rendelkezésünkre áll két különböző súrlódó felület, akkor határozzuk meg mindkettőnél μ_0 értékét. Mutassuk ki, hogy $\mu_0 > \mu$! Itt is

végezzünk legalább 3-3 mérést egy-egy felület esetén. Próbáljuk óvatosan megkeresni azt a húzóerőt, amelynél éppen megmozdul a test.

m (g)	$F_{tap,max}$ (N)	<i>filces oldal</i>	$\mu_0 = \frac{F_{tap,max}}{m \cdot g}$	μ_0 (filc)	$\mu_{0,átl}$	$\mu_{0,átl}$ (filc)

Keressük meg a mérés hibaforrásait!

.....

.....

.....

Érdekességek, kiegészítések

A súrlódást leggyakrabban úgy kezeljük, mint a mozgást akadályozó káros hatást, pedig a súrlódás egyszerre „áldás és átok”. Alapvetően szinte minden mozgással problémánk lenne – nem tudnánk mozogni –, amennyiben nem lenne súrlódás. Egyrészt mindent elkövetünk a súrlódás csökkentésére (csapágyak, kenőanyagok, stb.), másrészt mindent elkövetünk a növelésére (éresítés, nagyobb tapadású anyagok, homokszórás, stb.). A gépkocsi kerekein például görgős-csapágyakat használnak megfelelő zsírozással, hogy minél kisebb legyen a súrlódás a kerék és a tengely között. Ugyanakkor a fékeken olyan nagy súrlódású anyagokat alkalmaznak, amelyek biztosítják a gépkocsi minél hatékonyabb leállítását, amikor szükséges. A korcsolya esetén az a jó, ha minél kisebb a súrlódás. A vékony él kis felületén nagyon nagy nyomás alakul ki a jég megolvad és a keletkező vékony vízrétegen könnyen siklik a korcsolya. Ha viszont jeges úton kell közlekedni, akkor a súrlódást növelni kell homok, vagy közúzalék szórással és megfelelő gumi használatával (téli gumi).

A testek könnyebben mozgathatók akkor, ha érintkező felületeik közé görgőket helyezünk, vagy maguk a testek gördülnek el egymáson. Ilyenkor a felületi egyenetlenségek elfordulás

közben, mint a fogaskerekek – kiemelkednek egymásból. Ez az oka annak, hogy – azonos feltételek mellett – a gördülési ellenállási erő kisebb, mint a csúszásnál fellépő súrlódási erő.

Néhány anyag csúszási súrlódási együtthatóját, valamint gördülési csúszási együtthatóját tartalmazza a következő táblázatok.

Anyagok	μ
<i>Acél - Acél</i>	0,06-0,20
<i>Alumínium - Alumínium</i>	1,04
<i>Nikkel - Nikkel</i>	1,2
<i>Gumi - Aszfalt (szárazon)</i>	0,8
<i>Fa - Kő</i>	0,30

μ_r	Gördülő test/pálya
0,0005–0,001	<i>Golyóscsapágy, a golyó és a csapágygyűrűk edzett acélból</i>
0,001–0,002	<i>Acél kerék acél vasúti sínen</i>
0,006–0,010	<i>Személyautó gumiabroncs és aszfalt</i>
0,013–0,015	<i>Teherautó gumiabroncs és aszfalt</i>
0,01–0,02	<i>Gumiabroncs és beton</i>
0,020	<i>Gumiabroncs és apró zúzottkő</i>
0,015–0,03	<i>Gumiabroncs és kockakő</i>
0,03–0,06	<i>Gumiabroncs és kátyú</i>
0,045	<i>Lánc talp és kemény útfelület</i>
0,050	<i>Gumiabroncs és terep (föld)</i>
0,04–0,08	<i>Gumiabroncs és homok</i>

Házi feladat

Készíts légpárnás járművet CD-ből.

Egy üdítő sportkupakot vagy egy átfúrt üdítő kupakot ragasztópisztollyal rögzíts egy CD lemez közepére. Fújj fel egy léggömböt és húzd a kupakra. Helyezd a CD-t sima felületre. A lufiból kiáramló levegő megemeli a CD-t, ami így könnyedén siklik. (Ha nem akar megmozdulni, kicsit lökd meg.) Magyarázd meg a látottakat! Hol használják gyakorlatban ezt az elvet?

Felhasznált irodalom

<http://www.vilaglex.hu/Erdekes/Html/FizKemMi.htm>

<http://oktatas.gov.hu>

<http://hu.wikipedia.org/wiki/S%C3%BAr%C3%B3d%C3%A1s>

Csiszár Imre – Dr. Hilbert Margit: 8 próbaérettségi fizikából középszint; MAXIM Kiadó; Szeged 2006.

2. óra

Súrlódási együttható mérése lejtő segítségével

Emlékeztető

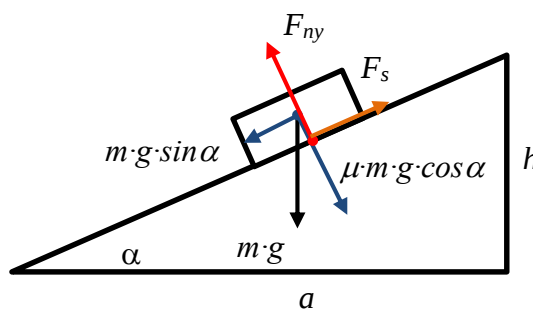
A lejtőre helyezett testet három erőhatás éri: a nehézségi erő, a lejtő síkjára merőleges nyomóerő és a súrlódási erő. Ezen három erő eredője határozza meg a hasáb mozgását. Amíg a hasáb nyugalomban van, az első két erő eredője egyenlő nagyságú, de ellentétes irányú a tapadási súrlódási erővel. A tapadási súrlódási erő mindig akkora, mint az az erő, amelyik a testet mozgásba akarja hozni, tehát nulla és egy – az adott körülményektől függő – maximális erő között változhat. A tapadási súrlódási együttható kiszámításához a nyomóerőn kívül ezt a maximális erőt kell meghatározni. A lejtőn levő testet érő nehézségi erő és a kényszererő eredője – és így a tapadási súrlódási erő is – függ a lejtő hajlásszögétől. Azt a hajlásszöget kell tehát meghatározni, amely esetében a hasáb még éppen nem mozdul meg. A fentiek szerint a tapadási súrlódási együttható (abban a helyzetben, amikor éppen a megmozdulás határán van a test).

$$\mu_0 = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{m \cdot g \cdot \cos \alpha} = \tan \alpha$$

A test egyenletes mozgása esetén:

$$\mu = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{m \cdot g \cdot \cos \alpha} = \tan \alpha$$

Szögmérés helyett mérhetjük a lejtő magasságát és alapjának hosszát is, hiszen $\tan \alpha = \frac{h}{a}$.

**Eszköz és anyaglista**

állítható hajlásszögű lejtő	szögmérő
rugós erőmérő	könnyen mozgó kiskocsi
fahasáb	

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

I. mérés

Mérjük meg a kiskocsi súlyát a rugós erőmérővel, majd helyezzük a kiskocsit a lejtőre. A kocsinhoz rugós erőmérőt akasztva határozzuk meg, hogy adott hajlásszögű lejtő esetén mekkora lejtővel párhuzamos erőre van szükség az egyensúlyhoz. Amennyiben eltekintünk a kerekeknél fellépő súrlódástól, úgy az egyensúlyhoz szükséges erő: $m \cdot g \cdot \sin \alpha$. Mérési adatainkat foglaljuk táblázatba! Lehetőség szerint végezzük el a mérést különböző súlyok esetén.



A lejtő hajlásszöge: α (°)	$F_{h,1}$ (N)	$F_{h,2}$ (N)	$F_{h,3}$ (N)	$F_{h,\text{átl}}$ (N)	F_{neh} (N)	$F_{neh} \cdot \sin \alpha$ (N)
1. test						
2. test						

Mi okozhatja az eltérést a számított és a mért érték között?

.....

.....

II. mérés

Helyezzük a fahasábot a lejtőre, majd próbáljuk megkeresni azt a hajlásszöget, amelynél éppen a megindulás határán van a test. A lejtő hajlásszögét megmérve, a szög tangenséből számolhatjuk a tapadási súrlódási együtthatót (μ_0).

Végezzük el ugyanezt a mérést úgy, hogy keressük meg azt a hajlásszöget, amelynél a test egyenesen sebességgel csúszik lefelé a lejtőn.

Mindkét esetben több mérést végezzünk, és ezekből átlagoljuk a keresett hajlásszöget! Lehetőség szerint másik felület esetén ismételjük meg méréseinket!



A lejtő hajlásszöge: α (°)	$\operatorname{tg} \alpha = \mu_0$	$\mu_{0,\text{átl}}$	$\operatorname{tg} \alpha' = \mu'_0$	$\mu'_{0,\text{átl}}$
Csúszás	$\operatorname{tg} \alpha = \mu$	$\mu_{\text{átl}}$	$\operatorname{tg} \alpha' = \mu'$	$\mu'_{\text{átl}}$

Keressük meg, hogy mi okozhatta a mérés hibáját!

.....

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

Elméleti összefoglalót, animációkat és ellenőrző kérdéseket találsz az alábbi hivatkozáson. Ellenőrizd tudásod!

<http://realika.educatio.hu/ctrl.php/unregistered/preview/preview?userid=0&store=0&pbk=%2Fctrl.php%2Funregistered%2Fcourses&c=38&node=a147&pbka=0&savebtn=1>

Felhasznált irodalom

Saját fénykép. Saját ábra.

3. óra

Pontszerű testre, ill. merev testre ható erők egyensúlyának vizsgálata

Emlékeztető

Az erők függetlenségének elvét szokás Newton IV. törvényének is nevezni. Hogyan szól ez a törvény?

.....

Hogyan adható meg matematikai formában a fenti összefüggés?

.....

Mit nevezünk merev testnek?.....

.....

Definiáld a forgatónyomatékot!

.....

Készíts rajzot is!

Mi a tömegpont, és mi a merev test egyensúlyának feltétele?

.....

.....

Add meg ezeket az összefüggést is matematikai alakban!.....

.....

Eszköz és anyaglista

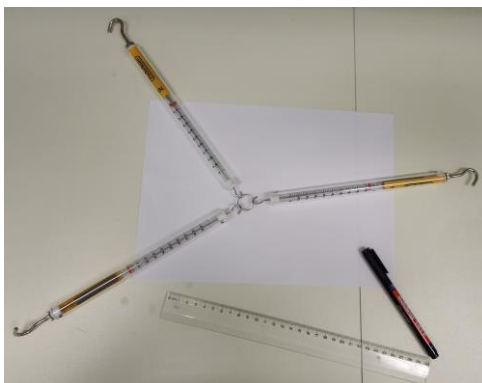
tengelyezett, egyenlő karú kétoldalú emelő állvánnyal	mérőszalag (vonalzó)
emelőre akasztható egyenlő tömegű nehezékek	3 db rugós erőmérő
magas Bunsen-állvány,	2 db dió, 2 db dióba fogható rúd
felakasztható csiga	kb. 60 cm hosszú, vékony zsineg
rajztábla	rajzlap
rajzszög	szögek, kalapács

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

I. mérés – Több erő együttes hatásának vizsgálata pontszerű testen

Rajztáblába üssünk be két szöget az ábra alapján úgy, hogy majd az erőmérőket beakasztva azok megnyújtott állapotban legyenek. Akasszuk össze a 3 rugós erőmérőt egy közös csavaralátétbe. (Ez jó közelítéssel pontszerű testnek tekinthető.) Nyújtsuk meg a harmadik erőmérőt, majd rögzítsük ennek is a másik végét. Jelöljük be az rajztáblára rögzített papíron az erők hatásvonalát. Mérjük meg az erőket. A mérést ismételjük meg úgy, hogy az erőmérők más-más értékeket mutassanak!

Igazoljuk szerkesztéssel és méréssel, hogy bármely két erő eredőjével egyensúlyt tart a harmadik erő. Készítsünk olyan elrendezést is, hogy két erő merőleges legyen egymásra. Ebben az esetben Pitagorasz tételének segítségével számítással is próbáljuk igazolni az egyensúlyt.



II. mérés – Több erő együttes hatásának vizsgálata merev testen

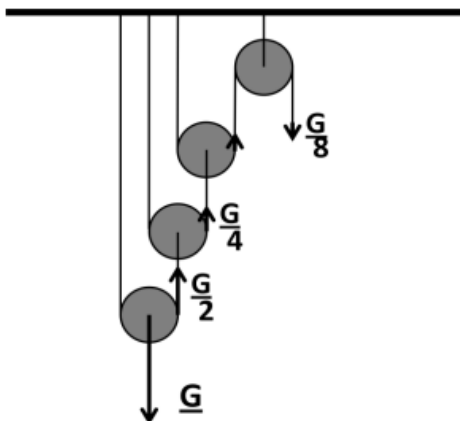
Az egyenlő karú emelő egyik oldalára ismert (megmért) tömegeket akasztunk. A másik oldal egy pontjára függőleges helyzetű erőmérőt akasztva vízszintes helyzetbe hozzuk az emelőt. Ezt az egyensúlyt megtartva leolvassuk és feljegyezzük az erőmérő által jelzett értéket. Megmérjük a nehezékek, ill. az erőmérő erőkarját, a felfüggesztés, ill. az erőmérő akasztási helyének a forgástengelytől mért távolságát. A mért értékeket szintén feljegyezzük a táblázatba. Ugyanezt a mérést végezzük el úgy, hogy az erőmérőt az emelő másik pontjához kapcsoljuk.

súly (N)	k_1 (cm)	M_1 (N·cm)	erő (N)	k_2 (cm)	M_2 (N·cm)



III. mérés – Csigasor vizsgálata

Állítsd össze az ábra szerinti Archimédieszi csigasort. Sorra 2,3 és 4 csiga esetén mért meg, hogy valóban felezi-e az erőt egy-egy újabb csiga! Végezz méréseket más teherrel is!



$G \text{ (N)}$	2 csiga $F \text{ (N)}$	3 csiga $F \text{ (N)}$	4 csiga $F \text{ (N)}$

Házi feladat

Nézz utána az egyszerű gépek gyakorlati felhasználásának! Nézz utána annak is, hogy a biológiában (élőlények) milyen szerepe van az egyszerű gépeknek!

Felhasznált irodalom

<http://oktatas.hu>

4. óra

Rugalmas megnyúlás vizsgálata

Emlékeztető

Ha egy testre erő hat, akkor alakja kisebb-nagyobb mértékben megváltozik. Az alakváltozás nagysága függ a test anyagától, méretétől, alakjától és a rá ható erő nagyságától. Amennyiben az erőhatás nem túl nagy, megszűnése után a test visszanyeri eredeti alakját. Ilyen esetben **rugalmas alakváltozásról** beszélünk. Amennyiben az erőhatás nagyobb egy bizonyos értéknél, megszűnése után a test nem nyeri vissza eredeti alakját. Ilyen esetben **rugalmatlan alakváltozásról** beszélünk.

Valamely huzal megnyúlása (Δl) egyenesen arányos a húzóerővel (F) és a huzal hosszával (l), továbbá fordítottan arányos a keresztmetszettel (A) és függ az anyagi minőségtől. Az anyagi minőségre jellemző fizikai mennyiség elnevezése rugalmassági együttható (modulusz), más néven Young-modulusz (E). A felsorolt mennyiségek között az alábbi összefüggés, az ún. Hooke-törvény áll fenn:

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{A \cdot E}$$

Más alakban ez azt jelenti, hogy adott kezdeti hossz, keresztmetszet és anyagi minőség esetén a megnyúlás arányos az erővel:

$$F = \frac{A \cdot E}{l} \cdot \Delta l = D \cdot \Delta l$$

Ez az összefüggés alkalmas egy rugó megnyújtásához szükséges erő és megnyúlás közti kapcsolat leírására is. A rugóra jellemző állandó a rugóállandó (D).

Eszköz és anyaglista

ismert, egyforma akasztható tömegek (4–6 db)	rugós erőmérő
ismeretlen rugóállandójú rugók (ezek közül két egyforma)	vonalzó vagy mérőszalag
Bunsen állvány	

*A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat***I. mérés:**

Akasszuk fel a rugót, majd mérjük meg a hosszát. Ezután akasszunk rá az ismert tömegeket, mindegyik esetben megmérve a rugó hosszát (bejelölve a rugó végét). Mérési eredményeinket foglaljuk táblázatba és ismételjük meg a mérést másik (eltérő) rugóval. A mérési eredményekből határozzuk meg a rugóállandókat.

	F_r (N)	Δl_1 (cm)	D_1 (N/cm)	$D_{1,\text{átl}}$ (N/cm)	Δl_2 (cm)	D_2 (N/cm)	$D_{2,\text{átl}}$ (N/cm)
1.							
2.							
3.							
4.							

Ábrázoljuk a rugóerőt a megnyúlás függvényében! Mit tapasztalunk?

Milyen arányosságot mutat a két mennyiség a grafikon alapján?

Rugóerő – megnyúlás



II. mérés:

Kapcsoljuk „sorosan” egymás végébe két rugót, majd ismételjük meg az előző mérést! Mit tapasztalsz? Hogyan változott meg a rugóállandó? Végezetül kapcsoljuk „párhuzamosan” a két egyforma rugót egy rúdhoz és újra végezzük el a méréseket! Most hogyan változott a rugóállandó?

	F_r (N)	Δl_s (cm)	D_s (N/cm)	$D_{s,\text{átl}}$ (N/cm)	Δl_p (cm)	D_p (N/cm)	$D_{p,\text{átl}}$ (N/cm)
1.							
2.							
3.							
4.							

Próbáljuk meg meghatározni, hogy milyen hibák léphetnek fel a mérés során!.....

.....

.....

III. mérés:

Válasszuk ki az egyik rugót, amelynek előzőleg meghatároztuk a rugóállandóját. A rugóállandó ismeretében a rezgésidő mérése segítségével határozzuk meg egy ismeretlen tömeg nagyságát! Mérési eredményünket hasonlítsuk össze a digitális mérleg által mutatott értékkel!

rugóállandó (N/m)	10 rezgés ideje (s)	rezgésidő (s)	számított tömeg (g)	mért tö- meg (g)	eltérés (%)
D =	t ₁ =	T ₁ =	m ₁ =		
	t ₂ =	T ₂ =	m ₂ =		
	t ₃ =	T ₃ =	m ₃ =		
		T _{átl} =	m _{szám} =		

$$m = D \cdot \frac{T^2}{4 \cdot \pi^2}$$

Számítás:

Most is próbáljuk megkeresni a mérésünk pontosságát befolyásoló tényezőket!

.....

.....

IV. mérés:

Méréssel igazoljuk, hogy a rugóra akasztott test rezgésideje egyenesen arányos a rezgő test tömegének négyzetgyökével!

Az előző mérésnél használt összefüggést átrendezve kifejezhetjük a rezgésidőt a rugóállandóval, és a tömeggel.

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{D}} \quad \text{ill.} \quad T = \frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{D}} \cdot \sqrt{m}$$

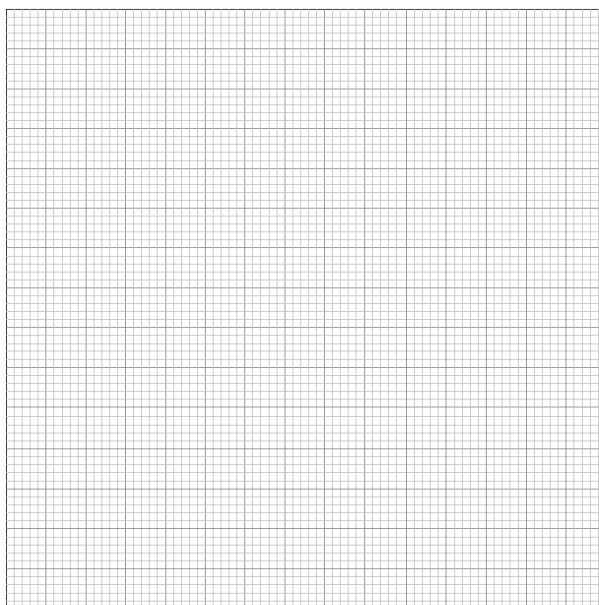
Adott rugó esetén nyilván a rugóállandó (D) egy fix érték, tehát valóban egyenes arányosságot kapunk a képletből.

Mérési eredményeinket foglaljuk táblázatba, majd készítsük el a rezgésidő – $\sqrt{m}$ grafikont!

A mérés során 10 rezgés idejét mérjük meg, majd ebből határozzuk meg a rezgésidőt. Minden tömeg esetén három mérés alapján átlagoljunk. A tömegeket digitális mérleggel mérjük le.

Tömeg/Idő	$m_1 =$	$m_2 =$	$m_3 =$	$m_4 =$
T_1				
T_2				
T_3				
$T_{\text{átlag}}$				

$T-\sqrt{m}$



Házi feladat

Nézz utána, hol használnak a gyakorlatban rugókat? Milyen rugófajták vannak?

Felhasznált irodalom

<http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszet tudomanyok/fizika/fizika-9-evfolyam/szilard-testek-megnyujtasa-es-osszenyomasa/rugalmas-alakvaltozas-osszenyomas>
<http://www.kyb-europe.com/kyb-hungary/spring-coils.html>
<http://oktatas.hu>