

Emelt szintű érettségi felkészítő tanári segédlet

Készítette: Mucsi Dezső

Lektor: Szabó Sarolta

Tartalomjegyzék

Bevezető	3
Munka- és balesetvédelmi, tűzvédelmi oktatás	4
20/1. Súlymérés	7
20/2. A rugóra függesztett test rezgésidejének vizsgálata	12
20/3. Egyenletesen gyorsuló mozgás vizsgálata lejtőn Galilei történelmi kísérlete	16
20/4. Tapadókorongos játékpisztoly-lövedék sebességének mérése ballisztikus ingával	20
20/5. Nehézségi gyorsulás értékének meghatározása „Audacity” számítógépes akusztikus mérőprogram segítségével	24
20/6. Palack oldalán kifolyó vízszög vizsgálata	28
20/7. A hang sebességének mérése állóhullámokkal	33
20/8. Halogén izzó infraszögző teljesítményének mérése	36
20/9. Szilárd anyag (alumínium) fajlagos hőkapacitásának (fajhőjének) meghatározása	40
20/10. Kristályosodási hő mérése	43
20/11. Ekvipotenciális vonalak kimérése elektromos térben	46
20/12. Elektrolit elektromos ellenállásának vizsgálata	49
20/14. Zseblámpaizzó ellenállásának mérése Wheatstone-híddal	56
20/15. Félvezető (termisztor) ellenállásának hőmérsékletfüggése Termisztoros hőmérő készítése	59
20/16. Hagyományos izzólámpa és energiatakarékos „kompakt” lámpa relatív fénytelsítményének összehasonlítás	63
20/17. A víz törésmutatójának meghatározása	67
20/18. A domború lencse fókusz távolságának meghatározása ún. Bessel-módszerrel	70
20/19. A fényelhajlás jelensége optikai rácson, a fény hullámhosszának meghatározása	74
20/20. Napelemcella vizsgálata	78
Fogalomtár	82
Forrásjegyzék	85
Ábrajegyzék	86

Bevezető

Az emelt szintű fizika szóbeli érettségiben maximum 50 pont érhető el. Ebből 5 pont adható a felelet felépítésére és az önálló kifejtésre, a maradék 45 pont a tartalmi rész minősítése. Ez a 45 pont nem egyenlően oszlik meg a két feladat között: 29 pont jut a kísérlet elvégzésére, a hozzá kapcsolódó kérdések tökéletes megválaszolására és 16 pont az elméleti tételek helyes kifejtésére. A 29 pont olyan sok, amit kár lenne veszendőbe hagyni. A kísérletek előzetes ismeretében akár potyapontoknak is tekinthetnénk ezeket, de a valóságban keményen meg kell dolgozni értük.

Nem elég a kísérletek precíz végrehajtása, a kiértékeléshez, valamint a kísérletekhez tartozó kérdések megválaszolásához kellő mélységű matematikai és fizikai háttérismeretek szükségesek.

A mérések jelentős részénél a mérendő mennyiségek közötti függvénykapcsolat nem lineáris, de kis ügyességgel lineárisra alakítható. A mérési pontokra illesztett $f(x)=m \cdot x+b$ típusú egyenes meredeksége, illetve tengelymetszetei milliméterpapíron könnyedén leolvashatóak. Ha lehetőség lenne a vizsgán számítógépet használni, akkor például egy táblázatkezelő program (pl. Excel) segítségével kereshetnénk trendvonalat a mérésekhez, amelyből megkaphatnánk a mérési pontjainkhoz leginkább illeszkedő egyenes meredekségét. Noha a jelenlegi vizsgaszabályzat szerint egyelőre a szemmértékünkre kell hagyatkoznunk, elegendő gyakorlással így is kellő pontosságot érhetünk el. Ha tudjuk, hogy a lineáris kapcsolat egyenes arányosság, akkor pontosabbá tehetjük a mérést úgy, hogy egyik pontként felhasználjuk az origót akkor is, ha az igazából nem tartozott a mérési pontjaink közé.

A mérési hibák minimalizálása érdekében lehetőség szerint minél több mérést végezzünk, természetesen az időkorlát figyelembevételével. A mérési eredményeinket, és sokszor a hozzájuk kapcsolódó számítások eredményeit is a könnyű áttekinthetőség miatt érdemes táblázatban elhelyezni akkor is, ha ezt a feladatban egyébként nem kérik.

A tanári módszereket, illetve az időbeosztást a foglalkozásokat vezető tanár szabadon eldöntheti. Minthogy az emelt szintű szóbelin a konkrét kísérlettől függetlenül ugyanannyi felkészülési idő jut bármelyik kísérletre, ezért én mindegyik foglalkozáshoz ugyanazokat a módszereket, illetve időbeosztást javaslom. Ezeket az első foglalkozásnál leírtam, a többi foglalkozástervnél már nem fejtem ki részletesen.

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 sugár-
zás!**



Vigyázz!
Áramütés veszélye!



Vigyázz!
Mérgező anyag!

20/1. Súlymérés

cél meghatározása, motiváció:	A mérés célja, hogy a tanulók megismerjenek egy olyan módszert, amely lehetővé teszi egy mérőeszköz méréshatárának kiterjesztését, és ennek segítségével a méréshatárt meghaladó súlyú test súlyának meghatározását.
szükséges ismeretek, készségek:	Merev test egyensúlyának feltételei, egyenletrendezés, grafikon készítése.
fejlesztendő képességek, készségek:	a mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, linearizálás
fogalmak:	Tömeg, súly, erő, forgatónyomaték, lineáris függvény.
módszerek:	A tanár frontális módszerrel bemutatja a kísérlet összeállítását, majd a diákok maximum öt fős csoportban a munkafüzet útmutatása alapján, igény szerint tanári segítséggel elvégzik a mérést, illetve a kiértékelést. Utána a tanár irányításával az egész csoport megbeszéli az esetleg felmerülő hibákat, tapasztalatokat, végül ugyancsak frontális munkával vázlatosan kidolgozzák az elméleti kérdéseket.
munkarend, balesetvédelem:	Általános szabályok.
időbeosztás:	munka- és balesetvédelem..... 3 perc a feladat ismertetése, magyarázat 12 perc a kísérlet elvégzése és kiértékelése 35 perc hibák, tapasztalatok megbeszélése 10 perc az elméleti tételek kidolgozása 25 perc értékelés 5 perc
értékelés:	A tanár csoportonként a tanulók bevonásával értékeli az elvégzett munkát, kiemelve a jó ötleteket és az esetleg elkövetett típushibákat.

Feladat:

Rakd össze a kiadott eszközöktől függően valamelyik ajánlott kísérleti összeállítást!

- Határozd meg a leírás szerint, a munkahelyen található test súlyát! (A ki-

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

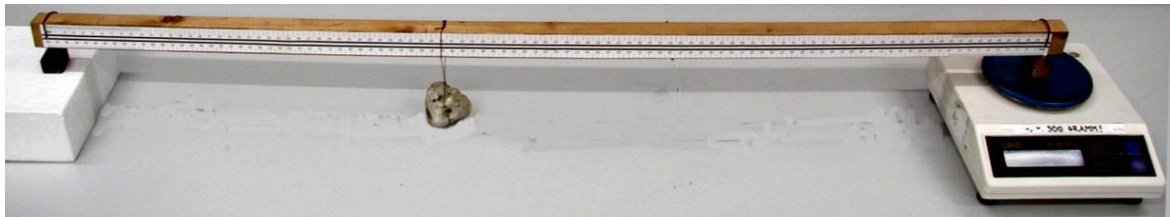
adott test súlya meghaladja a mérleg méréshatárát, ezért közvetlenül nem mérhető.)

- Készíts a mérésről az erőket feltüntető értelmező rajzot!

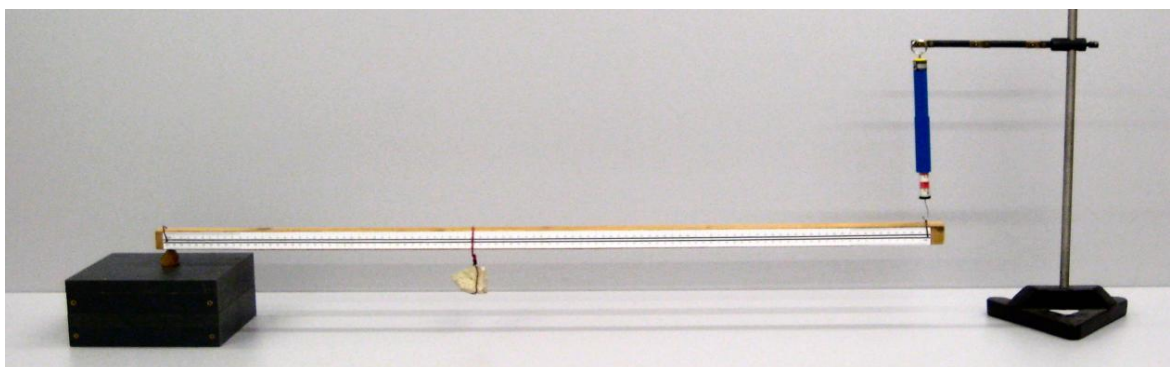
Szükséges eszközök:

- Az 1 métert kicsit meghaladó hosszú farúd centiméter beosztású skálával (a rúd súlya a mérendő test súlyával összemérhető)
- mérleg (ajánlott a digitális asztali mérleg, de lehet egyszerű rugós erőmérő is)
- akasztózsineggel ellátott, ismeretlen súlyú kődarab (a kő súlya kevéssel meghaladja a rendelkezésre álló mérleg /erőmérő méréshatárát)
- méteres mérőszalag
- támasztó ékek, (rugós erőmérő alkalmazása esetén Bunsen-állvány, zsinetek).

A kísérlet összeállítói két változatot ajánlanak. A két összeállítás között csak a mérőeszközben van eltérés: az A) változatban digitális mérleggel, B) változatban rugós erőmérővel mérünk.



1. ábra: Súlymérés A változat



2. ábra: Súlymérés B változat

A feladat részletes leírása:

- *Helyezd az ismeretlen súlyú testet a rúd legalább négy különböző helyére,*

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

mérd meg ezek távolságát az alátámasztástól, és határozd meg, hogy mekkora erő hat a rúd mérleggel (erőmérővel) egyensúlyban tartott végén!

- Készíts a mérésről az erőket feltüntető értelmező rajzt!
- A mért hosszúság- és erőadatokból határozd meg az ismeretlen test súlyát!

Elméleti alapok

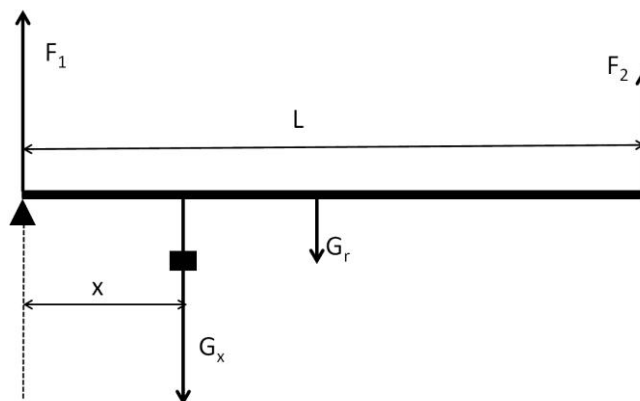
A merev test egyensúlyának feltétele általában az, hogy a testre ható erők eredője és a bármelyik ponton átmenő forgáspontra vonatkozó forgatónyomatékok összege nulla legyen, azaz:

$$\sum F = 0 \quad \text{és} \quad \sum M = 0$$

Jelen esetben célszerű forgáspontnak választani a mérleggel szemben lévő alátámasztási pontot.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

Az erőket feltüntető vázlatrajz (3.ábra):



3. ábra: Az erőket ábrázoló rajz

Az előző két egyenlet kifejtve:

$$F_1 + F_2 - G_x - G_r = 0 \qquad F_2 \cdot L - G_x \cdot x - G_r \cdot \frac{L}{2} = 0$$

A második egyenletből F_2 -t kifejezve lineáris egyenletet kapunk:

$$F_2 = \frac{G_x}{L} \cdot x + \frac{1}{2} \cdot G_r$$

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

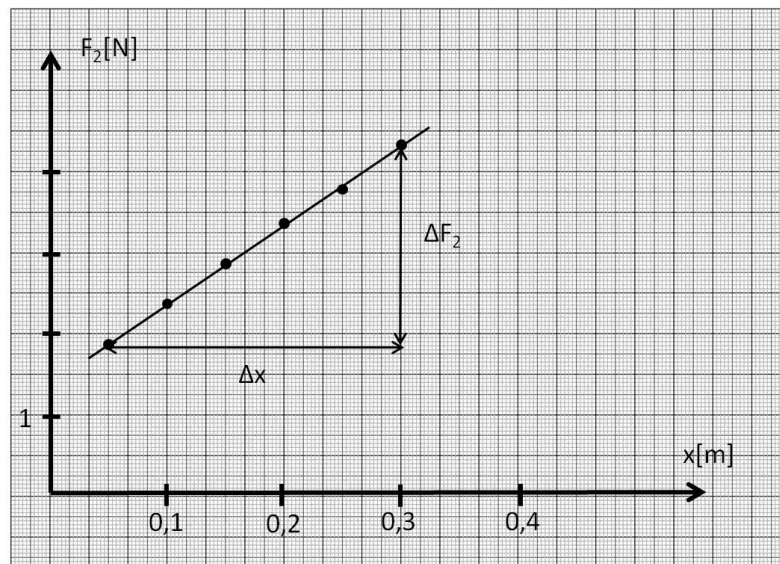
Az egyenlethez tartozó lineáris függvény meredeksége $\frac{G_x}{L}$, függőleges tengelymetszete $\frac{1}{2} \cdot G_r$.

Mérési eredményeinket táblázatba foglalva:

x [m]	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
F ₂ [N]	1,82	2,38	2,81	3,42	3,78	4,31

Megmértük a rúd hosszát is: $L=1,12\text{m}$.

Az eredményünket grafikonon ábrázolva (4.ábra), a pontokhoz legjobban illeszkedő egyenest rajzolunk.



4. ábra: A grafikon milliméterpapíron ábrázolva

Számolás:

Kihasználva, hogy az első és az utolsó mérés pontja az egyenesre illeszkedik, az egyenes meredeksége: $\frac{\Delta F_2}{\Delta x} = \frac{4,31-1,82}{0,30-0,05} = 9,96 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

Mint hogy az egyenes meredekségére korábban $\frac{G_x}{L}$ -t kaptunk, ezért

$$G_x = 9,96 \cdot L = 9,96 \cdot 1,12 = 11,16\text{N}$$

Az ismeretlen test súlya: 11,16N

Mérési hiba a digitális mérleg véges pontosságából, illetve a távolságok mérésének pontatlanságából eredhet. További hibaforrás lehet digitális mérleg használata.

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

ta esetén az, ha a rúd nem teljesen vízszintes. Ez a mérést elvileg nem befolyásolná, de a digitális mérlegek csak akkor mérnek pontosan, ha az erő a tányérra merőlegesen éri őket.

20/2. A rugóra függesztett test rezgésidejének vizsgálata

cél meghatározása, motiváció:	A mérés célja a 29 pont biztonságos megszerzésén túl a harmonikus rezgőmozgással kapcsolatos ismeretek elmélyítése.
szükséges ismeretek, készségek:	A harmonikus rezgőmozgás összefüggési, koncentrációképeség az időméréshez.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, linearizálás, koncentrációképeség fejlesztése az időméréshez.
fogalmak:	Rugóállandó, rezgésidő, lineáris függvény.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	Általános szabályok.
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

Igazold mérésekkel a harmonikus rezgőmozgás periódusidejének az ismert rezgésidő-képlettel megadott tömegfüggését!

Határozd meg a kiadott kódarab tömegét a közölt leírás szerint!

Szükséges eszközök:

- Bunsen-állvány, -dió, a dióba befogható rúd a rugó rögzítéséhez
- rugó
- ismert tömegű egységekből álló tömegsorozat
- ismeretlen tömegű kódarab akasztóval (tömege kisebb legyen, mint a teljes tömeg-sorozaté)
- stopper

Megjegyzés:

Az állványra rögzített rugót készen kapja a vizsgáló. (A rugó felfüggesztési magasságával behatárolható, hogy a túlzott megnyújtás miatt a rugó ne károsodhasson.)

A tömegsorozat legalább 4 tagból álljon.



5. ábra:
A rezgésidő mérése

A kísérleti összeállítást a fotó (5.ábra) mutatja.

A feladat részletes leírása:

A rezgésidő-képlet igazolására akassz különböző nagyságú tömegeket a rugóra és mindegyik tömeg esetén mérd meg a rezgésidőt! (A tömeg változtatásához egyforma egységekből álló tömegsorozatot célszerű használni.) Az időmérés hibájának csökkentésére 10 rezgés idejét mérd meg, és oszd el 10-zel.)

- *A mérési eredményeket foglald táblázatba, majd grafikus ábrázolással igazold a $T \sim \sqrt{m}$ arányosságot!*
- *Akaszd az ismeretlen testet a rugóra és mérd meg a rezgésidőt! Az így mért rezgésidő és az előzőleg kimért grafikon alapján határozd meg az ismeretlen test tömegét!*

Elméleti alapok: A rugóra akasztott test rezgésideje csak a rezgő test tömegétől, és rugóállandótól függ:

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

Ez az összefüggés kis módosítással egy olyan lineáris egyenletté alakítható, mely egyenes arányosságot ad a rezgésidő és a tömeg gyöke között. Tipikus feladat arra, hogyan lehet egy nemlineáris egyenletet könnyebben kezelhető lineáris egyenletté alakítani.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

A rezgésidő ismert képletét átalakítva a tömeg gyökére nézve lineáris egyenletet kapunk:

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

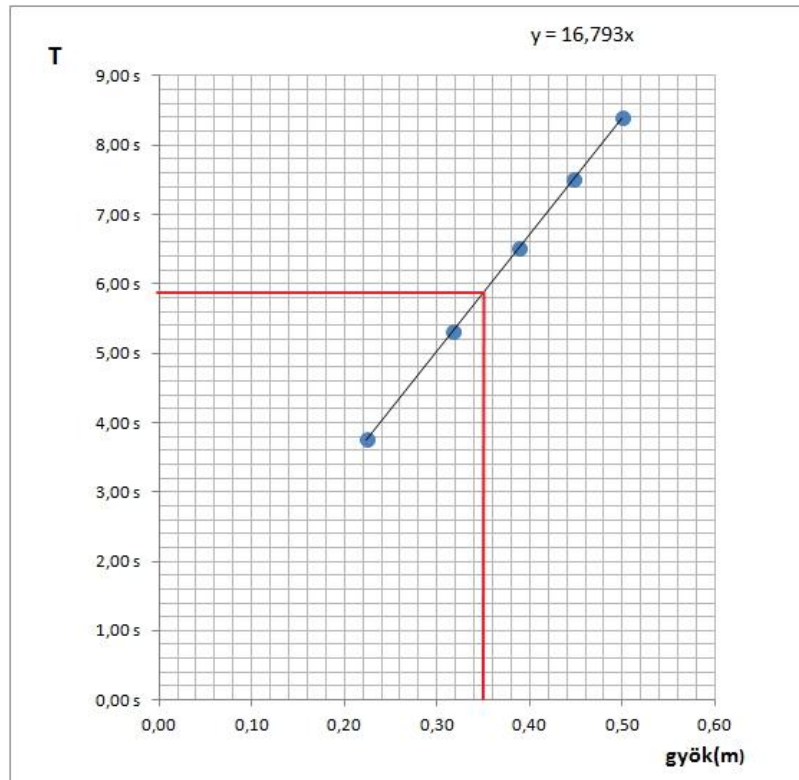
A mérésünket táblázatba foglaljuk:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
a test tömege (kg)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	ismeretlen
\sqrt{m} számértéke	0,22	0,32	0,39	0,45	0,50	ismeretlen
10 lengés ideje [s]	37,2	53,5	64,9	76,2	85,2	58,5

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

1 lengés ideje [s]	3,72	5,35	6,49	7,62	8,52	5,85
--------------------	------	------	------	------	------	------

A konkrét mérés Exel-ben kiértékelve:



6. ábra: $T \sim \sqrt{m}$ arányosságot mutató diagram

A $T \sim \sqrt{m}$ arányosságot az mutatja, hogy pontjaink egy egyenesre illeszkednek.

A trendvonal egyenletéből a meredekség: $a=16,79$.

Másrész a meredekség a képlet átalakítása alapján: $a = \frac{2\pi}{\sqrt{D}}$.

Ezeket felhasználva: $D = \left(\frac{2\pi}{a}\right)^2 = \left(\frac{2\pi}{16,79}\right)^2 = 0,14 \frac{N}{m}$.

(Ez plusz információ, a feladat nem kérdezte)

Az ismeretlen tömegű test tömegének négyzetgyökét a hozzá tartozó rezgésidő segítségével a grafikonról kell leolvasni. Keressük meg a grafikonon, hogy az ismeretlen tömeghez tartozó rezgésidőhöz mekkora \sqrt{m} tartozik! Ennek a négyzetét keressük.

A grafikonon végzett leolvasás szerint $\sqrt{m} = 0,35$

Az ismeretlen tömeg: $m = 0,35^2 = 0,122 \text{ kg}$.

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

Mérési hiba származhat a pontatlan időmérésből, a test szélső helyzetének pontatlan megítéléséből. Illetve hiba (ha nem is mérési) eredhet a nem tökéletesen harmonikus rezgőmozgást adó rugóból is.

20/3. Egyenletesen gyorsuló mozgás vizsgálata lejtőn Galilei történelmi kísérlete

cél meghatározása, motiváció:	Galilei mérése igen fontos előrelépés volt a klasszikus fizika területén, a mérés elvégzése tisztelgés a nagy fizikus előtt.
szükséges ismeretek, készségek:	A gyorsuló mozgás összefüggéseinek ismerete, egyenletrendezés, grafikon készítése.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, linearizálás.
fogalmak:	Átlagsebesség, gyorsulás.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	Általános szabályok.
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

Galilei történelmi kísérletét megismételve igazold, hogy a leguruló golyó a lejtő mentén egyenletesen gyorsulva mozog. Határozd meg a gyorsulás értékét!

Szükséges eszközök:

- kb. 2 m hosszú, változtatható magasságban feltámasztható, hosszában hornyolt egyenes lejtő
- csapágygolyó
- mérőszalag
- műanyag szigetelőszalag
- stopper
- szögmérő.

Az állítható (kis) hajlásszögű lejtőt a vizsgáló készen kapja, a méréshez szükséges jelölésekkel együtt. A négyzetes úttörvénynek megfelelően - a kísérlet összeállításának utasítása alapján - az indítási ponttól mérve 10, 40, 90, 160 cm távolságokban jelöléseket helyezünk el. A mérés kényelmesebbé és pontosabbá tehető, ha olyan lejtőt használunk, amelyre a jelzett pontokban ütközőket tudunk elhelyezni.

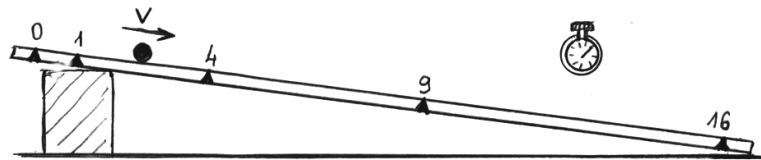
A feladat részletes leírása:

A lejtőre helyezett golyót a megjelölt felső pontban elengedve mérd a bejelölt,

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

egyre nagyobb utak megtételéhez szükséges időtartamokat! Ismételd meg a mérés-sorozatot a lejtő meredekségének változtatása után is! (Minden egyes mérést érdemes többször végrehajtani és a mért idők átlagát tekinteni eredménynek.)

- *Végezd el a méréseket, és az adatokat foglald táblázatba! Készítsd el a mozgás út-idő grafikonját!*
- *Galilei gondolatmenetét követve számítsd ki, mért adataidnak felhasználásával, a bejelölt útszakaszokhoz tartozó átlagsebességek értékeit! Ábrázold sebesség-idő grafikonon az átlagsebességeket, és igazold ezzel, hogy a golyó egyenletesen gyorsul!*
- *Határozd meg a golyó lejtő menti gyorsulását legalább két különböző lejtő-meredekség esetén.*



7. ábra: A mérés összeállítása

Elméleti alapok

Egy kezdősebesség nélkül elindított, lejtőn leguruló golyó jó közelítéssel egyenletesen változó mozgást végez.

Az $s = \frac{a}{2} \cdot t^2$ összefüggésből látható, hogy 0 kezdősebesség esetén a megtett út egyenesen arányos az út megtételéhez szükséges idő négyzetével.

Az átlagsebesség $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{\frac{a}{2} \cdot t^2}{t} = \frac{a}{2} \cdot t$

A megtett utat az út megtételéhez szükséges idő négyzetének függvényében ábrázolva egy olyan lineáris függvényhez (egyenes arányossághoz) jutunk, melynek meredeksége a gyorsulás fele. Az egyenes arány miatt itt is érdemes az origót is a mérési pontok közé venni.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

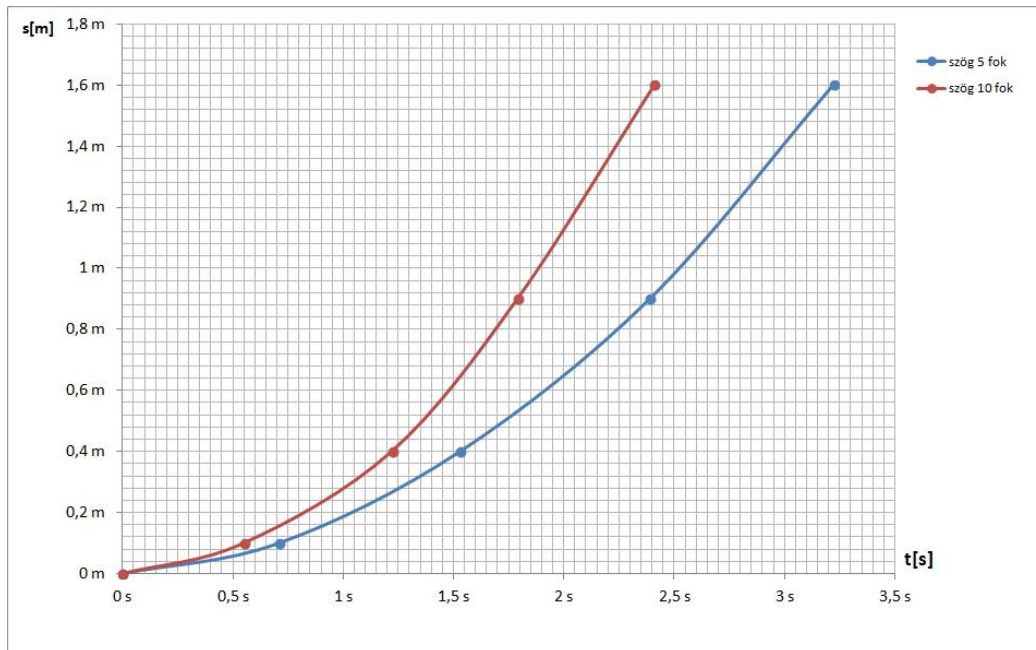
Méréseinket és az ezekből következő mennyiségeket táblázatba foglaltuk:

1. szög: 5°	2. szög: 10°
-------------	--------------

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

s [m]	t _{átlag} [s]	v _{átlag} [m/s]	t ² _{átlag} [s ²]	s [m]	t _{átlag} [s]	v _{átlag} [m/s]	t ² _{átlag} [s ²]
0	0	0,00	0,00	0	0	0	0
0,1	0,71	0,14	0,50	0,1	0,55	0,18	0,03
0,4	1,53	0,26	2,34	0,4	1,22	0,33	0,11
0,9	2,39	0,38	5,71	0,9	1,79	0,50	0,25
1,6	3,22	0,50	10,37	1,6	2,41	0,66	0,44

A két út-idő grafikon közös koordinátarendszerben:

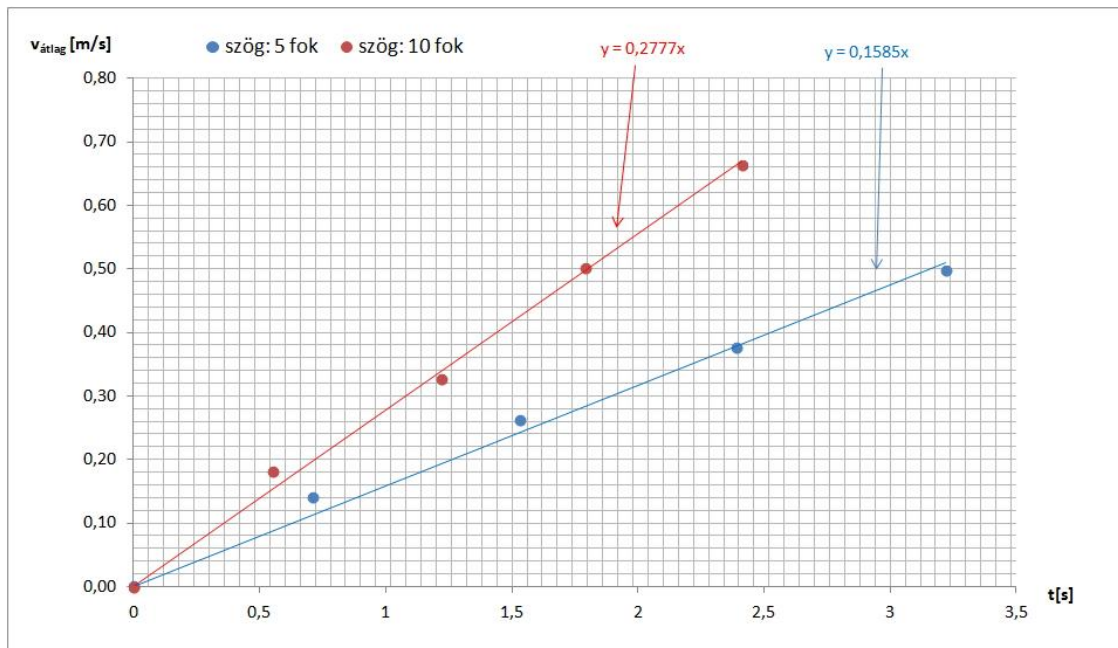


8. ábra: A két különböző szöghöz tartozó út-idő grafikon

A görbék alakja parabolának tűnik, mutatva az út időtől való függésének négyzetes voltát.

Az átlagsebességek felhasználásával a sebesség-idő grafikon:

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”



9. ábra: A két sebesség-idő grafikon

A fenti levezetés szerint az átlagsebesség az idő lineáris függvénye, melynek meredeksége a gyorsulás fele.

A mérési pontokhoz illesztett egyenesek meredekségének kétszerese a gyorsulás számértéke.

Az 1. egyenes meredeksége: 0,1585

Az ebből számolható gyorsulás: 0,32 m/s²

A második egyenes meredeksége: 0,2777

Az ebből számolható gyorsulás: 0,56 m/s²

Mérési hiba származhat a pontatlan időmérésből, a reakcióidőből, valamint a leguruló golyó helyzetének helytelen megítéléséből.

20/4. Tapadókorongos játékpisztoly-lövedék sebességének mérése ballisztikus ingával

cél meghatározása, motiváció:	Magunktól biztosan nem így határoznánk meg egy játékpisztoly lövedékének sebességét (pl. függőlegesen fellőve az emelkedési magasságból egyszerűbben számolhatnánk), de ez a mérés alkalmasabb a vizsgázó összetettebb tudásának felmérésére.
szükséges ismeretek, készségek:	A harmonikus rezgőmozgás összefüggései, a zárt rendszerre vonatkozó lendület-megmaradási törvény, egyenletrendezés.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, számolási készség.
fogalmak:	Lendület, kitérés, amplitúdó, rugalmatlan ütközés, körfrekvencia, rezgésidő.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	Általános szabályok.
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

Ballisztikus inga segítségével határozd meg a játékpisztoly-lövedék sebességet! Ehhez mérd meg, hogy a lövést, majd a rugalmatlan ütközést követően mennyire lendül hátra az inga a rátapadt lövedékkel, és mekkora az együttes lengésidőjük!

Szükséges eszközök:

- tapadókorongos műanyag játékpisztoly (a lövedék tömege adott)
- ismert tömegű, fényes felületű vastag bútorlapból készült inga hosszú zsineggel bifilárisan állványra felfüggesztve
- hurkapálca ráragasztott vékony szigetelőszalag csíkkal elmozdulásának méréséhez
- megfelelő magasságú támasz (fahasáb), amin a hurkapálca akadálytalanul elcsúszhat, és amelyre mm-es beosztású papír mérőszalagot ragaszthatunk
- stopper.

A kísérleti összeállítást a 10. ábra mutatja.



10. ábra: Bifilárisan felfüggesztett inga

A feladat részletes leírása:

A bifilárisan felfüggesztett inga mögé néhány cm távolságra rakd le a támaszt, és erre fektesd a hurkapálcát úgy, hogy az hátulról éppen érintse az ingatest közép-pontját! A játékpisztollyal előlről, az inga lapjára merőlegesen lőjél, a hasáb közepét (tömegközéppont) megcélözva. (A célzáskor a pisztolyt tartsd távolabb az ingától, mint a tapadókorongos lövedék szárának hossza! Segít a célzásban, ha a téglalap alakú bútorlapra berajzolod filctollal az átlókat, így a lap közepét könnyebb eltalálni.) Jó célzás esetén a tapadókorong megtapad az ingán, és az inga hátralendül anélkül, hogy közben billegne. Ha egy lövésnél ez nem sikerül, akkor azt a mérést hagyd figyelmen kívül!

- *Mérd le, mennyire toltá hátra a kilendülő ingatest a hurkapálcát a támaszon! A mérést ismételd meg háromszor, az átlaggal számold a továbbiakban!*
- *Stopperrel mérd meg az inga 10 lengésének idejét (a rátapadt lövedékkel együtt) és határozd meg a lengésidőt!*
- *A lengésidő és a maximális kilendülés mért értékeinek felhasználásával határozd meg a harmonikus lengés maximális sebességét! (A csekély mértékben kilendülő inga mozgása harmonikus rezgőmozgásnak tekinthető.)*
- *A rugalmatlan ütközésre érvényes lendület-megmaradási törvényt felhasználva számítsd ki a tapadókorongos lövedék sebességét az ütközés előtt!*

Elméleti alapok

Rugalmatlan ütközések esetén az ütköző testek összetapadnak, és együtt mozognak tovább. Ha ismerjük az összetapadt testek együttes sebességét az ütközés utáni pillanatban, akkor a lendület megmaradása alapján kiszámolhatjuk a lövedék becsapódás előtti sebességét. Ehhez a testek tömegére is szükségünk lesz, ami vagy adott, vagy digitális mérleggel lemérhető (a lövedék kis tömege miatt 0,1 gramm pontosság szükséges).

A számoláshoz felhasználhatjuk a harmonikus rezgőmozgás maximális sebességére tanult képletet:

$$v_{max} = A \cdot \omega = A \cdot \frac{2\pi}{T} ,$$

valamint a zárt rendszerre érvényes lendület-megmaradási törvényt!

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

A maximális kitérésre kapott értékek:

	1.	2.	3.	átlag
a hurkapálca elmozdulása [m]	0,048	0,052	0,042	0,048

A lengésidőre kapott értékek:

	T ₁	T ₂	T ₃	T _{átlag}
10 lengés ideje [s]	13,1	11,8	10,6	X
lengésidő [s]	1,31	1,18	1,06	1,18

A lövedék és az inga tömege előzőleg lemérésre került: m_l=6,3 gramm, m_i=122,7 gramm.

A fenti összefüggést felhasználva:

$$v_{max} = A \cdot \omega = A \cdot \frac{2\pi}{T} = 0,048 \cdot \frac{2\pi}{1,18} = 0,26 \frac{m}{s}$$

A rugalmatlan ütközésre a lendület-megmaradás törvénye:

$$m_l \cdot v_l = m_{össz} \cdot v_{közös}$$

Innen

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

$$v_l = \frac{m_{össz}}{m_l} \cdot v_{közös} = \frac{129}{6,3} \cdot 0,26 = 5,3 \frac{m}{s}$$

Hiba származhat a pontatlan tömeg-, idő- és távolságmérésből. Ha nem sikerül pontosan eltalálni a bútorlap közepét, akkor az inga imbolyogni fog, ami megint csak csökkenti a mérésünk pontosságát. Ilyenkor inkább célozzunk még egyszer, kihagyva a rossz találatot.

További hibaforrás lehet az inga túl nagy kitérése, mivel ilyenkor a mozgása már nem közelíthető harmonikus rezgőmozgással. Ez azonban már nem a mérés, hanem az összeállítás hibája.

20/5. Nehézségi gyorsulás értékének meghatározása „Audacity” számítógépes akusztikus mérőprogram segítségével

cél meghatározása, motiváció:	A sok hagyományos mérés után üdítő színfolt egy olyan mérés, ahol a vizsgázó modern eszközöket használhat, karbantartva az informatika órán tanult ismereteket. A mérés akár mobiltelefonnal is elvégezhető (ami manapság még motiválóbb lenne) szintén ingyenesen letölthető hanganalizáló programmal, ha a vizsgaszabályzat ezt lehetővé tenné.
szükséges ismeretek, készségek:	A szabadesés összefüggései, alapfokú informatikai ismeretek.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, linearizálás, az informatikai kompetencia karbantartása.
fogalmak:	Szabadesés, nehézségi gyorsulás, lineáris függvény.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, bal- esetvédelem:	Általános szabályok.
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

Mérd meg különböző magasságokból leeső acélgolyó esési idejét Audacity számítógépes mérőprogrammal! A magasságok és az esési idők alapján határozd meg a nehézségi gyorsulás értékét!

Szükséges eszközök:

- nagyobb méretű acél csapágygolyó
- állítható magasságú állvány, rajta vízszintesen elhelyezett, nem teljesen sima felületű kerámialap (padlólap)
- mérőszalag
- számítógép beépített, vagy külső mikrofonnal, „Audacity” akusztikai mérőprogrammal (az internetről ingyenesen letölthető).

A feladat részletes leírása:

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

A vízszintes kerámialapon végiggurítva a golyót, az az asztalt elhagyva függőleges irányban szabadeséssel mozog. Mérésünkben az újdonság a mód, ahogy a szabadesés idejét meghatározzuk.

- *Készíts hangfelvételt az „Audacity” program segítségével a golyó mozgását kísérő hangokról!*
- *A hangfelvétel grafikonján mérd meg a golyó eséséhez tartozó időszakaszt (a guruló golyó hangja és a koppanás közötti csendes tartományt) ezredmásodperces pontossággal!*
- *A mérést ismételd meg legalább 4 különböző magasságból indítva a golyót!*
- *A mért magasság- és időadatokat, illetve a mért időtartamok négyzetét foglald táblázatba, majd ábrázold az esési magasságot az esési idő négyzetének függvényében! A grafikon alapján határozd meg a nehézségi gyorsulás értékét!*
- *Határozd meg a kapott eredmény relatív hibáját!*

Elméleti alapok

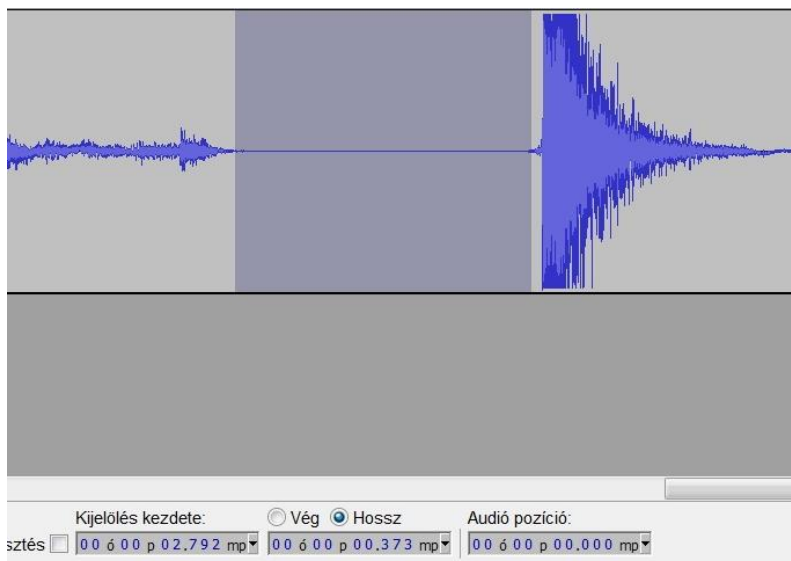
Egy szabadon eső test mozgását a $h = \frac{g}{2} \cdot t^2$ egyenlettel írhatjuk le. A képletből látható, hogy a megtett út egyenesen arányos az eséshez szükséges idő négyzetével. A $h(t^2)$ függvény meredeksége a nehézségi gyorsulás felével egyezik meg. Amennyiben kellő pontossággal sikerül az esési időt megmérni, akkor a g értéke is kellő pontossággal meghatározhatóvá válik.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

Végezz mérést az Audacity program segítségével legalább 4 különböző magasságból, a mért értékeket jegyezd fel az alábbi táblázatba, és számold ki a hiányzó adatokat!

Az Audacity nevű magyar menüvel is rendelkező hangszerkesztő program rengeteg funkcióval bír. Most ezekből csak néhányat fogunk használni: felvételt készítenk, és megállapítjuk a felvétel bizonyos szakaszának az időtartamát. Az Audacity nem csak rögzíti a hangot, hanem hullám-függvényként meg is jeleníti úgy, hogy a hangosabb részekhez nagyobb, a halkabbhoz kisebb amplitúdó tartozik. Ezt használjuk ki, hogy az esés idejét megmérjük.

Elindítjuk a hangfelvételt, majd elgurítjuk a golyót. Amíg a golyó az egyenetlen kerámiafelületen gurul, a hangját a program jól látható jelként is rögzíti. Esés közben nincs érzékelhető kitérése a függvénynek. A talajra érve golyó nagyot koppan, ez ismét jól látható a függvényen. Ekkor leállítjuk a felvételt. Néhány tizedmásodperc telik csak el a kétféle zaj között, ezért néhányszor a + gombra kattintva a hullámnak ez a rövid szakaszát a pontosabb időleolvasás kedvéért felnagyíthatjuk. Ha az egér bal gombjával húzással kijelöljük a megfelelő szakaszt, annak az időtartamát a program közvetlenül, ezredmásodperces pontossággal kijelzi, ahogy a 11.ábra is mutatja.

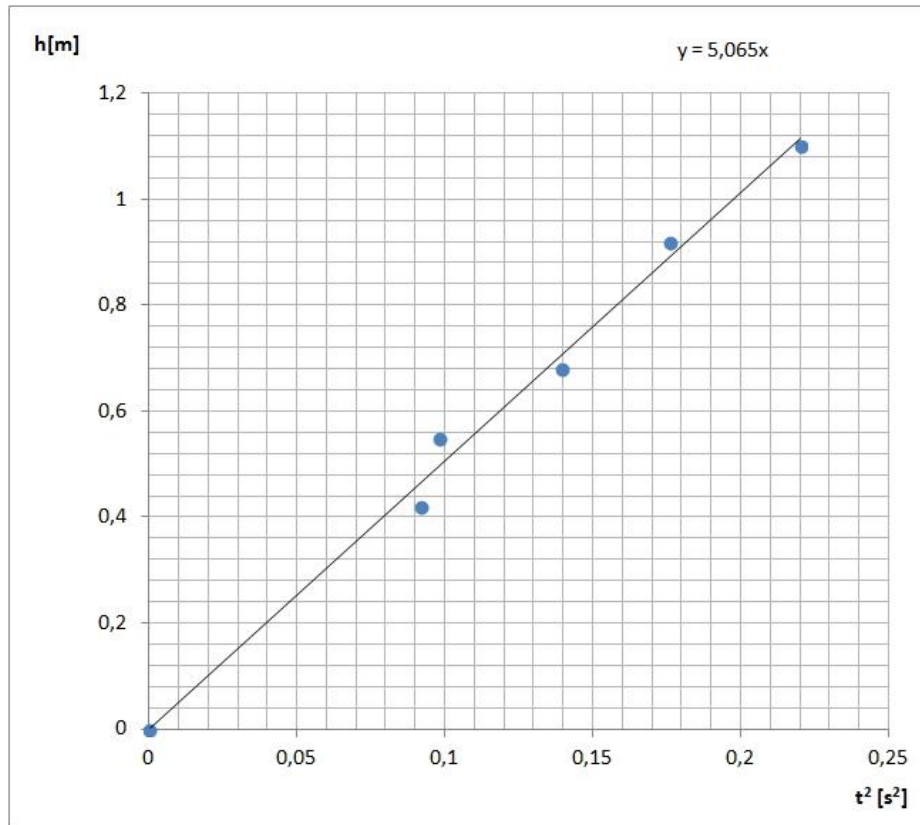


11. ábra: A számítógépes program képe

Mérési eredményeinket táblázatba foglalva:

	magasság [m]	esési idő [s]	esési idő négyze- te [s ²]
0. mérés	0	0	0
1. mérés	0,42	0,303	0,092
2. mérés	0,55	0,313	0,098
3. mérés	0,68	0,373	0,139
4. mérés	0,92	0,419	0,176
5. mérés	1,10	0,469	0,220

Az esési magasságot az eltelt idő négyzetének függvényében ábrázolva:



12. ábra: A $h(t^2)$ grafikon

A mérési pontokhoz illesztett egyenes meredeksége: 5,065

A nehézségi gyorsulás értéke: 10,13 m/s²

$$\text{relatív hiba} = \frac{|\text{kapott érték} - \text{irodalmi érték}|}{\text{irodalmi érték}} = \frac{10,13 - 9,81}{9,81} = 3,26\%$$

Mérési hiba származhat a magasságmérés pontatlanságából, a zavaró háttérzajok is befolyásolhatják az időmérés pontosságát, azonkívül a légellenállást is figyelmen kívül hagytuk.

20/6. Palack oldalán kifolyó vízszög vizsgálata

cél meghatározása, motiváció:	A 29 pont biztonságos megszerzésén túl annak a bizonyítása, hogy a palackból vízszintesen kifolyó vízszög parabolapályán mozog.
szükséges ismeretek, készségek:	A mozgási energia képlete, a helyzeti energia képlete, a vízszintes hajítás összefüggései.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség és a digitális kompetencia fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, linearizálás.
fogalmak:	Parabola, vízszintes hajítás, mozgási energia, helyzeti energia.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	Általános szabályok.
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

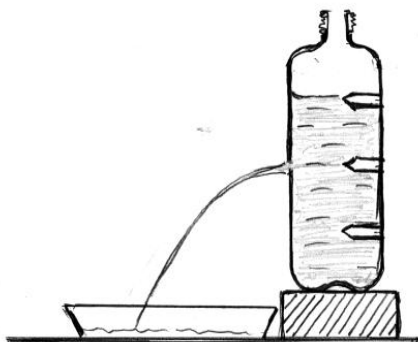
Feladat:

Állítsd össze a kísérletet! Készíts digitális fotót a kísérletről! A kinyomtatott fotón végzett mérések segítségével igazold, hogy a vízszög íve a vízszintes hajítás parabola-görbéjét rajzolja ki! Határozd meg a palack oldalán kilépő vízszög sebességét!

Szükséges eszközök:

- 1 db kb. 10-15 cm-es dobogó
- 1 db 2 literes műanyag palack, oldalán félmagasságban kb. 5 mm-es lyuk,
- 1 db lapos fotótál (vagy magasabb peremű tálca, tepsi)
- 1 tekercs fehér szigetelő-szalag
- 1 db olló
- 1 db alkoholos filctoll
- 1 db vonalzó
- 1 db digitális fényképezőgép állványon, számítógéphez csatlakoztatható USB kábellel
- 1 db számítógép
- 1 db nyomtató, papírral
- víz
- 1 db tölcser

A feladat részletes leírása:



Noha a feladat leírása szerint a méréshez szükséges jelöléseket a vizsgálónak kellene a palackra tennie, a valóságban a 13. ábra szerinti összeállítást a vizsgáló készen kapja. Magának a digitális fényképnek az elkészítése és kinyomtatása csak 3 pontot ér, ezért megfontolandó, hogy a vizsgáló kérjen a vizsgabizottságtól egy kész képet, és azon végezze el a mérés kiértékelését. Ha mindennel készen lesz, és van még elég ideje, akkor a felkészülés végén is elkészítheti és kinyomtathatja a fotót.

13. ábra: A mérés vázlatja

- *Készíts digitális fényképet a kifolyó vízszugárról akkor, amikor a vízszint a palackban éppen eléri a felső jelölést!*
- *A képet nyomtasd ki!*
- *A kinyomtatott fotón végzett szerkesztéssel igazold, hogy a vízszugár alakja parabola!*
- *A fotón mért távolságok és a kísérleti összeállítás reális adatainak ismeretében határozd meg a lyukon kiömlő víz sebességének nagyságát!*
- *Rajzold be a vízszugár pillanatnyi sebességének irányát a palackon bejelölt alsó negyed magasságában, s a sebességvektor vízszintes és függőleges komponensének aránya alapján igazold, hogy a vízszugár sebességének vízszintes összetevője megegyezik azzal a sebességgel, amit egy szabadon eső test szerezne, ha épp olyan magasságból esne kezdősebesség nélkül, mint amekkora a palackban lévő vízfelszín és a palack oldalán lévő nyílás magasságkülönbsége! Az állítás igazolása során használd ki, hogy a szomszédos jelölések közötti távolság azonos!*

Elméleti alapok

Miután a víz elhagyta a palackot, már csak a nehézségi erő hat rá (A légellenállást hanyagoljuk el!). A palackból a víz v_x vízszintes irányú kezdősebességgel jön ki, ez a mozgás során nem változik. Az y irányú függőleges mozgást a szabad-esés képlete írja le. Az egyenletek: $y = \frac{g}{2} \cdot t^2$; $x = v_x \cdot t$.

Az egyenletrendszerből az idő kiküszöbölése után a következő egyenlethez jutunk:

$$y = \frac{g}{2v_x^2} \cdot x^2$$

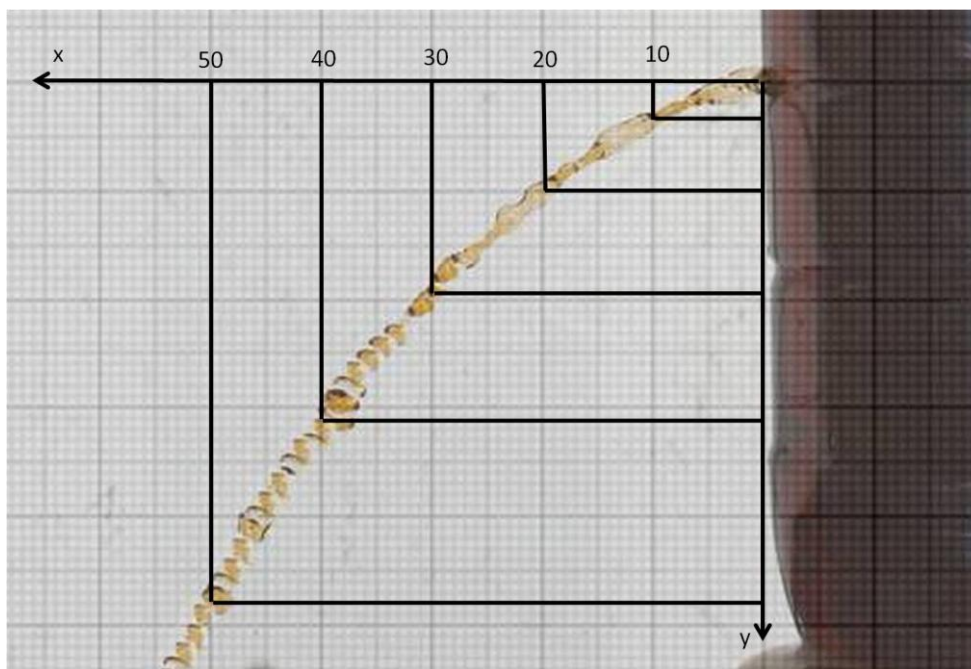
Ez pedig parabola egyenlete.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

A kiömlő vízszugár fényképére illesszünk olyan koordinátarendszert, amelynek kezdőpontja a kiömlési nyílás! A vizsgáló ezt valószínűleg derékszögű vonalzóval fogja megtenni, én egy képszerkesztő programot használtam.

Olvassunk le néhány összetartozó koordináta-párt a képről! (14.ábra)

A választott egység közömbös, először csak a vízszugár parabola alakját kell igazolnunk.



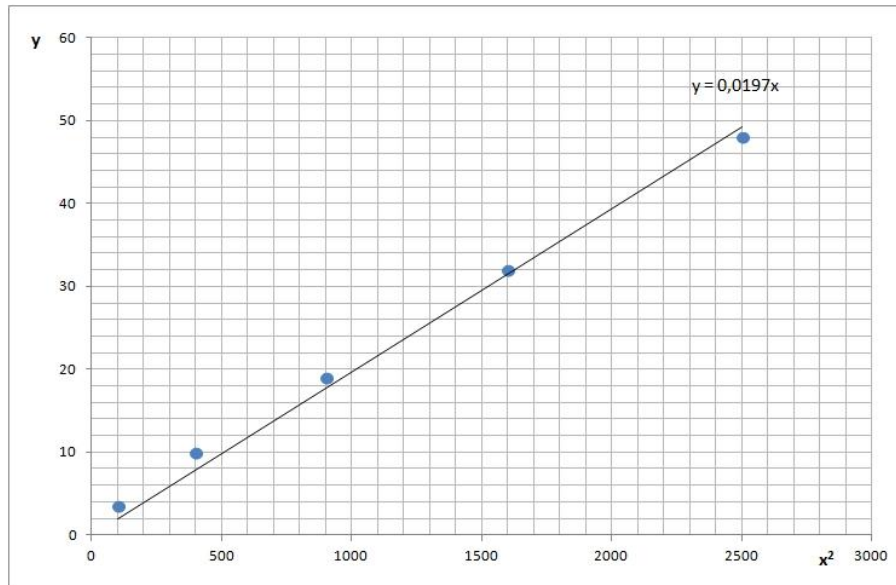
14. ábra: A fényképhez illesztett segédrács

Egy görbe parabola voltát ránézésre nehéz lenne igazolni, de ha egy $y(x)$ összefüggés másodfokú, akkor az $y(x^2)$ összefüggés elsőfokú, ezért ezt fogjuk ábrázolni.

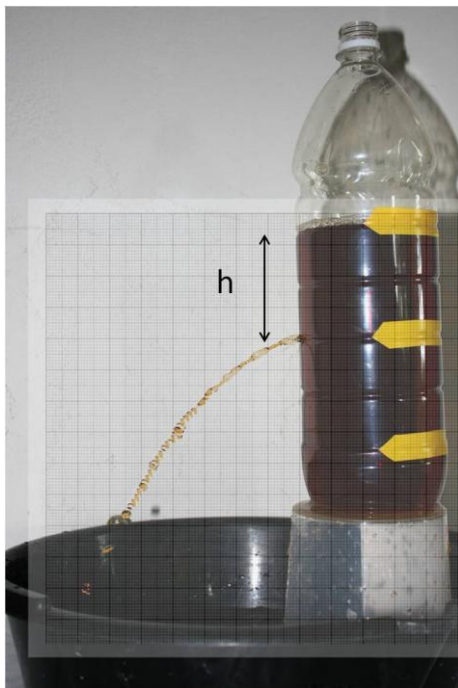
Leolvasott adatainkat táblázatba foglalva:

x	10	20	30	40	50
x^2	100	400	900	1600	2500
y	3,5	10	19	32	48

Az adott pontokra jó közelítéssel egyenes illeszthető, igazolva hogy a vízszugár alakja tényleg közel parabola. (15.ábra)



15. ábra: Az $y(x^2)$ grafikon



16. ábra: A kiömlő víz magassága

Ezek után a kiömlő víz sebességét kell meghatározni a kiömlés pillanatában.

Mivel az áramló folyadékokra is igaz az energiamegmaradás törvénye, így ha a kiömlés helye felett a vízoszlop magassága h (16.ábra), akkor felírható, hogy az egész rendszerre nézve a víz helyzeti energiájának csökkenése egyenlő a kiömlő víz mozgási energiájának megváltozásával, azaz:

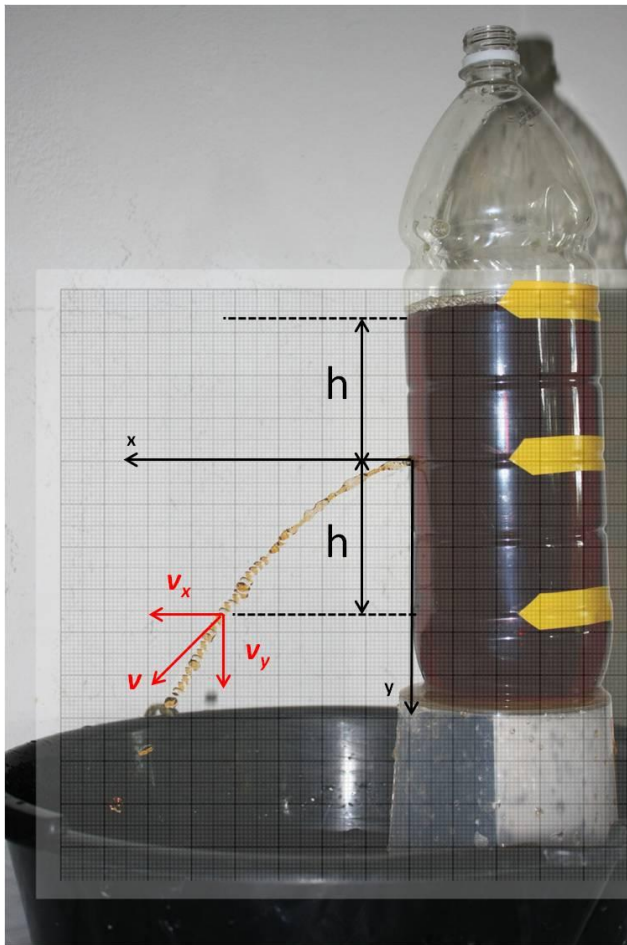
$$mgh = \frac{1}{2}mv_{ki}^2,$$

innen:

$$v_{ki} = \sqrt{2gh}$$

A konkrét mérésünkben $h=0,08$ m, a kiömlő víz sebességére $v_{ki}=1,25$ m/s-ot kapunk.

Végül azt kell igazolnunk, hogy a vízszög sebességének vízszintes összetevője megegyezik azzal a sebességgel, amit egy szabadon eső test szerezne, ha épp olyan magasságból esne kezdősebesség nélkül, mint amekkora a palackban lévő vízfelszín és a palack oldalán lévő nyílás magasságkülönbsége.



17. ábra: A két sebességkomponens egyenlősége szerkesztéssel

nélküli esés után a testek sebessége szintén $\sqrt{2gh}$, azaz $v_y = \sqrt{2gh}$.

Azaz $v_x = v_y$, vagyis az állítást beláttuk.

Mérési hiba a pontatlan távolságmérésekből származhat, további elvi hibaforrás a légellenállás elhanyagolása.

Korábban beláttuk, hogy a kiömlő víz sebessége $v_{ki} = \sqrt{2gh}$.

Ez megegyezik a h magasságból kezdősebesség nélkül szabadon eső test sebességével.

Ha a kért helyen felvesszünk egy érintő irányú tetszőleges hosszúságú sebességvektort, és megszerkesztjük a vízszintes és függőleges komponenseit, a kapott vektor-paralelogramma négyzet lesz. Ez igazolja, hogy a két komponens megegyezik (17.ábra).

Természetesen egy pusztán találmóra rajzolt érintőből következő négyzög nem igazi bizonyíték, ezért számításal is igazoljuk az állítást.

A kiömlő vízszög vízszintes sebességkomponense (ha a légellenállástól eltekintünk) nem változik, azaz $v_x = v_{ki} = \sqrt{2gh}$ bármely magasságban.

A kiömlő vízszögnek a palack elhagyásának pillanatában nincs függőleges irányú sebessége. h magasságból történő függőleges kezdősebesség

20/7. A hang sebességének mérése állóhullámokkal

cél meghatározása, motiváció:	A fúvós hangszerek fizikájának jobb megismerése.
szükséges ismeretek, készségek:	A hullámokkal kapcsolatos összefüggések és fogalmak ismerete.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség és a digitális kompetencia fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, linearizálás.
fogalmak:	Hullámhossz, frekvencia, rezonancia, állóhullám, visszaverődés.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	Általános szabályok.
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

Ismert frekvenciájú hangra rezonáló levegőoszlop hosszának mérésével határozd meg a hang terjedési sebességét levegőben!

Szükséges eszközök:

- Nagyméretű, egyik végén zárt üveg- vagy műanyaghengert
- mindkét végén nyitott, a hengeres edénybe illeszthető műanyag cső, oldalán centiméteres beosztású skála (a skála alkoholos filctollal felrajzolható a csőre)
- ismert rezgésszámú hangvilla
- nagyméretű tálca
- víz tartó-edényben
- mérőszalag
- Bunsen-állvány, -dió, lombikfogó



18. ábra: A mérés kivitelezése

A feladat részletes leírása:

A hengert állítsd a tálcára és tölts bele vizet! Az oldalán skálával ellátott csövet merítsd a vízbe! A csőben lévő levegőoszlopot alulról a víz zárja be, így a légoszlop hossza a cső emelésével és süllyesztésével változtatható. A cső szabad

vége fölé tarts rezgő hangvillát, majd a maximálisan vízbe merített csövet emeld lassan egyre magasabbra, közben figyeld a hang felerősödését! (18.ábra). Mérd le a maximális hangerősséghez tartozó levegőoszlop-magasságot (a cső peremének és a henger vízszintjének különbsége)! Folytasd a cső emelését egészen a következő rezonancia-helyzetig, és mérd le ismét a belső csőben lévő levegőoszlop hosszát! A villa hangjának erősödése jelzi, hogy a csőben lévő légoszlop rezonál a hangvillára, azaz a csőben hang-állóhullám alakul ki.

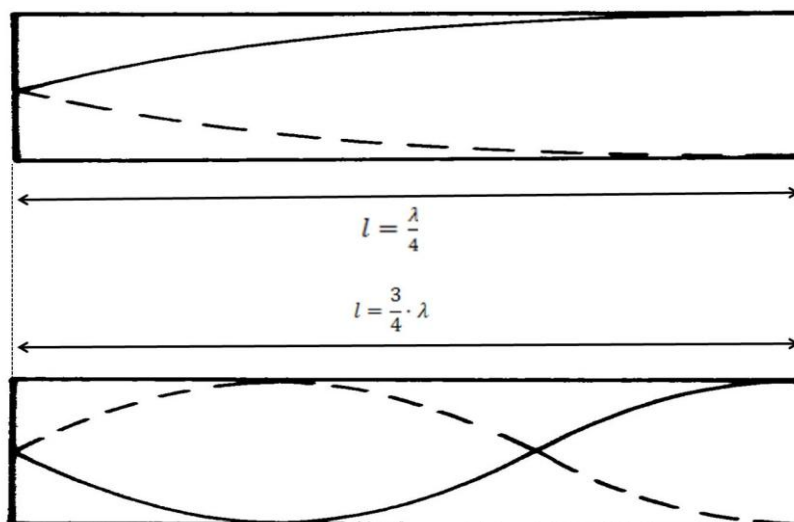
Határozd meg a hang hullámhosszát két egymás utáni rezonanciahelyzetben, majd a hangvilla rezgésszámának ismeretében a hang terjedési sebességét a levegőben!

Elméleti alapok

A műanyag csőben a hangvilla rezgésbe hozza a levegőt, a vízfelszínen történő visszaverődés miatt a csőben állóhullámok jönnek létre. Rezonancia akkor lép fel, amikor a rezgő levegőoszlop sajátfrekvenciája megegyezik a hangvilla gerjesztő frekvenciájával, ezt a hang felerősödése jelzi.

Mint ahogy a cső vízbe merül, a hangvilla által keltett rezgés a zárt végnek megfelelően ellentétes fázissal verődik vissza, itt csomópont alakul ki, a cső felső vége nyitott, itt duzzadóhely van. Ez csak úgy jöhet létre, ha a cső hossza a hullámhossz negyedének páratlan számú többszöröse, azaz $l = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{4}, k = 0, 1, 2, \dots$

A $k=0$ eset felel meg az alaprezgésnek, ekkor $l = \frac{\lambda}{4}$, a $k=1$ az első felharmonikus, ilyenkor $l = \frac{3}{4} \cdot \lambda$ (19.ábra). Másképp az alaphang esetében $\lambda = 4 \cdot l$, az első felhangnál $\lambda = \frac{4}{3} \cdot l$.



19. ábra: Az alaphang és az első felharmonikus

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

A cső rezonancia-hosszából ki tudjuk számolni a hang hullámhosszát, a hullámhossz és hangvilla frekvenciájának ismeretében pedig a $c=f \cdot \lambda$ összefüggésből meg tudjuk határozni a hangsebességet.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok


Érdeemes előre megbecsülni, hogy milyen csőhossznál keressük a rezonancia-helyzetet. A hang sebességét 330 m/s körüli értékre várjuk, ha a hangvillánk frekvenciája 440 Hz, akkor $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{330}{440} = 0,75 \text{ m}$. Így az alaphanghoz várható csőhossz a hullámhossz negyede, azaz 0,1875 m, az első felhanghoz pedig ennek háromszorosa, 0,5625 m körül várható.

Nézzünk egy konkrét példát!

A hangvilla frekvenciája: 440 Hz						
	alaphang			első felhang		
	1.	2.	3.	1.	2.	3.
hossz (m)	0,181	0,185	0,178	0,561	0,558	0,556
hossz-átlag (m)	0,1813			0,5583		
hullámhossz (m)	0,725			0,744		
hangsebesség (m/s)	0,725·440=319			0744·440=328		
átlag (m/s)	323,5					

Mérési hiba a távolságmérés pontatlanságából, illetve a rezonancia-helyzet megállapításának szubjektív voltából adódhat.

20/8. Halogén izzó infrasugárzó teljesítményének mérése

cél meghatározása, motiváció:	Környezettudatosságra nevelés annak a felismerésnek a tükrében, hogy az izzólámpák sugárzásának csak nagyon kis része esik a látható tartományba.
szükséges ismeretek, készségek:	A hőmennyiség kiszámítási módja, a teljesítmény és a hatásfok képletei.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése.
fogalmak:	Teljesítmény, hatásfok, fahő.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

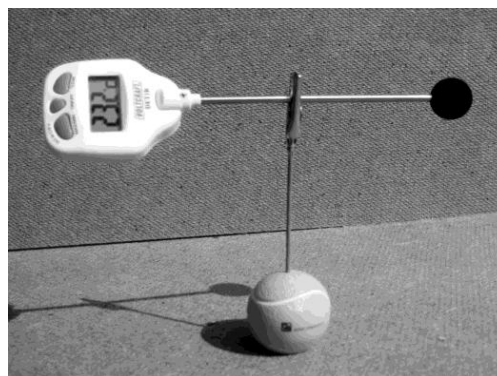
Feladat:

Matt-feketére festett rézgolyó melegedését mérve határozd meg a golyótól ismert távolságra elhelyezett vetítőizzó hősugárzási teljesítményét!

Az izzó elektromos teljesítményfelvételének ismeretében határozd meg az infrasugárzás hatásfokát!

Szükséges eszközök:

- foglalatban szabadon álló 100 wattos, kisméretű halogénvetítő-izzó, kapcsolóval felszerelt hálózati teljesítménymérő egységen keresztül a hálózatra csatlakoztatva. (12 V-os izzó esetén a transzformátor bemenetét csatlakoztassuk a hálózati teljesítménymérőre!)
- előzetesen matt feketére befestett, megadott tömegű, átmérőjű és fajhőjű réz golyó, a digitális hőmérő befogadására alkalmas zsákfurattal



20. ábra: A mérés egy lehetséges elrendezése

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

- tizedfok pontosságú hosszú szárú digitális hőmérő, a hőmérő szárára húzott, az eszköz rögzítését segítő gumidugóval
- állvány
- stopperóra
- mérőszalag
- árnyékoló ernyő.

A feladat részletes leírása:

A későbbi számoláshoz tudnunk kell az izzólámpa és a feketére festett vagy kormozott rézgömb távolságát, valamint az izzólámpa elektromos teljesítményét, a rézgömb tömegét, átmérőjét, anyagának fajhőjét.

- *Olvasd le és jegyezd fel fél percenként a golyó hőmérsékletét! A mérést 4 percen át folytasd! Mérési eredményeidet ábrázold hőmérséklet-idő grafikonon! Illessz egyenest a mérési pontokhoz!*
- *A golyó ismert adatai és a mért melegedési sebesség alapján határozd meg a golyót érő hőszugárzás teljesítményét!*
- *A golyót melegítő teljesítményből – a lámpa távolságát használva számítsd ki a vetítő-izzó infraszugárzási teljesítményét! (Az izzó hőszugárzását tekintsd gömbszimmetrikusnak!)*
- *Olvasd le a hálózati teljesítménymérő műszeren az izzó által felvett elektromos teljesítményt és határozd meg az izzó hőszugárzási hatásfokát!*

Elméleti alapok

A halogénlámpa annyiban tér el a hagyományos izzólámpától, hogy a wolframszálat egy kis halogén gázzal feltöltött üvegburával veszik körbe. Az égő üzemeltetése közben a wolfram és a halogéngáz között olyan kémiai folyamatok játszódnak le, amelyek segítségével lehetővé válik, hogy a hagyományos izzókhoz képest magasabb hőmérsékleten se menjen tönkre az izzósál. A magasabb hőmérséklet viszont jobb hatásfokú fénykibocsátást eredményez. A hagyományos izzólámpa kb. 2%-os hatásfokával szemben a halogén lámpa hatásfoka kb. 3,5%. Természetesen ez azt jelenti, hogy a befektetett energia túlnyomó többsége itt is hővé alakul. Ennek a mérésnek a célja éppen ennek a hőszugárzásnak a vizsgálata.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

A szükséges adatokat megmérjük, vagy függvénytáblázatban megkeressük. (Elképzelhető, hogy a vizsgán ezek egy részét készen kapjuk.):

a golyó átmérője	2,5 cm
------------------	--------

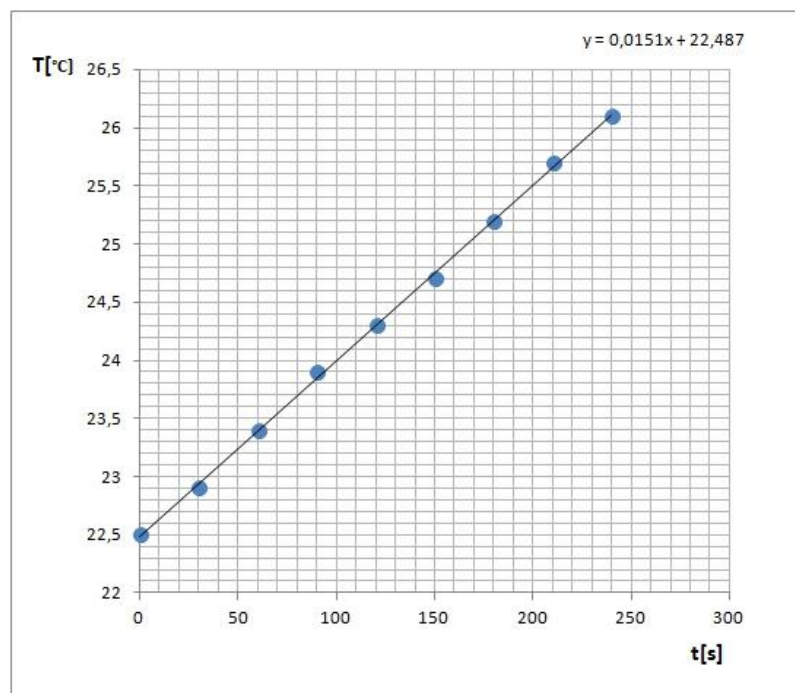
A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

a golyó tömege	0,065 kg
a golyó távolsága az izzótól	10 cm
a réz fajhője	385 J/kg°C
az izzó elektromos fogyasztása	99 W

A mért hőmérsékletek:

t (s)	0	30	60	90	120	150	180	210	240
T (°C)	22,5	22,9	23,4	23,9	24,3	24,7	25,2	25,7	26,1

A mérési pontok alapján kapott grafikon a pontokhoz illesztett egyenessel:



21. ábra: A hőmérséklet-idő diagram

A golyót érő hősugárzás teljesítménye: $P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{\Delta t}$

A $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ hányados a grafikonon kapott egyenes meredeksége, jelen esetben az Excel trendfüggvénye alapján értéke 0,0151 °C/s.

Ezt felhasználva: $P = 385 \cdot 0,065 \cdot 0,0151 = 0,378 \text{ W}$

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

Ezek után számoljuk ki a vetítőizzó infrasugárzási teljesítményét!

Legyen a golyó sugara r , a golyó és az izzó távolsága R .

Gömbszimmetrikus sugárzást feltételezve a golyó hatáskeresztmetszete $r^2 \cdot \pi$, az R sugarú gömb felszíne $4 \cdot R^2 \cdot \pi$.

A kisugárzott hőteljesítmény annyszor nagyobb a golyót érő teljesítménynél, ahányszor nagyobb az R sugarú gömb felszíne a golyó hatáskeresztmetszeténél :

$$P_{\text{kisugárzott}} = \frac{4 \cdot R^2 \cdot \pi}{r^2 \cdot \pi} \cdot P = \frac{4 \cdot R^2}{r^2} \cdot P = 96,7 W$$

Az izzó hősugárzási hatásfoka:

$$\eta = \frac{96,7}{99} = 97,7\%$$


Ez azt jelenti, hogy izzónk nem túl jó hatásfokú, a felvett elektromos energiának csak 2,3%-át alakítja fényvé. Természetesen az is lehet, hogy az alább leírt lehetséges hibaokok miatt mérésünk egyszerűen nem elég pontos.

Mérési hiba a pontatlan távolság és időmérésből, a hőmérő véges pontosságából származhat.

További hibát jelenthet, hogy az izzószál nem pontszerű, ezért hősugárzása sem feltétlenül gömbszimmetrikus, valamint a rézgolyó nem csak elnyeli, hanem ki is sugározza a hőt.

Figyelmeztetés: a halogénizzó a magasabb üzemi hőmérséklet miatt az ultraibolya tartományban is erősebben sugároz, ráadásul a kis izzószál miatt koncentráltan, ezért közvetlenül ne nézzünk a fényébe. Jó esetben a vizsgaközpontban a mérést összeállítók gondoskodtak az izzó leárnyékolásáról.

20/9. Szilárd anyag (alumínium) fajlagos hőkapacitásának (fajhőjének) meghatározása

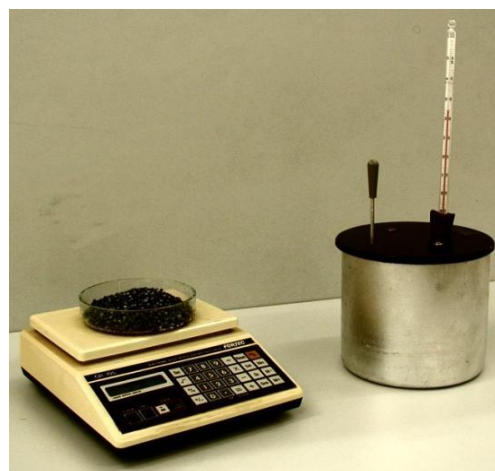
cél meghatározása, motiváció:	A termikus kölcsönhatásokkal és a fajhővel, hőkapacitással kapcsolatos ismeretek elmélyítése, a mérési technika fejlesztése
szükséges ismeretek, készségek:	A termikus kölcsönhatásokkal kapcsolatos összefüggések ismerete.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése.
fogalmak:	Termikus kölcsönhatás, fajhő, hőkapacitás.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

A rendelkezésére álló eszközökkel, a víz fajhőjének és a kaloriméter hőkapacitásának ismeretében, határozd meg a kiadott fém fajhőjét

Szükséges eszközök:

- ismert hőkapacitású kaloriméter tetővel, keverővel, hőmérővel
- szobai hőmérő
- 3 db közepes főző-pohár
- meleg víz
- nagyobb méretű tálca
- törülőruha
- mérleg
- száraz állapotú, szobahőmérsékletű apró alumínium darabok (pl. alu-csavarok)



22. ábra: Szükséges eszközök

A feladat részletes leírása:

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

A mérés elején olvassuk le a hőmérőt, a továbbiakban ezt tekintjük majd szobahőmérsékletnek, azaz a mérendő minta kiindulási hőmérsékletének. A kaloriméterbe öntött forró víz mennyiségét legegyszerűbben digitális mérleggel tudjuk lemérni úgy, hogy az üres kalorimétert a mérlegre tesszük, majd a mérleget lenullázzuk.

Ha most beleöntjük a megfelelő mennyiségű forró vizet a kaloriméterbe, akkor a mérleg közvetlenül a víz tömegét mutatja.

- *A megadott és a mért adatok alapján határozd meg a szilárd anyag fajhőjét!*
- *A kapott eredményt hasonlítsd össze a kiadott fémnek a függvénytáblázatban található fajhőértékével!*
- *Ismertesd, mi okozhatja a mért és elméleti érték esetleges eltérését!*

Elméleti alapok

Ha feltesszük, hogy a folyamatok hőveszteség nélkül játszódnak le, az ismeretlen anyag által felvett hő egyenlő a víz és a kaloriméter által leadott hővel.

$$Q_{fel} = Q_{le}$$

Az egyenlet két oldalának kibontásával, a megfelelő mennyiségek mérésével az alumínium fajlagos hőkapacitása meghatározható.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

A mért és ismert értékeket az alábbi táblázatban helyeztük el!

a kaloriméter hőkapacitása (C)	90 J/°C
a víz tömege (m_v)	150 g
a szobahőmérséklet (T_1)	22.5 °C
az alumínium tömege (m_{al})	310 g
a meleg víz és a kaloriméter közös hőmérséklete (T_2)	52,0 °C
az alumínium, a meleg víz és a kaloriméter közös hőmérséklete (T_k)	43,4 °C

$$Q_{ismeretlen} = Q_{kalorimeter} + Q_{víz}$$
$$c_{al} \cdot m_{al} \cdot (T_k - T_1) = C \cdot (T_2 - T_k) + c_v \cdot m_v \cdot (T_2 - T_k)$$

Az egyenletet rendezve, a mért vagy ismert mennyiségeket behelyettesítve

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

($c_v=4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$) az alumínium fajhőjére $955 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ értéket kapunk.

Az alumínium fajhőjének irodalmi értéke $900 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$. mi ennél többet kaptunk.

A hőmérsékleteket és a tömegeket viszonylag pontosan mértük, az eltérés oka az lehet, hogy kaloriméter nem tökéletes hőszigetelő, nem tudja megakadályozni a környezettel való hőcserét.

Mérésünk relatív hibája $\frac{955-900}{900} = 6,1\%$.

20/10. Kristályosodási hő mérése

cél meghatározása, motiváció:	Azt, hogy az olvadáshoz hő kell, minden diák megtapasztalta már, aki jégkockát tett az üdítőjébe, de hogy a megszilárdulás hőleadással jár, nehezebb megfigyelni. Erre példa ez kísérlet.
szükséges ismeretek, készségek:	A termikus kölcsönhatásokkal kapcsolatos összefüggések ismerete.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, függvényábrázolás.
fogalmak:	Termikus kölcsönhatás, fajhő, hőkapacitás, kristályosodási hő.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	általános szabályok.
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

Határozd meg kalorimetrikus méréssel a túlhűtött sóolvadék kristályosodása során felszabaduló energia egységnyi tömegű anyagra vonatkoztatott értékét (fagyáshő)!

Szükséges eszközök:

- ismert tömegű túlhűtött sóolvadék (célszerűen „nátriumacetát-trihidrát”)
- ismert hőkapacitású (víz-értékű) iskolai kaloriméter keverővel, hőmérővel
- stopper-óra
- szobahőmérsékletű állott víz
- mérő-henger



23. ábra: Szükséges eszközök

A feladat részletes leírása:

A leírás szerint a kaloriméterben lévő víz hőmérsékletét kell mérnünk, és fél percnként feljegyeznünk az egyensúly beálltáig, ez összesen néhány perc. A feladat összeállítói egy hőmérséklet-idő grafikont is kérnek tőlünk, amire amúgy

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

a méréshez nincs szükség, hiszen a feljegyzett hőmérsékleti értékekből amúgy is látszik, hogy mekkora hőmérsékletnél áll be a hőmérsékleti egyensúly.

Szükségünk lesz a sópárna tömegére (a sóoldatot tartalmazó zacskó tömegét elhanyagoljuk), a sópárna tömegét 6-7-szeresen meghaladó szobahőmérsékletű víz pontos tömegére, a kaloriméter és a beletöltött víz közös hőmérsékletére, a kaloriméter hőkapacitására, a víz fajhőjére.

A fémlemezke kristályosodást elindító átpattintása után gyorsan tegyük a sópárnát a kaloriméterbe, mert a folyamat azonnal beindul.

- *Készítsd el a kaloriméter melegedését jellemző idő-hőmérséklet grafikont, és határozd meg a rendszer maximális hőmérsékletét!*
- *Az anyag tömegét, a víz tömegét és fajhőjét, a kaloriméter hőkapacitását ismerve, a kiindulási és a végső hőmérséklet mért értékeit felhasználva írd fel az energiamegmaradást kifejező egyenletet!*
- *Az egyenletből számítással határozd meg az anyag tömegegységére jutó kristályosodási hőt!*

Elméleti alapok

A kristályosodási folyamat során hő szabadul fel, amely felmelegíti magát a sóoldatot, a vizet és a kalorimétert. A kaloriméter miatt 100%-os hatásfokot feltételezve a leadott és a felvett hő egyenlőnek tekinthető:

$$Q_{fel} = Q_{le}$$

A kérdés szerint nem foglalkozunk a túlűtött folyadék olvadáspontra való felmelegedéséhez szükséges, illetve a kikristályosodott anyag végső hőmérsékletre történő lehűlésekor leadott energiákkal. Az egyenlet bal oldalán csak a víz és a kaloriméter melegedésekor felvett mennyiségeket kell kibontanunk, a jobb oldalon pedig csak a kristályosodás (fagyás) során leadott hőt kell számításba venni:

$$c_v \cdot m_v \cdot (T_k - T_1) + C \cdot (T_k - T_1) = L_k \cdot m_k.$$

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

A szükséges mennyiségek:

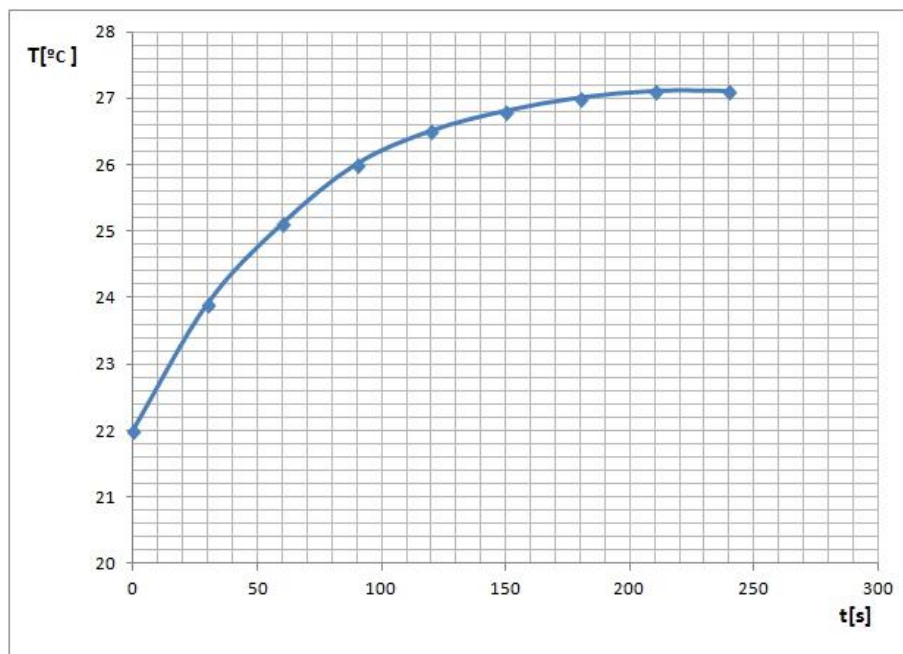
A víz tömege (m_v)	600 g
A tasakban lévő folyadék tömege (m_k)	102 g
A kaloriméter és a víz közös hőmérséklete (t_1)	22 °C
A kaloriméter hőkapacitása (C)	80 J/°C

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

A víz fajhője (c_v)	$4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$
-------------------------	------------------------------------

idő (s)	0	30	60	90	120	150	180	210	240
hőmérséklet ($^\circ C$)	22	23,9	25,1	26,0	26,5	26,8	27,0	27,1	27,1

A mérési pontokhoz illesztett grafikon:



24. ábra: A hőmérséklet-idő grafikon

Láthatjuk , hogy a folyamat befejeződése után kialakult közös hőmérséklet $T_k=27,1^\circ C$.

Ezt és a többi adatot a fenti összefüggésbe behelyettesítve a kristályosodási hőre $L_k=130000 J/kg$ jön ki. Az irodalmi értéket nem tudjuk, de a kapott értéket a víz fagyáshőjével ($334000 J/kg$) összehasonlítva nagyságrendileg elfogadható eredményt kaptunk.

Mérési hiba származhat a felül nem jól szigetelő kaloriméterből, a hőmérséklet-mérés véges pontosságából, valamint abból, ha túl sokat vártunk a kristályosodás megindítása és a zacskó kaloriméterbe zárása között.

20/11. Ekvipotenciális vonalak kimérése elektromos térben

cél meghatározása, motiváció:	Fizikaórán az ekvipotenciális felületek, valamint az erővonalak sokszor felrajzolásra kerülnek, de egy mérés segítségével rajzolt ábra sokkal kézzelfoghatóbbá teszi ezeket a fogalmakat.
szükséges ismeretek, készségek:	Multiméter használata, kezűgyesség a rajzhoz.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, rajzolási technika.
fogalmak:	Erővonal, ekvipotenciális pontok, feszültség
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	általános szabályok.
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

A megadott eszközökből az utasítás alapján állítsd össze a kísérletet!

Mérd ki az ekvipotenciális vonalakat lapos potenciálkádban egy hosszabb, egyenes rúd alakú és egy kisebb, korong alakú fémelektroda közti térrészben!

A kimért ekvipotenciális vonalak alapján készíts közelítő vázlatrajzot a tér erővonal-szerkezetéről!

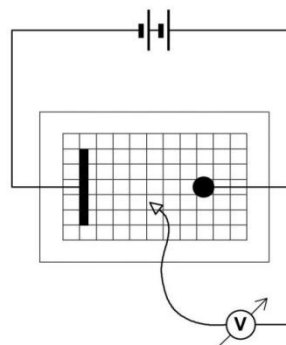
Szükséges eszközök:

- feszültségforrás (kb. 10 V egyenfeszültség – pl. 2 db sorba kötött laposelem)
- nagy belső ellenállású feszültségmérő
- lapos potenciálkád
- vezetékek
- négyzethálós papír (milliméterpapír).

A feladat részletes leírása:



25. ábra: A mérés menete



26. ábra: A mérés kapcsolási rajza

A 25. ábra szerinti kísérleti összeállítást a vizsgázó készen kapja. A mérés megkezdése előtt célszerű ugyanúgy beszámozni azt a négyzetrácsos papírt is, ami az üvegcád alatt van, és azt is, amelyikre a rajzot készítjük, így könnyebben azonosítani tudjuk a pontokat. Az elektródákat helyezük úgy el, hogy az alumíniumsín széle kerüljön a négyzethálós papír egyik fő vonalára, a kör alakú elektróda középpontja pedig egy fő rácspontba. Így az elrendezés szimmetriáját kihasználva elég az egyik oldalon mérést végezni, a másik oldal pontjait tükrözéssel megkapjuk.

Ezt kívánják a vizsgázótól:

Ellenőrizd a kísérleti összeállítást! A mérési eredmények rögzítésére készíts elő a tál alján lévő négyzethálós laphoz hasonló papírt, és erre rajzold be az elektródák pontos helyét! Helyezd feszültség alá az áramkört, majd a feszültségmérő szabad potenciálvezetékét (a kapcsolási rajzon nyíl jelzi) mártsd a vízbe és figyeld a feszültségmérő műszert! A feszültséget akkor olvasd le, amikor a műszer megállapodik! Mozdasd lassan a potenciálvezetékét a négyzetháló két elektródát összekötő középső osztás-vonala mentén a pozitív elektródától a negatívig és mérd a négyzetháló osztáspontjaiban a feszültséget!

Elméleti alapok

Az ekvipotenciális felületek az elektromos mezőben olyan felületek, amelyek mentén a potenciál állandó. Ha az ekvipotenciális felület mentén mozgatunk egy próbatöltést, az elektromos mező nem végez munkát. Ez csak úgy lehetséges, hogy a térerősség mindenütt merőleges az ekvipotenciális felületre. Ha két párhuzamos egyenes elektródát használnánk, és a köztük lévő teret vizsgálnánk, akkor az ekvipotenciális pontok is egy-egy egyenesre illeszkednének, amely az elektródákkal párhuzamosan helyezkednének el. Az erővonalak pedig ezekre merőleges egyenesekre illeszkednének, és egymással párhuzamosak lennének.

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

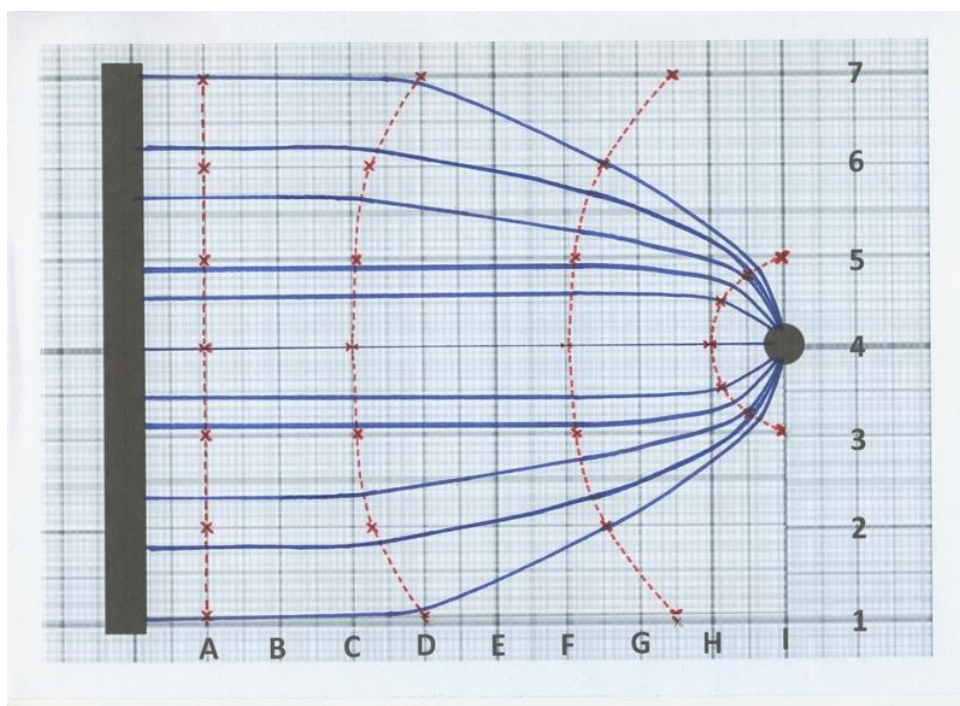
Ebben a mérésben ennél bonyolultabb szerkezetű elektromos mező ekvipotenciális pontjait és erővonal-szerkezetét kell feltérképeznünk.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

A mérést mindegyik ekvipotenciális görbénél célszerű egy, az ábra szimmetria-tengelyére illeszkedő rácspontból indítani.


Az erővonalak rajzolásánál ügyeljünk arra, hogy az erővonalak mindig merőlegesek legyenek az ekvipotenciális vonalakra!

A kapott rajzunk valami ilyesmi lesz:



27. ábra: A kapott ekvipotenciális görbék és az erővonal-szerkezet

20/12. Elektrolit elektromos ellenállásának vizsgálata

cél meghatározása, motiváció:	Mindig szóba kerül fizikaórán, amikor a vezetőkről van szó, hogy a csapvíz vezeti az áramot. Hogy mennyire, erre próbál válasz találni ez a mérés.
szükséges ismeretek, készségek:	Ohm törvénye, párhuzamos kapcsolás, vezetőképesség.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, függvényábrázolás.
fogalmak:	vezetőképesség, feszültség, áram, párhuzamos kapcsolás
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

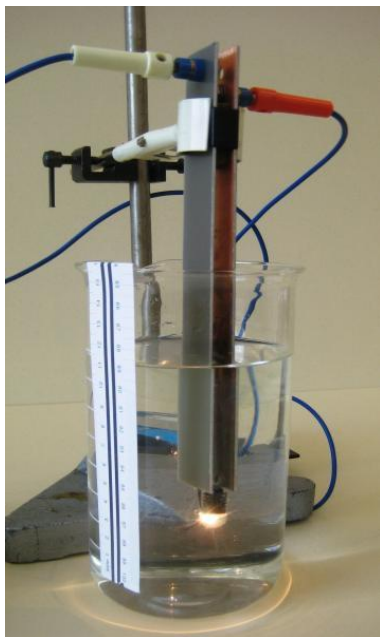
Vizsgáld meg az izzólámpából és elektródákból álló kapcsolás áramfelvételét a vízbe merített elektródák merülési mélységének függvényében!

Szükséges eszközök:

- 4 vagy 6 V-os váltakozó feszültségű áramforrás
- váltóáramú feszültség és árammérő műszerek
- vezetékek
- két, egymástól 1 cm távolságban szigetelő távtartók közé rögzített rézlemez elektróda (ajánlott anyaga nyomtatott áramköri lemez, méretei 3x20 cm), felső végén banándugós csatlakozással, alsó szélén az elektródák közé forrasztott zseblámpaizzóval.
- Állvány, ami az elektródák befogását és magasságának változtatását biztosítja
- tálca
- magas vizes edény, külső falán cm-skála
- hideg csapvíz.

A feladat részletes leírása:

A kísérleti összeállítást a 28. ábra mutatja.



Először az izzó ellenállását kell áram- és feszültségméréssel meghatározni. Minthogy a mérés többi részén az izzó a vízben lesz, ezért ennél a mérésnél is mérjük vízbe, hogy ugyanazon a hőmérsékleten mérjünk, mint később. A levegőben működő izzó ellenállása biztosan több, mert a vízbe merítve csökken a hőmérséklete. Ezután fokozatosan vízbe süllyesztve a lemezpárt feljegyezzük a feszültség és áramértékeket, valamint a bemerülési mélységet.

- *Adataidat foglald táblázatba és ábrázold grafikusán, majd értelmezd a kapott áramerősség-mélység grafikont!*

- *Határozd meg, hogyan változik a víz elektromos ellenállása az elektródák vízbe merülő*

hosszának függvényében!

- *Elfogadva, hogy a folyadékok áramvezetésére is érvényes Ohm törvénye, határozd meg a hideg víz fajlagos ellenállását (vezetőképességét)!*

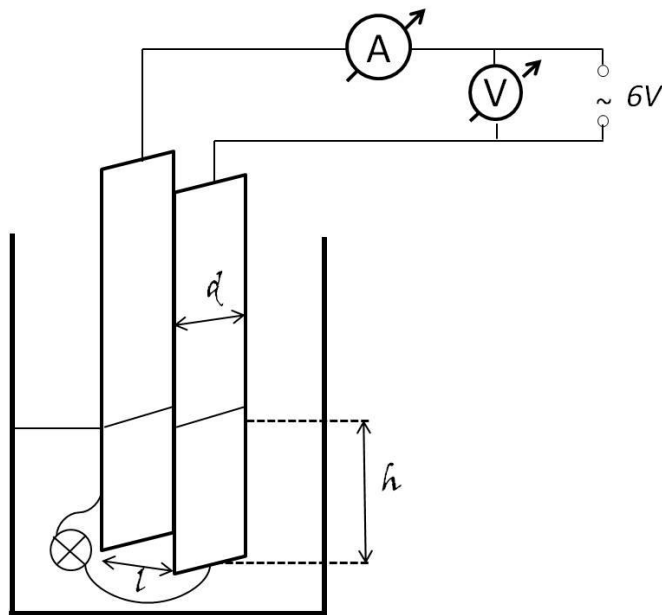
28. ábra: A mérés egy lehetséges elrendezése

Elméleti alapok

A hideg csapvíz elektrolitnak tekinthető, amelyben az áramot a könnyen elmozduló ionok vezetik. A méréshez mindenképpen váltakozó feszültséget kell használni, mert egyenfeszültség esetén az elektródákon olyan elektrokémiai folyamatok játszódhatnak le, amelyek befolyásolnák az elektródák ellenállását, és ezen keresztül az egész mérést. A nagy teljesítményű transzformátor gondoskodik arról, hogy a mérés során a feszültség se változzon. Ha az izzólámpát is a vízbe merítjük már az első mérésnél is, akkor hőmérséklete jó közelítéssel állandó marad, így ellenállása is változatlan lesz.

Az elrendezés szerint az izzó és az elektródák közötti vízmennyiség párhuzamosan kapcsolt ellenállásoknak tekinthetők. Ha biztosítjuk a feszültség és az izzólámpa ellenállásának állandóságát, akkor az áramerősség-mérő műszer a két párhuzamos ág áramának összegét fogja mutatni, de a kettő közül csak a víz ellenállása fog változni.

Egyrészt feltehetjük, hogy a folyadékok esetében is igaz Ohm törvénye, másrészt a folyadékok ellenállása is számolható az $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$ összefüggés alapján, ahol l a kísérleti elrendezésben a két lemez távolságát, $A = h \cdot d$ az elektródák vízbe merülő részének egyik oldali területét jelenti. (29. ábra)



29. ábra: A mérés kapcsolási vázlata

Legyen a mért áram $I = I_{\text{izzó}} + I_{\text{víz}}$

Az izzó árama az első mért érték (amikor még csak az izzó merül a vízbe), a vízben átfolyó áram a későbbiekben mért áram e fölötti része.

$$I_{\text{víz}} = \frac{U}{R_{\text{víz}}} = \frac{U}{\rho \cdot \frac{l}{h \cdot d}} = \frac{U \cdot d}{\rho \cdot l} \cdot h$$

Azaz a mért áram: $I = I_{\text{izzó}} + \frac{U \cdot d}{\rho \cdot l} \cdot h$, ahol h -t kivéve a többi mennyiség konstans, így a kapott összefüggés h -nak lineáris függvénye.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

Méréseink:

A lemezek szélessége: $d = 0,025$ m

A lemezek távolsága: $l = 0,01$ m

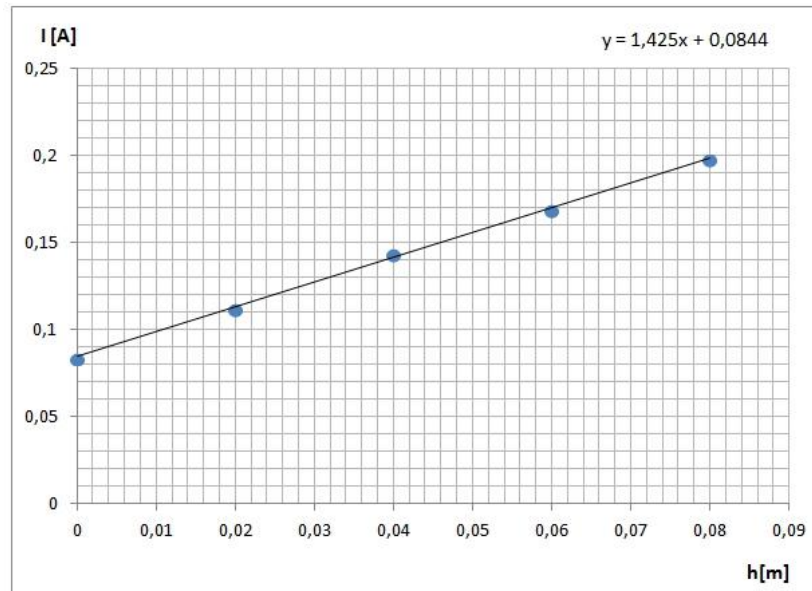
A feszültség: $U = 6$ V

bemerülési mélység h (m)	0	0,02	0,04	0,06	0,08
----------------------------------	---	------	------	------	------

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

áramerősség I (A)	0,084	0,112	0,144	0,169	0,198
----------------------	-------	-------	-------	-------	-------

A kapott grafikon:



30. ábra: Az áramerősség-bemerülési mélység grafikon

Egyrészt a fenti levezetés szerint az egyenes meredeksége $\frac{U \cdot d}{\rho \cdot l}$, másrészt a mérési pontokra illesztett egyenes meredeksége a grafikon alapján $\frac{\Delta I}{\Delta h} = 1,425 \frac{A}{m}$.

Tehát: $\frac{6 \cdot 0,025}{\rho \cdot 0,01} = 1,425$. Innen a víz vezetőképessége $\rho = 10,53 \Omega \cdot m$.

Mérési hiba a viszonylag kicsi távolságadatok mérésénél fordulhat elő, illetve a feszültség- és áramerősség-mérő eszközök pontossága is behatárolt.

20/13. Az áramforrás paramétereinek vizsgálata

cél meghatározása, motiváció:	Miért vegyünk drága elemet, ha a kínai boltban kapunk olcsót is? Ha ezt a mérést elvégeznénk egy Duracell elemmel és egy kínai „tartós” elemmel, ki-domborodna a különbség.
szükséges ismeretek, készségek:	Ohm törvénye teljes áramkörre, soros kapcsolás.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, függvényábrázolás.
fogalmak:	Üresjáratú feszültség, elektromotoros erő, belső ellenállás, rövidzár.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	Általános szabályok.
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

Feszültség és árammérés alapján határozd meg az áramforrás (szárakelem) jellemző adatait: belső ellenállását, elektromotoros erejét, rövidzárási áramát!

Szükséges eszközök:

- 4,5 V-os laposelem vagy dobozba foglalt áramforrás két banánhüvely ki-vezetéssel
- feszültségmérő
- árammérő
- 10-20 Ω -os és 4-5 A-rel terhelhető tolóellenállás
- kapcsoló, röpszinórok, krokodilcsipesz .

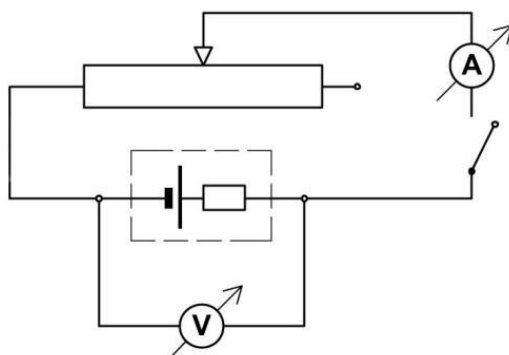
A feladat részletes leírása:

A kísérlet összeállítását a kapcsolási rajz mutatja (31.ábra)

A kapcsolást a vizsgázónak kell összeállítania. Benne van a feladat leírásában, de nem árt a vizsgázót szóban is figyelmeztetni, hogy a tolóellenállás csuszkáját a rövidzár elkerülése végett ne állítsa szélső helyzetbe.

Feszültségforrásként érdemes lemerülőfélben lévő 4,5 V-os elemet használni, az új elemeknek kicsi a belső ellenállása. Alternatív megoldásként az is szóba jöhet,

hogy az új zseblepet sorba kötjük egy 1-2 Ω -os ellenállással, és betesszük az egészet egy dobozba, amelyre két kivezetés készítünk, bejelölve a polaritást, és



az egész dobozt tekintjük áramforrásnak.

- *A csúszka helyzetét változtatva legalább négy pontban olvasd le az áram és a kapocsfeszültség összetartozó értékeit!*
- *A mérési adatokat foglald táblázatba, majd ábrázold feszültség-áram grafikonon (a feszültséget az áram függvényében)!*
- *A grafikon alapján határozd meg a telep jellemző adatait!*

Elméleti alapok

Az elektromotoros erőt (üresjáratú feszültséget) elvileg úgy is mérhetnénk, hogy megmérnénk a terheletlen telep feszültségét, a rövidzárási áramot pedig tényleges rövidzárral határozhatnánk meg. Az elektromotoros erő ezen a módon

31. ábra: Az összeállítandó kapcsolás való pontos méréséhez végtelen ellenállású mérőműszer kellene, a rövidzártól pedig a telep kímélése miatt kell eltekintenünk.

A teljes áramkörre vonatkozó Ohm-törvény alapján: $U_0 = I \cdot R_b + U_k$, ahol U_0 a telep elektromotoros ereje, I a telepből kifolyó áram, R_b a telep belső ellenállása, U_k a kapocsfeszültség (külső feszültségesés). Innen $U_k = U_0 - I \cdot R_b$, ahol a kapocsfeszültség az áram lineáris függvénye. A függvény ábrázolása után mind az üresjáratú feszültség, mind a belső ellenállás, mind a rövidzárási áram meghatározható.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

- *Állítsd össze az ábrán látható kapcsolást, majd végezd el a mérést! A mért értékeket foglald az alábbi táblázatba!*
- *A kapott értékeket ábrázold grafikonon!*
- *Illessz egyenest a kapott pontokra!*

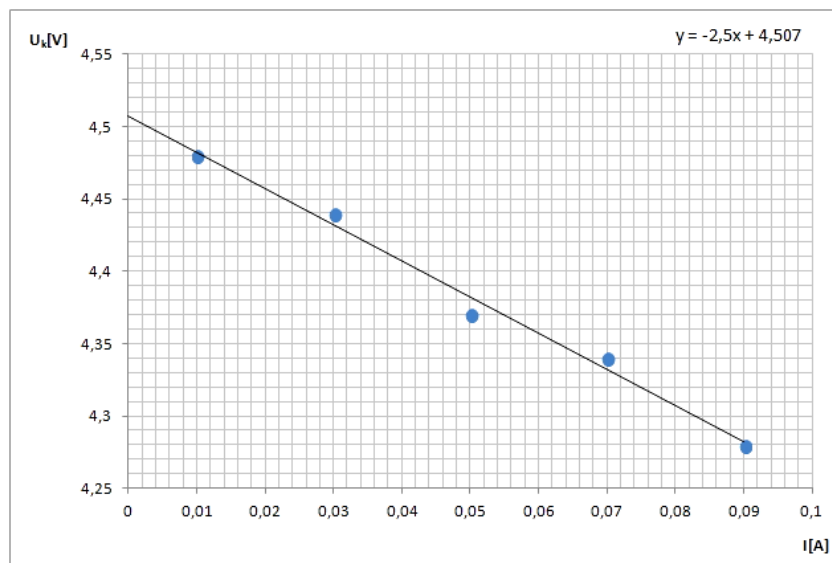
A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

- A grafikon alapján határozd meg a telep jellemző adatait!

Mérésünket az alábbi táblázatba foglaltuk:

áramerősség (A)	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09
feszültség (V)	4,48	4,44	4,37	4,34	4,28

A méréshez tartozó grafikon:



32. ábra: A feszültség-ára diagram

A mérési pontokra illesztett egyenes meredeksége megadja a belső ellenállást: $R_b = 2,5\Omega$.

Az üresjáratú feszültség az egyenes metszéspontja az y (U_k) tengellyel: $U_0 = 4,507$ V.

A telep rövidzárási árama az előző két jellemzőből számolható ki: $I_{rövid} = \frac{U_0}{R_b} = 1,8$ A.

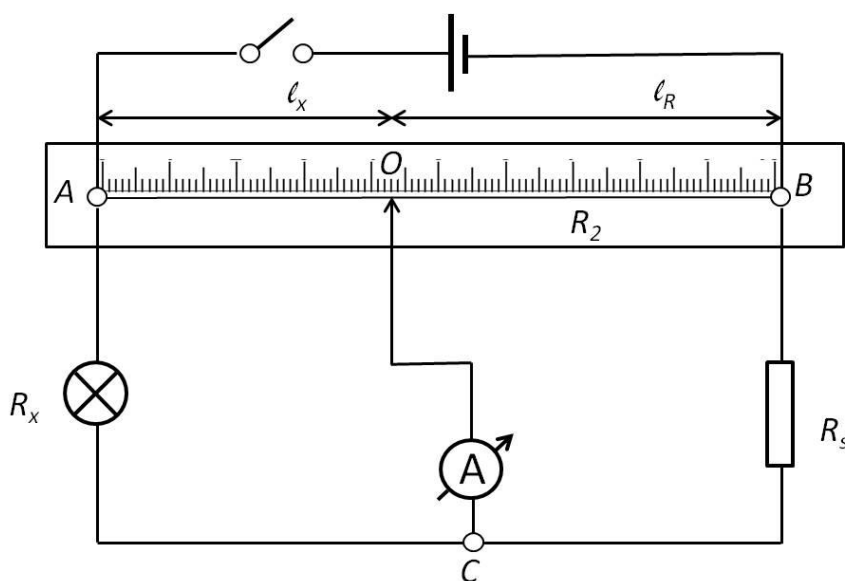
Mérési hiba egyrészt a műszerek pontatlansága miatt jelentkezhet, másrészt, ha az egyenest szabad kézzel illesztjük a mérési pontokhoz, nem feltétlenül találjuk el a pontokhoz legjobban illeszkedő lineáris függvényt.

20/14. Zseblámpaizzó ellenállásának mérése Wheatstone-híddal

cél meghatározása, motiváció:	Ez a mérés arra példa, hogy előfordulhat egy mérés közben az, hogy noha csak egy-két jól mérhető összetevőt változtatunk meg egy mérésben, de ez maga után vonja a mérendő mennyiség megváltozását.
szükséges ismeretek, készségek:	Soros és párhuzamos kapcsolás összefüggései, vezető ellenállása.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése,
fogalmak:	Soros és párhuzamos kapcsolás, potenciál, áram, feszültség.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	Általános szabályok.
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

Mérd meg a kiadott zseblámpaizzó wolframból készült izzószálának ellenállását Wheatstone-híddal! A méréshez használj három különböző (ismert) értékű segédellenállást!



33. ábra: A Wheatstone-híd

Szükséges eszközök:

- Zseblámpaizzó (3,5 V, 0,2 A) foglalatban
- 3 db különböző értékű ellenállás, megadva az ellenállások névleges értékét (ajánlott ellenállásértékek: $\approx 100 \Omega$, $\approx 50 \Omega$, $\approx 5 \Omega$)
- 1 m hosszú ellenálláshuzal ($\approx 11 \Omega/m$), két végén kialakított elektromos csatlakozóval, cm skálával ellátott deszkalapra kifeszítve
- 1,5 V-os góliát elem
- Morse-kapcsoló
- röpszinórok
- árammérő Deprez-műszer (forgótekerceses, állandó mágnesű árammérő).

A feladat részletes leírása:

Az izzó ellenállását szeretnénk megmérni úgy, hogy a vele sorba kapcsolt több különböző ellenállás miatt különböző erősségű áramok folynak át rajta. Eközben nem szabad, hogy megváltozzon az izzó ellenállása, vagyis nem melegedhet számottevően. Ezt úgy érhetjük el, hogy a vele sorba kapcsolt ellenállások lényegesen nagyobbak, mint az izzó várható ellenállása. A kísérlet leírásában ajánlott 100Ω -os és 50Ω -os ellenállások esetén a fenti feltétel teljesül, az 5Ω -os esetén már nem feltétlenül ez a helyzet.

Izzónk adatai: $3,5V/0,7W$. Kis számolás után izzónk üzemi ellenállására $17,5\Omega$ adódik. Hidegen ennél jóval kisebb értéket várunk.

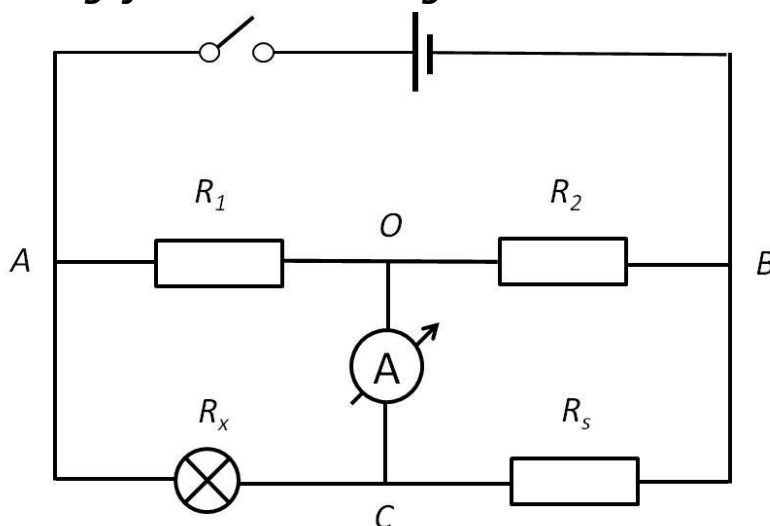
Az ellenálláshuzalon azt az O pontot kell megkeresnünk, amelynél az érzékeny árammérő nem mutat áramot. A huzal közepén érdemes kezdeni és mozgatni a csuszkát az ellenálláshuzalon az izzó felé. Az elem kímélése és a felesleges melegedések elkerülése végett a kapcsolót csak a mérés idejére kapcsoljuk be!

- *A csúszka megfelelő pozicionálásával egyensúlyozd ki a hidat és olvasd le a csúszka helyzetét az egyenes vezető egyik végpontjától mérve! Ezt ismételd meg mindhárom segédellenállás alkalmazásával!*
- *A mérési adatokat foglald táblázatba és számítsd ki minden mérés esetén az izzószál ellenállásának értékét!*
- *Magyarázd meg a kapott eredményeket!*

Elméleti alapok

A 34. ábrán látható kapcsolási rajz mutatja a mérés elvi elrendezését. Az R_1 és R_2 ellenállások értékét addig változtatjuk, amíg az O és C pontok közé kapcsolt érzékeny áramerősség-mérő műszer nem jelez áramot. Ez azt jelezi, hogy a két pont között nincs potenciálkülönbség, azaz mindkét ágon azonos arányban oszlik meg az U_{AB} feszültség a sorosan kötött ellenállások között.

Tehát $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_x}{R_s}$, innen R_x az $\frac{R_1}{R_2}$ arány és az R_s ellenállás ismeretében meghatározható.



34. ábra: A mérés elvi elrendezése

Tudjuk, hogy egyenes vezető esetén az ellenállás egyenes arányban van a vezető hosszával (ha a többi paraméter nem változik), ezért az $\frac{R_1}{R_2}$ arány megegyezik az ellenálláshuzal két darabjának hosszarányával, azaz $\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}$.

Tehát $\frac{R_x}{R_s} = \frac{l_1}{l_2}$, innen $R_x = \frac{l_1}{l_2} \cdot R_s$.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok


Méréseink eredménye:

l_x (cm)	l_R (cm)	R_s (Ω)	R_x (Ω)
2,1	97,9	100	2,15
4,4	95,6	50	2,31
38,4	61,6	5	3,12

Láthatjuk, hogy az eredmények olyan szórást mutatnak, hogy átlagolni nem érdemes a három kapott ellenállás-értéket. Az első kettő átlagát talán még kiszámolhatnánk (egyébként ezt nem kéri a feladat), de a harmadik jelentősen eltér tőlük, itt már nyilván melegegett az izzó, és emiatt nőtt meg az ellenállása.

Az egyes mérések esetén a hibát a hosszúságok leolvasása és az áramerősségmérő műszer véges érzékenysége okozhatja.

20/15. Félvezető (termisztor) ellenállásának hőmérsékletfüggése Termisztoros hőmérő készítése

cél meghatározása, motiváció:	Manapság akár a mobiltelefonunkra is letölthetünk olyan applikációt, amely jelzi a telefonunk hőmérsékletét. Vajon milyen elven működnek a digitális hőmérők?
szükséges ismeretek, készségek:	Ellenállás-mérés digitális multiméterrel.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, táblázat, grafikon készítése
fogalmak:	Ellenállás, hőmérséklet, extrapoláció
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

Vizsgáld meg a termisztor ellenállásának hőmérsékletfüggését és készíts kalibrációs grafikont az ellenállás-hőmérőhöz!

Végezz hőmérsékletmérést a termisztor-hőmérővel!

Szükséges eszközök:

- termisztor
- ellenállásmérő üzemmódba kapcsolható univerzális mérőműszer
- főzőpohár
- hideg csapvíz tartóedényben
- forró víz termoszban
- kisebb pohár a víz adagolásához
- nagyobb vízgyűjtő edény
- folyadékos iskolai bothőmérő

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

A méréshez ajánlott a kereskedelemben 470 Ω , 680 Ω , 1 k Ω jelöléssel kapható termisztor. A termisztor kivezetéseit forrasszuk banándugóban végződő hajlékony, szigetelt vezetékekhez/röpszinórokhoz. A termisztorból kivezető fémdrót szigetelésére úgynevezett zsugorcső ajánlott, amely megmelegítve rázsugorodik a fémszállra. A zsugorfólia termisztor felé eső végén egy csepp szilikonnal tehetjük tökéletessé a szigetelést.

A feladat részletes leírása:

A mérés összeállítói részletesen leírják, hogyan készítsük elő a termisztort a méréshez, de ez természetesen nem a vizsgázó, hanem a vizsgaközpont feladata.

A mérést forró (60-80 °C) hőmérsékletű vízzel kezdjük, az egyensúly beállta (amikor már se a víz hőmérséklete, se a termisztor ellenállása nem változik) után feljegyezzük a hőmérséklet és az ellenállás értékét. Hideg víz adagolásával (szükség esetén a főzőpohárban lévő vízből ki is vehetünk) hűtjük a vizet, és ismét feljegyezzük a mért értékeket. Ha véletlenül túlhűtöttük a vizet, meleg víz adagolásával korrigálhatunk.

Mindig várjuk meg az egyensúly beálltát! A kísérletet úgy tervezzük, hogy az utolsó mérés a csapvíz hőmérsékletén legyen! A feladat leírásában ugyan csak 5-6 mérést várnak el, de ha 8-10 méréssel lehetőleg egyenletesen lefedjük a mérendő hőmérséklettartományt, pontosabb eredményt kapunk.

- *A mérési adatok alapján ábrázold grafikonon a termisztor ellenállásának hőmérsékletfüggését!*
- *A kapott ellenállás-hőmérséklet karakterisztikát tekintsd a termisztor-hőmérő kalibrációs grafikonjának! A termisztort két ujjad közé szorítva határozd meg a testhőmérsékletedet!*
- *Becsüld meg, mekkora lenne a termisztor-hőmérő ellenállásának értéke olvadó jégben!*

Elméleti alapok

A fémek elektromos ellenállása a hőmérséklet növelésével általában növekszik, nem túl nagy hőmérséklet-változás esetén közel lineárisan. A félvezetők ellenállása ezzel szemben a hőmérséklet emelkedésével általában csökken.

A termisztorok ellenállása nőhet vagy csökkenhet a hőmérséklet növekedésével, ennek megfelelően megkülönböztetünk pozitermisztorokat (PTC: itt nő az ellenállás a hőmérséklettel) és negatermisztorokat (NTC: itt csökken az ellenállás a hőmérséklet növelése esetén). A változás egyik esetben sem lineáris, exponenciális függvénnyel lehet közelíteni: $R = R_0 \cdot e^{-\frac{B}{T}}$, ahol R_0 a kezdeti ellenállás, B az adott termisztorra jellemző konstans. Az egyenletet mindkét oldal logaritmusát véve linearizálhatjuk: $\ln R = -\frac{B}{T} + \ln R_0$. Itt $\ln R$ és hőmérséklet reciproka között

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

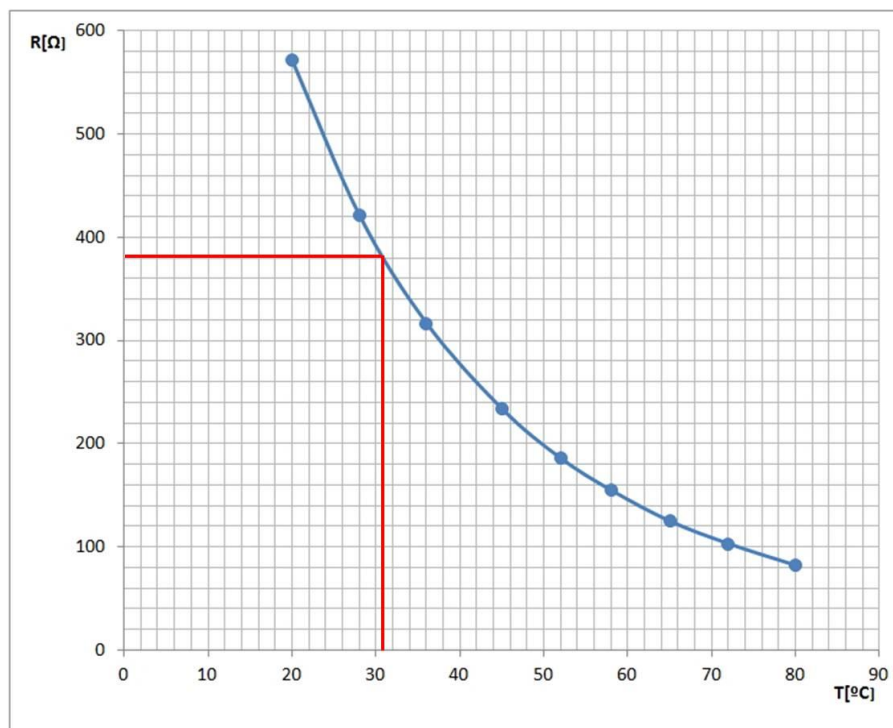
lineáris kapcsolat van*. Ha ezt kihasználnánk, pontosabb becslést kaphatnánk a 0°C-ra vonatkozó ellenállásra, és a saját testhőmérsékletünkre is, de egy ilyen összefüggés linearizálása meghaladja az emelt szintű érettségi elvárásait. Azért egy fizika fakultációs csoportban nyugodtan kiértékelhetjük a mérést így is.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

Mérésünk táblázatba foglalva:

T (°C)	20	28	36	45	52	58	65	72	80
R (Ω)	572	422	217	234	186	155	125	103	82

Mérésünk hőmérséklet-ellenállás grafikonon ábrázolva:



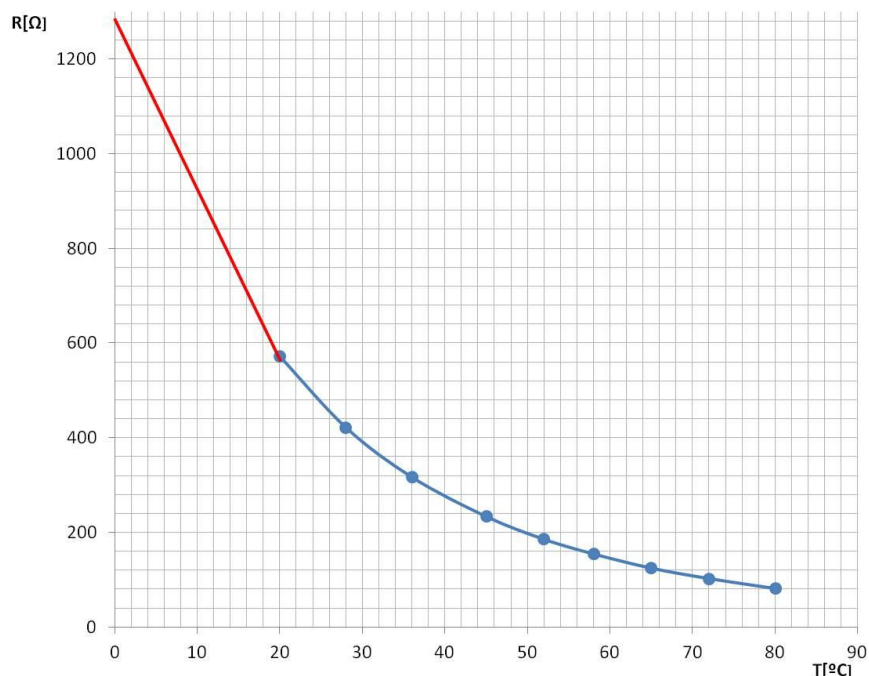
35. ábra: Termisztorunk jelleggörbéje

* http://elfiz2.kec.hu/jegyzet/term_j/termisz.html

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

Feladatunk az is, hogy a kapott kalibrációs görbét felhasználva megmérjük a testhőmérsékletünket. A termisztort ujjaink közé fogva leolvassuk a termisztor ellenállását, majd a görbén megkeressük a leolvasott ellenálláshoz tartozó hőmérsékletet. Jelen esetben az ellenállásra 382 Ω -ot kaptunk, amihez kb. 31°C tartozik. Ne lepődjünk meg, ha olyan értéket kapunk, amely esetén igazából már nem kellene mindenképpen életfunkciókat mutatnunk: ez valójában nem a testhőmérsékletünk, hanem az ujjaink hőmérséklete, ami lehet sokkal kevesebb a várt 36°C körüli értéknél.

Ugyancsak meg kell határoznunk a 0°C-hoz tartozó ellenállás-értéket is, amit a feladat szerint az előző görbe széléhez illesztett egyenessel kell extrapolálnunk. Ehhez célszerű egy új grafikon készíteni, amelyen az ellenállás tengelyén a beosztást nagyobb léptékkel tüntetjük fel (36.ábra).




36. ábra: A 0°C-hoz tartozó ellenállás becslése

Itt erősen a megérzéseinkre kell hagyatkoznunk, mivel csak saccolni tudjuk, milyen szögben illesszünk egyenest a görbéhez. Jelen esetben körülbelül 1280 Ω -ot kaptunk. Ezt a feladatot tudtuk volna a görbe linearizálásával pontosabban végrehajtani

Mérési hibáink a hőmérséklet, illetve az ellenállás mérésének véges pontosságából származhatnak. A második feladatnál még viszonylag pontos értéket várhatunk a grafikon felhasználásával, de a harmadik feladat eredményének pontosságától ne várjunk sokat.

20/16. Hagyományos izzólámpa és energiatakarékos „kompakt” lámpa relatív fényteljesítményének összehasonlítás

cél meghatározása, motiváció:	Elhiggyünk-e mindent, amit a reklámokban hallunk? Tényleg igaz a kompakt izzó vs. hagyományos izzó esetében, hogy $21W=100W$?
szükséges ismeretek, készségek:	Elektromos teljesítmény, a fényteljesítmény távolságfüggése.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, egyenletrendezés.
fogalmak:	Teljesítmény, fényteljesítmény, hatásfok.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

Zsírfortos fotométer segítségével hasonlítsd össze a hagyományos izzólámpa és az energia-takarékos „kompakt” lámpa relatív fényteljesítményét (a kibocsátott fényteljesítmény és a felvett elektromos teljesítmény arányát)!

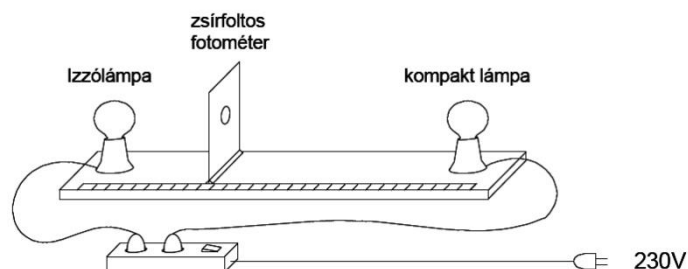
Szükséges eszközök:

- ismert névleges teljesítményű, hálózati izzólámpa és kompaktlámpa (a lámpák gömb alakú opál-burájúak) álló foglalásban földelt, biztonsági dugaszú csatlakozással
- kapcsolóval ellátott hálózati biztonsági elosztó aljzat
- zsírfortos fotométer
- mérőszalag.

A feladat részletes leírása:

A két izzót egymással szemben helyezzük el, kb. 1 méter távolságban, majd a két lámpa közé tesszük a zsírfortos papírernyőt! Az összeállítást a 37.ábra mutat-

ja.



37. ábra: A mérés elvi elrendezése

A lámpák bekapcsolása után az egyik izzó az ernyő egyik oldalát, a másik izzó az ernyő másik oldalát világítja meg. Ha bármelyik oldalról látjuk a zsírfoltot, akkor az ernyő két oldalát érő megvilágítás erőssége különböző. Az ernyő mozgatásával megkeressük azt a helyzetet, amikor az ernyő mindkét lámpából azonos megvilágítást kap, azaz amikor az ernyőn lévő zsírfolt sem nem sötétebb, sem nem világosabb az ernyő többi részénél.

- *Mérd meg ebben a helyzetben az ernyő távolságát mindkét lámpától, majd a lámpák névleges teljesítményét alapul véve határozd meg a relatív fényteljesítmények arányát!*

Elméleti alapok

A hagyományos izzólámpa által kisugárzott energia zöme az infravörös tartományba esik, de a kompakt izzó is melegszik. Ezzel a méréssel a kompakt fénycső és a hagyományos wolframszálas izzó fényteljesítményét fogjuk összehasonlítani. A zsírfoltos fotométer lényegében egy kör alakú zsírfolttal átitatott papírlap, amelyet két oldalról megvilágítunk. A méréshez jó tudni, hogy a zsírfolt átmenő fényben világosabb, visszavert fényben sötétebb a papír száraz részéhez képest. Ha sikerül elérni azt, hogy a zsírfolt mindkét oldalról nézve látszólag eltűnjön, akkor megtaláltuk azt a helyzetet, ahol a papírlapot mindkét oldalról azonos intenzitású megvilágítás éri.

Pontszerű fényforrás esetén (most a viszonylag nagy távolság miatt ilyennek tekinthető az opálburás hagyományos izzó és a kompakt gömblámpa is) az egy négyzetméterre eső fényteljesítmény fordított arányban van a fényforrástól mért távolság négyzetével, hiszen pl. kétszer akkora távolság esetén négyszer akkora gömbfelületen oszlik el ugyanaz a kisugárzott fényenergia.

A következőkben h index jelöli a hagyományos izzót, k a kompakt fénycsövet, x_h -val, illetve x_k -val jelöljük a két izzó középpontjának az ernyőtől való távolságát, P_e az elektromos teljesítmény, P_f a fényteljesítmény.

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

Az 1 m²-re eső fénytjeljesítmény a hagyományos izzónál $P_{1,h} = \frac{P_{f,h}}{4 \cdot x_h^2 \cdot \pi}$, a kompakt lámpánál $P_{1,k} = \frac{P_{f,k}}{4 \cdot x_k^2 \cdot \pi}$. Ha a zsírfolt látszólag eltűnik, ez azt jelenti, hogy a két 1 m²-re eső fénytjeljesítmény megegyezik. Az egyenlőséget felírva és átrendezve azt kapjuk a fénytjeljesítmények arányára, hogy $\frac{P_{f,k}}{P_{f,h}} = \left(\frac{x_h}{x_k}\right)^2$.

A mi feladatunk viszont nem ez, hanem a relatív fénytjeljesítmények arányának meghatározása, ami az egységnyi elektromos teljesítményre eső fénytjeljesítmények arányát jelenti. Ez egyúttal a hatásfokok is:

$$\left(\frac{\eta_k}{\eta_h}\right) = \frac{\frac{P_{f,k}}{P_{e,k}}}{\frac{P_{f,h}}{P_{e,h}}} = \frac{P_{f,k}}{P_{f,h}} \cdot \frac{P_{e,h}}{P_{e,k}} = \left(\frac{x_h}{x_k}\right)^2 \cdot \frac{P_{e,h}}{P_{e,k}}$$

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

Esetünkben a mért, illetve leolvasott adatok:

$P_{e,h}$	x_h	$P_{e,k}$	x_k
100 W	58 cm	21 W	52 cm

A fénytjeljesítmények aránya $\frac{P_{f,k}}{P_{f,h}} = \left(\frac{x_h}{x_k}\right)^2 = \left(\frac{58}{52}\right)^2 = 0,80$.

A kompakt fénycső dobozán ez áll: 21W=100W, használat közben mégis úgy érezzük, mintha nem világítana úgy a kompakt izzónk, mint a 100W-os hagyományos izzó. Mérésünk azt igazolta, hogy érzetünk nem csalt, a 21W-os kompakt fénycső fénytjeljesítménye csak 80%-a a hagyományos 100W-os izzóénak.

Ha viszont a relatív fénytjeljesítményre kapott összefüggésbe helyettesítünk be, akkor azért láthatjuk, hogy miért nevezik energiatakarékosnak a kompakt égőt:

$$\left(\frac{52}{58}\right)^2 \cdot \frac{100}{21} = 3,83$$


Ez azt jelenti, hogy ha nem is a reklámokban hangoztatott ötszörös megtakarítás érhető el, ha hagyományos izzóinkat kompakt fénycsőre cseréljük, de azért majdnem négyszer hatékonyabban használja fel az elektromos energiát a kompakt izzó wolframszálas társánál.

Mérési hibát okozhat a távolságmérés pontatlansága. Ennél is nagyobb eltérést okozhat az, hogy a zsírfoltos ernyő megfelelő helyzetének megtalálása kissé szubjektív, ezenkívül a zavaró háttérfények is befolyásolhatják a mérést. Igazából olyan szobában kellene végezni a kísérletet, ahová a két izzó fényén kívül

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

más fény nem jut be, de ez egy szóbeli érettségien nehezen kivitelezhető. Arra azért törekedjünk, hogy a külső fények egyenlő mértékben érhék a zsírfoltos papír mindkét oldalát. Az sem árt, ha több mérést végzünk, és a kapott távolságok átlagával számolunk.

20/17. A víz törésmutatójának meghatározása

cél meghatározása, motiváció:	Hogyan lehet felhasználni egy 200 forintos kulcstartó lézert egy komoly fizikai méréshez?
szükséges ismeretek, készségek:	A fénytörés törvénye, trigonometrikus összefüggések.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, egyenletrendezés.
fogalmak:	Fénytörés, beesési szög, törési szög.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

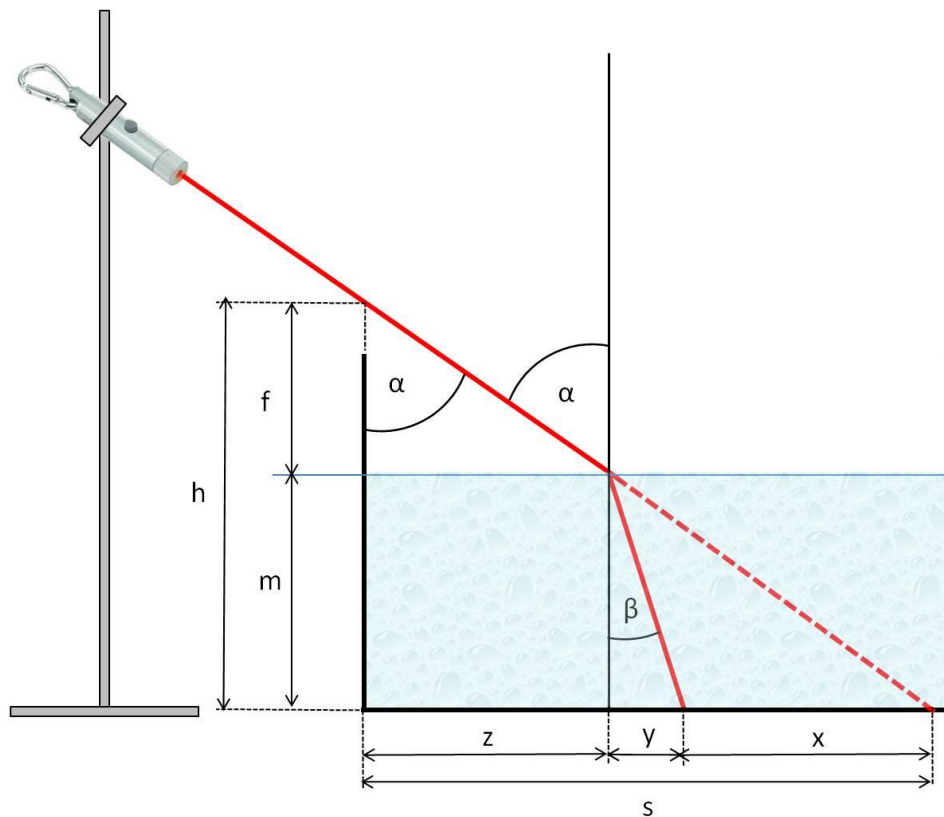
Állíts össze és végezd el a leírt kísérletet!

Mérési adatai alapján határozd meg a víz levegőre vonatkoztatott törésmutatóját!

Szükséges eszközök:

- Vékony falú, sík aljú üveg- vagy műanyagkád (ragasztott akvárium)
- lézerdiódával működő ún. előadási lézerfénymutató
- milliméterpapír
- mérőszalag
- Bunsen-állvány dióval, kémcső-fogóval (a lézer rögzítésére)
- tálca
- tiszta víz tárolóedényben

A kísérlet összeállítási rajzát a mérendő mennyiségekkel és a szükséges jelölésekkel a 38.ábra mutatja



38. ábra: A mérés vázlatja a jelölendő mennyiségek feltüntetésével

A feladat részletes leírása:

Az üres üvegcád alá milliméterpapírt helyezünk. Az állványra rögzített lézert a rajznak megfelelően úgy állítjuk be, hogy az üvegcád alját a lézertől minél messzebb érje el! Az üvegcád (és az alatta lévő milliméterpapír) elmozdításával állítjuk be az elrendezést úgy, hogy a lézersugár éppen a milliméterpapír egy fő osztásvonalára essen, így az elmozdulást könnyen le tudjuk olvasni! A könnyebb leolvasás kedvéért érdemes ezt az osztásvonalat előzetesen filctollal megjelölni. Mérjük meg és jegyezzük fel a ferde lézersugár magasságát (h) és a kád alján a fényfolt távolságát (s)!

Ez után 3-4 különböző vízmagasságnál mérjük meg a lézersugár eltolódását (x), illetve a víz magasságát (m). A víz magasságát könnyen beállíthatjuk, illetve leolvashatjuk, ha az üvegcád oldalára kívülről megfelelően elhelyezett milliméterpapírból kivágtunk csíkot ragasztunk.

- *Értelmezd a fényfolt eltolódását a kád alján!*
- *A mért adatok alapján határozd meg a víz levegőre vonatkoztatott törésmutatóját!*

Elméleti alapok

A továbbiakban használjuk a 38. ábra jelöléseit!

Mint ahogy a törésmutató a Snellius-Descartes törvény szerint a beesési szög (α) és a törési szög (β) szinuszának hányadosa, ezért ezeket a szögeket kell meghatározni. Az α értéke könnyen kiszámolható, hiszen $\operatorname{tg}\alpha = \frac{s}{h}$, innen α visszakereshető.

A β értékének meghatározása kissé munkaigényesebb. Az ábrán látszik, hogy $\operatorname{tg}\beta = \frac{y}{m}$.

A víz magasságát, azaz m értékét közvetlenül mérjük, azonban y -t ki kell számolnunk, de ehhez először z -t kell meghatározni. Az ábrán látható megfelelő derékszögű háromszögben $\operatorname{tg}\alpha = \frac{z}{f} = \frac{z}{h-m}$. Mint ahogy h -t és m -t mértük, α -t pedig már meghatároztuk, innen z értéke kiszámolható. Áttérve a β -t tartalmazó derékszögű háromszögre felírhatjuk, hogy $\operatorname{tg}\beta = \frac{y}{m} = \frac{s-z-x}{m}$, innen pedig β már is visszakereshető.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

Próbamérésünk adatait, illetve a belőlük kiszámolt értékeket táblázatba foglaltuk:

$$s = 30 \text{ cm} \quad h = 25 \text{ cm} \quad \operatorname{tg}\alpha = 1,2 \quad \alpha = 50,19^\circ$$


	$m[\text{cm}]$	$x[\text{cm}]$	$z[\text{cm}]$	$y[\text{cm}]$	$\operatorname{tg}\beta$	β	$\sin\beta$	n
1.mérés	2	0,9	27,6	1,5	0,75	36,87°	0,595	1,29
2.mérés	4	2,1	25,2	2,7	0,670	34,02°	0,559	1,37
3.mérés	6	2,9	22,8	4,3	0,783	35,63°	0,583	1,32
4.mérés	8	3,7	20,4	5,9	0,738	36,41°	0,594	1,29

A négy mérés átlaga: $n_{\text{átl}} = 1,32$

Mérési hibát a távolságmérések bizonytalansága adhat. Ha lézerefényünk nem elég pontszerű, akkor nehezebb megállapítani az elmozdulását.

Megjegyzés: mindenképpen hívjuk fel a diákok figyelmét, hogy vigyázzanak a lézerral, ne nézzenek bele, és másokra is figyeljenek!

20/18. A domború lencse fókusztávolságának meghatározása ún. Bessel-módszerrel

cél meghatározása, motiváció:	Ismerjünk meg egy olyan mérési eljárást, amivel kel- lő körülmények esetén igen pontos mérést tudunk végezni!
szükséges ismeretek, készségek:	Leképezési törvény, egyenletrendezés.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, egyenletrendezés.
fogalmak:	Fókusz-távolság, tárgy-távolság, képtávolság.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

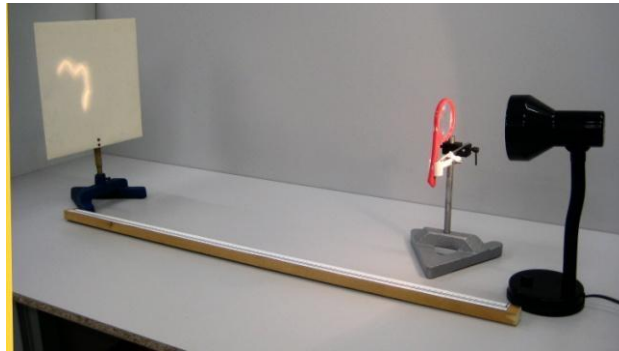
Állítsd össze a kísérletet!

Határozd meg a leírt Bessel-féle módszerrel a lencse fókusztávolságát!

Szükséges eszközök:

- nagyobb átmérőjű, kb. 10-20 cm fókusztávolságú gyűjtőlencse üvegből vagy műanyagból
- fehér papír vagy pausz ernyő
- asztali lámpa 25 W-os izzóval
- optikai pad mozgatható lovasokkal, a lencse, az ernyő rögzítésére szolgáló befogókkal
- mérőszalag vagy centiméteres beosztású méterrúd

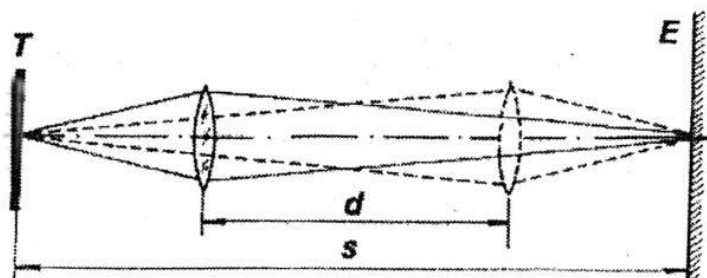
Amennyiben optikai pad nem áll rendelkezésre, kellő pontossággal elvégezhető a mérés egy Bunsen-állványra rögzített jobb minőségű nyeles kézi nagyító-lencsével is.



39. ábra: A mérés egy lehetséges elrendezése

A feladat részletes leírása:

A gyűjtőlencse fókusz távolságának Bessel-módszer szerinti meghatározásához az optikai padon rögzítenünk kell a tárgyat és az ernyőt, amelyek távolsága a mérés során nem változik (s). A lencsét a tárgy és az ernyő között mozgatva két olyan helyzet van, amikor éles képet kapunk. Az egyik esetben nagyított, a másikban kicsinyített a fordított állású valódi kép. A lencse ezen két helyzete közötti távolságot kell megmérnünk (d). Az összeállításnál figyelniünk kell arra, hogy csak akkor tudjuk a mérést elvégezni, ha teljesül az $s \geq 4 \cdot f$ feltétel. A mérés sematikus rajzát a 40. ábra mutatja.



40. ábra: A mérés sematikus rajza

A lencse fókusz távolsága a mért adatokból az

$$f = \frac{(s + d) \cdot (s - d)}{4s}$$

összefüggés alapján határozható meg.

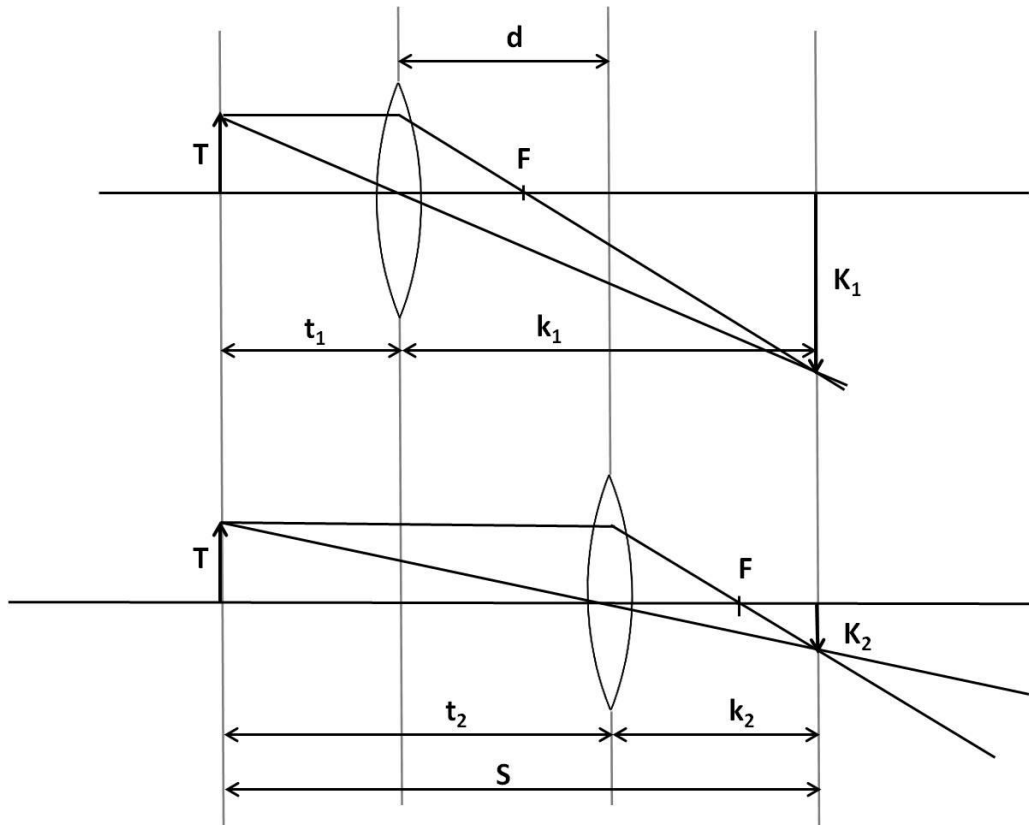
- *Állítsd össze a kísérletet!*

- A mérést elvégezve határozd meg a lencse fókusz távolságát!

Elméleti alapok

Nézzük meg, min alapszik a Bessel-módszer!

A 41. ábra jelöléseit fogjuk használni.



41. ábra: A két éles képet adó elrendezés szimmetrikus

Állandó tárgy-ernyő távolságnál ábrázoltuk azt a két helyzetet, amikor a lencse a tárgy éles képét rajzolja az ernyőre. Itt egyrészt igaz az, hogy $t_1 + k_1 = t_2 + k_2 = s$, másrészt szimmetria-okokból $t_1 = k_2$ és $t_2 = k_1$. Ezeket felhasználva a rajz alapján $k_1 - k_2 = d$ és $k_1 + k_2 = s$

Az utolsó két egyenlet összegéből azt kapjuk, hogy $k_1 = \frac{s+d}{2}$, különbségükből pedig, hogy $k_2 = \frac{s-d}{2}$. Mithogy $t_1 = k_2$, $t_1 = \frac{s-d}{2}$.

A leképezési törvény szerint $\frac{1}{f} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{t_1} = \frac{2}{s+d} + \frac{2}{s-d} = \dots = \frac{4 \cdot s}{(s+d)(s-d)}$, innen

$$f = \frac{(s+d) \cdot (s-d)}{4s}.$$

A hagyományos mérés, amikor a tárgy- és a képtávolság felhasználásával a leképezési törvényből közvetlenül számítjuk ki a fókusz távolságot, csak vékony

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

lencsénél ad kielégítő pontosságot, a Bessel-módszer viszont vastag lencsénél, vagy akár többtagú lencserendszernél is használható. Például egy 15 cm hosszú akár 10 lencséből álló teleobjektívnél nehéz lenne eldönteni, hogy hol kezdődik a lencse. A Bessel-módszer alkalmazása esetén viszont a tárgy és az ernyő távolságán túl csak azt kell mérnünk, hogy a két éles képet adó helyzet között mennyit mozdul el a lencse vagy lencserendszer, ez pedig könnyen megállapítható.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok


Fényforrásnak lehet gyertyát használni, de izzólámpa is jó. Az izzószálra való élességállítás kicsit bizonytalan az izzószál térbeli kiterjedése miatt. Az emberi szem az írott szövegre nagy gyakorlattal tud fókuszálni, ezért jó megoldás olyan opálizzó használata, amely üvegburájára feliratot festettek, ennek a képére jó biztonsággal tudunk élességet állítani.

Próbamérésünknel $s=100$ cm esetén $d=62,8$ cm-t mértünk. Innen a lencse fókuszára

$f = \frac{(100+62,8) \cdot (100-62,8)}{4 \cdot 100} = 15,14$ cm-t kaptunk, ami a hivatalos fókuszt ($f=15$ cm) ismeretében nem rossz érték.

Mérési hiba a távolságmérés hibájából származhat, illetve onnan, hogy az éles kép helyzetének megítélése némileg szubjektív.

20/19. A fényelhajlás jelensége optikai rácson, a fény hullámhosszának meghatározása

cél meghatározása, motiváció:	Hogyan lehet a mérőeszközök méreténél jóval kisebb nagyságrendű mértékeket megmérni?
szükséges ismeretek, készségek:	Az optikai ráccsal kapcsolatos összefüggések, trigonometria.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, egyenletrendezés.
fogalmak:	Rácsállandó, hullámhossz, interferencia.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

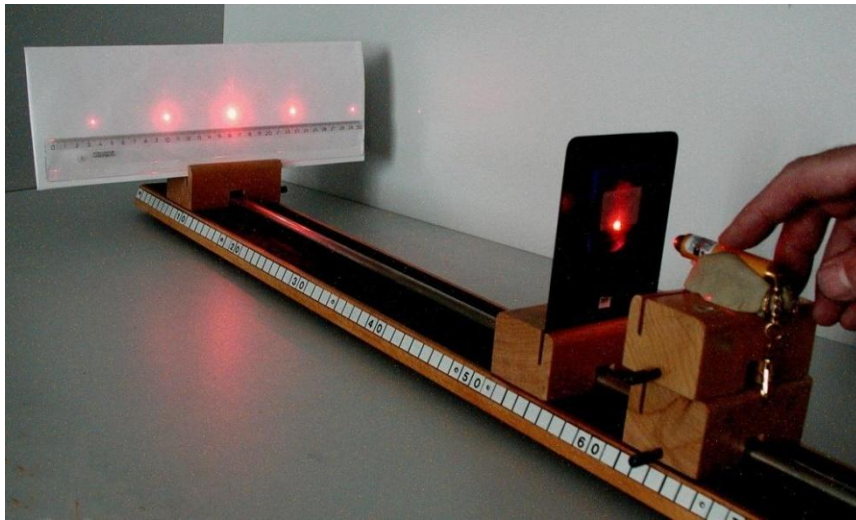
Feladat:

Optikai ráccsal bemutatott fényelhajlási kísérlet segítségével határozd meg a fény hullámhosszát!

Szükséges eszközök:

- Kis teljesítményű fénymutató-lézer
- optikai sín lovasokkal
- ernyő
- ismert rácsállandójú optikai rács
- mérőszalag
- vonalzó.

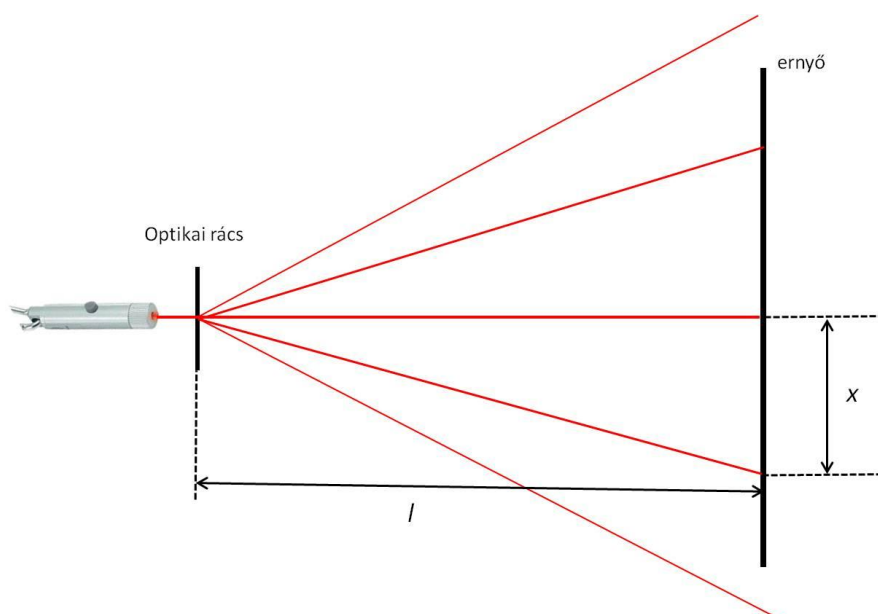
A mérés egy lehetséges összeállítását a fotó mutatja (42.ábra).



43. ábra: A mérés egy lehetséges összeállítása

A feladat részletes leírása:

A lézerrel egészen közelről célozzuk meg az optikai rácsot! Ügyeljünk rá, hogy a rács és az ernyő síkja párhuzamos legyen, a lézersugár pedig merőlegesen érkezzon a rácsra! Minthogy az ernyő és a rács távolságán (l) kívül csak a direkt sugár és az első elhajlási kép távolságát (x) kell mérnünk, vigyük minél messzebb az ernyőt a rácsból, hogy a távolságmérés relatív hibáját csökkenteni tudjuk! Ha erősebb lézert használunk, jó, ha a rács üvegből van, mert a filmre fotózott rács megolvadhat. Kézben tartott vonalzóval is mérhetjük az ernyőn a fénypontok távolságát, de kényelmesebb és pontosabb, ha milliméter-beosztást ra-



42. ábra: Elegendő, ha csak az első erősítési helyek látszanak az ernyőn

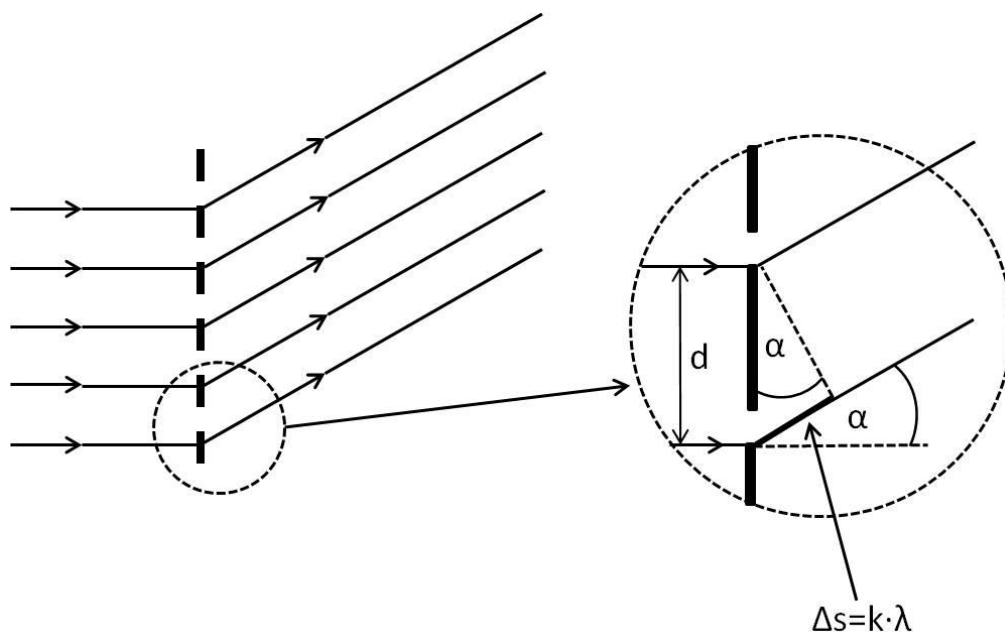
gasztunk az ernyőre.

- *Mérd le a kísérleti összeállításon az optikai rács és az ernyő távolságát, valamint az ernyőn az első elhajlási maximum és a direkt sugár foltjának (középső, legerősebb megvilágítású folt) távolságát!*
- *A mért hosszúságadatok és az optikai rács megadott rácsállandóját felhasználva határozd meg a lézerefény hullámhosszát!*
- *A mérési hiba csökkentése érdekében ismételd meg a hullámhossz meghatározását más ernyő-rács távolságok esetén is! A különböző kísérletek során kapott értékeket átlagold!*

Elméleti alapok

A lézerefény a rácson áthaladva elhajlik, és az ernyőn találkozó fénysugarak interferálnak egymással, jól látható erősítési maximumokat hozva létre. Mechanikából tudjuk, hogy ahhoz, hogy két azonos hullámhosszúságú hullám erősítse egymást az kell, hogy a közöttük lévő útkülönbség a hullámhossz egész számú többszöröse legyen, azaz $\Delta s = k \cdot \lambda$, ahol $k = 1, 2, 3, \dots$

Az első erősítés a $k = 1$ esetben következik be (44. ábra), amikor is az útkülönbség éppen a hullámhosszal egyezik meg, azaz $\Delta s = \lambda$.



44. ábra: Az erősítési irányok feltétele

Ha az első erősítés irányát α -val jelöljük, akkor az ábráról leolvasható, hogy

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

$\sin\alpha = \frac{\Delta s}{d} = \frac{\lambda}{d}$, ahol d a rács két szomszédos osztásának távolságát jelöli, azaz a rácsállandót.

Az egyenletünkből a hullámhossz könnyen kifejezhető: $\lambda = d \cdot \sin\alpha$.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

Esetünkben a rács felirata 150 vonal/mm volt. Ez azt jelenti, hogy a rácsállandó 1/150 mm, azaz $d = 0,00667 \text{ mm} = 6,67 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

Három mérésünk és a hozzájuk kapcsolódó számítások táblázatba foglalva:

	l (cm)	x (cm)	$tg\alpha$	α	$\lambda = d \cdot \sin\alpha$ (m)
1.mérés	60	5,7	0,095	5,43°	$6,31 \cdot 10^{-7}$
2.mérés	80	7,7	0,096	5,48°	$6,37 \cdot 10^{-7}$
3.mérés	100	9,7	0,097	5,54°	$6,43 \cdot 10^{-7}$

A kapott hullámhosszak átlaga: $\lambda = 637 \text{ nm}$

A végeredmény pontossága a maximum milliméter pontosságú távolságmérés hibájából, illetve a kerekítésekből származhat.

20/20. Napelemcella vizsgálata

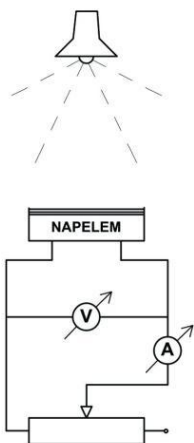
cél meghatározása, motiváció:	Napjainkban egyre jobban előtérbe kerülnek megújuló energiaforrások, közöttük a napenergia. Ez a mérés megismerteti a napelemek fontos jellemzőivel.
szükséges ismeretek, készségek:	Az egyenárammal kapcsolatos fogalmak és összefüggések.
fejlesztendő képességek, készségek:	A mérési készség fejlesztése, a mérési eredmények elemzése, grafikon elemzése.
fogalmak:	Feszültség, áram, rövidzár, üresjáratú feszültség.
módszerek:	Lásd 1. foglalkozás.
munkarend, balesetvédelem:	Általános szabályok.
időbeosztás:	Lásd 1. foglalkozás.
értékelés:	Lásd 1. foglalkozás.

Feladat:

A rendelkezésre álló eszközökből állítsd össze a kísérletet!

Mérd ki a lámpa alatt 25-30 cm távolságban elhelyezett napelemcella feszültség-áramerősség karakterisztikáját!

Mérési adatai alapján határozd meg a cella teljesítményének terhelésfüggését (áramerősség-függését), tégy javaslatot a cella optimális terhelésére!



45. ábra: A mérés kapcsolási rajza



46. ábra: A mérés gyakorlati megvalósítása

Szükséges eszközök:

- napelemcella (pl. napelemes kerti lámpa cellája) banándugós csatlakozással
- feszültség és árammérő műszerek
- 1 k Ω -os, 50 mA-ig terhelhető változtatható ellenállás
- állítható magasságú lámpa (60-75 W)
- mérőszalag

A feladat részletes leírása:

A kapcsolat összeállítása előtt érdemes a rövidzárási áram mérésével kezdeni. A lámpa és a napelem távolságának változtatásával próbáljuk meg elérni azt, hogy a rövidzárási áram az áramerősség-mérő műszer valamelyik méréshatárának felső vége felé essen, mert így pontosabban tudunk mérni! Arra azért ügyelni kell, hogy a lámpa ne kerüljön túl közel a napelemhez, hogy a melegeledést elkerüljük.

Ez után állítsuk össze az áramkört a kapcsolási rajz alapján, majd az ellenállás változtatásával mérjük meg minél több összetartozó feszültség-áram értékpárt! A feladat leírása szerint az áramot 2-3 mA-es lépésekben kellene változtatni, de ez függ a konkrét napelemtől is. Végezzünk legalább 10-15 mérést! A pontosabb görbe eléréséhez a rövidzárási áram közelében érdemes sűrűbben mérni, az üresjáratú feszültség közelében kisimul a görbe, itt kevesebb mérés is elegendő.

- *Végezd el a mérést, a mérési adatokat foglald táblázatba és rajzold fel a cella feszültség-áramerősség karakterisztikáját!*
- *Értelmezd a kapott görbét! A mért adatok alapján határozd meg a cella teljesítményét a terhelés (áram) függvényében, és az eredményt ábrázold grafikonon!*

Elméleti alapok

A napelemek olyan szilárdtest eszközök, amelyek a fény energiáját közvetlenül villamos energiává alakítják át. A fény elektromos energiává történő átalakítása azon alapszik, hogy a fényelemben a fény elnyelődésekor töltött részecskék keletkeznek.

A fényelemek félvezető anyagokból épülnek fel. Egyik tartományuk öt vegyértékű atomokkal szennyezett (n-típusú félvezető, többségi töltéshordozók az elektronok), a másik három vegyértékű atomokkal szennyezett (p-típusú félvezető, többségi töltéshordozók a lyukak). A két réteg közötti szűk tartományban, az ún. határrétegben rekombináció révén nincsenek szabad töltéshordozók, potenciálgát jön létre. Ha a beeső foton energiája nagyobb, mint a potenciálgát leküzdéséhez szükséges energia, akkor a generálódó elektron-lyuk

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. „**Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban**”

párok nagy valószínűséggel rekombinálódnak nélkül, a p illetve az n rétegekhez diffundálnak. Így a megvilágított félvezető áramforrásként viselkedik, melynek fontos paramétere – a galvánelemekhez hasonlóan – a rövidzárási áramerősség és az üresjáratú feszültség. Ha a napelemet egy fogyasztóval terheljük, akkor a napelem sarkain az üresjáratú értéknél kisebb feszültséget mérhetünk, minthogy a belső potenciálgát csökken. Ahhoz, hogy a napelemből a maximális teljesítményt tudjuk kinyerni, fontos az optimális terhelés megválasztása.

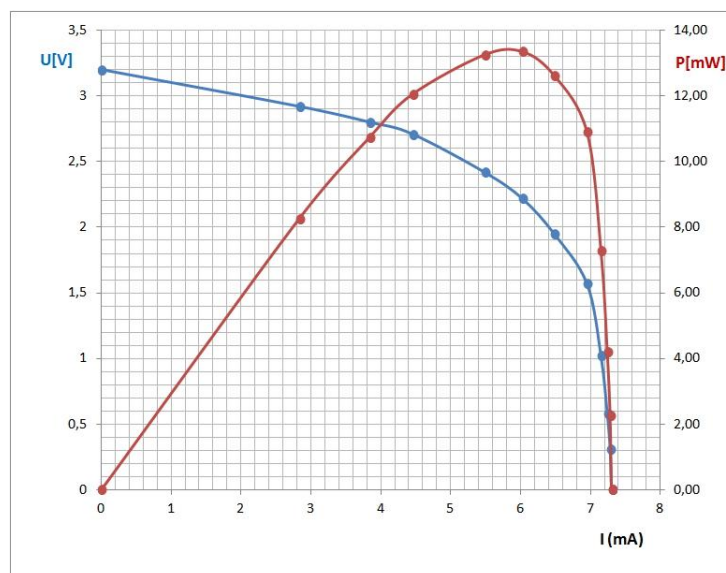
A napelemek áramerősség-feszültség karakterisztikája nemlineáris. A mérések után a teljesítményt is ábrázolva grafikusán meghatározhatjuk az adott megvilágítás mellett leadott maximális teljesítményt.

Tapasztalatok, következtetések, feladatok

Mérésünket, illetve az összetartozó feszültség-áram értékekből számítható teljesítmény ($P=U \cdot I$) értékét az alábbi táblázatban foglaltuk össze:

I (A)	0	2,83	3,84	4,45	5,48	6,02	6,48	6,95	7,15	7,24	7,28	7,3
U (V)	3,2	2,92	2,8	2,71	2,42	2,22	1,95	1,57	1,02	0,58	0,31	0
P (mW)	0	8,26	10,75	12,06	13,10	13,36	12,64	10,91	7,29	4,20	2,26	0

A méréseinkhez tartozó grafikont a 47.ábra mutatja:



47. ábra: A feszültség-áram, illetve a teljesítmény-áram grafikon

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

A grafiknról leolvashatjuk az üresjáratú feszültséget, a rövidzárási áramot és a maximális teljesítményt is:

$$U_0 = 3,2 \text{ V}$$

$$I_{\text{rövid}} = 7,3 \text{ mA}$$

$$P_{\text{max}} = 13,3 \text{ mW.}$$

A maximális teljesítmény 5,8 mA áramnál és 2,3 V kapocsfeszültségnél vehető ki, ekkor a külső ellenállás (Ohm törvényéből) 396,6 Ω .

Mérésünk hibája a feszültség- és árammérő műszerek véges pontosságából ered. Az optimális terhelés nagyobb pontosságú meghatározásához a várható érték körül sűrűbb mintavétellel kellene a mérést megismételni.

Fogalomtár

áramerősség:	a vezető keresztmetszetén áthaladó töltés és az ehhez szükséges idő hányadosa
átlagsebesség:	a megtett út és az ehhez szükséges idő hányadosa
ballisztikus inga:	olyan inga, amely lövedékek sebességének meghatározására szolgál
belső ellenállás:	az áramforrás saját ellenállása
bifiláris:	kétágú
ekvipotenciális:	azonos potenciálú
elektróda:	elektrolitba merülő vezető, amelyre feszültséget kapcsolunk
elektrolit:	ionokat tartalmazó folyadék
elektromos ellenállás:	a vezetőket jellemző mennyiség, a vezetőkön eső feszültség és a rajta átfolyó áramerősség hányadosa
elektromotoros erő:	a terheletlen áramforrás feszültsége, üresjáratú feszültségnek is hívják
erővonal:	olyan képzeletbeli görbe, amelynek egyes pontjaiban az ottani térerősségvektor által meghatározott egyenes a görbe érintője.
fajhő:	az egységnyi tömegű anyag hőmérsékletének egy fokkal való változása közben felvett vagy leadott energia, jellemző az anyagi minőségre
fajlagos ellenállás:	az egységnyi keresztmetszetű és egységnyi hosszúságú vezető ellenállását mutatja meg
fajlagos hőkapacitás:	= fajhő
félvezető	olyan anyag, amelynek fajlagos ellenállása a vezetők és a szigetelők közé esik
fényelhajlás:	az a jelenség, ami akkor jelentkezik, amikor a fény a hullámhosszával összemérhető akadályok és rések mentén haladva behatol az egyébként árnyéktérnek tekinthető helyre
feszültség:	elektromos térben két tetszőlegesen kiválasztott pont közötti potenciálkülönbség
fotométer:	a fényerősség mérésére szolgáló eszköz

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

frekvencia:	A frekvencia mérésekor megszámoljuk, hogy egy adott időtartam alatt hányszor ismétlődik meg az esemény, majd elosztjuk az illető időtartam hosszával.
gyorsulás:	a sebességváltozás és az ehhez szükséges idő hányadosa, ha ez az időtartam elegendően kicsi
halogén izzó:	olyan izzó, amelyben halogén elemek jelenléte javítja a hatásfokot
harmonikus rezgőmozgás:	a két szélsőérték között, szinuszos periodicitással végzett mozgás
hatásfok:	a hasznosuló és a befektetett energia hányadosa
hőkapacitás:	a test által felvett hő, és a test hőmérsékletváltozásának hányadosa
hősugárzás:	az infravörös tartományba eső elektromágneses sugárzás
interferencia:	hullámok találkozásakor fellépő jelenség, amely erősítésben vagy gyengítésben nyilvánul meg
kaloriméter:	jó hőszigetelésű mérőedény
karakterisztika:	jelleggörbe
kompakt lámpa:	kis méretre összehajtogatott fénycső
kritályosodási hő:	a túlűtött oldatból történő kristályosodáskor felszabaduló hő
leképezési törvény:	összefüggés a fókusztávolság, a képtávolság és a tárgy-távolság között: $1/f=1/t+1/k$
lézerfény:	speciális nagy párhuzamosságú sugarakból álló egyszínű fény
napelem:	olyan eszköz, amely a fény energiáját közvetlenül elektromos energiává alakítja
nehézségi gyorsulás:	a szabadon eső test gyorsulása
optikai rács:	párhuzamos rések sorozata
potenciál:	egységnyi töltésű részecske energiája
rezonancia:	olyan jelenség, amely gerjesztett kényszerrezgéseknél lép fel abban az esetben, amikor a gerjesztés frekvenciája megegyezik a rezgésre kényszerített rendszer saját frekvenciájával.
rövidzár:	az áramforrás két pólusának közvetlen, ellenállás nélküli összekapcsolása
rugóállandó:	a rugóerő és a rugó megnyúlásának hányadosa

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

súly:	az az erő, amellyel a test nyomja az alátámasztást, vagy húzza a felfüggesztést
termisztor:	olyan áramköri elem, amely hő hatására számottevően megváltoztatja elektromos ellenállását
törésmutató:	a beesési és a törési szög szinuszának hányadosa
Wheatstone-híd:	ismeretlen ellenállás meghatározására szolgáló áramköri elrendezés

Forrásjegyzék

- *Az emelt szintű fizika vizsga részletes követelményei:*
http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatas/erettsegi/vizsgakovetelmenyek2012/fizika_vk.pdf
- *Az emelt szintű fizika vizsga leírása:*
http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatas/erettsegi/vizsgakovetelmenyek2012/fizika_vl.pdf
- *Az emelt szintű fizika vizsga központilag kiadott kísérletei 2014-ben:*
http://dload.oktatas.educatio.hu/erettsegi/nyilvanos_anyagok_2014majus/fizika_emelt_szobeli_meresek_2014maj.pdf
- *Az emelt szintű fizika vizsga központilag kiadott szóbeli témakörei 2014-ben:*
http://dload.oktatas.educatio.hu/erettsegi/nyilvanos_anyagok_2014majus/fizika_emelt_szobeli_temakorok_2014maj.pdf
- *A fizika emelt szintű szóbeli vizsga méréseivel kapcsolatos tudnivalók vizsgázóknak, vizsgaközpontoknak, felkészítő tanároknak :*
http://dload.oktatas.educatio.hu/erettsegi/nyilvanos_anyagok_2014majus/fizika_emelt_szobeli_meresleiras_2014maj.pdf

Ábrajegyzék

Rövidítések:

OH: Az emelt szintű fizika vizsga központilag kiadott kísérletei 2014-ben:

http://dload.oktatas.educatio.hu/erettsegi/nyilvanos_anyagok_2014majus/fizika_emelt_szobeli_merekek_2014maj.pdf

MD: A szerző által készített ábra

1. ábra: Súlymérés A változat.....	8
2. ábra: Súlymérés B változat.....	8
3. ábra: Az erőket ábrázoló rajz.....	9
4. ábra: A grafikon milliméterpapíron ábrázolva	10
5. ábra: A rezgésidő mérése.....	12
6. ábra: $T \sim m$ arányosságot mutató diagram	14
7. ábra: A mérés összeállítása.....	17
8. ábra: A két különböző szöghöz tartozó út-idő grafikon	18
9. ábra: A két sebesség-idő grafikon	19
10. ábra: Bifilárisan felfüggesztett inga.....	21
11. ábra: A számítógépes program képe.....	26
12. ábra: A $h(t^2)$ grafikon.....	27
13. ábra: A mérés vázlata	29
14. ábra: A fényképhez illesztett segédrács.....	30
15. ábra: Az $y(x^2)$ grafikon	31
16. ábra: A kiömlő víz magassága.....	31
17. ábra: A két sebességkomponens egyenlősége szerkesztéssel.....	32
18. ábra: A mérés kivitelezése	33
19. ábra: Az alaphang és az első felharmonikus.....	34
20. ábra: A mérés egy lehetséges elrendezése	36
21. ábra: A hőmérséklet-idő diagram	38
22. ábra: Szükséges eszközök.....	40
23. ábra: Szükséges eszközök.....	43
24. ábra: A hőmérséklet-idő grafikon.....	45
25. ábra: A mérés menete	47
26. ábra: A mérés kapcsolási rajza	47
27. ábra: A kapott ekvipotenciális görbék és az erővonal-szerkezet.....	48
28. ábra: A mérés egy lehetséges elrendezése	50
29. ábra: A mérés kapcsolási vázlata.....	51
30. ábra: Az áramerősség-bemerülési mélység grafikon.....	52
31. ábra: Az összeállítandó kapcsolat	54
32. ábra: A feszültség-ára diagram	55

A Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.3. **„Természettudományos oktatás komplex megújítása a Móricz Zsigmond Gimnáziumban”**

33. ábra: A Wheatstone-híd	56
34. ábra: A mérés elvi elrendezése	58
35. ábra: Termisztorunk jelleggörbéje	61
36. ábra: A 0°C-hoz tartozó ellenállás becslése	62
37. ábra: A mérés elvi elrendezése	64
38. ábra: A mérés vázlata a jelölendő mennyiségek feltüntetésével.....	68
39. ábra: A mérés egy lehetséges elrendezése	71
40. ábra: A mérés sematikus rajza	71
41. ábra: A két éles képet adó elrendezés szimmetrikus	72
42. ábra: Elegendő, ha csak az első erősítési helyek látszanak az ernyőn.....	75
43. ábra: A mérés egy lehetséges összeállítása.....	75
44. ábra: Az erősítési irányok feltétele	76
45. ábra: A mérés kapcsolási rajza	78
46. ábra: A mérés gyakorlati megvalósítása	78
47. ábra: A feszültség-áram, illetve a teljesítmény-áram grafikon.....	80