

Fizika Tanári segédlet

9. osztály

Készítette: Horváthné Hadobás Olga

Lektor: Rózsa Sándor

A pályázat neve:

TÁMOP 3.1.3 „Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
Munka- és balesetvédelmi, tűzvédelmi oktatás	4
1. Az egyenes vonalú egyenletes mozgás vizsgálata.....	6
2. Egyenletesen gyorsuló mozgás vizsgálata lejtőn	9
3. A szabadesés vizsgálata	11
4. Az egyenletes körmozgás vizsgálata.....	13
5. A sűrűség meghatározása	16
6. Testek tehetetlensége.....	19
7. Newton második törvénye.....	22
8. Hatás-ellenhatás törvénye	25
9. Az impulzus megmaradása, kiskocsis ütközések	29
10. A tömeg dinamikai mérése.....	34
11. Lejtőre helyezett test egyensúlya.....	37
12. A csúszási súrlódási erő vizsgálata.....	40
13. Tapadási súrlódás vizsgálata	43
14. A rugóerő vizsgálata.....	46
15. A kétkarú emelő egyensúlya.....	50
16. Az egykarú emelő, és csigasorok egyensúlya	53
17. A mechanikai energia megmaradásának törvénye	57
18. A hidrosztatikai nyomás.....	60
19. Aerosztatika.....	64
20. A felhajtóerő mérése.....	68
Hivatkozások	71
Ábrajegyzék.....	71
Irodalomjegyzék.....	72
Fogalomtár.....	73

Bevezetés

A 9. osztályos fizika fő témakörei a mozgástan, erőtan, munka és energia, valamint a folyadékok és gázok mechanikája. Ebben a munkafüzetben ezekhez a témákhoz tartozó kísérletek és mérések találhatók.

A fizika olyan természettudomány, amelynek törvényeit sokszor matematikai összefüggések formájában fogalmazzuk meg. Saját tapasztalatszerzéssel, önálló kísérletezéssel érthetőbbé válnak ezek a fogalmak. Érdeemes bejárni azt az utat, amit a törvényeket felfedező tudósok is megtaláltak. Könnyebb úgy megérteni a jelenségek törvényszerűségeit, ha magad rakod össze az eszközöket, végzed el a méréseket és keresed meg a kapcsolatot a fizikai mennyiségek között.

A fizika alaptudomány. Ez azt jelenti, hogy fogalomrendszere, megfogalmazott törvényei a természet jelenségeinek leírását adják, és lehetőségeket nyitnak a technikai alkalmazásoknak, a mérnöki tervezésnek, és olyan találmányok megalkotásának, melyek nélkül el sem tudjuk képzelni a mindennapjainkat.

Munka- és balesetvédelmi, tűzvédelmi oktatás

Laborrend

- A szabályokat a labor első használatakor mindenkinek meg kell ismernie, ezek tudomásulvételét aláírásával kell igazolnia!
- A szabályok megszegéséből származó balesetekért az illető személyt terheli a felelősség!
- A labor használói kötelesek megőrizni a labor rendjét, a berendezési tárgyak, eszközök, műszerek épségét! A gyakorlaton résztvevők az általuk okozott, a szabályok be nem tartásából származó anyagi károkért felelősséget viselnek!
- A laborba táskát, kabátot bevinni tilos!
- A laborban enni, inni szigorúan tilos!
- Laboratóriumi edényekből enni vagy inni szigorúan tilos!
- A laboratóriumi vízcsapokból inni szigorúan tilos!
- Hosszú hajúak hajukat összefogva dolgozhatnak csak a laborban.
- Kísérletezni csak tanári engedéllyel, tanári felügyelet mellett szabad!
- A laborban a védőköpeny használata minden esetben kötelező. Ha a feladat indokolja, a további védőfelszerelések (védőszemüveg, gumikesztyű) használata is kötelező.
- Gumikesztyűben gázláng használata tilos! Amennyiben gázzal melegítünk, a gumikesztyűt le kell venni.
- Az előkészített eszközökhöz és a munkaasztalon lévő csapokhoz csak a tanár engedélyével szabad hozzányúlni!
- A kísérlet megkezdése előtt a tanulónak le kell ellenőriznie a kiadott feladatlap alapján, hogy a tálcáján minden eszköz, anyag, vegyszer megtalálható. A kiadott eszköz sérülése, vagy hiánya esetén jelezze a szaktanárnak vagy a laboránsnak!
- A kísérlet megkezdése előtt szükséges a kísérlet leírásának figyelmes elolvasása! A kiadott eszközöket és vegyszereket a leírt módon használjuk fel.
- A vegyszeres üvegekből csak a szükséges mennyiséget vegyük ki tiszta, száraz vegyszeres kanállal. A felesleges vegyszert nem szabad a vegyszeres üvegbe visszatenni.
- Szilárd vegyszereket mindig vegyszeres kanállal adagoljunk!
- Vegyszert a laborba bevinni és onnan elvinni szigorúan tilos!
- Vegyszert megkóstolni szigorúan tilos. Megszagolni csak óvatosan az edény feletti légteret orrunk felé legyezgetve lehet!
- Kémcsöveket 1/3 részénél tovább ne töltsük, melegítés esetén a kémcső száját magunktól és társainktól elfelé tartjuk.
- A kísérleti munka elvégzése után a kísérleti eszközöket és a munkaasztalt rendezetten kell otthagyni. A lefolyóba szilárd anyagot nem szabad kiönteni, mert dugulást okozhat!

Munka- és balesetvédelem, tűzvédelem

- Elektromos berendezéseket csak hibátlan, sérülésmentes állapotban szabad használni!
- Elektromos tüzet csak annak oltására alkalmas tűzoltó berendezéssel szabad oltani
- Gázégőket begyújtani csak a szaktanár engedélyével lehet!
- Az égő gyufát, gyújtópálcát a szemetesbe dobni tilos!
- A gázégőt előírásnak megfelelően használjuk, bármilyen rendellenes működés gyanúja esetén azonnal zárjuk el a csővezetéken lévő csapot, és szóljunk a szaktanárnak vagy a laboránsnak!
- Aki nem tervezett tüzet észlel köteles szólni a tanárnak!
- A munkaasztalon, tálcán keletkezett tüzet a lehető legrövidebb időn belül el kell oltani!
- Kisebb tüzek esetén a laboratóriumban elhelyezett tűzoltó pokróc vagy tűzoltó homok használata javasolt.
- A laboratórium bejáratánál tűzoltózuhany található, melynek lelógó karját meghúzva a zuhany vízárama elindítható.
- Nagyobb tüzek esetén kézi tűzoltó készülék használata szükséges
- Tömény savak, lúgok és az erélyes oxidálószeres bőrünkre, szemünkbe jutva az érintkező felületet súlyosan felmarják, égéshez hasonló sebeket okoznak. Ha bőrünkre sav kerül, száraz ruhával azonnal töröljük le, majd bő vízzel mossuk le. Ha bőrünkre lúg kerül, azt száraz ruhával azonnal töröljük le, bő vízzel mossuk le. A szembe került savat illetve lúgot azonnal bő vízzel mossuk ki. A sav- illetve lúgmarás súlyosságától függően forduljunk orvoshoz.

Veszélyességi szimbólumok



Vigyázz!
Meleg felület!



Vigyázz!
Tűzveszély!



Vigyázz!
Lézersugár!



Vigyázz!
**Radioaktív
sugárzás!**



Vigyázz!
**Áramütés ve-
szélye!**



Vigyázz!
**Mérgező
anyag!**

1. Az egyenes vonalú egyenletes mozgás vizsgálata

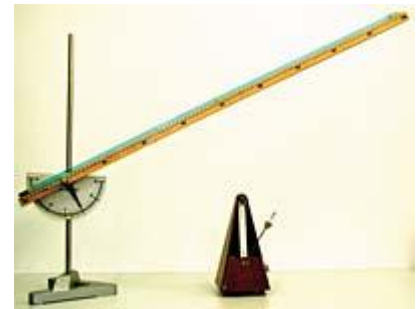
Téma: Az egyenletes mozgás vizsgálata.	
Cél meghatározása: A Mikola-csőben úszó buborék egyenletes mozgást végez. Ennek a mozgásnak a jellemzőit fogjuk az alábbiakban meghatározni.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, származtatott mennyiség kiszámítása, diagram készítése, következtetések levonása; ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Egyenletes mozgás, pálya, út, sebesség.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none"> • bevezetés • feladat ismertetése • munka és balesetvédelem • eszközök előkészítése • 1. mérés elvégzése • 2.-5. feladatok megoldása • tanári ellenőrzés • látottak közös értelmezése • 6. mérési hibák megbeszélése • a 7. feladat tanulmányozása • értékelés 	<p>4 perc</p> <p>4 perc</p> <p>3 perc</p> <p>4 perc</p> <p>15 perc</p> <p>15 perc</p> <p>10 perc</p> <p>5 perc</p> <p>5 perc</p> <p>20 perc</p> <p>5 perc</p>

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

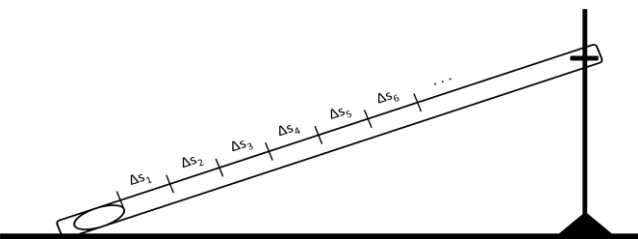
Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: Mikola-cső és a hozzá rögzített mérőrúd, Bunsen-állvány, metronóm, stopper, kréta, törülköző.

Bevezetés, Feladat, és az 1. mérés ismertetése: Tanulói munkafüzet 1. fejezet 5. oldalon.



1. ábra: Mikola-cső



2. ábra: Útszakaszok

2. feladat: A táblázat kitöltése a mért értékekkel. A mérést még kétszer kell megismételni és a mért értékeket átlagolni kell. Végül ki kell számolni a buborék sebességét.

	Δs_1	Δs_2	Δs_3	Δs_4	Δs_5	Δs_6	Δs_7
1.mérés							
2.mérés							
3.mérés							
Átlagos Δs							
$v = \Delta s / \Delta t$							

3. feladat: A táblázat kitöltése a buborék által megtett út értékeivel. Az utolsó sorban ki kell számolni a megtett út és az eltelt idő hányadosát.

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7
megtett út [cm]							
eltelt idő [s]	2 s	4 s	6 s	8 s	10 s	12 s	14 s
$v = s/t$ [cm/s]							

4. feladat: Ábrázolni kell a buborék által megtett utat az eltelt idő függvényében út-idő diagramon. Meg kell fogalmazni a grafikon alapján az egyenes arányosság tényét.

5. feladat: Ki kell egészíteni a mondatokat (*dőlt betűvel*):

Egyenletes mozgás esetén a test által megtett út egyenesen arányos a *közben eltelt idővel*. A két mennyiség hányadosa *állandó*, ami a test mozgásának a *sebessége*.

Ezt a kapcsolatot a következő alakban fejezzük ki: $v = s/t = \text{állandó}$, ahol a v mértékegysége *cm/s*, *m/s* vagy *km/h* lehet.

6. Mérési hibák: a krétajel vastagsága akár 1-3 mm-es leolvasási hibát jelenthet, valamint a mérőrúd skálázása is mérési hibát okoz, ezen kívül a reakcióidő okozhat 0,1 s -0,3 s eltérést attól függően, hogy mennyire koncentrálnak a mérést végző a metronóm ütéseire.

7. feladat: Legalább két további (egy nagyobb és egy kisebb) szögben felállítva a csövet, kell meghatározni a buborék sebességét. Tanári felügyelet, segítség és megfigyelés mellett történik.

a) 20°-nál nagyobb szögben rögzítjük, a szög ekkor kb. fok:

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7
megtett út [cm]							
eltelt idő [s]	2 s	4 s	6 s	8 s	10 s	12 s	14 s
$v = s/t$ [cm/s]							

b) 20°-nál kisebb szögben rögzítjük, a szög ekkor kb. fok:

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
megtett út [cm]							
eltelt idő [s]	2 s	4 s	6 s	8 s	10 s	12 s	14 s
v=s/t [cm/s]							

Le kell írni, hogy milyen következtetést vonható le a mérések eredményéből: a) esetben, ha csak kissé meredekebbre állítja a tanuló a csövet, akkor nagyobb sebességet tapasztal, de ha nagyon meredekre állítja (kb. 53°-nál nagyobb szögben), akkor a buborék lassabban fog emelkedni.

b) esetben mindenképpen kisebb lesz a sebesség.

Érdeemes egy olyan méréssorozatot elvégezni a csővel, melyben a vízszintestől a függőlegesig 10 cm-enként emelve a cső végének magasságát, megmérjük a buborék haladási sebességét, és ezt ábrázoljuk a cső meredekségének függvényében.

8. Értékelés: a tanuló párok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

2. Egyenletesen gyorsuló mozgás vizsgálata lejtőn

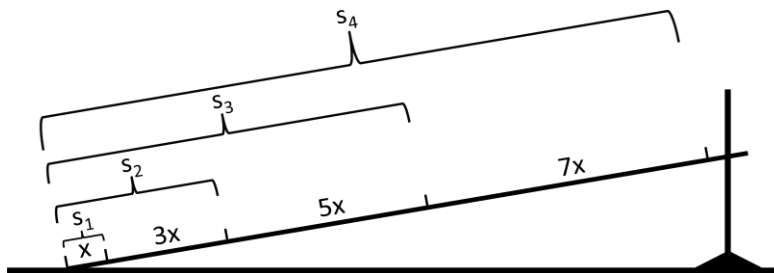
Téma: Egyenes vonalú egyenletesen gyorsuló mozgás vizsgálata lejtőn.	
Cél meghatározása: A lejtőn leguruló vasgolyó egyenletesen gyorsuló mozgásának négyzetes úttörvényét fogjuk az alábbiakban kimérni.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, származtatott mennyiség kiszámítása, diagram készítése, következtetések levonása; ellenőrzés, megbeszélés.	
Fogalmak: Sebességváltozás, egyenletesen változó mozgás, gyorsulás, négyzetes úttörvény.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none"> • bevezetés • 1. a mérési feladat ismertetése • munka és balesetvédelem • eszközök előkészítése • a mérés elvégzése: 2. feladat megoldása • 3. 4. és 5. feladatok megoldása • tanári ellenőrzés • látottak közös értelmezése • 6. mérési hibák megbeszélése • 7. érdekességek megbeszélése • értékelés 	<p>5 perc</p> <p>10 perc</p> <p>3 perc</p> <p>5 perc</p> <p>15 perc</p> <p>25 perc</p> <p>5 perc</p> <p>10 perc</p> <p>5 perc</p> <p>5 perc</p> <p>2 perc</p>

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: lejtő, Bunsen-állvány, stopper, mérőszalag, golyó, kréta, törlőkendő.

Bevezetés, Feladat, és az 1. mérés leírása: Tanulói munkafüzet 2. fejezet 9. oldalon.



3. ábra: Lejtő

2. feladat: Ki kell tölteni a táblázatot. A mérést még kétszer meg kell ismételni. Minden oszlopban ki kell számolni a mért idők átlagát (t), az átlagidő négyzetét (t^2) ill. a golyó által megtett útnak és a t^2 -nek a hányadosát.

		$s_1 = x$ [cm]	$s_2 = 4x$ [cm]	$s_3 = 9x$ [cm]	$s_4 = 16x$ [cm]
megtett út: s [cm]					
mért idő: t [s]	1. mérés				
	2. mérés				
	3. mérés				
átlagidő: t [s]					
t^2 [s ²]					
s/t^2 [cm/ s ²]					

A következtetés (*dőlt betűvel*):

A táblázat utolsó sorában kapott értékek: *egy-két tizedes jegy eltéréssel megegyeznek, kivéve a legkisebb útszakaszhoz tartozó értéket, amit a nagyfokú pontatlanság miatt nem vehetünk figyelembe, tehát működik a négyzetes úttörvény.*

3. feladat: Ábrázolni kell a golyó által megtett utat (s) az eltelt idő négyzetének (t^2) függvényében, és meg kell fogalmazni, hogy *a pontok egy origón áthaladó egyenesre esnek, ezért egyenes arányosság van a mennyiségek között.*

4. feladat: Az egyenletesen gyorsuló mozgás esetén a test által megtett út az eltelt idő négyzetével *egyenesen* arányos. Az arányossági tényező értéke ebben a mérésben kerekítve *ide a táblázat utolsó sorában kapott értékek átlagát kell beírni.*

Ezt az egyenes arányt az úgynevezett négyzetes úttörvény a következő alakban fejezi ki: $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$, ahol az a arányossági tényező a test *gyorsulása*.

A gyorsulás a test sebességváltozásának és a közben eltelt időnek a *hányadosa*, képlettel kifejezve: $a = \Delta v / \Delta t$. A gyorsulás SI mértékegysége [m/s^2].

5. feladat: Ábrázolni kell a golyó által megtett utat (s) az eltelt idő (t) függvényében, a pontok egy *parabolára* illeszkednek.

6. Mérési hibák:

a) Az egyik hibalehetőség a reakcióidőből adódhat, hiszen a stoppert pontosan kell indítani és megállítani. Ez okozhat 0,1 s -0,3 s eltérést.

b) A távolságmérés hibája a mérőszalag legkisebb beosztásának a fele, vagyis 0,5 mm minden egyes szakasz kimérésekor, ill. a krétajel vastagsága akár 1-3 mm-es leolvasási hibát jelenthet.

7. Érdekességek: Tanulói munkafüzet 2. fejezet, 11. oldal.

8. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

3. A szabadesés vizsgálata

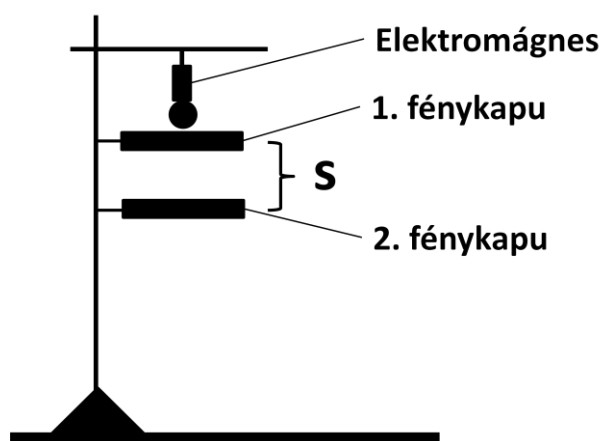
Téma: A szabadesés vizsgálata.	
Cél meghatározása: A gravitációs gyorsulás méréssel való meghatározása.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, diagram készítése, származtatott mennyiség kiszámítása, következtetések levonása; ellenőrzés, megbeszélés.	
Fogalmak: Szabadesés, egyenletesen változó mozgás, gravitációs gyorsulás, négyzetes úttörvény.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none"> • bevezetés • feladat ismertetése • munka és balesetvédelem • eszközök előkészítése • a mérés elvégzése • diagramok elkészítése • feladatok megoldása • tanári ellenőrzés • látottak közös értelmezése • mérési hibák megbeszélése • értékelés 	<p>5 perc</p> <p>10 perc</p> <p>5 perc</p> <p>10 perc</p> <p>20 perc</p> <p>13 perc</p> <p>10 perc</p> <p>5 perc</p> <p>5 perc</p> <p>2 perc</p> <p>5 perc</p>

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: Bunsen-állvány, 2 db fénykapu, elektromágnes, 2 db vezeték, 4 db krokodilcsipesz, zsebtelep, CE ESV adatbegyűjtő berendezés, méterrúd.

Bevezetés, Feladat, és a mérés leírása: Tanulói munkafüzet 3. fejezet 12. oldalon.



4. ábra: Szabadesés mérése

út: s [m]	0,1 m	0,2 m	0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,6 m
idő: t [s]						
időnégyzet: t ₂ [s ²]						

1. feladat: Ábrázolni kell az adatokat út-idő diagramon. A vízszintes tengely beosztását a mért adatok alapján kell elkészíteni.

2. feladat: Az előző feladathoz hasonlóan kell elkészíteni az út-időnégyzet grafikont. A vízszintes tengely beosztását a t^2 értékei alapján kell elkészíteni. A pontokra illeszkedő grafikon egy origón áthaladó egyenes, melynek a meredekségét kell az alábbi feladatok segítségével meghatározni. Ebből már egyszerű kiszámolni a gravitációs gyorsulás értékét.

3. feladat: Válaszok:

- a) *Egyenes arány.*
- b) A grafikon meredeksége $\approx 5 \text{ m/s}^2$.

4. feladat: Az $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$ alapján és a meredekség alapján ki kell számolni a g gravitációs gyorsulás értékét.

5. feladat:

Feladat: Tanulói munkafüzet 3. fejezet, 14. oldal.

- a) ($t=2s$)
- b) (*kb. 20 m/s sebességgel*)

6. Mérési hibák:

- a) Hibát okozhat, ha a golyót nem pontosan helyezük el. Ez kb. 1 mm-es eltérést jelent.
- b) Hibát a távolságmérés is okozhat, ez a méterrúd legkisebb beosztásának a fele, vagyis 0,5 mm minden egyes szakasz kimérésekor.

7. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

4. Az egyenletes körmozgás vizsgálata

Téma: Az egyenletes körmozgás vizsgálata.	
Cél meghatározása: A keringési idő mérése, a fordulatszám kiszámítása, a szögsebesség és a kerületi sebesség meghatározása.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, származtatott mennyiségek kiszámítása, diagram készítése, következtetések levonása; ellenőrzés; közös megbeszélés.	
Fogalmak: Egyenletes körmozgás, keringési idő, fordulatszám, szögsebesség, kerületi sebesség.	
Ütemezés: <ul style="list-style-type: none">• bevezetés• feladat ismertetése• munka és balesetvédelem• eszközök előkészítése• keringési idő mérése, f kiszámítása• szög- és kerületi sebesség meghatározása• vizsgálat tanári ellenőrzése• látottak értelmezése• mérési hibák megbeszélése• értékelés	<ul style="list-style-type: none">15 perc5 perc3 perc10 perc12 perc20 perc5 perc10 perc5 perc5 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: küllős kerék, fonál, nehezékek, Bunsen-állvány, csiga, stopper, mérőszalag, méterrúd.

Bevezetés, Feladat, 1. mérés leírása: Tanulói munkafüzet 4. fejezet 15. oldalon.

a) A keringési idő mérése, f kiszámítása: $n=10$ teljes kör megtételéhez szükséges idő mérése. A mérést összesen 3-szor kell elvégezni, majd venni kell a három mérés átlagát. Végül ezt 10-zel elosztva kapjuk meg a keringési időt.



5. ábra: Küllős kerék

1. mérés	2. mérés	3. mérés	Átlag	T [s]

A mérés alapján kiszámoljuk a fordulatszámot, a $f = 1/T$ összefüggéssel, hiszen T idő alatt a kerék pontosan egy teljes fordulatot tesz meg: $f =$ *tehát a periódusidő reciproka* [1/s]-ban kifejezve. A kapott érték azt jelenti, hogy a kerék 1 másodperc alatt *ennyi* kört tesz meg.

b) A szögsebesség meghatározása: $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ teljes fordulat megtételéhez szükséges idők mérése. Minden esetben 3 mérést kell elvégezni. A mérési eredményeket a táblázatba kell beírni, és ki kell számolni az átlagukat!

Az adott fordulatok számához tartozó szögelfordulásokat ki kell számolni.

Fordulatok száma:	1	2	3	4	5	6
Szögelfordulás: α [rad]	2π	4π	6π	8π	10π	12π
A mért időtartam: t [s]	1. mérés					
	2. mérés					
	3. mérés					
	Átlag					

A mért adatok alapján el kell készíteni a szögelfordulás-eltelt idő (α [rad], t) diagramot úgy, hogy a tengelyek beosztását a diákoknak kell beírni a táblázat második és utolsó sora alapján.

Az idő és a szögelfordulás között: *egyenes arány van.*

A szögsebesség: $\omega = \alpha/t =$ *a berajzolt egyenes meredekségét* kell kiszámolni.

c) A kerületi sebesség meghatározása:

Az előző táblázat alapján ki kell számolni, hogy a kerék peremén megjelölt rész mekkora utakat tett meg a kör kerülete mentén 1, 2, 3, 4, 5, 6 teljes fordulat alatt. Az előző mérés időadatait átvesszük az új táblázatba.

Ki kell tölteni az alábbi táblázatot, ahol az utolsó sorban a $v_k = s/t$ képlettel kell kiszámolni a kerületi sebességeket.

Fordulatok száma:	1	2	3	4	5	6
Ívhossz: s [m]						
Mért időtartam: t [s]						
Kerületi sebesség: v_k [m/s]						

$v_k =$ *ki kell számolni a táblázat utolsó sorában lévő értékek átlagát.*

2. Mérési hibák:

- a) Az egyik hiba a reakcióidőből adódik, hiszen a stoppert pontosan kell indítani és megállítani. Ez okozhat 0,1 s -0,3 s eltérést.
- b) A távolságmérés hibája a mérőszalag legkisebb beosztásának a fele, vagyis 0,5 mm, a kör sugarának kimérésekor.
- c) A méterrúd használatakor felléphet akár 5 mm-es hiba is a súly indítási magasságának beállításakor.

3. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

5. A sűrűség meghatározása

Téma: A sűrűség meghatározása tömeg- és térfogatmérés alapján.	
Cél meghatározása: Szilárd testek és folyadékok sűrűségének meghatározása, térfogatmérés mérőhengerrel, tömegmérés erőmérővel és mérleggel.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, származtatott mennyiség kiszámítása, következtetések levonása; ellenőrzés; közös megbeszélés; önálló feladatmegoldás.	
Fogalmak: Tömeg, térfogat, sűrűség.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none"> • bevezetés • feladat ismertetése • munka és balesetvédelem • eszközök előkészítése • térfogatmérés • tömegmérés, sűrűségszámítás • 4. 5. 6. feladat megoldása • tanári ellenőrzése • tapasztalatok értelmezése • sűrűség táblázat elemzése • mérési hibák megbeszélése • értékelés • feladatmegoldás 	<ul style="list-style-type: none"> 10 perc 5 perc 3 perc 7 perc 10 perc 10 perc 15 perc 5 perc 5 perc 5 perc 2 perc 5 perc 8 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.



6. ábra: Fémhengerek

Szükséges eszközök: mérőhenger, rugós erőmérő, kavics, sárga fémhenger, fekete fémhenger, zöld akasztós fémhenger (6. ábra), fakocka, parafa dugó, jelölő filctoll, cérna, fecskendő, műanyag vizes edény, hurkapálca darabok, dobókocka, digitális mérleg, kb. 0,5 dl ismeretlen anyagú folyadék, egy kémcső.

Feladat, 1. A mérés leírása: Tanulói munkafüzet 5. fejezet 18. oldalon.



7. ábra: Mérés kavicsal

2. A mérések elvégzése, ρ kiszámítása:

	V [cm ³]	m [g]	ρ [g/cm ³]
kavics			
sárga fémhenger			
fekete fémhenger			
zöld akasztós fémhenger			
fakocka			
parafa dugó			

3. feladat: A fémhengerek anyaga (*dőlten szedve*):

sárga fémhenger	<i>réz</i>
fekete fémhenger	<i>ólom</i>
zöld akasztós fémhenger	<i>vas</i>

Sűrűség táblázat: Tanulói munkafüzet 5. fejezet 19. oldalon.

4. feladat: A kavics, amit lemértünk: *kvarc*.

5. feladat: A dobókocka sűrűsége ugyanannyi, mint a víz sűrűsége, amit könnyen kiszámolhatunk, ha tudjuk, hogy 1 dm³ víz tömege közelítőleg 1 kg, vagyis a sűrűség 1 kg /dm³.

6. feladat: A folyadék térfogatát mérőhengerrel, tömegét a digitális mérleggel mérjük meg.

Az ismeretlen folyadék sűrűsége kb. $0,9 \text{ g/cm}^3$. Ez a folyadék *kisebb* sűrűségű, mint a víz, mert hozzáöntve a vízhez, összerázás után *felt* marad a víz felszínén. Az ismeretlen folyadék az *étolaj*.

A kb. $13,6 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű folyadék a *higany*.

7. Mérési hibák:

- A térfogatmérésnél kb. $0,5 \text{ cm}^3$ hiba adódhat, a tollal húzott vonal vastagsága miatt.
- Az erőmérő leolvasásából származó hiba kb. $0,5 \text{ g}$.

8. Értékelés: a tanuló párok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

9. Feladatmegoldás:

Feladatok: A kérdések: Tanulói munkafüzet 5. fejezet, 20. oldal.

A megoldásnál használni kell a megadott sűrűség táblázatot!

1. $1,3 \text{ kg} + 10 \text{ l} \cdot 0,92 \text{ kg/l} = 1,3 \text{ kg} + 9,2 \text{ kg} = 10,5 \text{ kg}$

2. $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ kg/l}$, ezért $m = 13,6 \text{ kg}$. Ez 13,6-szerese az 1 liter víz tömegének.

3. Mivel a tömegük azonos, ezért ugyanolyan nehezek.

4. $\rho_{\text{Al}} = 2,71 \text{ g/cm}^3$, $V_{\text{Al}} = m / \rho_{\text{Al}} = 10 \text{ g} / (2,71 \text{ g/cm}^3) = 3,7 \text{ cm}^3$

$\rho_{\text{Pb}} = 11,3 \text{ g/cm}^3$, $V_{\text{Pb}} = m / \rho_{\text{Pb}} = 10 \text{ g} / (11,3 \text{ g/cm}^3) = 0,89 \text{ cm}^3$

5. $\rho_{\text{Cu}} = 8,94 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{\text{Sn}} = 7,3 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{\text{Al}} = 2,71 \text{ g/cm}^3$,

$\rho_{\text{bronz}} = 0,8 \cdot 8,94 \text{ g/cm}^3 + 0,16 \cdot 7,3 \text{ g/cm}^3 + 0,04 \cdot 2,71 \text{ g/cm}^3 = 7,152 \text{ g/cm}^3 + 1,168 \text{ g/cm}^3 + 0,108 \text{ g/cm}^3 = 8,428 \text{ g/cm}^3$

6. Testek tehetetlensége

Téma: A tehetetlenség törvényének ellenőrzése.	
Cél meghatározása: Newton I. törvényének szemléltetése, az inerciarendszer fogalmának elemzése.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, következtetések levonása; ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Testek tehetetlensége, inerciarendszer.	
Ütemezés:	
• bevezetés	5 perc
• munka és balesetvédelem	3 perc
• 1. kísérletsorozat ismertetése	5 perc
• eszközök előkészítése	2 perc
• 1. kísérletsorozat elvégzése	20 perc
• demonstrációs kísérlet	5 perc
• tanári ellenőrzés, megbeszélés	5 perc
• 2. kísérletsorozat elvégzése	10 perc
• 2. kísérletsorozat megbeszélése	5 perc
• Newton I. törvényének megfogalmazása	15 perc
• ellenőrző kérdések	10 perc
• értékelés	5 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: fahasáb, filctoll, papírcsík, papírlapok, pohár, pénzérmék, vonalzó, CD lemez, papírguriga, cérna, ragasztószalag, olló, kiskocsi, dominók, mágnes, burgonya, szívószál.

Bevezetés, 1. kísérletsorozat: Tanulói munkafüzet 6. fejezet 21. oldalon.

1. kísérlet: Függőlegesen felállítjuk a filctollat az asztal szélére, és a papírcsíkot úgy teszszük alá, hogy annak nagyobbik része az asztalról lelógjon. A feladat úgy kivenni a papírt a filctoll alól, hogy az ne boruljon fel. Tapasztalat (*dőlten szedve*), ha:

a) nagyon lassan: *eldől a toll*

b) gyorsan: *eldől a toll*

c) ráütve a papírcsíkra: *a toll állva marad.*

2. kísérlet: A CD lemezt a pohár tetejére tesszük és a lemezre ráteszünk egy öt forintos érmét. Hirtelen mozdulattal kihúzza, vagy kipöckölve a CD-t: *Az érme beleesik a pohárba. Ha lassan húzzuk a CD-t, akkor az érme rajta marad.*

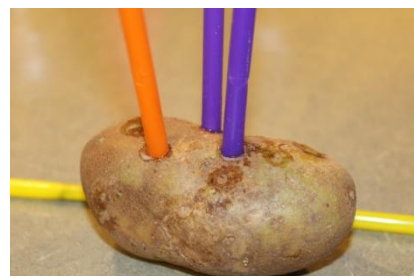
3. kísérlet: Vízzel háromnegyed részéig töltött poharat helyezünk a papírlapra és hirtelen mozdulattal kirántjuk alóla a lapot: *Nem borul fel a pohár, és nem folyik ki a víz belőle.*

4. kísérlet: A két papírgurigára vékony cérnaszálakat ragasztottunk. Felakasztjuk az egyik gurigát az állványra a madzaggal, függőleges helyzetben. Lassan húzzuk lefelé az alsó cérnaszáladdig, amíg valamelyik cérna el nem szakad. *A felső cérna szakad el.*

A másik gurigával megismételve a kísérletet úgy, hogy nagyon gyors mozdulattal kell meg-rántani meg az alsó cérnaszáladdal. *Most az alsó cérna fog elszakadni, mert a nagyon rövid idő alatt a guriga nem tudott felgyorsulni, az alsó cérna túlságosan megnyúlt.*

5. kísérlet: A kapott pénzérmékből egy tornyot kell építeni. A vonalzóval, egy gyors mozdulattal ki lehet ütni a legalsó érmét: *nem dől el a torony.* Ha lassan toljuk ki az alsó érmét: *Eldőlhet a torony.*

6. kísérlet: A feladat az, hogy a burgonyán át kell szűrni a szívószálakat (8. ábra). A burgonya kemény, a szívószál pedig vékony műanyagból készült, és elhajlik. *Nagyon gyors mozdulattal sikerül átszűrni.*



8. ábra: Szívószállal átszúrta

Nagyon vigyázva kell elvégezni a kísérletet, nehogy a tanuló a kezébe dőfje a szívószálakat, mert megsérülhet! Le kell tenni a burgonyát az asztalra, és elegendő egy-két cm-re beleszűrni a szívószálakat, nem fontos átdőfni.

7. Demonstrációs kísérlet: Egy kb. 1 kg tömegű fadarabot egy vékony madzaggal fel-függesztünk egy falba bevert szögére, majd ugyanabból a madzaggal 5-6 szálát összesodor-va, és azt a fadarab aljára felerősítve, egy nagyon gyors mozdulattal lefelé megrántjuk. *A 4. kísérlet demonstrációs változata.*

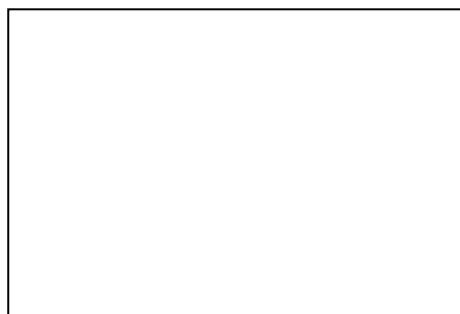
Tapasztalat: Ha egy nagy tömegű testre nagyon rövid idő alatt hat az erő, akkor a test nem képes felgyorsulni, hanem inkább alakváltozást szenved. Ezt a test tehetetlenségének nevezzük.

Kérdések:

1. Miért olyan nagy tömegű a kovács üllője? *Nagy tehetetlensége miatt az ütések ereje nem az üllőt fogja deformálni, hanem a ráhelyezett vasdarabot.*
2. Egy nagy fatuskón könnyű a tűzifa felhasogatása. Miért? *Nagy tehetetlensége miatt az ütések ereje nem a fatuskót fogja deformálni, hanem a ráhelyezett fadarabot.*

2. kísérletsorozat: A mozgó testek hogyan viselkednek akkor, ha külső erővel hatunk rájuk?

1. kísérlet: Felállítjuk a dominókat a kocsira (9. ábra). Ütköztetni kell a kiskocsit a fahasábnak. Le kell rajzolni az üres keretbe az ütközés utáni pillanatot.



9. ábra: Dominók kiskocsin

Tapasztalat: A dominók *előre* estek. Autóban utazva egy nagy erejű ütközéskor a be nem kötött személy *kirepülhet a járműből*.

2. kísérlet: Újra felállítva a dominókat a kocsira, és lassan elindítva a kocsit, egy mágnesel felgyorsítjuk a kocsit. Tapasztalat: *A dominók hátrafelé eldőlnék.*

A dominók tehetetlenségük miatt mindkét esetben megtartották eredeti *mozgásállapotukat*, míg az alattuk lévő kocsi a rá ható külső erők miatt *megváltoztatta* a mozgásállapotát.

Newton I. törvénye a tehetetlenség törvénye: minden test megtartja nyugalmi állapotát, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását mindaddig, míg más test vagy mező mozgásállapotának megváltoztatására nem készíti. Az olyan vonatkoztatási rendszert, amelyben teljesül a tehetetlenség törvénye, **inerciarendszernek** nevezzük.

A tanulók saját utazással kapcsolatos élményeit kell összegyűjteni és rendszerezni.

Mindenki tapasztalta, hogy járművön utazva induláskor hátra-, fékezéskor előredőlünk, a kanyarban pedig kifelé dőlünk. A tehetetlenség törvénye tehát nem érvényes a sebességüket megváltoztató járművekben, ezek nem inerciarendszerek.

Példák: a) Inerciarendszer: *A tanterem, az úttest, az iskola épülete, ...*

b) Nem inerciarendszer: *egy autó induláskor vagy megálláskor, kanyarodó villamos, ...*

Kérdések: Tanulói munkafüzet 6. fejezet, 23. oldal.

1. *A járműből nézve induláskor hátrafelé, fékezéskor előre ill. kanyarodáskor az ellenkező irányba fog kilendülni az inga.*

2. *A porszemcsék tehetetlenségük miatt kiesnek a gyorsan elmozduló szőnyegből.*

3. *A gyümölcs a tehetetlensége miatt leszakad a gyorsan elmozduló ágról.*

4. *Kilépéskor az úrhajós és az úrhajó sebessége ugyanakkora, ezzel mozognak tovább. A világűrben nincs légellenállás sem, ami lelassítaná a testek mozgását.*

5. *Leugráskor ugyanakkora sebességgel mozgunk a talajhoz képest, mint a jármű. Földet éréskor ezzel a sebességgel ütközünk a talajba, ami súlyos sérülést okozhat.*

Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

7. Newton második törvénye

Téma: Newton II. törvénye.	
Cél meghatározása: A törvény méréssel való igazolása.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, származtatott mennyiség kiszámítása, diagram készítése, következtetések levonása; ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Gyorsulás, négyzetes úttörvény, eredőerő.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none"> • bevezetés • feladat ismertetése • munka és balesetvédelem • eszközök előkészítése • 1. mérés elvégzése • tanári ellenőrzés • látottak értelmezése • 2. mérés elvégzése • tanári ellenőrzés • mérési hibák elemzése • értékelés 	<ul style="list-style-type: none"> 5 perc 10 perc 3 perc 10 perc 20 perc 5 perc 5 perc 20 perc 5 perc 5 perc 2 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: 2 db kiskocsi, egy asztal sarkára szerelhető csiga, 3 db egyenlő tömegű nehezék, fahasáb, szigetelő szalag, madzag, rugós erőmérő, mérőszalag.

Bevezetés, Feladat: Tanulói munkafüzet 7. fejezet 24. oldalán.

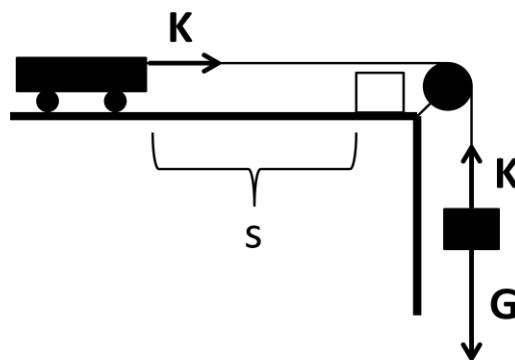
1. mérés: Először 1, 2 majd 3 darab nehezékkal fogjuk a kocsit gyorsítani. Össze kell állítani a 10. ábrán látható elrendezést.

A két testből álló pontrendszerre felírt mozgásegyenletekből az következik, hogy a gyorsulás:

$a = g \cdot m_{\text{neh}} / (m_{\text{kocsi}} + m_{\text{neh}})$. Ha a nehezék tömege

jóval kisebb a kocsi tömegénél, akkor

$m_{\text{kocsi}} + m_{\text{neh}} \approx m_{\text{kocsi}}$, és ekkor közelítőleg fennáll az egyenes arányosság a gyorsulás és a



10. ábra: Gyorsuló kocsi

nehezék tömege között. Ezért a javasolt tömegek: $m_{\text{kocsi}} \approx 250 \text{ g}$, és 1 nehezék tömege $\approx 30 \text{ g}$ legyen.

A fahasáb lesz az ütköző. A kocsi útja az ütközőig: $s = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$.

Mindegyik nehezék esetén legalább háromszor kell megmérni az időtartamot és venni kell a három mért idő átlagát ($t_{\text{átlag}}$). Ezzel pontosabbá tesszük a mérést. Nagyon kiugró érték esetén meg kell ismételnünk a mérést.

A gyorsulás értékét az $a = 2s / t^2$ képlettel kell kiszámolni.

Ki kell tölteni a táblázatot:

	Mért idő: t [s]	$t_{\text{átlag}}$ [s]	t^2 [s ²]	Gyorsulás: a [m/s ²]
1 nehezék				
2 nehezék				
3 nehezék				

Ábrázolni kell diagramon a gyorsító erő és a gyorsulás kapcsolatát.

Egy testre ható erők eredője és az általa okozott gyorsulás *egyenesen arányos* egymással: $F_e \sim a$. Hányadosuk *állandó*. A következő mérésünkben megvizsgáljuk, hogy mi ez az állandó.

2. mérés: Kétszeresére növeljük a kocsi tömegét. El kell végezni a méréssorozatot újra ebben az esetben is. Ki kell tölteni a táblázatot:

	Mért idő: t [s]	$t_{\text{átlag}}$ [s]	t^2 [s ²]	Gyorsulás: a [m/s ²]
1 nehezék				
2 nehezék				

3 nehezék				

Össze kell hasonlítani a most kapott gyorsulásokat az első mérés gyorsulás értékeivel. Megállapíthatjuk, hogy ha ugyanakkora erővel kétszer nagyobb tömegű testet gyorsítunk, akkor az elért gyorsulás közelítőleg *csak fele akkora* lesz.

Következtetés: A nagyobb tehetetlenségű testet nehezebb felgyorsítani. Ez azt jelenti, hogy az erő és a gyorsulás hányadosa a test tehetetlenségére jellemző állandó, a test tömege: $F_e / a = m$.

Az összefüggést vektoros alakban felírva: $\underline{F}_e = m \cdot \underline{a}$ ezzel megkaptuk Newton II. törvényét.

3. Mérési hibák:

a) A távolság mérésének hibája a mérőszalag legkisebb beosztásának fele, kb. 0,5mm.

b) A stopperrel való mérés hibája a reakcióidőtől függ, ez 0,1-0,3 s lehet.

Elhanyagoljuk a súrlódást, a csiga saját tömegét és a madzag megnyúlását.

4. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

8. Hatás-ellenhatás törvénye

Téma: Hatás-ellenhatás törvénye.	
Cél meghatározása: Newton III. törvényének szemléltetése.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, következtetések levonása; demonstrációs kísérletek elvégzése, ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Erő-ellenelő, hatás-ellenhatás.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none">• bevezetés• munka és balesetvédelem• eszközök előkészítése• 1-4. kísérletsorozat elvégzése• kísérletsorozat ellenőrzése• 5. demonstrációs kísérletsorozat• 6. demonstrációs kísérlet• a demonstrációs kísérletek megbeszélése• 7. kísérlet elvégzése• tapasztalatok megbeszélése, a törvény kimondása• feladatsor megoldása, ellenőrzése• értékelés	5 perc 3 perc 2 perc 20 perc 5 perc 10 perc 5 perc 10 perc 10 perc 10 perc 5 perc 5 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: rugós kiskocsik, madzag, olló, gyufa, rugós erőmérők, falapok, mágnes, vasdarab, gumigyűrű, műanyag henger, műanyag vizes edény, magas műanyag tálca, szívószálak, 2 db Bunsen-állvány, léggömb, ragasztószalag.

Bevezetés, Feladat: Tanulói munkafüzet 8. fejezet 27. oldalon.

1. kísérlet: A 11. ábrán látható rugós kiskocsikat egy madzaggal összekötöttük úgy, hogy köztük a rugót összenyomtuk. Gyufával elégetve a madzagot, a rugó visszanyeri eredeti alakját és egyforma erővel szétlöki a kocsikat.



11. ábra: Rugós kocsik



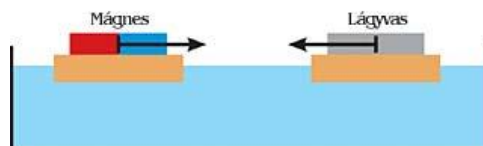
12. ábra: Erőmérők

2. kísérlet: Egymásba kell akasztani a két rugós erőmérőt, és szét kell húzni őket. Bármekkora húzzuk is szét őket, az erőmérők egymáshoz képest mindig *egyenlő* nagyságú erőket jeleznek (12. ábra).

Az erők iránya *ellentétes*.

3. kísérlet: Vízrel kb. feléig feltöltött műanyagtálcára az egyik falpra rúd-mágneset, a másikra pedig a vasdarabot teszünk. A 13. ábra mutatja az erő és ellenerő vektorokat. Ebben az esetben a mágneses mező és a testek között lép fel kölcsönhatás.

Tapasztalat: *A két test között fellépő egyenlő nagyságú vonzóerők miatt egymás felé indulnak el, azonos sebességgel, mivel közelítőleg azonos a tömegük és az egyforma tálca miatt a közegellenállás is egyforma nagyságú.*

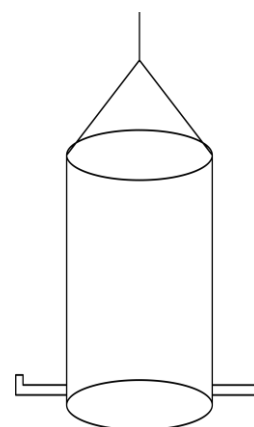


13. ábra: Erő-ellenerő

4. kísérlet: Saját gyártmányú Segner-kerék: a szívószálból és konzervdobozból. Tálca fölött, vízzel feltöltve: *A rendszer forgásba jön.*

Be kell rajzolni az ábrába, hogy merre folyik ki a csőből a víz, és ezzel ellentétes irányba forog a henger. *A hengert a kifolyó víz a hatásellenhatás elve miatt ellentétes irányba forgatja.*

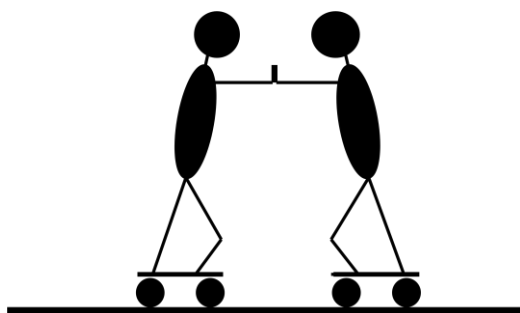
Ellentétes irányba kell beállítani a hajlítható véget, hogy megforduljon a forgásirány.



14. ábra: Segner-kerék

Demonstrációs kísérletek:

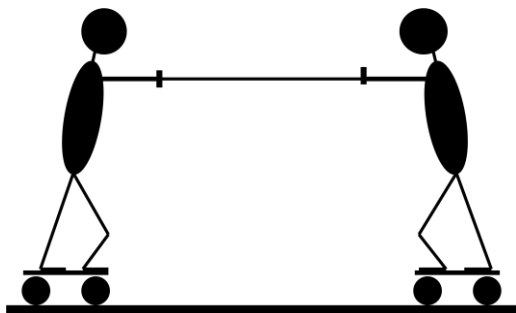
5. kísérlet: Kísérletek gördeszkákkal. Két önként vállalkozó tanuló mutathatja be a gördeszkás kísérleteket. **Meg kell győződni arról, hogy a jelentkező diákok biztosan tudnak a gördeszkával gurulni, és megfelelő cipő van rajtuk.** Lehetőség szerint a jelentkező tanulóknak olyan párt kell kiválasztani, akik közelítőleg egyenlő tömegűek.



15. ábra: Gördeszka 1.

a) A két tanuló egymással szemben állva, egyikük ellöki a másikat (15. ábra).

Mindkét tanuló elmozdul, ellentétes irányba, és közelítőleg egyforma sebességgel.



16. ábra: Gördeszka 2.

b) Az egyik tanuló maga felé húzza a másikat (16. ábra).

A tapasztalat ugyanaz, mint az előbb.

Be kell rajzolni mindkét ábrába, hogy milyen erők hatnak.

A két erő támadáspontja a két különböző testen legyen!

c) Előrefelé le kell ugrani a gördeszkaról, úgy hogy az mozdulatlan maradjon. Le kell rajzolni, hogy mi történik. *A deszka a kis tömege miatt elég nagy sebességgel hátralökődik.*

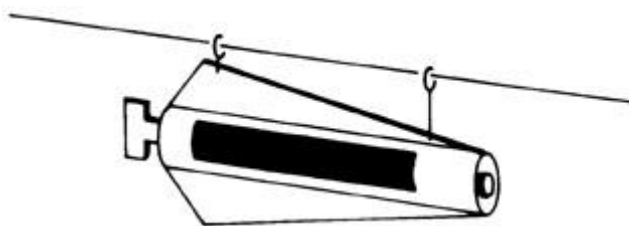
Figyelni kell, hogy senki ne álljon a deszka mögé, nehogy valaki megsérüljön!

6. kísérlet: A rakétameghajtás¹ elvének bemutatása: patronrakéta mozgása vízszintesen kifeszített dróton (17. ábra). A széndioxiddal töltött patronat kilyukasztjuk egy hegyes szög és egy kalapács segítségével. Meg kell figyelni, hogy merre áramlik ki a gáz a patronból, és merre indul el a rakéta. Be kell rajzolni a 18. ábrába, hogy milyen erők hatnak.



17. ábra: Patronrakéta

A kísérlet nagyon veszélyes, mert a nagy nyomású gáz igen nagy erővel áramlik ki a patronból. Ha elszabadul a rakéta, akkor súlyos sérülést okozhat. Ez a kísérlet csak laboratóriumi környezetben, tanár által végezhető el!



18. ábra: Erő-ellenerő

Érdemes Ciolkovszkij nevét megemlíteni és a világűrben való mozgást lehetővé tevő rakétameghajtást megbeszélni.

7. kísérlet: Léggömbbrakéta: A két állvány közé ki kell feszíteni egy madzagot, amire felfűztünk egy szívószálat, a nagyra felfújt léggömböt egy másik tanuló segítségével ragasz-

¹ Az orosz Ciolkovszkij ismerte föl elsőként a rakétameghajtás elvét. 1883-ban közölt tudományos naplójában leírta, hogy a világűrben való mozgásra a hatás-ellenhatás törvényén működő rakéta a legalkalmasabb eszköz. Kidolgozta a rakéta mozgásának elméletét és ezt 1903-1914 között hozta nyilvánosságra. Ennek lényege, hogy a rakéta és a benne lévő hajtóanyag alkot egy rendszert, és a rakétából kiáramló nagy sebességű égésgáz tolja előre a rakétát.

tószalaggal fel kell rögzíteni a szívószálra. Ha kiengedjük a levegőt a léggömbből beindul a rakéta.

Le kell rajzolni, hogyan mozog a rakéta, és milyen erők hatnak. *A levegő kiáramlásával ellentétes irányba fog elindulni a léggömb, viszonylag nagy sebességgel.*

8. feladat: Az eddigi tapasztalatok összegzése és Newton III. törvényének megfogalmazása.

Ha egy test erőt fejt ki egy másik testre, akkor a második test is *erőt fejt ki az elsőre*. A két erő egyenlő nagyságú, azonos hatásvonalú, de *ellentétes irányú*. Ezt a törvényt a *hatás-ellenhatás* törvényének nevezzük, vagy *akció - reakció* elvének is hívhatjuk.

A kölcsönhatásban fellépő két erőt erő – *ellenerő* párnak nevezzük.

9. Feladatok megoldása:

A kérdések: Tanulói munkafüzet 8. fejezet, 30. oldal.

1. *Az ugrással ellentétes irányba fog elmozdulni.*

2. *A kis tömegű, de nagy sebességű lövedék mozgásával ellentétes irányú ellenerő fog a puskára hatni.*

3. *Az ütközéskor ható erő-ellenerő azonos nagyságú, de a teherautó felépítése miatt a nagyon erős alváz ütközik a személyautó karosszériájával, ami jóval gyengébb.*

4. *A tapadási súrlódási erő mozdítja a lovat előre, ennek ellenereje hat a talajra. Jéggel borított úton nincs tapadás, a ló megcsúszik.*

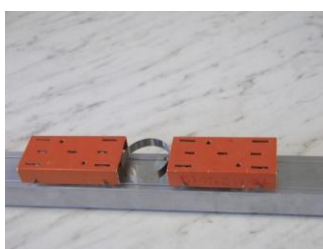
10. Értékelés: a tanuló párok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

9. Az impulzus megmaradása, kiskocsis ütközések

Téma: Az impulzus megmaradás törvénye.	
Cél meghatározása: A törvény igazolása kiskocsis ütközések vizsgálatával rugalmas és rugalmatlan esetekben.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, következtetések levonása; ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Impulzus, rugalmas és rugalmatlan ütközés, zárt rendszer.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none">• bevezetés• feladat ismertetése• munka és balesetvédelem• eszközök előkészítése• 1. mérés elvégzése• 2. mérés elvégzése• 3. mérés elvégzése• tanári ellenőrzés• a tapasztalatok megbeszélése• értékelés	10 perc 5 perc 3 perc 2 perc 15 perc 15 perc 20 perc 5 perc 10 perc 5 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.



20. ábra: Két rugós kocs



19. ábra: Ütközés

Szükséges eszközök: sín, 3 db kiskocsi, rugók, mágnesek.

Bevezetés, Feladat: Tanulói munkafüzet 9. fejezet 31. oldalon.

1. A mérés leírása: Tökéletesen rugalmas ütközés egy mozgó és egy álló kiskocsival.

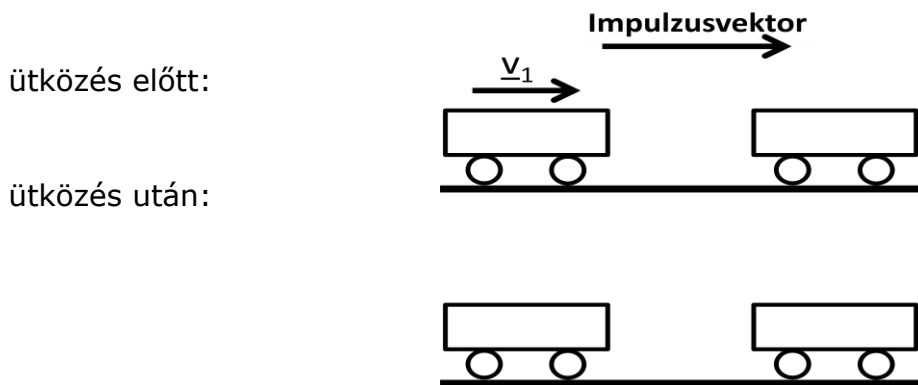
A sín hosszának felénél álló kiskocsihoz kell ütköztetni a rugós kiskocsit. Meg kell figyelni a kocsik sebességét az ütközés előtt és után.

Az ábrákba be kell rajzolni az impulzusvektorokat, és az ütközés utáni sebességvektorokat is.

Hangsúlyozni kell, hogy az impulzus vektormennyiség!

a) Ha $m_1 = m_2$ (21. ábra.)

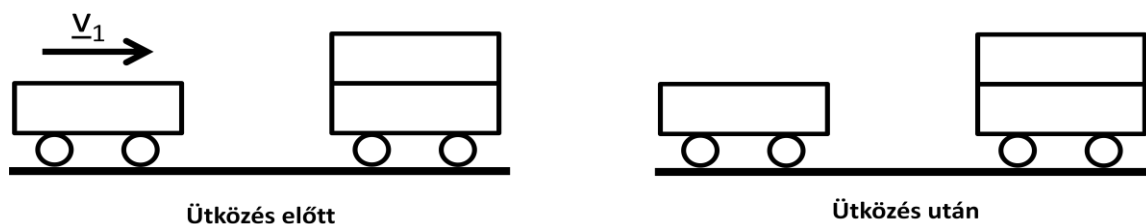
Az ütközés után a bal oldali kocsi *megállt*, a jobb oldali kocsi v_1 sebességgel mozgott tovább, impulzusa *egyenlő* a kezdeti impulzussal. Az ütközés során sebességcsere történik.



21. ábra: Ütközés 1.

b) Ha $m_2 = 2m_1$ (22. ábra.)

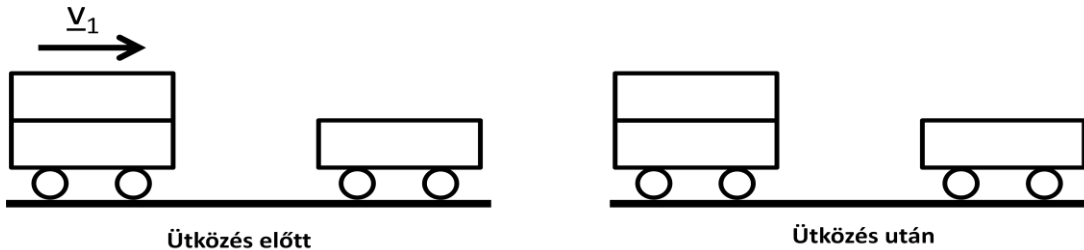
	Ütközés előtt	Ütközés után
m_1	\underline{v}_1	<i>visszafordult, kisebb sebességgel</i>
m_2	0	<i>\underline{v}_1 irányába indult, kis sebességgel</i>



22. ábra: Ütközés 2.

c) Ha $m_2 = m_1/2$, vagyis a bal oldalon két kocsi van egymásra rakva, a jobb oldalon pedig csak egy van. (23. ábra.)

	Ütközés előtt	Ütközés után
m_1	\underline{v}_1	<i>eredeti irányába ment tovább, egy kisebb sebességgel</i>
m_2	0	<i>\underline{v}_1 irányába ment, a másikénál nagyobb sebességgel</i>



23. ábra: Ütközés 3.

2. mérés: Tökéletesen rugalmas ütközés két, szemben mozgó kiskocsival.

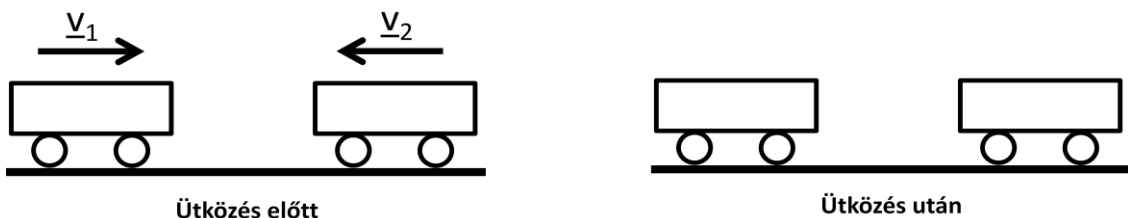
A sín két végéről kell egymással szemben elindítani a két rugós kiskocsit, ugyanakkora sebességgel. Meg kell figyelni a kocsik sebességét az ütközés előtt és után. Az ábrákba be kell rajzolni az impulzusvektorokat, és az ütközés utáni sebességvektorokat is.

a) Ha $m_1 = m_2$ (24. ábra). Ütközéskor sebesség csere történik:

a bal oldali kocsi *ugyanakkora* sebességgel *visszafordul*,

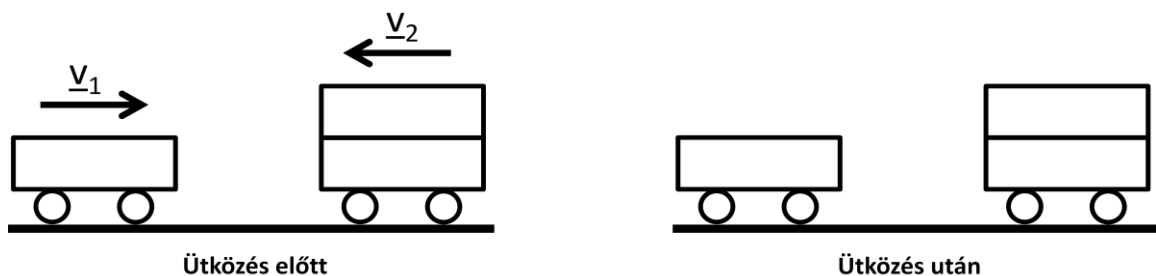
a jobb oldali kocsi *ugyanakkora* sebességgel *szintén visszafordul*,

a rendszer összes impulzusa az ütközés előtt 0 volt, ütközés után az összes impulzus 0 lett, vagyis teljesült az impulzus *megmaradásának* törvénye.



24. ábra: Ütközés 4.

b) Ha $m_2 = 2m_1$ (25. ábra.)



25. ábra: Ütközés 5.

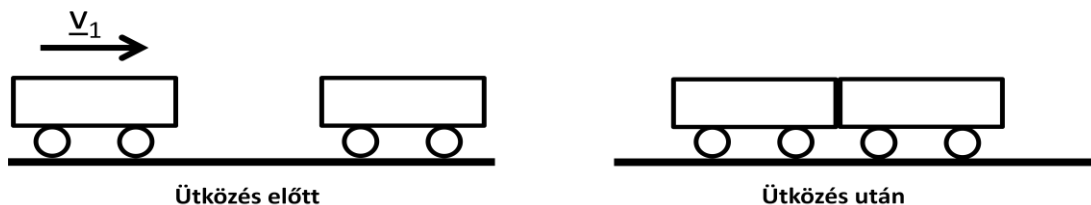
A bal oldali kocsi jóval nagyobb sebességgel visszapattan balra, a jobb oldali dupla tömegű kocsi is visszafordul jobbra, az eredeti sebességének kb. harmadrészével.
A tanulók az impulzusvektorok berajzolásával igazolni tudják a megmaradási törvényt.

3. mérés: Tökéletesen rugalmatlan ütközés két kiskocsival.

A rugó helyett fel kell szerelni a kocsira a mágneset, ütközéskor a kocsik összetapadnak és együtt mozognak tovább.

Az ábrákba be kell rajzolni az impulzusvektorokat, és az ütközés utáni sebességvektorokat is.

a) Két egyenlő tömegű kocsi egyikét kell ütköztetni a sín közepén álló kocsihoz (26. ábra).



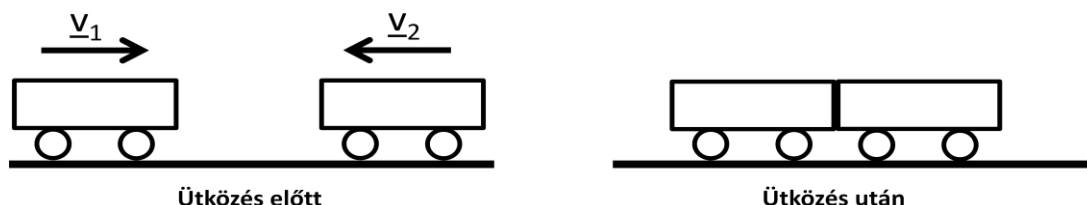
26. ábra: Ütközés 6.

Együtt mozognak tovább jobbra, de fele akkora sebességgel.

Teljesül az impulzus megmaradás törvénye: mert a kezdeti összes impulzus $m_1 v_1$ volt, az ütközés utáni pedig $2m_1(v_1/2)$, vagyis ugyanannyi maradt.

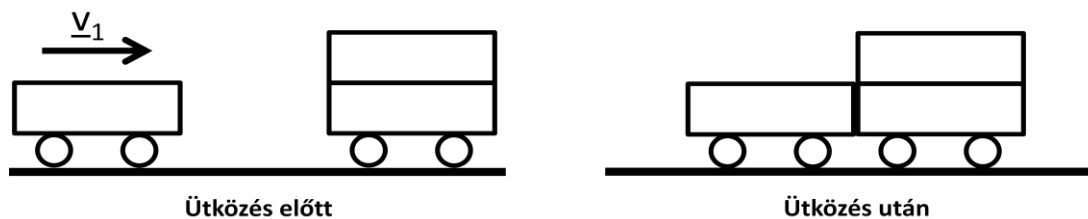
b) Szemben kell elindítani a két egyenlő tömegű kiskocsit, ugyanakkora sebességgel.

Ütközéskor kocsik összetapadva megállnak. (27. ábra.) Teljesül az impulzus megmaradás törvénye: Kezdetben is és végül is 0 volt az összes impulzus.



27. ábra: Ütközés 7.

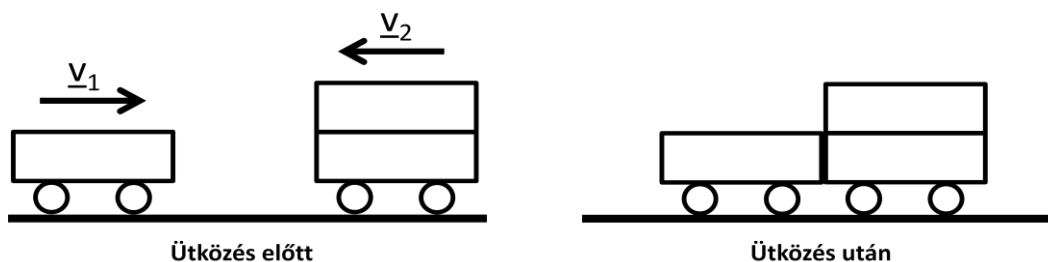
c) A 28. ábra alapján indítjuk a kocsikat:



28. ábra: Ütközés 8.

Összetapadva a kezdeti sebesség harmadrészével fognak jobbra mozogni.
Az ütközés utáni összimpulzus $3m_1(v_1/3) = m_1v_1$ egyenlő a kezdeti impulzussal.

d) A 29. ábra alapján indítjuk a kocsikat:



29. ábra: Ütközés 9.

Összetapadva a kezdeti sebesség, a v_1 harmadrészével fognak balra mozogni.
Az ütközés utáni összimpulzus $3m_1(-v_1/3) = m_1(-v_1)$ egyenlő a kezdeti összes impulzussal.

4. Értékelés: a tanuló párok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

10. A tömeg dinamikai mérése

Téma: A tömeg dinamikai mérése.	
Cél meghatározása: Kétféle elv alapján történő tömegmérés.	
Módszerek és tevékenységek: tanári magyarázat, önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, következtetések levonása, ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Súlyos és tehetetlen tömeg, impulzus megmaradás törvénye, mechanikai energia megmaradás törvénye.	
Ütemezés: <ul style="list-style-type: none">• bevezetés• feladat ismertetése• munka és balesetvédelem• eszközök előkészítése• 1. mérés elvégzése• 1. mérés tanári ellenőrzése• 2. mérés megbeszélése• 2. mérés elvégzése• 2. mérés tanári ellenőrzése• mérési hibák megbeszélése• értékelés	10 perc 5 perc 3 perc 2 perc 25 perc 5 perc 10 perc 20 perc 5 perc 2 perc 3 perc

Munkarend: 3 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: 3 azonos tömegű rugós kiskocsi és a hozzájuk tartozó sín, mérőszalag, 2 db stopper, ismeretlen tömegű nehezék, rugós erőmérő, szigetelő szalag.

Bevezetés, Feladat, 1. mérés, a): Tanulói munkafüzet 10. fejezet 36. oldalon.

b) Az egyik kocsinak kétszerezük meg a tömegét. Többször elvégezve a kísérletet, meg kell találni azt a helyzetet, ahonnan most kell indítani a kocsikat, hogy megint egyszerre érjenek az ütközőkig.

Megállapítható a sebességek aránya:

a kétszeres tömegű kocsi sebessége közelítőleg *fele* az egyszeres tömegű kocsi sebességének. Ebből az adódik, hogy ugyanannyi idő alatt a gyorsabb kocsi *nagyobb* utat tesz meg, arányosan *kétszer* akkorát.

c) Tapasztalatok:

Két test kölcsönhatása közben bekövetkező sebességváltozások nagysága *fordítottan* arányos a testek tömegével: $m_2 : m_1 = \Delta v_1 : \Delta v_2$. (Hiszen $m_1 \Delta v_1 = m_2 \Delta v_2$ az impulzus megmaradás törvénye miatt!)

Ha az egyik test tömegét ismert, a másik test tömege ismeretlen, akkor az ismeretlen tömeg a sebességváltozások alapján kiszámolható: $m_2 = (\Delta v_1 / \Delta v_2) \cdot m_1$

A sebességváltozás egyenlő az elért állandó sebességgel, hiszen a kocsi álló helyzetből indul: $\Delta v_1 = v_1$, és $\Delta v_2 = v_2$.

d) Sebességméréssel meghatározzuk az ismeretlen tömeg nagyságát: Munkafüzet 10. fejezet 36. oldal.

A kocsik tömegét korábban már megmértük: $m_{\text{kocsi}} = \text{közéltőleg } 115\text{g}$. A sebességeket az út és a megtételéhez szükséges idő hányadosaként kapjuk meg: $v_{\text{kocsi}} = s_1 / t_{\text{kocsi}}$ és $v_{\text{nehéz}} = s_2 / t_{\text{nehéz}}$. A nehezzel terhelt kocsi tömegét a fenti arányosságból kapjuk meg: $m_{\text{nehéz}} = (v_{\text{kocsi}} / v_{\text{nehéz}}) \cdot m_{\text{kocsi}}$

	Kocsi menetideje: t_{kocsi} [s]	Kocsi sebessége: v_{kocsi} [cm/s]	Terhelt kocsi menetideje: $t_{\text{nehéz}}$ [s]	Terhelt kocsi sebessége: $v_{\text{nehéz}}$ [cm/s]	Terhelt kocsi tömege: $m_{\text{nehéz}}$ [g]	Terhelt kocsi átlagos tömege [g]
1. mérés						
2. mérés						
3. mérés						

Az ismeretlen tömeget a terhelt kocsi átlagos tömegének és a kiskocsi tömegének különbségeként kapjuk meg: az m-et [g]-ban kell megadni.

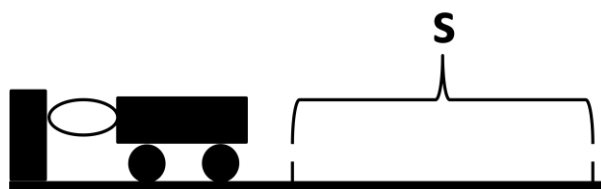
2. mérés: Mérjük tömeget a mechanikai energia megmaradás törvénye alapján (30. ábra)!

a) Előkészítés: Munkafüzet 10. fejezet, 37. oldal.

b) Kezdődjön a mérés: A kiskocsival össze kell nyomni a rugót a megjelölt szintig, el kell engedni, és meg kell mérni stopperrel, hogy mennyi idő alatt teszi meg a sínen bejelölt s távolságot. Háromszor kell megmérni az időt (t_1, t_2, t_3), venni kell a mért idők átlagát: $t_{\text{átlag}}$. Ezzel pontosabbá tudjuk tenni a mérést. Ha valamelyik

időtartam nagyon kiugró, akkor azt a mérést újra el kell végezni!

Ki kell számolni a kocsi sebességét, és mozgási energiáját.



30. ábra: Dinamikai tömegmérés

	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	$t_{\text{átlag}}$ [s]	s [m]	$v=s/t_{\text{átlag}}$ [m/s]	$E_m = \frac{1}{2}mv^2$ [J]
1 kiskocsi							
2 kiskocsi							

c) Megkétszerezzük a kocsi tömegét. Ismételjük meg a mérést a kétszeres tömegű kocsival, a rugót most is a bejelölt szintig kell összenyomni. Ki kell számolni a mozgási energiát ebben az esetben is, figyelve arra, hogy most 2-szeres tömeggel kell számolni!

d) Határozzuk meg a rugóban eltárolt helyzeti energiát! Vegyük a megmért mozgási energiák átlagát a következő képlettel: $E_{\text{rugó}} = (E_{m1} + E_{m2}) / 2$. Az értéket [J]-ban kell megadni.

e) Rögzítsük rá a kiskocsira az ismeretlen tömegű testet. Meg kell ismételni a mérést, a rugót most is a bejelölt szintig kell összenyomni. Be kell írni a táblázatba a mért időértékeket, venni kell az átlagukat, és ki kell számolni a kocsi sebességét.

	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	$t_{\text{átlag}}$ [s]	s [m]	$v=s/t_{\text{átlag}}$ [m/s]	$E_{\text{rugó}} = E_m$ [J]
Kiskocsi + test							

Pontosan annyi energiát tárol a rugó, mint az előző két esetben. Ez az energia alakult át mozgási energiává, tehát: $E_{\text{rugó}} = E_{m3} = \frac{1}{2}m_3v_3^2$, ahol m_3 a kocsi és az ismeretlen tömegű test össztömege, v_3 pedig a sebességük. A képletből az ismeretlen tömeget kifejezve kapjuk, hogy $m_3 = 2E_{\text{rugó}} / v_3^2$. Ebből kivonással megkapjuk az ismeretlen tömeget: $m = m_3 - m_{\text{kocsi}}$ [kg]-ban.

Érdeemes összehasonlítani a két mérésben kapott tömeget!

3. Mérési hibák:

- Az erőmérő leolvasásakor 0,05 N hiba léphet föl.
- A mérőszalag leolvasásából 0,5 mm hiba adódik.
- A stopperrel való időmérés hibája akár 0,1-0,3 s is lehet, attól függően, hogy mennyire koncentrálnak a mérést végző a pontos indításra és leállításra.

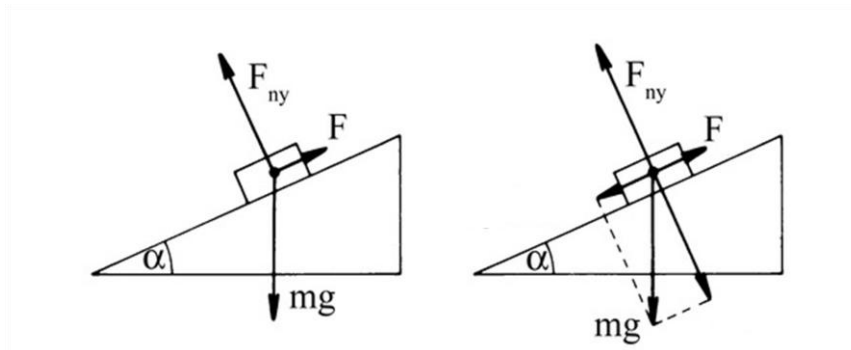
4. Értékelés: a tanuló párok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

11. Lejtőre helyezett test egyensúlya

Téma: Lejtőre helyezett test egyensúlya.	
Cél meghatározása: Az egyensúly feltételeinek meghatározása.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, származtatott mennyiség kiszámítása, diagram készítése, következtetések levonása; ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Nyomóerő, erőkomponensek, eredő erő.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none"> • bevezetés • feladat ismertetése • munka és balesetvédelem • eszközök előkészítése • 1. mérés elvégzése • 1. mérés tanári ellenőrzése • 2. mérés feladatainak megoldása • 2. mérés tanári ellenőrzése • az 1. és 2. feladat közös megbeszélése • mérési hibák megbeszélése • értékelés 	<p>10 perc</p> <p>7 perc</p> <p>3 perc</p> <p>10 perc</p> <p>25 perc</p> <p>5 perc</p> <p>15 perc</p> <p>5 perc</p> <p>5 perc</p> <p>5 perc</p> <p>2 perc</p> <p>3 perc</p>

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.



31. ábra: Lejtőn lévő testre ható erők

Szükséges eszközök: kiskocsi, állítható magasságú lejtő, rugós erőmérő, méterrúd, fahasáb.

Bevezetés, Feladat: Tanulói munkafüzet 11. fejezet 39. oldalon.

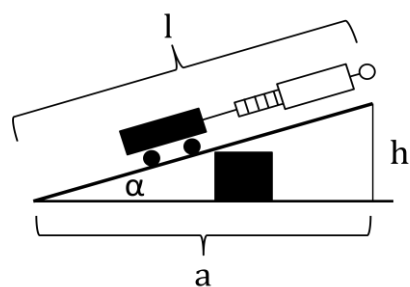
1. mérés: Meg kell mérni a kocsi súlyát, ami egyenlő a rá ható gravitációs erővel: G [N]-ban megadva.

A kocsit az emelhető lejtőre kell helyezni, lassan emelve a lejtőt egészen a függőlegesig az erőmérő egyre nagyobb erőt jelez (32. ábra).

A vízszintesből kiindulva, 10 cm-enként növelni kell a lejtő magasságát. A beállított magasságot a fahasábbal rögzíteni kell. Mindegyik helyzetben két mennyiséget kell megmérni:

1. Mekkora értéket mutat az erőmérő: F erő azonos nagyságú a gravitációs erőnek a lejtővel párhuzamos komponensével.

2. Meg kell mérni a lejtőháromszög alapját (a), értékeit a 2. feladatban fogjuk felhasználni.



32. ábra: Mérési beállítás lejtőhöz

Ki kell tölteni a táblázatot a mért értékekkel.

Lejtő magassága: h [cm]	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm
F [N]						
Lejtő alapja: a [cm]						

Ábrázolni kell diagramon a mért erőt a lejtő magasságának függvényében: a grafikon origón átmenő egyenes lesz. A mennyiségek egyenesen arányosak.

Az összetartozó értékpárok hányadosa állandó, vagyis $F/h = \text{áll.} = a$ a grafikon meredeksége. Meg kell határozni a grafikon meredekségét [N/cm]-ben megadva.

A függőleges helyzetben álló lejtőnél, vagyis az utolsó mérési pontnál $F=G$ és $h=l$. Ez azt jelenti, hogy $F/h=G/l$. Ki kell számolni a G/l hányadost, és össze kell vetni a mérés eredményével. Az $F/h=G/l$ egyenletet átrendezve, és F -et kifejezve kapjuk, hogy: $F = G \cdot \frac{h}{l}$

2. mérés: Kiszámoljuk, hogy a lejtő mekkora erővel nyomja a testet a különböző magasságoknál. Mivel az erők között fennáll a Pithagorasz-tétel: $F^2 + F_{ny}^2 = G^2$, ezért ebből kell kiszámolni a nyomóerő (F_{ny}) értékét. Az utolsó sorba át kell másolni az első táblázatból a lejtő alapjának mért értékeit. Ki kell tölteni a táblázatot.

h [cm]	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm
F [N]						
F^2 [N ²]						
$F_{ny}^2 = G^2 - F^2$						
F_{ny} [N]						
a [cm]						

Ábrázolni kell diagramon a nyomóerőt a lejtő alapjának függvényében.

A nyomóerő nagysága egyenesen arányos a lejtőháromszög alapjának hosszával. Vízszintes helyzetben $a=l$ és $F_{ny}=G$. Tehát azt kapjuk, hogy $F_{ny}/a = \text{állandó} = G/l$.

F_{ny} -t kifejezve kapjuk, hogy a lejtő által a testre ható nyomóerő: $F_{ny} = G \cdot \frac{h}{a}$.

3. Mérési hibák:

a) Az első hibát a távolságmérés okozhatja, ez a méterrúd legkisebb beosztásának a fele, vagyis 0,5 mm minden egyes szakasz kimérésekor.

b) A második hiba az erőmérő leolvasásakor léphet föl: ez kb. 0,05 N hibát jelent.

4. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

12. A csúszási súrlódási erő vizsgálata

Téma: A súrlódási erő jellemzése.	
Cél meghatározása: A csúszási súrlódási erő mérése, a csúszási súrlódási erő és a nyomóerő egyenes arányosságának igazolása, a csúszási súrlódási együttható meghatározása.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, származtatott mennyiségek kiszámítása, diagram készítése, következtetések levonása; ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: A csúszási súrlódási erő, a csúszási súrlódási együttható.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none"> • bevezetés • az 1. mérési feladat ismertetése • munka és balesetvédelem • eszközök előkészítése • 1. mérés elvégzése • diagramkészítés, következtetések levonása • 2. mérés elvégzése • 3. mérési feladathoz magyarázat • 3. mérés elvégzése • tanári ellenőrzés • látottak értelmezése • mérési hibák megbeszélése • feladatok megoldása • értékelés 	<p>5 perc</p> <p>5 perc</p> <p>3 perc</p> <p>5 perc</p> <p>12 perc</p> <p>10 perc</p> <p>5 perc</p> <p>5 perc</p> <p>10 perc</p> <p>5 perc</p> <p>5 perc</p> <p>2 perc</p> <p>15 perc</p> <p>3 perc</p>

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: rugós erőmérő; állítható hajlásszögű lejtő; téglatest fából; olyan fahasáb, amelynek egyik oldalja filccel, egy másik pedig dörzspapírral van bevonva; mérőszalag; műanyag tálca; 3 db azonos súlyú nehezék; méterrúd.



33. ábra: Csúszási súrlódás

Bevezetés, Feladat, 1. mérés: Tanulói munkafüzet 12. fejezet 42. oldalán.

	Súrlódási erő: F_s [N]	Nyomóerő: F_{ny} [N]	F_s / F_{ny}
1 db nehezék			
2 db nehezék			
3 db nehezék			

A nyomóerő-súrlódási erő diagramon kell ábrázolni a nyomóerő és a súrlódási erő kapcsolatát, és meg kell állapítani a köztük lévő egyenes arányosságot.

Az egyenes arányosság azt jelenti, hogy az összetartozó értékpárok *hányadosa* állandó. Mindhárom esetben ki kell számolni a mért erők hányadosát az utolsó oszlopban. Ez a hányados a csúszási súrlódási együttható, amit μ -vel jelölünk. Tehát $\mu = F_s / F_{ny}$. A csúszási súrlódási együttható egy mértékegység nélküli számérték.

2. mérés: A csúszási súrlódási együttható meghatározása különböző minőségű érintkező felületek esetén.

A fahasáb súlya a nyomóerő. A fahasábot erőmérővel kell egyenletesen húzni az asztallapon, három különböző minőségű felületén: sima fa felületén, filccel bevont oldalán, és a dörzspapírral bevont oldalán. Mindhárom esetben mérni kell a súrlódási erőt.

	Súrlódási erő: F_s [N]	Súly: F_{ny} [N]	$\mu = F_s / F_{ny}$
Fa felületen			
Filcen			
Dörzspapíron			

Mindhárom esetben ki kell számolni a csúszási súrlódási együttható értékét a táblázat utolsó oszlopában. Az egyes csúszási súrlódási együtthatók értékét, nagyság szerint növekvő sorrendbe állítva őket: *fa felület, filc, dörzspapír*.

3. mérés: Hogyan függ a csúszási súrlódási erő az érintkező felületek nagyságától?

a) A téglatestnek három különböző területű oldallapja van melyeket teljesen egyformára csiszoltak. Húzni kell az asztallapon a téglatestet mind a három felületén. Figyelni kell arra, hogy a testet egyenletesen mozgassuk, vagyis az erőmérő végig állandó erőt mutasson.

A legkisebb, a közepes, és a legnagyobb területű lapon húzva: az erőket [N]-ban megadva, a tapasztalat: *Kicsi eltéréssel, gyakorlatilag ugyanakkora a három erő.*

b) El kell végezni újra a mérést, de most rá kell tenni a téglatestre a 3 darab nehezéket.

Tapasztalat:

Gyakorlatilag ugyanakkora a három erő, de az a) esethez képest nagyobb erőt mértünk.

Indoklás:

a) esetben is és b) esetben is mindhárom oldalán húzva a testet ugyanaz a nyomóerő, de kisebb terület esetén nagyobb a nyomás értéke, hiszen $p=F/A$, a nyomás a nyomó erő és a nyomott felület hányadosa.

Tapasztalat: A csúszási súrlódási erő nem függ az érintkező felületek nagyságától, csak a nyomóerő nagyságától függ.

4. Mérési hibák:

- a) A távolságmérés hibája a mérőszalag legkisebb beosztásának a fele, vagyis 0,5 mm minden egyes szakasz megmérésekor.
- b) Az erőmérő leolvasásából származó hiba kb. 0,05N.

5. Feladatok megoldása:

A feladatok: Tanulói munkafüzet 12. fejezet, 44. oldal.

- a) *Hogy növeljük a súrlódást.*
- b) *Hogy csökkentsük a súrlódást.*
- c) *Forgó alkatrészek súrlódásának csökkentésekor: pl. a csapágyak esetén.*
- d) *Minél nagyobb nyomóerővel szorul a keréknek a fék, annál nagyobb lesz a súrlódási erő.*
- e) *A víz kenőanyagként működik, ezért csúszik jobban a vizes úttest.*
- f) *A korcsolya érintkezési felülete sokkal kisebb, mint a sítalpé, ezért nagyobb a nyomás, a jégfelület a nagy nyomáson megolvad, és a vízrétegen könnyen csúszik a korcsolya.*

6. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

13. Tapadási súrlódás vizsgálata

Téma: Tapadási súrlódás vizsgálata.	
Cél meghatározása: A tapadási súrlódási erő mérése, és a tapadási súrlódási együttható meghatározása.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói mérés, adatrögzítés, származtatott mennyiség kiszámítása, következtetések levonása; ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Tapadási súrlódási erő, tapadási súrlódási együttható, közegellenállás.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none"> • bevezetés • feladat ismertetése • munka és balesetvédelem • eszközök előkészítése • 1. mérés elvégzése • tanári ellenőrzés • 2.a. mérés elvégzése • 2.b. mérés elvégzése • 2. mérés tanári ellenőrzése • mérési hibák elemzése • közös megbeszélés, értékelés 	<ul style="list-style-type: none"> 10 perc 10 perc 3 perc 7 perc 20 perc 5 perc 10 perc 10 perc 10 perc 2 perc 3 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

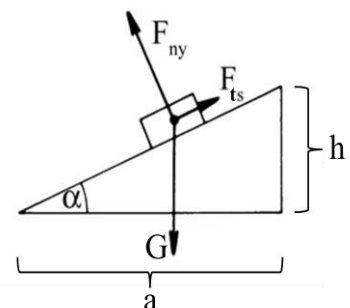
Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: rugós erőmérő; állítható hajlásszögű lejtő; olyan fahasáb, amelynek egyik oldalapja filccel, egy másik pedig dörzspapírral van bevonva; mérőszalag; méterrúd; hosszú deszkalap; 2 db kisebb egyforma deszkalap; 2 db Bunsen-állvány.

Bevezetés, Feladat: Tanulói munkafüzet 13. fejezet 45. oldalon.

1. mérés: Tanulói munkafüzet 13. fejezet, 45. oldal.

$$F_{ts} = G \cdot \frac{h}{l}, \quad F_{ny} = G \cdot \frac{a}{l}, \quad \mu_0 = F_{ts \max} / F_{ny}$$



34. ábra: Erők a lejtőn

A fenti képletekkel kell kiszámolni a maximális tapadási súrlódási erőt ($F_{ts \max}$), a nyomóerő (F_{ny}) nagyságát, és a μ_0 értékét is.

	a lejtő magassága: h [cm]	$F_{ts \max}$ [N]	a lejtő alapja: a [cm]	F_{ny} [N]	μ_0
1. mérés					
2. mérés					
3. mérés					

A mérést még kétszer meg kell ismételni úgy, hogy a hasábot különböző helyekre tesszük a lejtőn. Átlagolni kell a három mérési eredményt.

μ_0 átlagértéke:

2. mérés: Az előző méréssorozatot el kell végezni a fahasábbal úgy, hogy először a filccel bevont, majd a dörzspapírral bevont oldalával kell a hasábot a lejtőre helyezni.

a) Filccel bevont oldallal:

	a lejtő magassága: h [cm]	F_{ts} [N]	a lejtő alapja: a [cm]	F_{ny} [N]	μ_0
1. mérés					
2. mérés					
3. mérés					

μ_0 átlagértéke:

b) Dörzspapírral bevont oldallal:

	a lejtő magassága: h [cm]	F_{ts} [N]	a lejtő alapja: a [cm]	F_{ny} [N]	μ_0
1. mérés					
2. mérés					
3. mérés					

μ_0 átlagértéke:

Össze kell hasonlítani a három különböző μ_0 értékét, és növekvő sorrendbe kell állítani őket: 1. fa felület 2. filccel bevont felület 3. dörzspapírral bevont felület.

4. Mérési hibák:

- a) A távolságmérés hibája a mérőszalag, ill. a méterrúd legkisebb beosztásának a fele, vagyis 0,5 mm minden egyes szakasz kimérésekor.
- b) Az erőmérő leolvasásakor súlyerő esetén 0,05 N hiba lehet.

5. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

14. A rugóerő vizsgálata

Téma: Rugóerő, a lineáris erőtvény, sorban és párhuzamosan kapcsolt rugók rugóállandója.	
Cél meghatározása: A rugó erőtvényének meghatározása, rugóállandó kimérése, összetett rendszerek rugóállandójának kimérése.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, származtatott mennyiség kiszámítása, diagram készítése, következtetések levonása; ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Rugóerő, megnyúlás, rugóállandó.	
Ütemezés:	
• bevezetés	5 perc
• feladat ismertetése	5 perc
• munka és balesetvédelem	3 perc
• eszközök előkészítése	2 perc
• 1. mérés elvégzése	15 perc
• 2. mérés elvégzése	10 perc
• a mérések tanári ellenőrzése	5 perc
• az 1. és 2. mérés közös megbeszélése	5 perc
• 3.a. mérés elvégzése	10 perc
• 3.b. mérés elvégzése	10 perc
• a mérések tanári ellenőrzése	5 perc
• a 3. mérés közös megbeszélése	10 perc
• mérési hibák elemzése	2 perc
• értékelés	3 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: Bunsen-állvány, 2 azonos hosszúságú, és közelítőleg azonos erősségű rugó, rugós erőmérő, méterrúd, súlykészlet.

Bevezetés, Feladat: Tanulói munkafüzet 14. fejezet 47. oldalon.

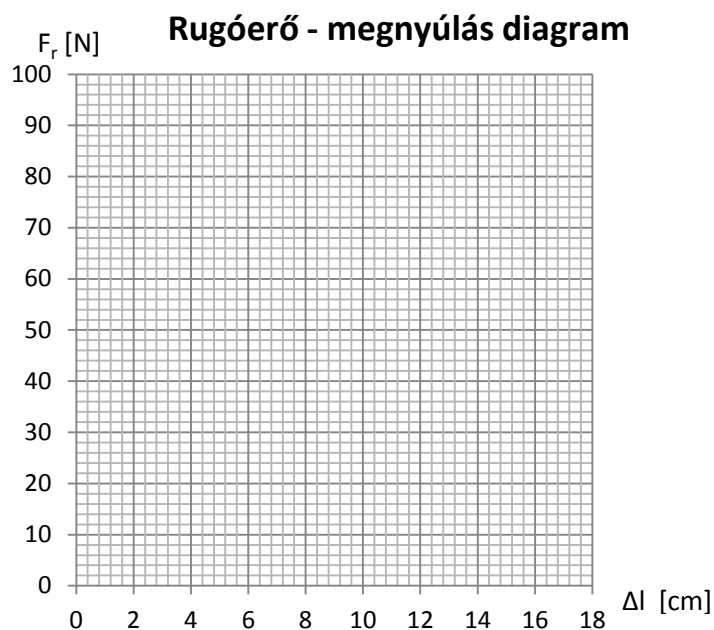
1. mérés: A rugóerő és a megnyúlás kapcsolatát fogjuk meghatározni. Fel kell akasztani az állványra az egyik rugót és rögzíteni kell a méterrudat is az állványhoz, függőleges helyzetben.

Meg kell adni a rugó nyújtatlan hosszát: l_0 -t [cm]-ben és [m]-ben is.

Egy nehezék súlya: 0,5N. Egyensúly esetén a rugóerő egyenlő a nehezék súlyával. Egymást követően a rugóra 1, 2, 3, 4 darab nehezéket akasztva, mérjük a rugó megnyúlását, és a rugóerőt.

Nehezékek száma:	1 db	2 db	3 db	4 db
Rugó hossza: l [cm]-ben				
Rugó hossza: l [m]-ben				
Megnyúlás: Δl [m]-ben				
Rugóerő: F_r [N]	0,5 N	1 N	1,5 N	2 N

El kell készíteni a rugóerő-megnyúlás diagramot, a megnyúlást: Δl -t [cm]-ben mérve. Összeszkötve a pontokat, origón áthaladó egyenest kapunk. Ez egyenes arányosságot jelent. Az egyenes meredeksége az adott rugó rugóállandóját jelenti.



A rugóerő egyenesen arányos a rugó *megnyúlásával*. A két mennyiség hányadosa, $F_r/\Delta l$ *állandó*. Ezt rugóállandónak, vagy direkciós erőnek nevezzük és D -vel jelöljük. Tehát $D = F_r/\Delta l$, mértékegysége [N/m], számértéke egyenlő a grafikon meredekségével.

A grafikon alapján D értékét először N/cm-ben kapjuk meg, amit 100-zal való szorzással váltunk át N/m-re.

A rugóállandó számértéke azt mutatja meg, hogy 1 cm-es megnyújtáskor mekkora erőt fejt ki a rugó. A most vizsgált rugó 1 cm-es megnyújtásakor az adott rugótól függően 0,5-2 N közötti erő a rugóerő nagysága.

A rugó erőtvényét Hooke²-törvénynek nevezzük, és a következő alakban adjuk meg:
 $F_r = D\Delta l$.

2. mérés: Meg kell határozni a másik rugó rugóállandóját is. Ennél a rugónál csak 2, ill. 3 db nehezéssel végezzük el a mérést, majd vesszük a kapott rugóállandók átlagát. Megvizsgáljuk, hogy van-e eltérés D értékeiben a két rugónál. Közelítőleg azonos értéket kell kapni.

	Rugó hossza: l [cm]-ben	Rugó hossza: l [m]-ben	Megnyúlás: Δl [m]-ben	Rugóerő: Fr [N]	Rugóállandó: D [N/m]
2 db nehezék					
3 db nehezék					

A 3. mérés előtt ellenőrizni kell a tanulók eddigi munkáját, össze kell foglalni a tapasztalatokat. A lineáris erőtvényt föl kell írni a táblára.

3. mérés: Tanulói munkafüzet 14. fejezet, 49. oldal.

a) Sorban kapcsolt rugók esetén elegendő 2 db nehezékig terhelni a rendszert:

	Rugó hossza: l [cm]-ben	Rugó hossza: l [m]-ben	Megnyúlás: Δl [m]-ben	Rugóerő: Fr [N]	Rugóállandó: D_{soros} [N/m]
1 db nehezék					
2 db nehezék					

Venni kell a kiszámolt rugóállandók átlagát. *A két sorban kapcsolt rugó rugóállandója az eredeti rugóállandónak a fele lesz, mert ugyanakkora erővel nyújtjuk meg mindkét rugót, ami együttesen kétszeres megnyúlást eredményez: $D_{soros} = 0,5D$.*

² Hooke (1635-1703) angol fizikus fedezte fel a róla elnevezett lineáris erőtvényt.

b) Párhuzamosan kapcsolt rugók esetén párosával növeljük a terhelést 8 db nehezékig:

	Rugó hossz- sza: l [cm]-ben	Rugó hossz- sza: l [m]-ben	Megnyúlás: Δl [m]-ben	Rugóerő: Fr [N]	Rugóállandó: $D_{\text{párh}}$ [N/m]
2 db nehe- zék					
4 db nehe- zék					
6 db nehe- zék					
8 db nehe- zék					

Venni kell a kapott rugóállandók átlagát, ez az eredeti rugóállandó kétszerese lesz. Magyarázat: *a nehezék súlya két egyenlő részre oszlik, tehát az egyes rugókat fele akkora erő fogja megnyújtani, ami fele akkora megnyúlást eredményez. Fele akkora megnyúlással való osztás kétszer akkora rugóállandót ad.*

Ki kell egészíteni a mondatokat: Tehát a sorban kapcsolt rugók esetén a rugóállandó a *felére* csökkent, a párhuzamosan kapcsolt rugók esetén pedig a *kétszeresére* nőtt.

Tapasztalatból tudjuk, hogy annál nehezebb az expandert széthúzni, minél *több* rugó van benne.

4. Mérési hibák:

- a) A méterrúd leolvasásakor 0,5 mm hiba lehetséges.
- b) Az erőmérő leolvasási hibája 0,05 N.

5. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

15. A kétkarú emelő egyensúlya

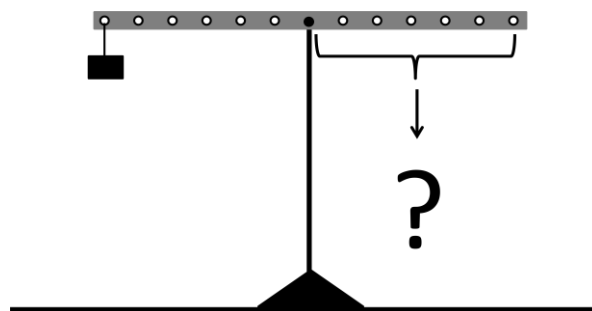
Téma: A kétkarú emelő egyensúlyának vizsgálata.	
Cél meghatározása: A kétkarú emelő egyensúlyának feltételeit fogjuk meghatározni.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, származtatott mennyiségek kiszámítása, következtetések levonása; ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Erőkar, forgástengely, forgatónyomaték.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none"> • bevezetés • feladat ismertetése • munka és balesetvédelem • eszközök előkészítése • 1. mérés elvégzése • forgatónyomaték definíciója • 2. mérés elvégzése • tanári ellenőrzés • 3. feladat elvégzése • tanári ellenőrzés • következtetések levonása • önálló feladatalkotás • mérési hibák megbeszélése • értékelés 	<ul style="list-style-type: none"> 2 perc 5 perc 3 perc 5 perc 15 perc 5 perc 20 perc 5 perc 10 perc 5 perc 5 perc 5 perc 2 perc 3 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: Kétkarú emelő, súlykészlet, mérőszalag.

Feladat, 1. mérés: Tanulói munkafüzet 15. fejezet 51. oldalon.



35. ábra: Kétkarú emelő

Ki kell tölteni az alábbi táblázat 2. oszlopát a mérés alapján. A 3. oszlopban ki kell számolni a nehezékek számának és a lyukak sorszámának a szorzatát. Ezzel már utalunk a forgatónyomaték természetére.

A 4. oszlopban ki kell számolni az erőket úgy, hogy minden nehezék súlya 0,5N. A 6. oszlopban az erőkart kell megadni. Végül az utolsó oszlopban kell kiszámolni a nehezékek forgatónyomatékát, mint az erő és az erőkar szorzatát, vagyis itt adjuk meg a pontos definíciót. A forgatónyomaték jele **M**, az erő jele **F** és az erőkar jele **k**. Az összefüggés: **M = F · k**

A forgatónyomaték mértékegysége az SI szerint N·m, de most a forgatónyomatékot N·cm mértékegységgel kapjuk meg.

A nehezékek száma	Hányadik lyukba akasztottad?	Szorzat	A nehezékek súlya [N]	Erőkar [cm]	Forgatónyomaték [N·cm]
1*	6.	6	0,5	18	9
2	3.	6	1	9	9
3	2.	6	1,5	6	9
6	1.	6	3	3	9

A kétkarú emelő bal oldalán lévő nehezék forgatónyomatéka 9 N·cm, a jobb oldalára akasztott nehezékek forgatónyomatéka mind a négy esetben 9 N·cm. Tehát a kétkarú emelő akkor van kiegyensúlyozva, ha mindkét oldalán *ugyanakkora* a forgatónyomaték.

2. mérés: Ki kell egyensúlyozni az emelőt a 36. és 37. ábrákon látható esetekben. Le kell rajzolni néhány lehetséges egyensúlyi helyzetet, és a rajzok alatt ki kell számolni a baloldali és a jobboldali karra ható összes forgatónyomatékot.

Több különböző megoldás lehetséges, néhány példát lehet látni az alábbi ábrákon.



36. ábra: Egyensúly 1.

Bal oldalon: $M_{\text{össz}} = 6 \text{ N}\cdot\text{cm} + 6 \text{ N}\cdot\text{cm} = 12 \text{ N}\cdot\text{cm}$.

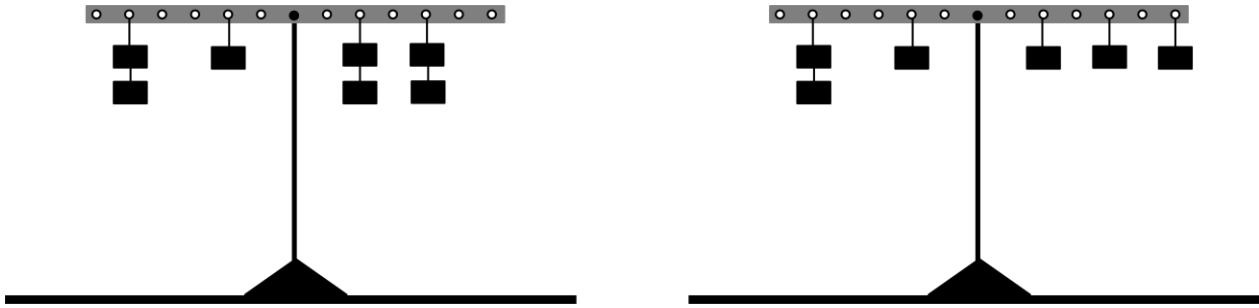
Jobb oldalon: $M_{\text{össz}} = 4 \cdot 3 \text{ cm} \cdot 1 \text{ N} = 12 \text{ N}\cdot\text{cm}$.

Bal oldalon: $M_{\text{össz}} = 12 \text{ N}\cdot\text{cm}$.

Jobb oldalon:

$M_{\text{össz}} = 3 \text{ N}\cdot\text{cm} + 9 \text{ N}\cdot\text{cm} = 12 \text{ N}\cdot\text{cm}$.

* Ebben az esetben csak a szimmetrikus megoldás lehetséges.



37. ábra: Egyensúly 2.

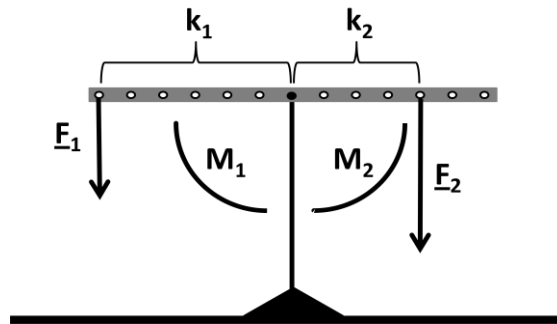
Bal oldalon: $M_{\text{össz}} = 15\text{N}\cdot\text{cm} + 3\text{N}\cdot\text{cm} = 18\text{N}\cdot\text{cm}$.

Jobb oldalon: $M_{\text{össz}} = 6\text{N}\cdot\text{cm} + 12\text{N}\cdot\text{cm} = 18\text{N}\cdot\text{cm}$.

Bal oldalon: $M_{\text{össz}} = 18\text{N}\cdot\text{cm}$.

Jobb oldalon:

$M_{\text{össz}} = 3\text{N}\cdot\text{cm} + 6\text{N}\cdot\text{cm} + 9\text{N}\cdot\text{cm} = 18\text{N}\cdot\text{cm}$.



38. ábra: Kétkarú emelő egyensúlyban

3. feladat: A következtetések:

A 38. ábra egy kétkarú emelőt ábrázol, egyensúlyi helyzetben.

k -val az erőkarokat jelöltük, F pedig az erőket jelöli.

Az ívekkel ábrázolt forgatónyomatékok egyenlő nagyságúak, de ellentétes irányúak, ezért kiegyensúlyozzák egymás forgató hatását. Be kell rajzolni az ívek végére a nyilakat!

Az emelő egyensúlyának feltétele, hogy $\Sigma M_1 = \Sigma M_2$, vagyis $F_1 \cdot k_1 = F_2 \cdot k_2$ legyen.

Ha marad idő, akkor a tanulók kísérletezzenek, önállóan alakítsanak ki egyensúlyi helyzeteket, azokat rajzolják le, és számolják ki a forgatónyomatékokat.

4. Mérési hibák: Az erőkar mérésekor léphet fel kb. 0,5 mm-es leolvasási hiba.

5. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

16. Az egykarú emelő, és csigasorok egyensúlya

Téma: Az egykarú emelő és a csigasorok egyensúlya.	
Cél meghatározása: Az egykarú emelő és a csigasorok egyensúlyi feltételének mérése.	
Módszerek és tevékenységek: tanári magyarázat, önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, következtetések levonása, ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Erőkar, forgatónyomaték.	
Ütemezés:	
<ul style="list-style-type: none"> • bevezetés • feladat ismertetése • munka és balesetvédelem • eszközök előkészítése • 1. mérés elvégzése • 2. mérés elvégzése • 1. és 2. mérés tanári ellenőrzése • 3. feladat megoldása, közös megbeszélése • 4. mérés elvégzése • 4. mérés tanári ellenőrzése • 5. mérés elvégzése • 5. mérés tanári ellenőrzése • mérési hibák megbeszélése • értékelés 	<p>10 perc</p> <p>5 perc</p> <p>3 perc</p> <p>2 perc</p> <p>10 perc</p> <p>10 perc</p> <p>5 perc</p> <p>5 perc</p> <p>10 perc</p> <p>5 perc</p> <p>15 perc</p> <p>5 perc</p> <p>2 perc</p> <p>3 perc</p>

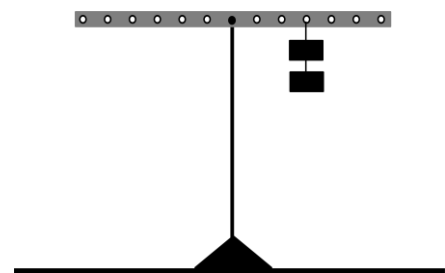
Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: kétkarú emelő, súlykészlet, rugós erőmérő, mérőszalag, 1 db állócsiga, 3 db mozgócsiga, 2 db 3 csigából álló csigasor, madzag.

I. Egykarú emelő egyensúlya:

1. mérés: Tanulói munkafüzet 16. fejezet 54. oldalon.



39. ábra: Emelő 1.

Az erőmérő támadáspontja:	1. lyuk	2. lyuk	3. lyuk	4. lyuk	5. lyuk	6. lyuk
Mért erő: F [N]						
Erőkar: k [cm]						
Forgatónyomaték: M [Ncm]						

A nehezékek forgatónyomatékához meg kell mérni a nehezékek súlyát: a G -t [N]-ban, és az erőkart: k_{neh} -t, [cm]-ben.

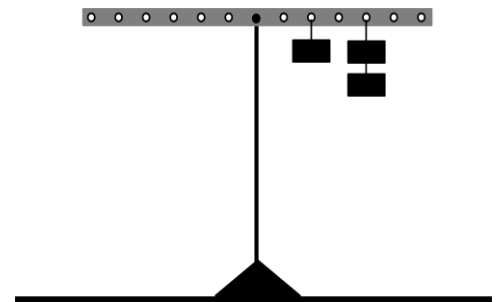
A forgatónyomatékot [Ncm]-ben fogjuk megkapni.

Tapasztalatok: a) A nehezékek *ugyanakkora* forgatónyomatékot fejtenek ki, mint a kiegyensúlyozó erő.

b) Minél nagyobb a kiegyensúlyozó erő karja, annál *kisebb* erőre van szükség.

2. mérés: A 40. ábrán látható módon helyezd el a nehezékeket. Ezek forgatónyomatéka összeadódik. Az erőmérőt sorban be kell akasztani mindegyik lyukba ugyanezen a karon és függőleges emelőerővel ki kell egyensúlyozni az emelőt.

Ki kell tölteni a táblázatot.



40. ábra: Emelő 2.

Az erőmérő támadáspontja:	1. lyuk	2. lyuk	3. lyuk	4. lyuk	5. lyuk	6. lyuk
Mért erő: F [N]						
Erőkar: k [cm]						
Forgatónyomaték: M [Ncm]						

A nehezékek forgatónyomatéka:

G_1 -et és G_2 -t [N]-ban, k_{1neh} -t és k_{2neh} -t [cm]-ben kell megadni.

A nehezékek összes forgatónyomatékát a következő képlettel kell kiszámolni:

$$M_{\text{neh}} = G_1 \cdot k_{1\text{neh}} + G_2 \cdot k_{2\text{neh}}.$$

A nehezek *ugyanakkora nagyságú* forgatónyomatékokat fejtenek ki, mint a kiegyensúlyozó erő.

3. feladat:

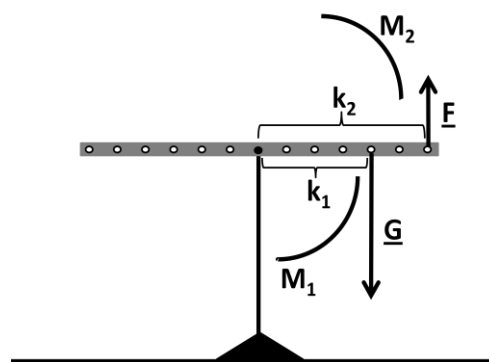
A 41. ábra egy *egykarú* emelőt ábrázol, *egyensúlyi* helyzetben.

k-val az *erők karját* jelöltük, **G** a *nehezék* súlyát, **F** pedig a *kiegyensúlyozó* erőt jelöli.

Az ívekkel ábrázolt forgatónyomatékok *egyenlő* nagyságúak, de *ellentétes* irányúak, ezért kiegyensúlyozzák egymás *forgató hatását*. M_2 *felfelé*, M_1 *lefelé* forog.

Az emelő egyensúlyának feltétele, hogy $\Sigma M_1 = \Sigma M_2$, vagyis

$$G \cdot k_1 = F \cdot k_2 \text{ legyen.}$$



41. ábra: Egykarú emelő egyensúlya

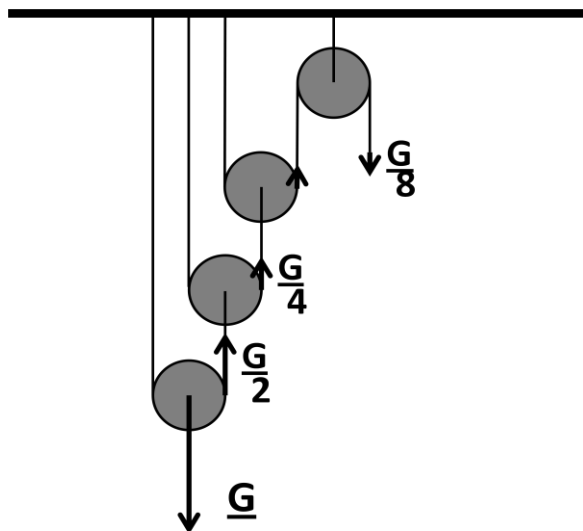
4. mérés: A tanulók kísérletezzenek, önállóan alakítsanak ki egyensúlyi helyzeteket, azokat rajzolják le a 42. ábrába, és számolják ki a forgatónyomatékokat.



42. ábra: Emelő 3.

II. Csigasorok egyensúlya:

5. mérés: Az Arkhimédészi és a közönséges csigasor.



43. ábra: Arkhimédészi csigasor



44. ábra: Közönséges csigasor

A 43. ábrán látható csigasor legalsó mozgócsigájára 800 g tömegű nehezéket kell a felakasztani. Meg kell mérni a kiegyensúlyozó erőt. Le kell ellenőrizni, hogy minden mozgócsiga megfelelt a tengelyére akasztott teher súlyát, vagyis *az ábrába rajzolt erőknek megfelelően közelítőleg 1N nagyságú erőt fog mutatni az erőmérő. Tehát az Arkhimédészi-csigasor esetén $F=G/(2^n)$, ahol n -nel a mozgócsigák darabszámát jelöltük.*

Technikai okok miatt a mozgócsigát az állócsiga tengelyéhez rögzítik. Így épül fel a közönséges csigasor, ahol a csigák tengelyeit egy közös merev tartóval kapcsolják össze.

A 44. ábra alapján össze kell állítani a csigasort. A 800 g tömegű nehezék ráakasztása után meg kell mérni a kiegyensúlyozó erő nagyságát: F -et [N]-ban megadva. Le kell írni, hogy most mit tapasztalunk: *Ebben az esetben nagyobb erőt jelez az erőmérő, közelítőleg 1,33N-t, vagyis 6-odrészt csökkent a nehezék súlya. A közönséges csigasor esetében az erőmérő $F=G/(2 \cdot n)$ erőt mutat, ahol n -nel a mozgócsigák számát jelöltük.*

6. Mérési hibák:

- Az erőmérő leolvasásából származó hiba súlyerő esetén 0,05 N.
- Az erőkarok mérésekor a mérőszalag leolvasásából 0,5 mm hiba adódik.

7. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

17. A mechanikai energia megmaradásának törvénye

Téma: A mechanikai energia megmaradásának törvénye	
Cél meghatározása: A törvény mérési úton való igazolása	
Módszerek és tevékenységek: tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, származtatott mennyiség kiszámítása, következtetések levonása; ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: mechanikai munka; helyzeti, mozgási és rugalmas energia	
Ütemezés:	
• bevezetés	5 perc
• feladat ismertetése	10 perc
• munka és balesetvédelem	3 perc
• eszközök előkészítése	10 perc
• 1. mérés elvégzése	30 perc
• 1. mérés tanári ellenőrzése	5 perc
• 2. mérés elvégzése	15 perc
• 2. mérés tanári ellenőrzése	5 perc
• mérési hibák elemzése	5 perc
• értékelés	2 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: kiskocsi, két darab különböző hosszúságú lejtő, rugós erőmérő, mérőszalag, mérőrúd, stopper, rugó, fahasáb, szigetelőszalag, Bunsen-állvány, 1 db 200g tömegű nehezék.

Bevezetés, Feladat: Tanulói munkafüzet 16. fejezet 58. oldalon.

1. mérés: Az első mérésben egy könnyen gördülő kiskocsit használunk, melynek különböző fajta mechanikai energiáit fogjuk mérések alapján kiszámolni. Elhanyagoljuk a súrlódást, nincs energiaveszteség.

a) Ki kell számolni az asztal szintje fölé $h=40$ cm magasságba felemelt kocsi helyzeti energiáját.

Először meg kell mérni a kocsi tömegét: m -et [g]-ban, és [kg]-ban megadva.

A helyzeti energiát: $E_h = mgh$ képlettel kiszámolva [J]-ban kell megadni.

b) A 60 cm hosszúságú lejtőt be kell állítani 40 cm magasságúra. A lejtővel párhuzamos hatásvonalú erővel felhúzzuk a kocsit a lejtőn egyenletesen úgy, hogy közben az erőmérő állandó erőt mutasson. Kiszámoljuk, hogy a lejtő aljától a tetejéig mozgatva a kocsit összesen mennyi munkát fektettünk be: $W=F \cdot s$ képlettel, [J]-ban megadva. Össze kell hasonlítani az a) feladatban kapott helyzeti energiával, és le kell írni a tapasztalatot: *Az értékek közelítőleg egyenlők, tehát teljesül az energia megmaradás.*

c) Most az 1m hosszú lejtővel kell megismételni az előző mérést.

A tapasztalat az eddigiekből: *Az értékek közelítőleg egyenlők, tehát teljesül az energia megmaradás.*

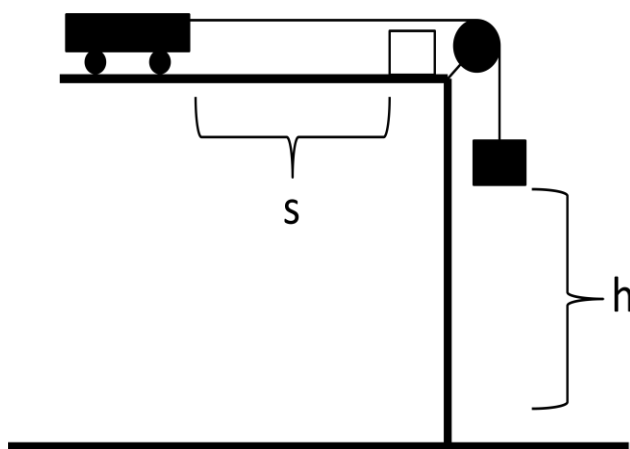
Következtetés: A test h magasságba való emelése $W=mgh$ emelési munkát jelent. A lejtő megkönnyíti a test emelését, mivel a G erőnél *kisebberővel* tudjuk a testet mozgatni, de hosszabb úton. Így csak erőt tudunk megtakarítani, *munkát* nem.

d) Tanulói munkafüzet 17. fejezet, 59. oldal.

Mért idő: t [s]	Időátlag: $t_{\text{átlag}}$ [s]	Megtett út: s [m]	Lejtő alján elért sebesség: v [m/s]	Kocsi tömege: m [kg]	Kocsi mozgási energiája: E_m [J]

Tapasztalat: *A munka és az energia értékek közelítőleg egyenlők, tehát teljesül az energia megmaradás.*

2. mérés: Tanulói munkafüzet 17. fejezet, 59. oldal.



45. ábra: Elrendezés energiaméréshez

Mérjük meg a tömegeket: m_{kocsi} , és m_{neh} [g]-ban és [kg]-ban is meg kell adni.
 Mérjük meg a beállított távolságot: s -et, [cm]-ben és [m]-ben is meg kell adni.
 Most következik az idő mérése: legalább három mérést kell végezni.
 Be kell írni a táblázatba a mért idő adatokat, és ki kell számolni az átlagukat.

A végsebességet a négyzetes úttörvény megfelelő alakjából kapjuk: $s=(a/2)t^2$, mert a testek kezdősebessége nulla volt. Ebből a gyorsulást kifejezve: $a=2s/t^2$. Ennél a mozgásnál a v végsebesség egyenlő a sebességváltozással, ezért a $v=at$ képlettel számolunk.

Mért idő: t [s]	Időátlag: $t_{\text{átlag}}$ [s]	$(t_{\text{átlag}})^2$ [s ²]	Gyorsulás: a [m/s ²]	Végsebesség: v [m/s]

A kocsi mozgási energiája: $E_{m1} = \frac{1}{2}m_{\text{kocsi}}v^2$ képlettel [J]-ban megadva, és a nehezek mozgási energiája:

$$E_{m2} = \frac{1}{2}m_{\text{neh}}v^2 \text{ képlettel, [J]-ban megadva.}$$

Ki kell számolni a nehezek helyzeti energiájának megváltozását:

$$E_h = m_{\text{neh}}gh \text{ képlettel, [J]-ban megadva.}$$

A számítások alapján teljesült a megmaradási törvény:

a két mozgási energia összege egyenlő a nehezek helyzeti energiájának megváltozásával:

$$m_{\text{neh}}gh = \frac{1}{2}m_{\text{kocsi}}v^2 + \frac{1}{2}m_{\text{neh}}v^2 .$$

3. Mérési hibák:

- A krétajel vastagsága akár 1-3 mm-es leolvasási hibát jelenthet.
- A méterrúd és a mérőszalag skálázása is 0,5 mm-es mérési hibát okoz.
- A reakcióidő okozhat 0,1s -0,3s eltérést attól függően, hogy mennyire koncentrálnak a mérést végző a stopper pontos kezelésére.

4. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

18. A hidrosztatikai nyomás

Téma: A hidrosztatikai nyomás.	
Cél meghatározása: A nyomás terjedése folyadékokban. A hidrosztatikai nyomás és a folyadékoszlop magasságának kapcsolata. Sűrűségmérés a felhajtóerő segítségével.	
Módszerek és tevékenységek: tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, következtetések levonása; tanári demonstrációs kísérletek bemutatása, ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Hidrosztatikai nyomás, légnyomás, felhajtóerő, sűrűség.	
Ütemezés:	
• bevezetés	5 perc
• feladat ismertetése	2 perc
• munka és balesetvédelem	3 perc
• eszközök előkészítése	2 perc
• 1-5. kísérlet elvégzése	25 perc
• 6.a és 6.b tanári demonstrációk	10 perc
• 6.c tanári demonstráció	2 perc
• Torricelli-kísérlet elemzése	8 perc
• 7. kísérlet elvégzése	5 perc
• 8. feladat közös megbeszélése	10 perc
• 9. mérés megbeszélése	5 perc
• 9. mérés elvégzése	10 perc
• mérési hibák, értékelés	3 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: tálca, 1 literes üvegedény, mindkét végén nyitott műanyag henger, kör alakú gumilemez darab, gumigyűrű, 0,5 literes kifúrt üres műanyag flakon, kifúrt oldalú magas konzervdoboz, szigetelőszalag, közlekedőedény, kb. 1 dl ételfestéssel megfestett víz, szivacskendő.

Bevezetés, Feladat: Tanulói munkafüzet 18. fejezet 61. oldalon.

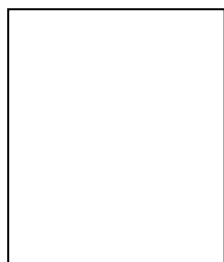
1. kísérlet: Fel kell tölteni vízzel a 0,5 literes több helyen kifúrt üres műanyag flakont, be kell zárni és a mosdótálca fölött össze kell nyomni oldalról. Le kell rajzolni és meg kell indokolni a jelenséget.



Pascal-törvénye kimondja, hogy a nyomás a folyadékokban *minden* irányban *egyenlő* mértékben terjed.

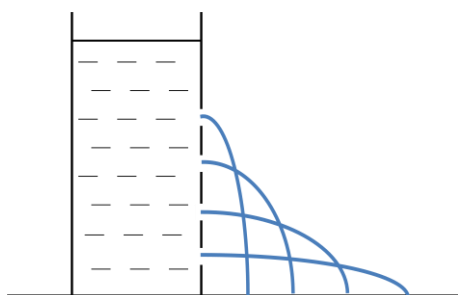
2. kísérlet: Fel kell tölteni az 1 literes üvegedényt vízzel kb. $\frac{3}{4}$ -ed részéig. A mindkét végén lyukas üveghenger egyik végére rögzíteni kell a kör alakúra vágott gumilemez darabot a 46. ábrán látható módon. Le kell írni, hogy mi történik, ha:

- a) ha egyre mélyebbre nyomjuk az üveghengert a vízbe,
 - b) ha kiemelve a kádból egyre több vizet öntesz bele. Le kell rajzolni az eseteket.
- a) *Egyre jobban benyomódik a gumilemez a hengerbe.*
 b) *Egyre jobban kidudorodik a gumilemez, a benne lévő víz súlya alatt.*



46. ábra: Gumilappal lezárt cső

3. kísérlet: A mindkét végén nyitott üveghenger aljára szorítunk egy vékony fémlémezt, és a hengert a vízzel töltött üvegedénybe nyomjuk. Lassan vizet töltünk a hengerbe, és megfigyeljük, hogy mikor válik le a fémlemez a henger aljáról. *Akkor válik le, amikor mindkét oldalán ugyanakkora a nyomás, vagyis, a hengerben lévő víz szintje eléri a külső vízszintet.*



47. ábra: Vízugarak

4. kísérlet: A nyomás függése a vízoszlop magasságától. Egy szigetelőszalag csík elzárja lyukakat.

Színültig feltöltve vízzel a dobozt, és levéve a ragasztócsíkot, le kell rajzolni a jelenséget a 47. ábrán.

Minél több víz van a lyuk felett, annál *nagyobb* erővel folyik ki a lyukon. Tehát a nyomás és a vízoszlop magassága *egyenes arányban áll* egymással.

A mennyiségek kapcsolatát a következő képlet adja meg: $p_h = \rho gh$, ahol p_h -val a hidrosztatikai nyomást jelöltük, ρ a víz *sűrűségét*, g a gravitációs *gyorsulást*, és h a vízosz-

lop *magasságát* jelöli. Ha a sűrűséget [kg/m^3]-ben, a h -t méterben adjuk meg, akkor a p_h nyomást [Pa]-ban fogjuk megkapni.

5. kísérlet: Az ételfestékkel megfestett vízzel félig feltöltjük a közlekedőedényt (48. ábra). Ha kissé megdöntjük az eszközt, a csövekben a folyadék szintje továbbra is a vízszintes síkot jelöli ki.



48. ábra: Közlekedőedény

6. Tanári demonstrációs kísérletek bemutatása és értelmezése következik. A tapasztalatok levonását a tanulóknak a megfigyelés alapján önállóan kell megfogalmazni és leírni a munkafüzetbe.



50. ábra: Vízi buzogány



49. ábra: Hidrosztatikai paradoxon

a) Vízi buzogány: (49. ábra) *Pascal törvényének demonstrálása.*

b) Hidrosztatikai paradoxon bemutatása: (50. ábra) A folyadék nyomása *nem függ* az edény alakjától, hanem csak a folyadékoszlop *magasságától* függ.

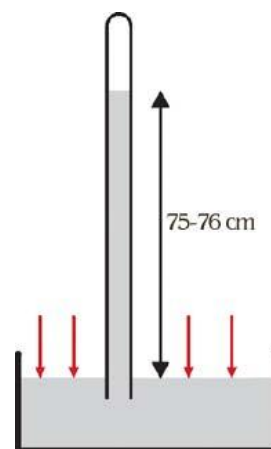
c) Légnyomás szemléltetése: Papírlappal lefedett, vízzel teli pohár fejjel lefelé fordítása: *a pohárban lévő víz nem folyik ki, mivel a légköri nyomás a papírlapot a pohár pereméhez szorítja. Ha egy picit keletkezik a perem mentén, akkor bejut a levegő és kifolyik a víz.*

A légnyomás: Tanulói munkafüzet 18. fejezet, 63. oldal.

Ki kell számolni a nyomás értékét, a higany sűrűsége 13600 kg/m^3 , $h=0,76 \text{ m}$, $g=9,81 \text{ m/s}^2$ behelyettesítésével. $p_h = \rho_{\text{Hg}}gh = 101396,16 \text{ Pa}$.

7. kísérlet: El kell végezni önállóan is a papírlappal lefedett, vízzel teli pohár fejjel lefelé fordítását.

Meg kell kérdezni a tanulókat, hogy ha Torricelli higany helyett vízzel végezte volna el a kísérletet, akkor milyen hosszú csőre lett volna szüksége. A helyes válasz: közelítőleg 10 méter magas vízoszlop nyomása tart egyensúly a légnyomással.



51. ábra: Torricelli-kísérlet

8. Feladat: Határozzuk meg, hogyan függ a hidrosztatikai nyomástól a vízbe merülő testekre ható felhajtóerő! Tanári magyarázat, de a tanulók bevonásával. A levezetés kerüljön fel a táblára is.

Arkhimédész törvénye: Minden folyadékba merülő testre felhajtóerő hat, melynek nagysága megegyezik a test által kiszorított folyadék súlyával.

Számoljuk ki a felhajtóerő nagyságát (52. ábra):

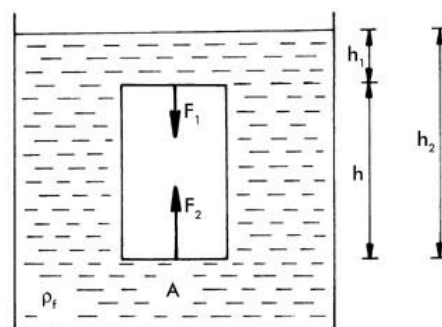
A hasáb alap és fedőlapjának területe A , és ρ a folyadék sűrűsége.

Az eredőerő:

$$F_e = F_2 - F_1 = \rho g h_2 A - \rho g h_1 A = \rho g A (h_2 - h_1) = \rho g A h = \rho_{\text{foly}} g V = m_{\text{foly}} g$$

A felhajtóerő egyenlő az eredőerővel: $F_e = F_f$

Tehát a felhajtóerő: $F_f = m_{\text{foly}} g =$ a kiszorított folyadék súlyával.



52. ábra: Felhajtóerő

9. mérés: A felhajtóerő ismeretében meg tudjuk határozni egy ismeretlen anyagú szilárd test sűrűségét.

A test súlya: $G_{\text{test}} = m_{\text{test}} g = \rho_{\text{test}} V_{\text{test}} g$, innen kifejezzük a test térfogatát: $V_{\text{test}} = G_{\text{test}} / (\rho_{\text{test}} g)$.

Megadjuk a test súlyát vízben. A felhajtóerő ennek a két erőnek a különbsége:

$$F_f = G_{\text{test}} - G_{\text{vízben}} = \rho_{\text{víz}} g V_{\text{test}}$$

behelyettesítve a test térfogatát kapjuk, hogy $G_{\text{test}} - G_{\text{vízben}} = \rho_{\text{víz}} g G_{\text{test}} / (\rho_{\text{test}} g) = \rho_{\text{víz}} G_{\text{test}} / \rho_{\text{test}}$.

Kifejezve a test sűrűségét kapjuk, hogy:

$$\rho_{\text{test}} = \rho_{\text{víz}} G_{\text{test}} / (G_{\text{test}} - G_{\text{vízben}}).$$

A méréshez elegendő egy erőmérő.

A víz sűrűsége 1 g/cm^3 .

Meg kell határozni a következő 3 test sűrűségét, és ki kell tölteni a táblázatot.

	Test súlya levegőben: G_{test} [N]	Test súlya vízben: $G_{\text{vízben}}$ [N]	Test sűrűsége: ρ_{test} [g/cm^3]
fémnehezék			
kavics			
fémhenger			

10. Mérési hibák: Az erőmérő leolvasásából származó hiba a súlyerő esetén $0,05 \text{ N}$.

11. Értékelés: a tanuló párok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

19. Aerosztatika

Téma: Gázok sztatikája.	
Cél meghatározása: Levegő sűrűségének mérése, kísérleti igazolása, hogy a légköri levegőnek is van nyomása, légszivattyús kísérletek bemutatása.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, következtetések levonása; tanári demonstrációs kísérletek bemutatása, ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Gázok sűrűsége, nyomása, a légköri nyomás.	
Ütemezés:	
• bevezetés	10 perc
• feladat ismertetése	5 perc
• munka és balesetvédelem	3 perc
• eszközök előkészítése	2 perc
• 1. mérés elvégzése	10 perc
• 2. kísérlet elvégzése	5 perc
• a demonstrációs kísérletek bevezetése	5 perc
• tanári demonstrációk, látottak értelmezése	20 perc
• tapasztalatok leírása	5 perc
• 4. kísérlet elvégzése	5 perc
• 5. kísérlet elvégzése	5 perc
• 6. feladat megoldása	5 perc
• tanári ellenőrzés, mérési hibák	5 perc
• értékelés	5 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

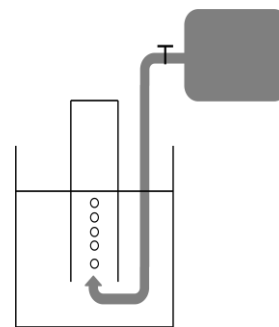
Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

Szükséges eszközök: tálca, csappal ellátott tartály, digitális mérleg, pumpa, mérőhenger, 2 db 2 literes műanyag flakon: beleszerelt léggömbökkel, üvegpohár papírlapokkal, radírgumi, gyufa, kb. 1 dl ételfestékkel megfestett víz, szivacskendő.

Bevezetés, Feladat: Tanulói munkafüzet 19. fejezet 65. oldalon.

1. mérés: Meg kell mérni a csappal ellátott tartály tömegét a digitális mérlegen, majd levegőt kell pumpálni a tartályba, és elzárni a csapot. Meg kell mérni újra a tartály tömegét, és ki kell számolni a bepumpált levegő tömegét: mindhárom tömeget [g]-ban kell megadni.

A tartályból a levegőt egy gumicsövön át, a víz alatt be kell engedni egy vízzel teli mérőhengerbe (53. ábra). A nagyobb nyomású levegő kiszorítja a vizet a hengerből, ezzel azt a levegőmennyiséget kaptuk meg a zárt hengerben, amit a tartályba többletként belepumpáltunk. Így meg tudjuk mérni a levegő térfogatát. Figyelni kell arra, hogy a levegőt maradéktalanul a mérőhengerbe vezessük, és a bezárt levegő térfogatát úgy olvassuk le, hogy a víz szintje a hengerben és a külső edényben pontosan azonos legyen, mert ekkor lesz a külső és belső nyomás ugyanannyi.



53. ábra: Sűrűségmérés

A mérőhenger oldaláról leolvassva a bezárt levegő térfogatát, V -t [cm^3]-ben adjuk meg. Egy kis osztásrész 1 cm^3 térfogatot jelent.

Ki kell számolni a hengerben lévő levegő sűrűségét: $\rho = m/V$ képlettel számolunk és [g/cm^3]-ben adjuk meg a sűrűséget.

2. kísérlet: Papírlappal lefedett, vízzel teli pohár fejjel lefelé fordítása: ügyelni kell arra, hogy a pohár színültig tele legyen, és a ráhelyezett papírlap pontosan illeszkedjen a pohár pereméhez. Egy gyors mozdulattal kell megfordítani a poharat. A pohárban lévő víz nem folyik ki, mivel a légköri nyomás a papírlapot a pohár pereméhez szorítja. Ha egy kicsi rés keletkezik a perem mentén, akkor bejut a levegő és kifolyik a víz.

3. Tanári demonstrációs kísérletek bemutatása és értelmezése következik.

a) A félig leeresztett léggömb és a pohár vízbe rakott nyers tojás változása nyomáscsökkenéskor: a léggömb kitágul, megnöveli térfogatát, mert a benne lévő levegő nyomása nagyobbá válik a légritkított tér nyomásánál. A friss tojásban lévő levegő kidiffundál a tojás pórusain. A tanulók gyakran értelmezik úgy a jelenséget, hogy felforrta a víz, és gőzbuborékok keletkeztek. Közelről nézve jól látszik, hogy csak a tojás felszínén vannak buborékok.

b) Magdeburgi³ féltekék bemutatása (54. ábra): Miután kiszivattyúztuk a levegőt, két tanulót kell megkérni, hogy válaszszák szét a két rézidomot. Ezek után érdemes elmesélni a lábjegyzetben leírt történeti érdekességet. A légköri nyomás nyomja nagy erővel össze a két féltekét. A szelep kinyitásakor most is meg kell figyelni a levegő beáramlásának sustorgó hangját.



54. ábra: Magdeburgi féltekék

³ A légnyomás erejét mutatta be Magdeburg polgármestere, Otto Guericke, a légszivattyú feltalálója Regensburgban a birodalmi gyűlésen, 1654-ben. Két 35 cm átmérőjű, jól illeszkedő réz félgömb közül kiszivattyúzta a levegőt, majd a félgömböket 8-8 lóval próbálta meg széthúztatni, sikertelenül. A levegő beengedésével a két félgömb magától szétesett. Ezt a kísérletet ismételték meg Szombathelyen 2003-ban a főiskola szervezésében, amint a fényképen látható.

c) A felhajtóerő bemutatása: a légszivattyú búrája alá helyezett, kiegyensúlyozott emelőre egy nagyméretű üres fémgömb, és egy súly van felakasztva (55. ábra).

A mérleg a gömb felé elbillen. A gömb saját súlya nagyobb, mint a nehezék súlya, de mivel a térfogata is nagyobb, több levegőt szorított ki, ezért nagyobb felhajtóerő hatott rá. Vákuumban egyik testre sem hat felhajtóerő, ezért a nehezebb test felé billen el a mérleg.

Az erő, amely levegőben hat a fémgömbre, vákuumban viszont nem hat: *a felhajtóerő.*

Tapasztalatunk szerint *érvényesül* Arkhimédész törvénye gázokban.

Fel kell sorolni néhány gyakorlati példát a levegőben lévő testekre ható felhajtóerő alkalmazására:

Léghajó, hőléggömb, héliummal töltött léggömb.



55. ábra: Légszivattyú

A demonstrációs kísérletek után időt kell hagyni a tanulóknak, hogy válaszoljanak a munkafüzet kérdéseire. Ezután újra önálló kísérletek következnek.

4. kísérlet: A tányér közepére kell helyezni a radírgumiba szúrt gyufaszálat és meg kell gyújtani egy égő gyufával. Letakarjuk az üres pohárral és öntünk a tányérra kb. 1 cm magasságú ételfestéssel megfestett vizet. *Megfigyelhetjük, hogy miközben leég a gyufaszál a pohár alatt, felszívódik a pohár aljába a rézszulfát oldat egy része.*

Indoklás: a pohárban elégett az oxigén, ezért légritka tér keletkezett, ahová a külső légnyomás benyomta a folyadékot.

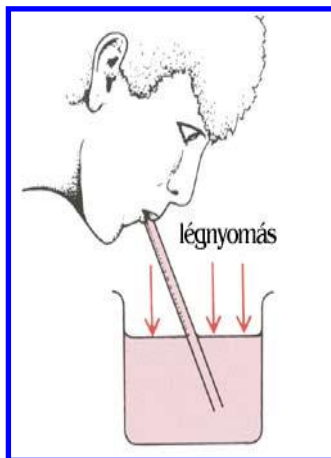
5. Verseny a mérőpár tagjai között, hogy ki tudja nagyobbra felfújni a két léggömbbel felszerelt 2 literes flakonban a léggömböt. Fel kell hívni a tanulók figyelmét, hogy akkor izgalmas a verseny, ha nem olvassák tovább a feladatot, mert a magyarázat le van írva.

Csak az egyik tanuló tudja felfújni palack méretűre a léggömböt, a másik hiába erőlködik, a mutatvány nem sikerül. Az a különbség az eszközök között, hogy az egyik palackon egy nyílás van, amin ki tud áramlani a levegő, míg a másik teljesen zárt, és egy idő múlva már tudóvel nem lehet a benne összenyomódott levegő nyomását legyőzni. Tehát egyenlőtlen volt a küzdelem.

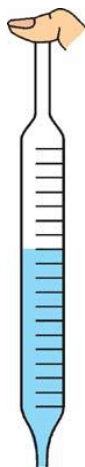


56. ábra: Léggömb üvegben

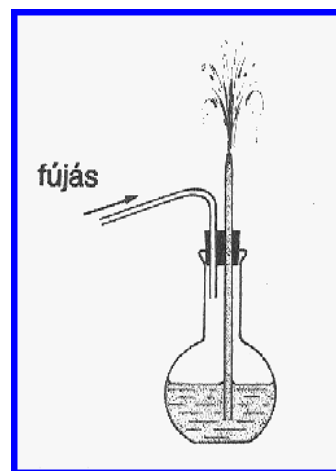
6. Néhány gyakorlati alkalmazást kell megevezni és röviden megfogalmazni, hogyan működnek.



57. ábra: Szívósál



58. ábra:
Pipetta



59. ábra: Heron-
szökőkút

1. A szívósál (57. ábra) az izmok mozgásával és a tüdő szívóerejével a külső légnomás segítségével tudjuk felszívni az italt.
2. A pipetta (58. ábra) a benne lévő folyadék pontos adagolására való. A külső légnomás tartja benne a folyadékot, amíg felül az ujjunkkal zárva tartjuk. Pontosan a kívánt mennyiségű folyadékot lehet vele kivenni.
3. (Heron-szökőkút, 59. ábra.) Parfümszóró, a gyakorlatban egy gumilabdaccsal való fújással növeljük a nyomást a palackban azért, hogy kispricceljen a parfüm.

7. Mérési hibák:

- a) A digitális mérleg hibája elhanyagolható.
- b) A mérőhenger beosztása miatt a leolvasási hiba $0,5 \text{ cm}^3$.

8. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

20. A felhajtóerő mérése

Téma: A felhajtóerő.	
Cél meghatározása: Arkhimédész törvényének kísérleti igazolása.	
Módszerek és tevékenységek: Tanári magyarázat; önálló munka: páros tanulói kísérlet, adatrögzítés, származtatott mennyiségek kiszámítása, következtetések levonása; ellenőrzés, közös megbeszélés.	
Fogalmak: Sűrűség, hidrosztatikai nyomás, felhajtóerő.	
Ütemezés:	
• bevezetés	15 perc
• feladat ismertetése	5 perc
• munka és balesetvédelem	3 perc
• eszközök előkészítése	2 perc
• 1. mérés elvégzése	15 perc
• 2. mérés elvégzése	5 perc
• 3. mérés ismertetése, demonstrálása	5 perc
• 3. mérés elvégzése	15 perc
• 4. mérés elvégzése	5 perc
• tanári ellenőrzés	5 perc
• látottak értelmezése	5 perc
• mérési hibák elemzése	3 perc
• értékelés	2 perc
• feladatlap tanulmányozása	5 perc

Munkarend: 2 fős csoportban való mérés.

Balesetvédelem: A laborrend és az általános munka-, baleset-, és tűzvédelmi szabályok ismertetése.

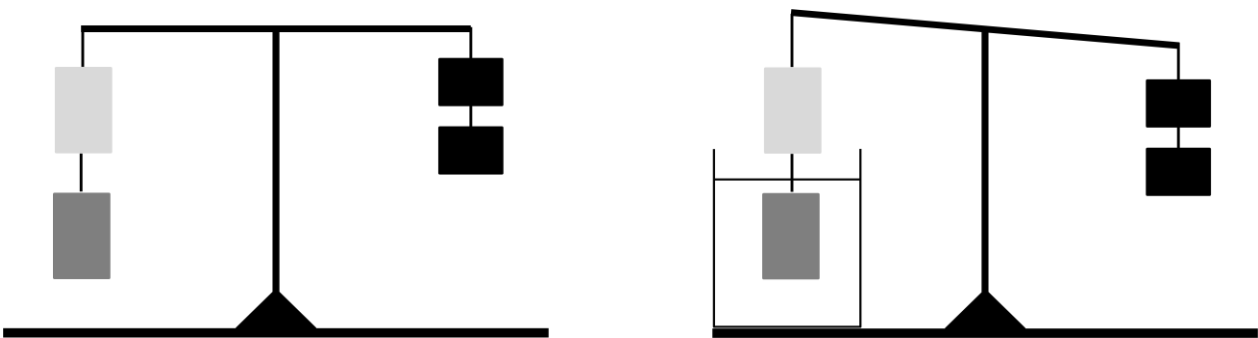
Szükséges eszközök: tálca, magas üveghenger, mérőhenger, főzőpohár, rugós erőmérő, alumínium hasáb, rézhenger, vasgolyó, illeszkedő üres és tömör henger, kétkarú emelő, súlysorozat, dobókocka, üvegpálca, kémcső, fecskendő.

Bevezetés, Feladat, 1. mérés: Tanulói munkafüzet 20. fejezet 68. oldalon.

	test sú- lya G [N]	test súlya vízben $G_{\text{vízben}}$ [N]	felhajtóerő F_f [N]	test térfogata V		kiszorított víz súlya $G_{\text{víz}}$ [N]
				[cm ³]	[m ³]	
alumínium hasáb						
réz-henger						
vasgolyó						

Ellenőrizni kell, hogy sikerült-e a méréssel igazolni Arkhimédész törvényét.

2. mérés: A 60. ábra alapján az emelő bal oldalán a tömör henger legyen alul. Az üres henger belső térfogata egyenlő a tömör henger térfogatával. Kiegyensúlyozzuk az emelőt.



60. ábra: Arkhimédészi hengerpár

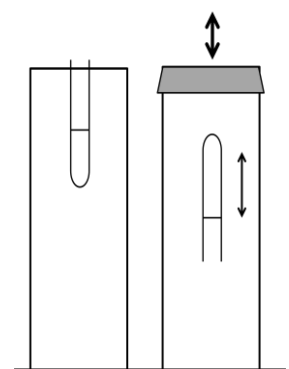
Ha teljesen vízbe merítjük a tömör hengert, akkor az egyensúly felborul a felhajtóerő miatt. *Tele kell önteni az üres hengert vízzel, hogy újra helyreálljon az egyensúly.*

3. mérés:

Cartesius⁴-búvár készítése: Tanulói munkafüzet 20. fejezet, 69. oldal.

A kémcsőben lévő levegő fog összenyomódni ill. kitágulni, ezért változik a sűrűség.

Ha a nyomást növeljük, akkor több víz lesz a kémcsőben, megnő az átlagos sűrűsége, vagyis lemerül. Ha csökkentjük a külső nyomást, akkor kevesebb víz marad benne, átlagos sűrűsége kisebb lesz, tehát fölfelé fog elindulni.



61. ábra: Cartesius-búvár

⁴ A kísérlet a híres matematikusról Descartes-ről kapta a nevét. Cartesius a név latin változata.

4. mérés: Ezzel a kísérlettel bemutatjuk, hogyan függ a felhajtóerő nagysága a folyadék sűrűségétől.

A dobókocka sűrűsége megegyezik a csapvíz sűrűségével, így a vízben lebegni fog.

Meg kell növelni a víz sűrűségét, apránként adagolva hozzá a sót. Már kevés só adagolásával is elérjük, hogy a dobókocka feljöjjön a felszínre. Ha nő a folyadék sűrűsége, akkor nagyobb lesz a felhajtóerő is.

5. Mérési hibák:

a) A térfogatmérésnél kb. $0,5 \text{ cm}^3$ hiba adódhat, a leolvasás pontatlansága miatt.

b) Az erőmérő leolvasásából származó hiba kb. $0,05 \text{ N}$.

6. Értékelés: a tanulópárok munkájának tanári értékelése. Páronként értékelni lehet a diákok munkáját, kiemelve mindegyik párnál a legjobban megoldott részfeladatot.

7. A feladatlap megoldása:

A feladatok: Tanulói munkafüzet 20. fejezet, 70. oldal.

a (A 4. mérés indoklása miatt.)

b) (A higany sűrűsége $13,6 \text{ g/cm}^3$, a vas sűrűsége $7,8 \text{ g/cm}^3$, tehát úszni fog a felszínen.)

c) (Mivel levegő tölti ki a csónakot, ezért átlagos sűrűsége kisebb a víz sűrűségénél, de ha vízzel telik meg, akkor sűrűsége nagyobb lesz a vízénél, ezért elsüllyed.)

d) (A jég súlya egyenlő a rá ható felhajtóerővel: $V_{\text{jég}} \cdot \rho_{\text{jég}} \cdot g = V_{\text{bemerülő}} \cdot \rho_{\text{víz}} \cdot g$, innen a $V_{\text{bemerülő}} / V_{\text{jég}} = 0,9$ adódik, vagyis 90% bemerül és a térfogat 10%-a emelkedik ki.)

e) (A fakocka súlya egyenlő a rá ható felhajtóerővel, ami a kiszorított víz súlya. Mivel térfogatának a fele merül el, ezért a sűrűsége éppen fele a víz sűrűségének, vagyis $0,5 \text{ g/cm}^3$. A rá ható felhajtóerő $100 \text{ cm}^3 \cdot 0,5 \text{ g/cm}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 500 \text{ g(m/s}^2) = 0,5 \text{ N}$)

Hivatkozások

- A <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszet tudomanyok/fizika/> honlapról vett képek:
1. 9. 11. 12. 13. 17. 18. 19. 31. 34. 46. 48. 49. 50. 51. 52. 54. 55. 56. 57. 58. 59.
- A <http://coolsciencedad.blogspot.hu/2013/04/stabbing-potato.html> a 8. ábra
- A többi rajzot és fotót a szerző maga készítette.

Ábrajegyzék

| | |
|--|----|
| 1. ábra: Mikola-cső | 6 |
| 2. ábra: Útszakaszok | 6 |
| 3. ábra: Lejtő | 9 |
| 4. ábra: Szabadesés mérése | 11 |
| 5. ábra: Küllős kerék | 13 |
| 6. ábra: Fémhengerek | 16 |
| 7. ábra: Mérés kavicccsal | 17 |
| 8. ábra: Szívószállal átszúrt krumpli | 20 |
| 9. ábra: Dominók kiskocsin | 21 |
| 10. ábra: Gyorsuló kocsi | 22 |
| 11. ábra: Rugós kocsik | 25 |
| 12. ábra: Erőmérők | 26 |
| 13. ábra: Erő-ellenerő | 26 |
| 14. ábra: Segner-kerék | 26 |
| 15. ábra: Gördeszka 1 | 26 |
| 16. ábra: Gördeszka 2 | 27 |
| 17. ábra: Patronrakéta | 27 |
| 18. ábra: Erő-ellenerő | 27 |
| 19. ábra: Ütközés | 29 |
| 20. ábra: Két rugós kocsi | 29 |
| 21. ábra: Ütközés 1. | 30 |
| 22. ábra: Ütközés 2. | 30 |
| 23. ábra: Ütközés 3. | 31 |
| 24. ábra: Ütközés 4. | 31 |
| 25. ábra: Ütközés 5. | 31 |
| 26. ábra: Ütközés 6. | 32 |
| 27. ábra: Ütközés 7. | 32 |
| 28. ábra: Ütközés 8. | 33 |
| 29. ábra: Ütközés 9. | 33 |
| 30. ábra: Dinamikai tömegmérés | 35 |
| 31. ábra: Lejtőn lévő testre ható erők | 37 |
| 32. ábra: Mérési beállítás lejtőhöz | 38 |
| 33. ábra: Csúszási súrlódás | 40 |
| 34. ábra: Erők a lejtőn | 43 |
| 35. ábra: Kétkarú emelő | 50 |
| 36. ábra: Egyensúly 1. | 51 |

| | |
|--|----|
| 37. ábra: Egyensúly 2. | 52 |
| 37. ábra: Egyensúly 2. | 52 |
| 38. ábra: Kétkarú emelő egyensúlyban | 52 |
| 39. ábra: Emelő 1..... | 53 |
| 40. ábra: Emelő 2..... | 54 |
| 41. ábra: Egykarú emelő egyensúlya | 55 |
| 42. ábra: Emelő 3..... | 55 |
| 43. ábra: Arkhimédészi csigasor | 56 |
| 44. ábra: Közöséges csigasor | 56 |
| 45. ábra: Elrendezés energiaméréshez | 58 |
| 46. ábra: Gumilappal lezárt cső | 61 |
| 47. ábra: Vízugarak..... | 61 |
| 48. ábra: Közlekedőedény | 62 |
| 49. ábra: Vízi buzogány..... | 62 |
| 50. ábra: Hidrosztatikai paradoxon | 62 |
| 51. ábra: Torricelli-kísérlet..... | 62 |
| 52. ábra: Felhajtóerő | 63 |
| 53. ábra: Sűrűségmérés | 65 |
| 54. ábra: Magdeburgi féltékék..... | 65 |
| 55. ábra: Légszivattyú | 66 |
| 56. ábra: Léggömb üvegben | 66 |
| 57. ábra: Szívószál | 67 |
| 58. ábra: Pipetta | 67 |
| 59. ábra: Heron-szökőkút..... | 67 |
| 60. ábra: Arkhimédészi hengerpár | 69 |
| 61. ábra: Cartesius-búvár..... | 69 |

Irodalomjegyzék

- Fizika a gimnáziumok szakosított tantervű II. osztálya számára, Tankönyvkiadó, ISBN 963 17 3458 7
- Fizika a gimnázium szakosított tantervű III. osztálya számára (I. kötet), Tankönyvkiadó, ISBN 963 17 1185 4
- Öveges József: Kísérletezzünk és gondolkozzunk! Gondolat Kiadó, 1979.
- Öveges József: Az élő fizika, Aranyhal Könyvkiadó
- Fizika Tankönyv 9. osztály Mozaik Kiadó, 2002. ISBN 963 697 332 6
- Fizika szóbeli tételek (Egységes érettségi feladatgyűjtemény), Nemzeti Tankönyvkiadó,
ISBN 963 19 5442 0
- <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/fizika/>
- <http://hu.wikipedia.org/wiki/Galilei>
- http://hu.wikipedia.org/wiki/Mikola_Sándor

Fogalomtár

kinematika:

- Sebesség: Az egyenletes mozgás sebessége egyenlő a test által megtett út és a közben eltelt idő hányadosával. Jele v , képlete: $v = \Delta s / \Delta t$, mértékegysége: [m/s].
- Sebességváltozás vektor definíciója: $\Delta \underline{v} = \underline{v}_2 - \underline{v}_1$.
- Gyorsulás definíciója: $\underline{a} = \Delta \underline{v} / \Delta t$, vagyis időegység alatt történő sebességváltozás, mértékegysége [m/s²]. A gyorsulás vektormennyiség, melynek iránya megegyezik a sebességváltozás vektor irányával.
- Négyzetes úttörvény: $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$, ahol s a test által megtett út, a a gyorsulás és t a mozgás időtartama, ha a kezdősebesség nulla.
- Gravitációs gyorsulás: A szabadon eső test gyorsulása. Jele: g , mértékegysége [m/s²]. Értéke függ a Föld középpontjától vett magasságtól. A mi szélesség körünl, tengersizten g értéke 9,81 m/s².
- Keringési idő: Egyenletes körmozgásnál a teljes kör megtételéhez szükséges idő [s].
- Fordulatszám: azt mutatja meg, hogy időegység alatt hány kört tett meg a test. Jele f , képlete $f = n / t$, ahol n a t idő alatt megtett körök száma. Mértékegysége [1/s].
- Szögsebesség: megmutatja, hogy a test által megtett ívhez időegység alatt mekkora középponti szögelfordulás (α) tartozik, radiánban kifejezve. Jele: ω , képlete: $\omega = \alpha / t$, mértékegysége [1/s].
- Kerületi sebesség: a test által megtett ív hosszának (s) és a közben eltelt időnek (t) a hányadosa:
 $v_k = s / t$, mértékegysége [m/s].

Fogalomtár dinamika:

- Sűrűség: jele ρ , definíciója a tömeg és a térfogat hányadosa: $\rho = m / V$. Mértékegysége [kg/m³].
- Impulzus: egy test impulzusán a test sebességének és a tömegének a szorzatát értjük. Vektormennyiség, melynek iránya mindig a test sebességének irányával egyezik meg. Jele \underline{I} , mértékegysége [kg·m/s]. Képlete: $\underline{I} = m \cdot \underline{v}$, ahol m a test tömege és \underline{v} a test sebességvektora.
- Impulzus megmaradás törvénye: Zárt rendszerben csak a rendszert alkotó testek közötti belső erők hatnak. Zárt rendszer tagjainak összes impulzusa állandó.
- Mechanikai energia megmaradás törvénye: Ha zárt rendszert alkotó testek között nincsen sem súrlódás, sem közegellenállás, akkor mechanikai energiájuk összege állandó.
- Csúszási súrlódási együttható: a testre ható csúszási súrlódási erő és a nyomóerő hányadosa, jele μ . Kiszámítása: $\mu = F_s / F_{ny}$. A csúszási súrlódási együttható egy mértékegység nélküli skalár.
- Tapadási súrlódási együttható: a testre ható maximális tapadási súrlódási erő és a nyomóerő hányadosa, jele μ_0 . Kiszámítása: $\mu_0 = F_{ts \max} / F_{ny}$. A tapadási súrlódási együttható egy mértékegység nélküli skalár.
- Rugóállandó: A rugóerő és a megnyúlás hányadosa az adott rugóra jellemző állandó, más néven direkciós erő, melyet D -vel jelölünk. $D = F_r / \Delta l$, mértékegysége [N/m].
- Erőkar: A testre ható erő hatásvonalának a forgástengelytől mért távolsága. Jele: k , mértékegysége [m].

- Forgatónyomaték: Az erő erőkarra merőleges komponensének és az erőkar hosszának a szorzata: $M = F_{\text{merőleges}} \cdot k$, ahol a forgatónyomaték jele M , és mértékegysége $[\text{N} \cdot \text{m}]$.
- Mechanikai munka: A mechanikai munka az erő úttal párhuzamos komponensének és a megtett útnak a szorzata: $W = F_{\text{párh}} \cdot s$, mértékegysége: $[\text{J}]$.
- Mechanikai energia: a test munkavégző képessége, mértékegysége: $[\text{J}]$.
- Helyzeti energia: A null szinthez képest h magasságba felemelt test helyzeti energiája egyenlő az emeléséhez befektetett munkával, vagyis $E_h = mgh$, ahol m a test tömege $[\text{kg}]$ -ban mérve, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ a gravitációs gyorsulás és h $[\text{m}]$ -ben a test helyzetének null szinthez mért magassága. A mechanikai energia mértékegysége: $[\text{J}]$.
- Mozgási energia: A mozgási energia: $E_m = \frac{1}{2}mv^2$, ahol m a test tömege, és v a pillanatnyi sebessége, mértékegysége: $[\text{J}]$.
- Rugalmas energia: A rugóban tárolt energia: $E_r = \frac{1}{2}D(\Delta l)^2$, ahol D $[\text{N/m}]$ a rugóállandó, Δl a rugó megnyúlása $[\text{m}]$ -ben mérve, mértékegysége: $[\text{J}]$.
- A légnyomás: a légköri levegő súlya okozza, értéke tengerszinten közelítőleg 100 kPa . A légnyomást először Torricelli olasz természettudós mérte meg.
- Hidrosztatikai nyomás: Egy edényben a folyadék felszíne alatt h mélységben a hidrosztatikai nyomás $p = \rho gh$, ahol ρ a folyadék sűrűsége és g a gravitációs gyorsulás. Mértékegysége $[\text{N/m}^2] = [\text{Pa}]$.
- Felhajtóerő: $F_f = \rho_{\text{közeg}} Vg$, vagyis a közeg sűrűségének, a test közegbe merülő része térfogatának és a gravitációs gyorsulásnak a szorzatával kiszámolható mennyiség.