

Tanári segédlet

Fizika *12. évfolyam* *fakultációs mérések*

Készítette:
Láng Róbert

Lektorálta:
Rózsa Sándor

2014.

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

Tartalom

A laboratóriumi munka biztonsága	3
Témakör: vegyes kísérletek	5
1.1. Vizsgálat: változó forgómozgás	6
1.2. Vizsgálat: merev test tehetetlenségi nyomatékának meghatározása	8
1.3. Vizsgálat: fizikai inga vizsgálata	10
1.4. Vizsgálat: hang terjedési sebességének vizsgálata a Kundt-féle csőben	13
1.5. Vizsgálat: víz hullámok vizsgálata	16
1.6. Vizsgálat: jég olvadáshőjének mérése	20
1.7. Vizsgálat: az oldáshő	23
1.8. Vizsgálat: telep üresjárású feszültségének és belső ellenállásának meghatározása	26
1.9. Vizsgálat: a transzformátor vizsgálata	31
1.10. Vizsgálat: a kondenzátor kapacitása	35
1.11. Vizsgálat: a tekercs induktivitása	39
1.12. Vizsgálat: a rezgőkör vizsgálata	43
1.13. Vizsgálat: folyadék és plánpárhuzamos lemez törésmutatója	45
1.14. Vizsgálat: a szórólencse és a lencserendszer gyújtótávolsága	48
1.15. Vizsgálat: elhajlási jelenségek	50
1.16. Vizsgálat: elemi töltés meghatározása elektrolízissel	54
1.17. Vizsgálat: a Millikan-kísérlet	59
1.18. Vizsgálat: fotoeffektus vizsgálata fotocellával	63
1.19. Vizsgálat: az Avogadro szám meghatározása	66
1.20. Vizsgálat: földrajzi helymeghatározás	68
Fogalomtár	74
Ábrajegyzék	75
Források	76

A laboratóriumi munka biztonsága

- A szabályokat a labor első használatakor mindenkinek meg kell ismernie, ezek tudomásulvételét aláírásával kell igazolnia!
- A szabályok megszegéséből származó balesetekért az illető személy 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 begyűjtani csak a szaktanár engedélyével lehet!
- Az égő gyufát, gyújtópálcát a szemetesbe dobni tilos!
- A gázégőt előírásnak megfelelően használjuk, bármilyen rendellenes működés gyanúja esetén azonnal zárjuk el a csővezetéken lévő csapot, és szóljunk a szaktanárnak vagy a laboránsnak!
- Aki nem tervezett tüzet észlel köteles szólni a tanárnak!
- A munkaasztalon, tálcán keletkezett tüzet a lehető legrövidebb időn belül el kell oltani!
- Kisebb tüzek esetén a laboratóriumban elhelyezett tűzoltó pokróc vagy tűzoltó homok használata javasolt.
- A laboratórium bejáratánál tűzoltózuhany található, melynek lelógó karját meghúzva a zuhany vízárama elindítható.
- Nagyobb tüzek esetén kézi tűzoltó készülék használata szükséges
- Tömény savak, lúgok és az erélyes oxidálószeres bőrünkre, szemünkbe jutva az érintkező felületet súlyosan felmarják, égéshez hasonló sebeket okoznak. Ha bőrünkre sav kerül, száraz ruhával azonnal töröljük le, majd bő vízzel mossuk le. Ha bőrünkre lúg kerül, azt száraz ruhával azonnal töröljük le, bő vízzel mossuk le. A szembe került savat illetve lúgot azonnal bő vízzel mossuk ki. A sav- illetve lúgmarás súlyosságától függően forduljunk orvoshoz.

Veszélyességi szimbólumok



Vigyázz!
Meleg felület!



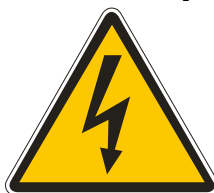
Vigyázz!
Tűzveszély!



Vigyázz!
Lézersugár!



Vigyázz!
**Radioaktív
sugárzás!**



Vigyázz!
**Áramütés
veszélye!**



Vigyázz!
**Mérgező
anyag!**

Témakör: vegyes kísérletek

BEVEZETŐ

12. évfolyamon már nincsen fizika óra mindenkinek. Ebbe a munkafüzetbe ezért olyan kísérletek is kerültek, amelyek tananyaga ugyan nem szerves része a törzsanyagnak, de érettségi előkészítőn, szakkörön bemutatathatóak vagy elvégeztethetőek, mert érdekeseek és hasznos ismereteket tartalmaznak a fizika irányába továbbtanuló diákok számára.

A foglalkozások menete:

Idő-beosztás (90 p)	Tanári tevékenység	Tanulói tevékenység	Munkaforma	Szükséges eszközök
0-10	balesetvédelmi oktatás	csoporthoz kialakítása	csoporthozmunka	munkafüzet
10-20	motiváció (problémafelvetés) bevezető kérdések	gondolkodás, összefüggések meglátásának fejlesztése	önálló, frontális, csoporthozmunka	munkafüzet
20-60	segítségnyújtás, irányítás	a mérési feladatok elvégzése, a mért adatok lejegyzése, ábrázolása, a munkafüzet feladatai feldolgozásának megkezdése	csoporthozmunka	mérőeszközök a kísérlethez, munkafüzet
60-80	segítségnyújtás, irányítás	a munkafüzet feladatai feldolgozásának befejezése	önálló, frontális, csoporthozmunka	munkafüzet
80-90	tapasztalatok megbeszélése, munka értékelése, házi feladat feladása	gondolkodás, összefüggések meglátásának fejlesztése		

1.1. Vizsgálat: változó forgómozgás

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

A változó forgómozgás nem része a középszintű tananyagnak, pedig a gyakorlati életben a testek mozgása legtöbbször változó forgómozgás. Ha egy test szögsebessége egyenlő időtartamok alatt mindig ugyanannyival változik – bármilyen kicsik vagy nagyok is ezek az időtartamok –, akkor forgása egyenletesen változó forgómozgás. Álló helyzetből indítva a mozgást:

$$\varphi = \frac{1}{2} \cdot \beta \cdot t^2 \text{ és } \omega = \beta \cdot t,$$

ahol φ a szögelfordulás radiánban mérve, ω a szögsebesség, β a szöggyorsulás, t pedig az idő.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db függőleges tengelyen forgó test
- 1 db stopper
- 1 db állócsiga
- súlysorozat
- 1 db mérőszalag
- fonál

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

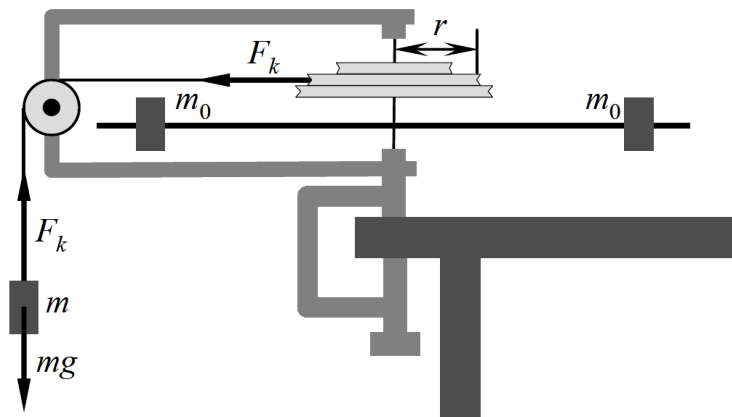
Általános szabályok.

AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Állítsd össze az ábrán látható elrendezést!



1. ábra: forgómozgás vizsgálata

<http://titan.physx.u-szeged.hu/~bubo/AlapozoLabgyak/book.html#id466088>

Állítsd be az m_0 tömegű testeket tartalmazó tengelyt jól megfigyelhető helyzetbe! Engedd el az m tömegű testet és indítsd el a stoppert! Mérd meg π , $4 \cdot \pi$ és $9 \cdot \pi$ szögelforduláshoz szükséges időtartamokat! Minden mérést ötször végezz el, az eredményeket átlagold! (25 perc)

2. Végezd el az előző mérést úgy is, hogy a hengerkeréken más r értéket állítasz be! (15 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

a) Töltsd ki a táblázatot!

	π	$4 \cdot \pi$	$9 \cdot \pi$
t_1			
t_2			
t_3			
t_4			
t_5			
$t_{\text{átlag}}$			

a) Hasonlítsd össze az időadatokat! Mit állapíthatsz meg?

A szögelfordulások egyenesen arányosak a hozzájuk tartozó időtartamok négyzetével.

2.

a) Töltsd ki a táblázatot!

	π	$4 \cdot \pi$	$9 \cdot \pi$
t_1			
t_2			
t_3			
t_4			
t_5			
$t_{\text{átlag}}$			

b) Hasonlítsd össze az időadatokat! Mit állapíthatsz meg?

A szögelfordulások egyenesen arányosak a hozzájuk tartozó időtartamok négyzetével.

c) Számítsd ki a szöggyorsulás értékét!

$$\beta = \frac{2 \cdot \varphi}{t^2}$$

1.2. Vizsgálat: merev test tehetetlenségi nyomatékának meghatározása

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Merev test rögzített tengely körüli forgását dinamikailag az

$$M = \Theta \cdot \beta$$

összefüggés írja le, ahol M a merev testre ható külső erők forgástengelyre vonatkoztatott forgatónyomatéka, β a szöggyorsulás, Θ pedig a test tehetetlenségi nyomatéka. Átrendezve, a tehetetlenségi nyomatékot a

$$\Theta = \frac{M}{\beta}$$

egyenlettel meghatározhatod, ha M és β értékét mérni tudod.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db függőleges tengelyen forgó test
- 1 db stopper
- 1 db állócsiga
- súlysorozat
- 1 db mérőszalag
- fonál
- 1 db tolómérő

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

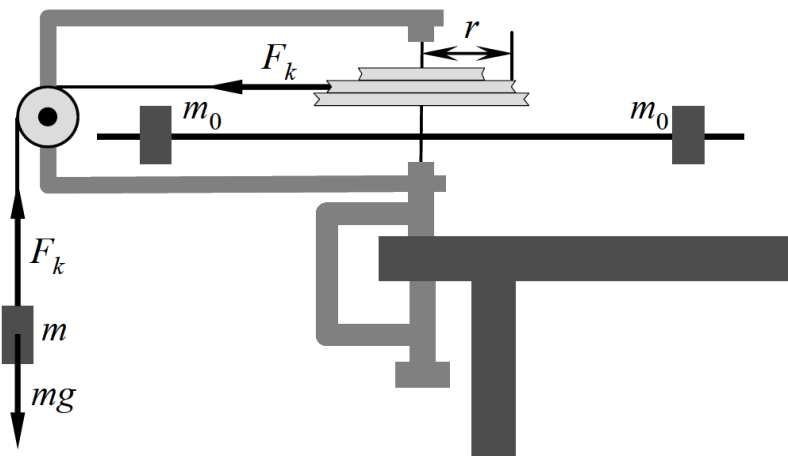
Általános szabályok.

AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Állítsd össze az ábrán látható elrendezést! (10 perc)



2. ábra: forgómozgás vizsgálata

<http://titan.physx.u-szeged.hu/~bubo/AlapozoLabgyak/book.html#id466088>

2. Mérd meg az m tömegű test talaj eléréséhez szükséges idejét (t) és az általa befutott út hosszát (s), valamint a tárcsa sugarát (r)! A mérést három különböző m értékkel (50g, 100g, 150g) ötször végezd el! A kapott eredményeket felhasználva vizsgáld meg az $\frac{M}{\beta}$ hányados értékét, ahol M a tárcsára ható forgatónyomaték, β pedig a szöggyorsulás! (30 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK

1.

a) A tárcsa sugara tolmérővel: $r =$

A test által befutott út hossza: $s =$

Töltsd ki a táblázatot!

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	$t_{\text{átlag}}$
m						
$2m$						
$3m$						

b) A kapott időadatokat felhasználva töltsd ki az alábbi táblázatot! (F_k a fonálban ébredő erő.)

$$a = \frac{2 \cdot s}{t^2}; \quad \beta = \frac{a}{r}; \quad F_k = m \cdot g - m \cdot a; \quad M = F_k \cdot r$$

	$a_{\text{érintő}}$	β	F_k	M	M/β
m					
$2m$					
$3m$					

c) Mit állapíthatsz meg a vizsgált hányados értékéről?

Állandónak adódik.

d) Mennyi a test tehetetlenségi nyomatéka?

e) Milyen hibalehetőségek adódnak a mérésed során?

A mérőműszerek leolvasási hibája, a reakcióidő.

1.3. Vizsgálat: fizikai inga vizsgálata

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Ha egy merev testet egy tömegközéppontján kívül húzódó vízszintes tengelyre függesztés ami körül lenghet, fizikai ingát hoztál létre, aminek lengésideje nem túl nagy kitérés esetén:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\theta}{m \cdot g \cdot s}}$$

ahol θ a test forgástengelyre vonatkoztatott tehetetlenségi nyomatéka, $[\theta]=\text{kg}\cdot\text{m}^2$, m a test tömege, g a nehézségi gyorsulás, s pedig a súlypont forgástengelytől való távolsága. Átrendezve:

$$\theta = \frac{T^2 \cdot m \cdot g \cdot s}{4 \cdot \pi^2}$$

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 2 db szabálytalan alakú, vékony lemezből készült test
- 1 db függőőn
- 1 db stopper
- 1 db állvány
- 1 db digitális mérleg
- 1 db mérőszalag

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

Általános szabályok.

AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Mérd meg a test tömegét a digitális mérleggel! (2 perc)
2. Függeszd fel a testet három különböző pontjában, jelöld be a súlyvonalakat és határozd meg a súlypont helyét! Mérd le ennek távolságát a felfüggesztési ponttól (s)! (8 perc)
3. Hozd kis szögű lengésbe az ingát és mérd le 10 lengés idejét, majd határozd meg a periódusidőt! A mérést ötször végezd el! (10 perc)
4. Végezd el az előző mérést a másik szabálytalan alakú, vékony lemezből készült testtel is! (20 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK

1.

- a) A test tömege $m=$

2.

a) A test súlypontjának és felfüggesztési pontjának távolsága $s=$

3.

a) Töltsd ki a táblázatot!

	$T (s)$ 10 lengés esetén	$T (s)$ 1 lengés estén
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

b) Határozd meg a mért periódusidők átlagát!

a) Számítsd ki a tehetetlenségi nyomatékot!

$$\theta = \frac{T^2 \cdot m \cdot g \cdot s}{4 \cdot \pi^2}$$

4.

a) A test tömege $m=$

b) A test súlypontjának és felfüggesztési pontjának távolsága $s=$

c) Töltsd ki a táblázatot!

	$T (s)$ 10 lengés esetén	$T (s)$ 1 lengés estén
1.		
2.		
3.		

4.		
5.		

d) Határozd meg a mért periódusidők átlagát!

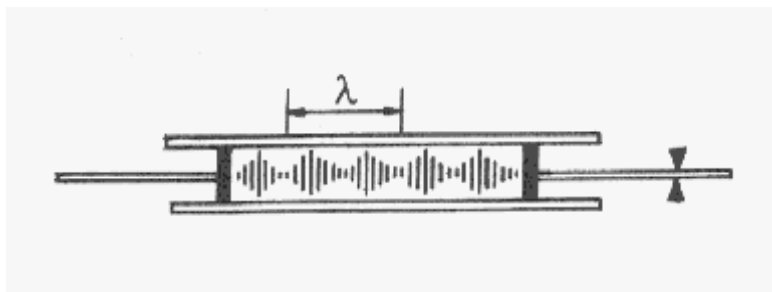
e) Számítsd ki a tehetetlenségi nyomatékot!

$$\theta = \frac{T^2 \cdot m \cdot g \cdot s}{4 \cdot \pi^2}$$

1.4. Vizsgálat: hang terjedési sebességének vizsgálata a Kundt-féle csőben

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Gázoszlopban is létrehozhatunk állóhullámokat, ha a longitudinális hullámok megfelelő feltételekkel találkoznak szembe egymással. Ennek bemutatására szolgál a Kundt-féle cső.



3. ábra: Kundt-cső

<http://metal.elte.hu/~phexp/doc/rhh/f4s3s6s3.htm>

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db Kundt-féle cső
- parafareszelék
- 1 db mérőszalag
- 1 db hőmérő
- hegedűgyantás papír

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

Általános szabályok.

AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Az egyik rudat rögzítsd és a rúd szabad végét dörzsöld hegedűgyantás papírral! A rúdban longitudinális hanghullámok alakulnak ki, melyek a dugattyú közvetítésével rezgésbe hozzák a csőbe zárt gázoszlopot! Ha most a másik dugattyút finoman mozgatod, elérheted, hogy a csőben állóhullámok alakuljanak ki, ilyenkor a legnagyobb amplitúdójú helyeken a reszelék élénk mozgást végez. A rúd két vége rögzített, itt csomópontok lesznek. Mérd meg két – lehetőleg minél távolabbi – csomópont távolságát! A mérést többször ismételd meg! (40 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK

1.

- a) Töltsd ki a táblázatot!

félhullámhosszak száma	ezek hossza	a hullámhossz

b) A hanghullám hullámhossza:

c) A levegő hőmérséklete: T=

d) Nézz utána, mennyi a hang terjedési sebessége T hőmérsékleten:

Hang terjedési sebessége levegőben különböző hőmérsékleteken

t (°C)	v (m/s)
-100	263
-60	293
-40	306,5
-20	319,3
-15	322,5
-10	325,6
-5	328,7
0	331,8
+5	334,8
+10	337,8
+15	340,8
+20	343,8
+25	346,7
+30	349,6
+35	352,5
+40	355,3
+60	366,5
+100	387,2

<http://fizika.qwqw.hu/?modul=oldal&tartalom=1113127>

A közelítő képlet: $331,5+0,6 \cdot t$ m/s, ahol t a hőmérséklet °C-ban.

e) A hullám rezgésszáma:

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

1.5. Vizsgálat: vízhullámok vizsgálata

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

A hullámkád egy olyan berendezés, amellyel a hullámtan alapvető jelenségeit (elhajlás, interferencia) szemléletesen mutathatod be vízhullámok segítségével. A keretbe helyezett, üvegből készült lapos aljú tálba töltött vízben hullámokat állíthatsz elő egy elektromechanikus rezgékeltővel. Ha a hullámozó vizet felülről átvilágítod, akkor a kád alatti ernyőn a hullámok periodicitásának megfelelően sötét és világos fényfoltokat kaphatsz. Ha a megvilágító fény útját egy a rezgékeltővel szinkronban forgó fényszaggatóval megszagatod, az ernyőn fényjelei állni látszanak.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db hullámkád tartozékokkal
- víz

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

Általános szabályok.

AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Töltsd meg vízzel a hullámkádat és ütögesd a víz felszínét vonalzóval! Mit tapasztalsz? (2 perc)
2. Helyezz a hullámok útjába, velük párhuzamosan egy nagyobb méretű rést! Ismételd meg a kísérletet miközben csökkented a rés méretét! Mit tapasztalsz a rés után? (6 perc)
3. Ismételd meg a kísérletet körhullámokkal (pl. a tollad hegyével keltett hullámokkal) is! (2 perc)
4. Kelts azonos fázisú, amplitúdójú és frekvenciájú rezgéseket két pontszerű forrással a hullámkádban! Írd le, mit tapasztalsz! (8 perc)
5. Helyezz a hullámkádba függőleges falat a vonalzóval keltett hullámok elé! Változtasd a fal és a beeső hullámfrontok által bezárt szöget! Figyeld meg a visszavert hullámokat! (5 perc)
6. Önts a hullámkádba 1-2 cm mély vizet, majd a kádba helyezhető vastag lemezzel csökkentsd le a kád egyik részén a víz mélységét 0,5 cm-re! Indíts egyenes hullámokat a két vízréteget elválasztó vonalra merőlegesen! Mit tapasztalsz? (5 perc)

7. Ismételd meg a kísérletet az elválasztó vonallal tetszőleges szöget bezáró irányban indított hullámokkal is! (4 perc)
8. Ismételd meg úgy az előző két kísérletet, hogy a sekélyebb vízből indítod a hullámokat! (8 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK

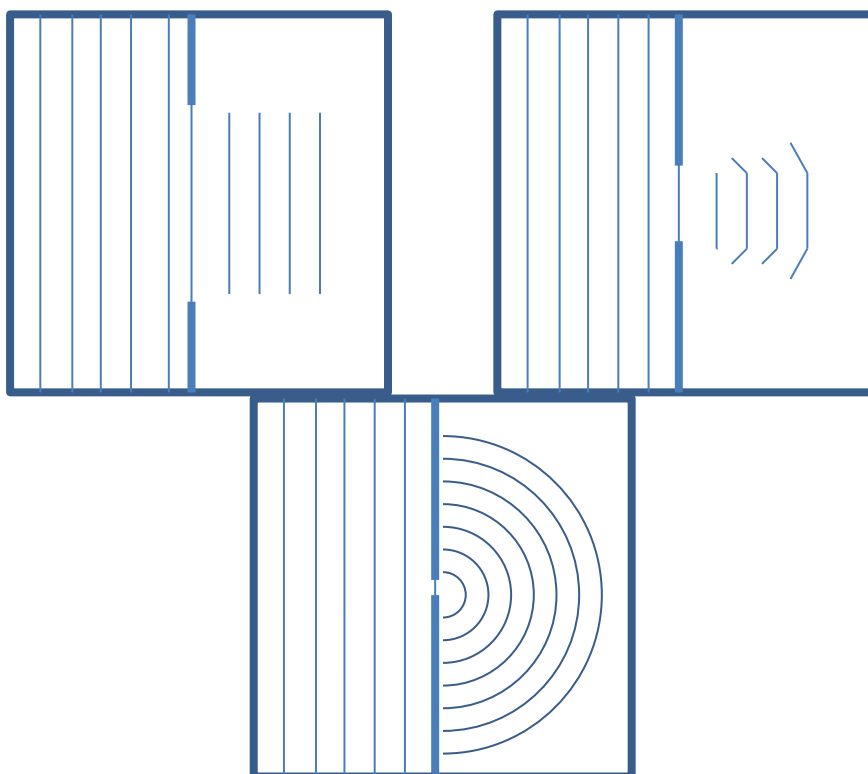
1.

- a) Mit tapasztaltál? Milyen hullámok alakultak ki? Jellemezd őket több szempont (rezgésforma, rezgés iránya, dimenziószám szerint) alapján!

A tollhegy körhullámokat keltett. Rezgésforma szerint haladó hullámok; rezgés iránya szerint transzverzális hullámok; közeg dimenziószáma szerint felületi hullámok.

2.

- a) Mit tapasztalsz a rés után? Rajzold le!



- b) Mi a jelenség neve?

Elhajlás.

- c) Milyen általános elvvel magyarázhatjuk a hullámok tulajdonságait?

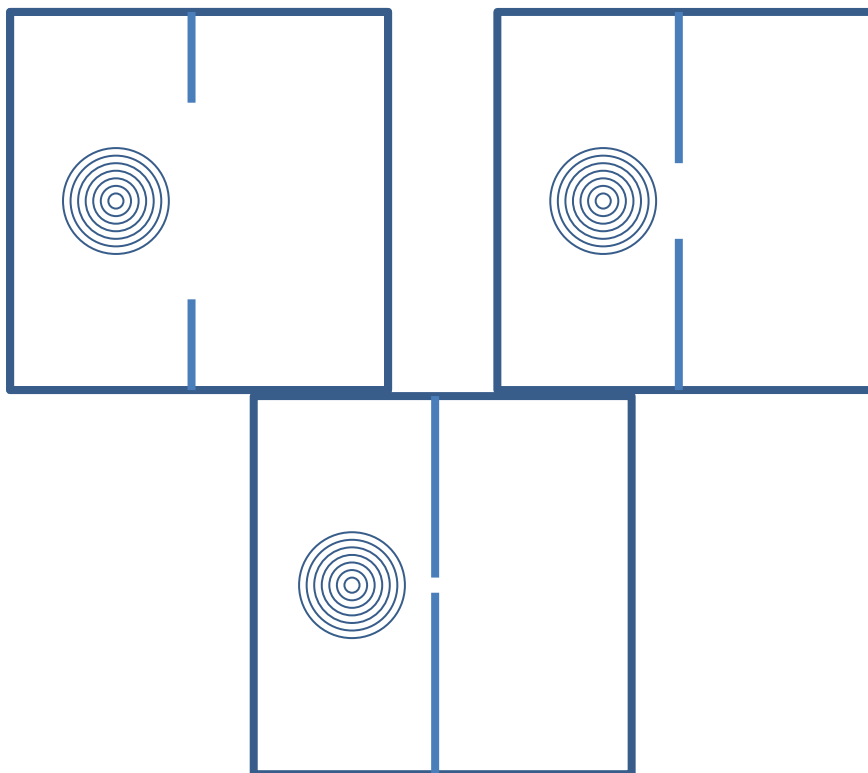
A Huygens-elv értelmében egy hullámfelület minden pontja elemi hullámok kiindulópontja is egyben. Ugyanakkor a Huygens-Fresnel-elv kimondja, hogy a hullámtérben megfigyelhető hatást az adott hullámfelületből kiinduló koherens elemi hullámok interferenciája határozza meg. Ha a hullámok útjába a

hullámhosszhoz képest viszonylag nagy méretű réssel ellátott akadályt teszünk, akkor a nyíláson áthaladó hullámok közelítőleg egyenesen haladnak tovább. Ha azonban a rést elegendően kicsire szűkítjük, a hullámok behatolnak abba a térbe is, ami eredetileg az akadály által árnyékolva van – ilyenkor tapasztalható az elhajlás, azaz a diffrakció.

<http://hu.wikipedia.org/wiki/Diffrakció>

3.

a) Mit tapasztalsz a rés után? Rajzold le!



Ha a hullámok útjába a hullámhosszhoz képest viszonylag nagy méretű rést teszünk, akkor a nyíláson áthaladó hullámok közelítőleg változatlanul haladnak tovább. Ha azonban a rést elegendően kicsire szűkítjük, a hullámok behatolnak abba a térbe is, ami eredetileg az akadály által árnyékolva van – ilyenkor tapasztalható az elhajlás, azaz a diffrakció.

4.

a) Mit tapasztaltál?

A vízfelület hiperbolák mentén tartósan nyugalomban marad, más görbék mentén pedig maximális amplitúdóval rezeg.

b) Mi a jelenség neve?

Interferencia.

c) Mi a fizikai magyarázat?

Két hullám a hullámtérnek azokban a pontjaiban hoz létre maximális erősítést, ahol hullámhegy hullámhegygel és hullámvölgy hullámvölgygel, illetve sűrűsödés

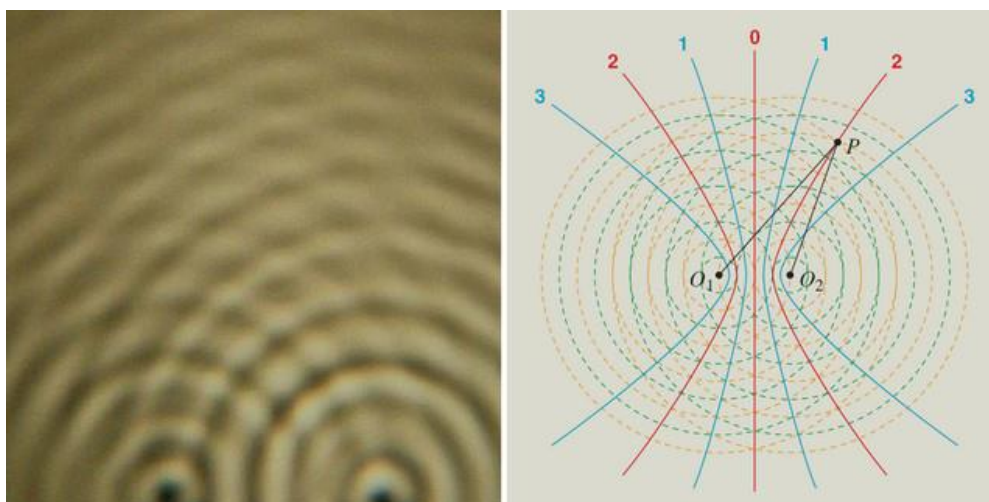
sűrűsödéssel, ritkulás ritkulással találkozik, mert a két megegyező irányú hatás itt maximális. Ez azt jelenti, hogy a két hullám azonos fázisban találkozik. Ellentétes fázisú találkozás esetében a hullámok gyengítik, esetleg ki is oltják egymást.

Az alábbi ábrán látható esetben a maximális gyengítés feltétele az, hogy az egyszerre induló hullámok által a találkozásig megtett utak $\Delta s = |PO_1 - PO_2|$ különbsége a félhullámhossz páratlan számú többszöröse legyen:

$$\Delta s = (2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

A maximális erősítés feltétele pedig az, hogy az útkülönbség a hullámhossz egész számú többszöröse, vagyis (egységes fogalmazással) a félhullámhossz páros számú többszöröse legyen:

$$\Delta s = 2 \cdot k \cdot \frac{\lambda}{2}$$



4. ábra: hullámok interferenciája

http://www.mozaweb.hu/Lecke-Fizika-Fizika_11-2_3_Hullamok_talalkozasa_Interferencia-105015

5.

a) Milyen kapcsolatot találtál a beesési és a visszaverődési szög között?

A beesési és visszaverődési szögek megegyeznek.

b) Fogalmazd meg a haladási irányra vonatkozó visszaverődés törvényeit térbeli hullámokra!

A beeső hullám terjedési iránya, a beesési merőleges és a visszavert hullám terjedési iránya egy síkban van, valamint a beesési szög egyenlő a visszaverődési szöggel.

6.

a) Mit tapasztaltál? Melyik hullámtulajdonság változik, és melyik nem?

A hullám terjedési sebessége és hullámhossza változik, a frekvenciája és a haladási iránya nem.

7.

a) Mit tapasztaltál?

A sekélyebb vízréteg hullámtanilag sűrűbb közegnek számít. A lemezre érve a hullámhossz megrövidül, a sebesség csökken és a haladási irány is változik.

b) Mi a tapasztalt jelenség neve?

Törés (és visszaverődés).

8.

a) Mit tapasztaltál?

Megnőtt a hullámhossz. A vékony vízrétegen a hullámok gyorsan csillapodnak!

1.6. Vizsgálat: jég olvadáshőjének mérése

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Ha $m_{\text{víz}}$ tömegű, T_1 hőmérsékletű meleg vízbe $m_{\text{jég}}$ tömegű 0°C -os jeget teszel, a meleg víz T_k hőmérsékletre lehűlve hőmennyiséget ad le, amit a jég felvesz és olvadásra, majd melegedésre fordít. Mivel a leadott és a felvett hőmennyiségek egyenlők, ezért:

$$m_{\text{víz}} \cdot c_{\text{víz}} \cdot (T_k - T_1) + m_{\text{jég}} \cdot L_0 + m_{\text{jég}} \cdot c_{\text{víz}} \cdot (T_k - 0) = 0$$

ahol $c_{\text{víz}}$ a víz fajhője. A tömegek és a hőmérsékletek mérésével a jég olvadáshője meghatározható.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db kaloriméter
- 1 db mérőhenger
- 1 db hőmérő
- meleg víz
- víz-jég keverék
- 1 db stopper
- 1 db főzőpohár
- 1 db digitális mérleg
- 1 db elektromos főzőlap

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM



AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Önts a kaloriméterbe 300 g tömegű, kb. 60 °C hőmérsékletű vizet! Tedd bele a hőmérőt, majd néhány perces várakozás után olvasd le a hőmérsékletet! Ezután a kaloriméterbe szórj szárazra törölt, összetört jégdarabokat! Folytonos keverés közben várd meg, amíg a jég elolvad, majd olvasd le a közös hőmérsékletet. Mérd le a kaloriméterben lévő víz tömegét! (20 perc)
2. Kapcsold be az elektromos főzőlapot és várd meg, amíg felveszi üzemi hőmérsékletét! Tegyél egy nagyobb, széles főzőpohárba aprított jeget, és kezd melegíteni a poharat! Mérd le azt a t időt, amíg a teljes jégmennyiség elolvad, majd folytasd tovább a melegítést, változatlan körülmények között, még egyszer t ideig! A melegítést befejezve, mérd meg a víz T hőmérsékletét! A jég L_0 olvadáshője, feltételezve, hogy a főzőlap azonos időtartamok alatt ugyanannyi energiát adott le, az

$$m \cdot L_0 = c_{\text{víz}} \cdot m \cdot (T - 0)$$
 összefüggésből számíthatod. (20 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK

1.

b) A víz tömege: $m_{\text{víz}} = 300\text{g}$.

A víz hőmérséklete: $T_1 =$

A közös hőmérséklet: $T_k =$

A víz tömege a folyamat végén: $m =$

A jég tömege: $m_{\text{jég}} = m - m_{\text{víz}} =$

Az olvadáshő: $L_0 =$

2.

a) A jég megolvadásához szükséges idő: $t =$

A víz hőmérséklete a melegítés végén: $T =$

A víz tömege a folyamat végén: $m =$

Az olvadáshő: $L_0 =$

b) Az olvadáshő irodalmi értéke: $L_0=333\ 700\ \text{J/kg}$

c) Mi okozhatja az irodalmi értéktől való eltérést a két mérés során?

A mérőeszközök leolvasási hibája, a hőveszteségek, a víz sűrűségének hőmérsékletfüggése, a vizsgálat során mért időadatok pontatlan megállapítása.

1.7. Vizsgálat: az oldáshő

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Sók vízben történő oldódását mindig hőmérséklet-változás kíséri, ami lehet endoterm, vagy exoterm folyamat. Egységnyi tömegű anyagnak adott oldószerben történő feloldódását kísérő belsőenergia-változást nevezzük fajlagos oldáshőnek, vagy egységnyi anyagmennyiségű anyag adott oldószerben történő feloldódását kísérő hőmennyiséget pedig moláris oldáshőnek. Mértékegysége: J/g, vagy J/mol. Az oldáshő nagysága függ a keletkező oldat koncentrációjától is.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- | | |
|---|-------------------------|
| ➤ 1 db kaloriméter | ➤ 1 db hőmérő |
| ➤ 1 db kémcső | ➤ 1 db digitális mérleg |
| ➤ 1 db főzőpohár | ➤ 10 g só |
| ➤ 100 g ammóniumnitrát (NH_4NO_3) | ➤ víz |
| ➤ 100 g hideg, hűtőben tárolt víz | ➤ 1 db stopper |

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

Általános szabályok.

AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. 100 g hűtőben tárolt hideg vízben oldjál fel 100 g ammónium-nitrátot! Mit tapasztalsz az oldódás során? (5 perc)
2. Töltsél kb. 400 g vizet a kaloriméterbe! Mérd le a víz hőmérsékletét, majd öntsd bele a 10 g sót! Folyamatosan kevergesd addig, amíg a hőmérő nem jelez hőmérséklet-változást! Olvasd le a közös hőmérsékletet! Írd fel az oldódás idejét! (20 perc)
3. Végezd el az előző mérést ugyanannyi sóval és ugyanakkora tömegű meleg vízzel is, mint a 2-es mérésben! Mit tapasztalsz? (15 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK

1.

- a) Mit tapasztaltál? Miért?

Erős hőmérséklet csökkenés tapasztalható. Az oldódás során a kristályszerkezet szétbomlik, ehhez energia befektetésre van szükség. Ez az oldószer belső energiájának csökkenéséből származik. A belső energia csökkenését az oldat hőmérsékletének csökkenése jelzi.

2.

a) A kaloriméter hőkapacitása (leírásból):

A kaloriméter tömege:

A vízzel telt kaloriméter tömege:

A víz tömege:

A só tömege:

A kiindulási hőmérséklet:

A közös hőmérséklet:

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

A só fajhője (táblázatból) = $862 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ 20 °C-on

Írd fel az energiaegyenletet!

$$L_o \cdot m_{s\acute{o}} = c_{s\acute{o}} \cdot m_{s\acute{o}} \cdot (T_{s\acute{o}} - T_{k\acute{o}z\acute{o}s}) + c_{v\acute{i}z} \cdot m_{v\acute{i}z} \cdot (T_{v\acute{i}z} - T_{k\acute{o}z\acute{o}s}) + C_{k\acute{o}l\acute{o}r\acute{i}m\acute{e}t\acute{e}r} \cdot (T_{k\acute{o}l\acute{o}r\acute{i}m\acute{e}t\acute{e}r} - T_{k\acute{o}z\acute{o}s})$$

Határozd meg a só oldáshőjét!

Nézz utána az irodalmi értékek!

30361,5 J/mol, vagy 519163 J/kg

Miből adódhat az eltérés?

A mérőeszközök leolvasási hibája, a hőveszteségek, a kaloriméter vízértékének pontatlansága, a só tisztasága, só fajhőjének hőmérsékletfüggése és a kialakuló koncentráció figyelmen kívül hagyása.

3.

a) A kaloriméter hőkapacitása (rá van írva a kaloriméterre):

A kaloriméter tömege:

A vízzel telt kaloriméter tömege:

A víz tömege:

A só tömege:

A kiindulási hőmérséklet:

A közös hőmérséklet:

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

A só fajhője (táblázatból) = $862 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ *20 °C-on*

Írd fel az energiaegyenletet!

$$L_o \cdot m_{s\acute{o}} = c_{s\acute{o}} \cdot m_{s\acute{o}} \cdot (T_{s\acute{o}} - T_{k\acute{o}z\acute{o}s}) + c_{v\acute{i}z} \cdot m_{v\acute{i}z} \cdot (T_{v\acute{i}z} - T_{k\acute{o}z\acute{o}s}) + C_{k\acute{o}l\acute{o}r\acute{i}m\acute{e}t\acute{e}r} \cdot (T_{k\acute{o}l\acute{o}r\acute{i}m\acute{e}t\acute{e}r} - T_{k\acute{o}z\acute{o}s})$$

Határozd meg a só oldáshőjét!

Mit tapasztaltál?

Az oldódási folyamat gyorsabban lezajlott.

1.8. Vizsgálat: telep üresjárási feszültségének és belső ellenállásának meghatározása

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Ha külső ellenállással (R_k) terhelt zsebtelepre felírod Ohm és Kirchhoff törvényeit, lehetőségged adódik az üresjárási feszültség (U_0) és a belső ellenállás (R_b) mérésére:

$$\frac{U_0}{R_k + R_b} = \frac{U_k}{R_k}$$

$$U_0 = I \cdot (R_k + R_b).$$

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db 4,5 V-os zsebtelep
- 1 db változtatható ellenállás (10 és 100 Ω között)
- vezetékek
- 2 db digitális multiméter
- 1 db kapcsoló

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

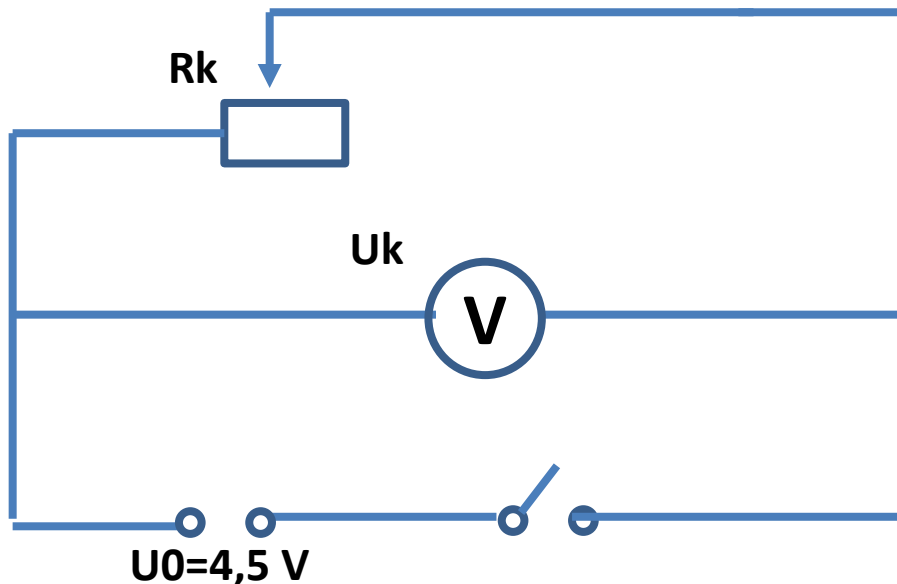
Általános szabályok.

AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

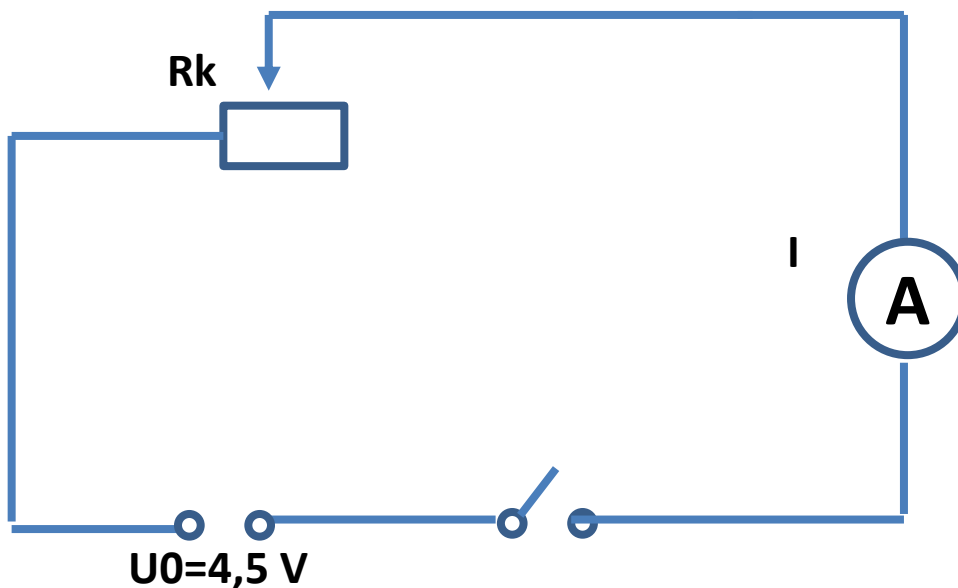
1. Állítsd össze az ábrán látható kapcsolást! Változtasd a külső ellenállás értékét és mérd a hozzá tartozó kapocsfeszültségeket! Hat különböző mérést végezz és két-két mérés eredményeit felhasználva egyenletrendszerrel számítsd ki az üresjárási feszültség és a belső ellenállás értékét! A kapott eredményeket átlagold! (15 perc)



5. ábra: feszültség és a belső ellenállás vizsgálata

R_b

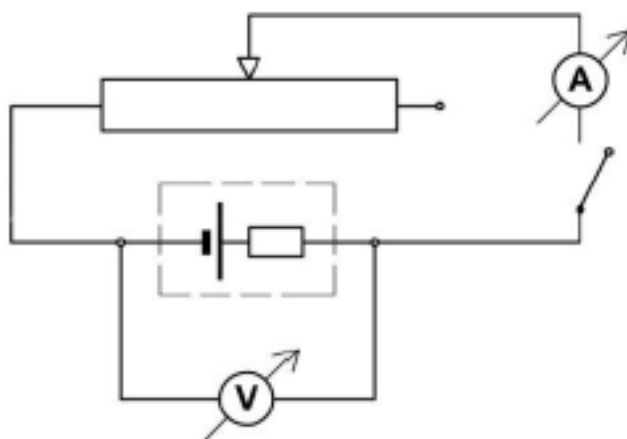
2. Állítsd össze az ábrán látható kapcsolást! Változtasd a külső ellenállás értékét és mérd a hozzá tartozó áramerősség értékeit! Hat különböző mérést végezz és két-két mérés eredményeit felhasználva egyenletrendszerrel számítsd ki az üresjárású feszültség és a belső ellenállás értékét! A kapott eredményeket átlagold! (10 perc)



6. ábra: üresjárású feszültség és a belső ellenállás vizsgálata

R_b

3. Állítsd össze az ábrán látható kapcsolást! A csúszka helyzetét változtatva legalább hat pontban olvasd le az áram és a kapcsolófeszültség összetartozó értékeit! (15 perc)



7. ábra: üresjárású feszültség és a belső ellenállás vizsgálata

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK

1.

a) Töltsd ki a táblázatot és írd fel az egyenletrendszeret!

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
R_k						
U_k						
R_b						
U_0						

$$\frac{U_0}{R_k + R_b} = \frac{U_k}{R_k}$$

b) Határozd meg az üresjárási feszültség és belső ellenállás értékeit az átlagok alapján!

2.

a) Töltsd ki a táblázatot és írd fel az egyenletrendszereket!

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
R_k						
I						
R_b						
U_0						

$$U_0 = U_k + I \cdot R_b$$

b) Határozd meg az üresjárási feszültség és belső ellenállás értékeit az átlagok alapján!

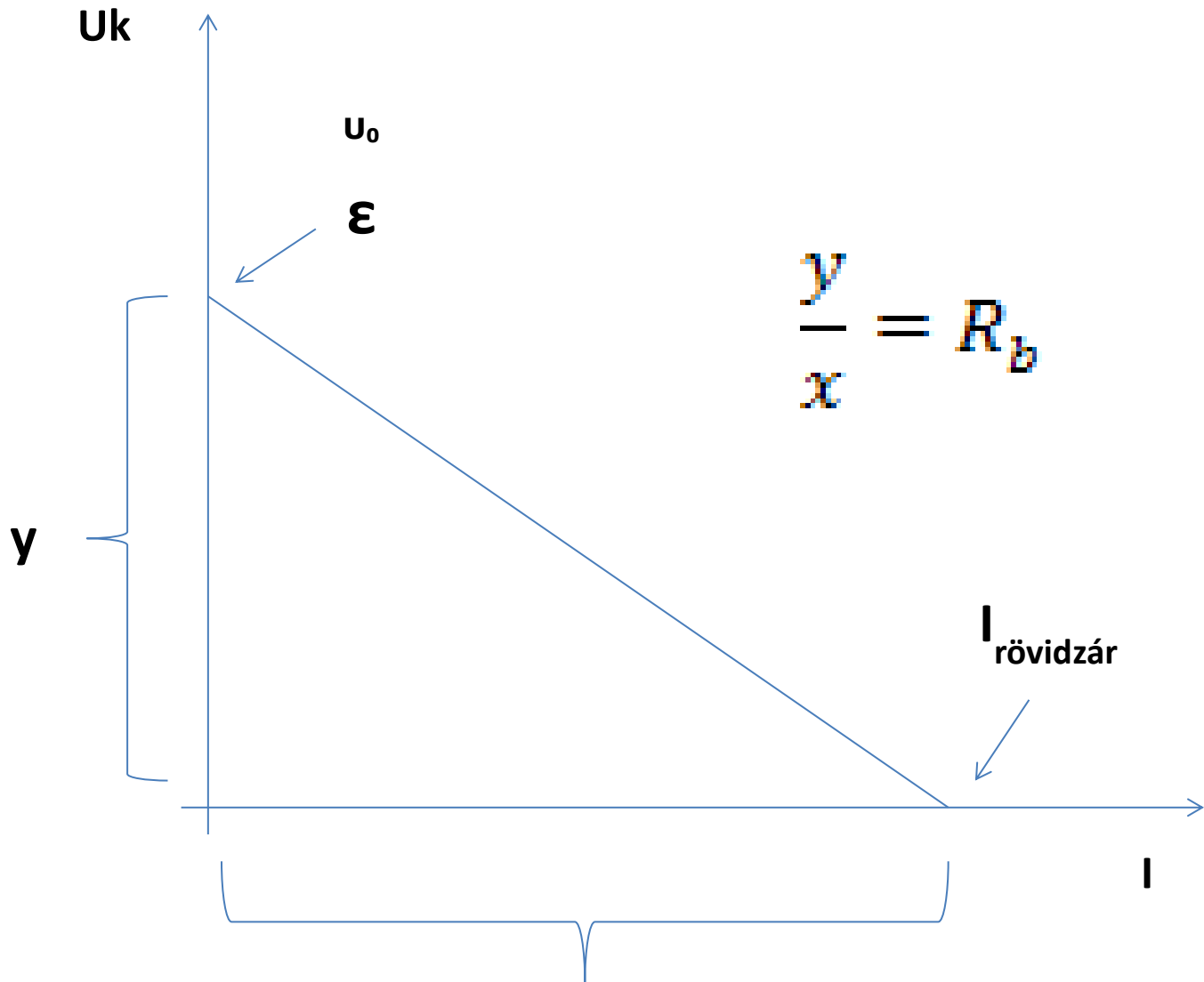
3.

a) Töltsd ki a táblázatot!

$U (V)$								
---------	--	--	--	--	--	--	--	--

$I \text{ (A)}$								
-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--

b) Ábrázold a feszültség értékeket az áramerősség értékek függvényében! A grafikon alapján határozd meg a telep jellemző adatait!



8. ábra: üresjárású feszültség és a belső ellenállás vizsgálata

$$U_0 = I \cdot R_b + U_k \rightarrow U_k = -R_b \cdot I + U_0$$

c) Milyen hibalehetőségek adódnak a mérés során?

Mérési hibát okozhat a mérőműszerek leolvasási pontatlansága, illetve az egyenes illesztése során fellépő pontatlanság.

1.9. Vizsgálat: a transzformátor vizsgálata

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

A transzformátor feszültség-átalakító berendezés. Két, zárt vasmagra helyezett tekercsből áll. Amire rákötöd az átalakítandó feszültséget, azt primer tekercsnek, amiről elvezeted az átalakított feszültséget, azt szekunder tekercsnek nevezzük. Ha a primer tekercsre váltakozó áramot kapsz, akkor az állandóan változó mágneses tere a szekunder tekercsben szintén váltakozó feszültséget indukál.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 2 db N menetszámú tekercs
- 1 db 2N menetszámú tekercs
- 1 db 14 V-os karácsonyfaizzó
- vezetékek
- 1 db digitális multiméter
- 1 db kapcsoló

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

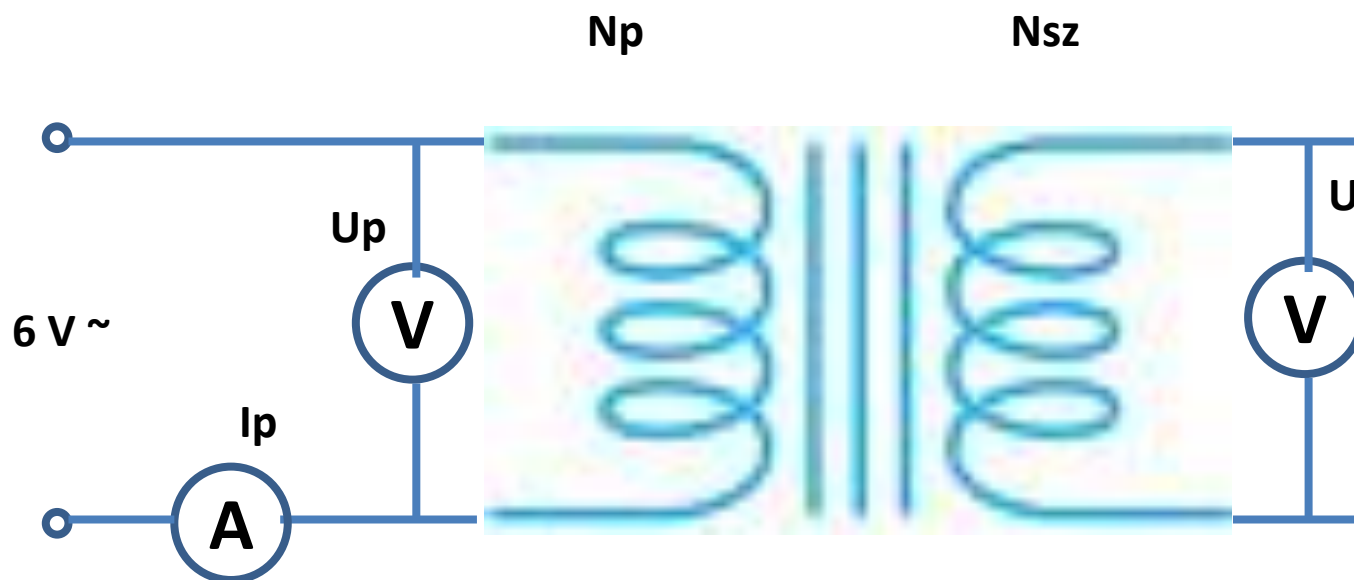


AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Állítsd össze az alábbi kapcsolást, ahol $N_p = N_{sz}$! Gyűjtsd táblázatba a műszerek által mutatott értékeket! Figyelj a műszer feszültség- illetve áramméréshez történő átállítására! A mérést ötször végezd el különböző U_p értékek esetén! Határozd meg a transzformátor hatásfokát (η) is! (20 perc)



9. ábra: a transzformátor vizsgálata

2. Ismételd meg méréseidet $2 \cdot N_p = N_{sz}$ esetén! (10 perc)
3. Ismételd meg méréseidet $N_p = 2 \cdot N_{sz}$ esetén! (10 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

a) Töltsd ki a táblázatot!

	N_p	N_{sz}	N_p/N_{sz}	U_p (V)	U_{sz} (V)	U_p/U_{sz}
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

	I_p (A)	I_{sz} (A)	I_{sz}/I_p	$U_p \cdot I_p$ (W)	$U_{sz} \cdot I_{sz}$ (W)	$\eta = \frac{U_{sz} \cdot I_{sz}}{U_p \cdot I_p}$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

2.

a) Töltsd ki a táblázatot!

	N_p	N_{sz}	N_p/N_{sz}	$U_p (V)$	$U_{sz} (V)$	U_p/U_{sz}
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

	$I_p (A)$	$I_{sz} (A)$	I_{sz}/I_p	$U_p \cdot I_p (W)$	$U_{sz} \cdot I_{sz} (W)$	$\eta = \frac{U_{sz} \cdot I_{sz}}{U_p \cdot I_p}$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

3.

a) Töltsd ki a táblázatot!

	N_p	N_{sz}	N_p/N_{sz}	$U_p (V)$	$U_{sz} (V)$	U_p/U_{sz}
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

	$I_p (A)$	$I_{sz} (A)$	I_{sz}/I_p	$U_p \cdot I_p (W)$	$U_{sz} \cdot I_{sz} (W)$	$\eta = \frac{U_{sz} \cdot I_{sz}}{U_p \cdot I_p}$
1.						
2.						
3.						

4.						
5.						

b) Fogalmazd meg a feszültségek arányára vonatkozó összefüggést!

$$\frac{U_p}{U_{sz}} = \frac{N_p}{N_{sz}}$$

c) Fogalmazd meg az áramerősségek arányára vonatkozó összefüggést!

$$\frac{I_p}{I_{sz}} = \frac{N_{sz}}{N_p}$$

d) Mi történne, ha a szekunder ágban növelnénk az ellenállást? Mit bizonyít ez?

A szekunder feszültség némileg csökken. A transzformátornak, mint áramforrásnak tehát belső ellenállása van.

1.10. Vizsgálat: a kondenzátor kapacitása

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

A kondenzátorok az elektromos töltés tárolására készített technikai eszközök, amelyek legalább két párhuzamos vezető anyagból (fegyverzet), és a közöttük lévő szigetelő anyagból (dielektrikum) állnak. Egy jó kondenzátor csak kapacitív ellenállással rendelkezik – ilyenkor szigetelésén nem jutnak át töltéshordozók. A kapacitív ellenállás definíciója:

$$X_c = \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$$

Ennek segítségével pedig a kapacitást meghatározhatod:

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c}$$

ahol f a váltakozó áram frekvenciája.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 12-24 V-os , 50 Hz-es váltakozó feszültségű áramforrás
- 1 db 100 nF – μ F nagyságrendű kapacitással rendelkező kondenzátor (nem elektrolit!)
- 1 db kapcsoló
- 2 db digitális multiméter
- vezetékek
- 1 db elektrométer tányérral
- 1 db fémlemez
- 1 db állvány
- 1 db üveglap
- 1 db ebonitrúd
- 1 db üvegrúd
- selyem
- szórme
- 1 db alufóliába csomagolt pingpong labda fonálon

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM



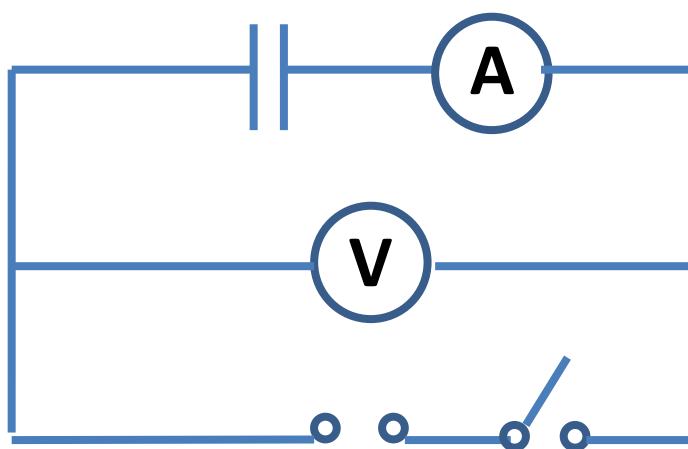
AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Vigyél töltést az elektrométerre erősített tányérra, majd az állványba vízszintesen befogott fémlemezre told az elektrométer tányérja fölé és földeld le! Változtasd a tányérok szembenálló felületét az állvány mozgatásával és figyeld az elektrométer mutatóját! Mit tapasztalsz? (5perc)
2. Vigyél töltést az elektrométerre erősített tányérra, majd szigetelő nyéllel megfogva közelítsd hozzá a másik fémlemezre! Mit tapasztalsz? (5 perc)

3. Ismételd meg az előző kísérletet úgy, hogy a közelített fémlemez ellenkező töltéssel töltöd fel! Mit tapasztalsz? (5 perc)
4. Ismételd meg a kísérletet úgy is, hogy a közelített lemez leföldeled! Milyen hatása van a földelésnek? (5 perc)
5. Helyezz a lemezek közé üveglapot! Mit tapasztalsz? (5 perc)
6. Két függőleges, egymással párhuzamos fémlemez közül az egyiket földeld le és könnyű fonálon alufóliába csomagolt pingpong labdát lógass közéjük! A földetlen lemezre töltsd fel, majd a labdát érintsd a feltöltött lemezhez! Mit tapasztalsz? (5 perc)
7. Állítsd össze az ábrán látható áramkört! Növed a váltakozó feszültséget 2 V-onként 12 V-ról 24 V-ra és olvasd le, mit mutatnak a műszerek! (10 perc)



10. ábra: a kapacitív ellenállás vizsgálata

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

a) Mit tapasztaltál a felületek változtatása során?

A felület (A) növelésével az elektrométer által mutatott érték (U) csökken, azaz a kapacitás (C) nő.

$$\frac{Q}{U} = C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

2.

a) Mit tapasztaltál a felületek távolságának változtatása során?

A távolság (d) csökkentésével az elektrométer által mutatott érték (U) csökken, azaz a kapacitás (C) nő.

$$\frac{Q}{U} = C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

3.

a) Mit tapasztaltál az ellenkező töltéssel feltöltött lemez közelítése során?

Az elektrométer által mutatott érték gyorsabban csökken.

4.

a) Mit tapasztaltál a leföldelt lemez közelítése során?

Csökken a potenciál.

5.

a) Mit tapasztaltál a lemezek közé helyezett üveglap hatására?

Üveg esetében $\epsilon_r = kb. 5-16$, azaz a kapacitás nőni fog.

b) Fogalmazd meg, mi és hogyan befolyásolja a kondenzátor kapacitását!

A dielektrikum poláros molekulái a külső elektromos tér rákapcsolásakor az erőtér irányába állnak be. Ez a dielektromos polarizáció jelensége, ami növeli a kondenzátor kapacitását.

c) Mi a pontos összefüggés a kapacitás számolására?

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

6.

a) Mit tapasztaltál?

A labda ide-oda pattog a két lemez között, egyre lassulva.

b) Mi az oka?

A labda töltéseket szállít, amíg a töltések ki nem egyenlítődnek.

c) Mit bizonyít ez?

A feltöltött kondenzátornak energiája van. A labda mozgási energiája a mezőből származik, majd hang és súrlódás formájában távozik a rendszerből.

7.

a) Töltsd ki a táblázatot!

	U_{eff}	I_{eff}	X_C	C
1.				
2.				

3.				
4.				
5.				
6.				
7.				

a) Mekkora a kapacitás középértéke?

Jelöljük C_k -val.

b) Nézd meg a kondenzátoron feltüntetett értéket és végezz hibaszámolást!

Az abszolút hiba (ΔC) a középértéktől való eltérések abszolút értékeinek átlaga.

A relatív hiba $\frac{\Delta C}{C_k} \cdot 100\%$.

c) Mi történik, ha egyenfeszültségre kapcsolod a kondenzátort?

Ha egy egyenáramú áramkörben kondenzátort helyezünk el, akkor miután a kondenzátor feltöltődött, nem folyik tovább az áram, szakadás jön létre.

d) Mi az oka a kapacitív ellenállásnak?

A kondenzátornak váltakozó árammal szemben tanúsított ellenállását kapacitív ellenállásnak nevezzük. A kapacitív ellenállás függ a kondenzátor kapacitásától, mert minél nagyobb a kondenzátor kapacitása, annál kisebb a kapacitív ellenállása. Oka, a nagy kapacitású kondenzátor sok töltést tud tárolni ezért feltöltődéskor is, és kisüléskor is nagy a töltésáramlás. Ez nagy áramerősséget eredményez, ami kis ellenállás következménye.

És függ a váltakozó áram frekvenciájától, mert a váltakozó áram frekvenciája és a kapacitív ellenállás között fordított arányosság van, minél nagyobb a frekvencia 1s alatt annál többször töltődik fel és sül ki a kondenzátor. Ez nagyobb töltésáramlást és kisebb ellenállást jelent.

http://www.puskas.hu/diak_erettsegi/anyagok/Fizika_2007/temak/19_valtoaram/temakor.htm

1.11. Vizsgálat: a tekercs induktivitása

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

A tekercs ohmos és induktív ellenállással is rendelkezik, ahol mindkettő ugyanazt az áramot akadályozza, így úgy tekintheted, mintha sorosan lennének kapcsolva. A kétféle ellenállás eredőjét – váltakozó feszültség esetén – impedanciának nevezzük. Definíciója:

$$Z = \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$$

Ugyanakkor a tekercs ohmikus ellenállását megkapod a

$$R = \frac{U}{I}$$

összefüggésből. Elméleti megfontolások alapján az induktív ellenállás

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

ahol L a tekercs önindukciós együtthatója (induktivitása) és

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

alapján számolhatod, ahol f a váltakozó áram frekvenciája.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 6-12 V-os váltakozó feszültségű áramforrás
- 1,5-6 V-os egyenfeszültségű áramforrás
- 1 db 1200 menetes tekercs
- vezetékek
- 2 db digitális multiméter
- 1 db kapcsoló

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

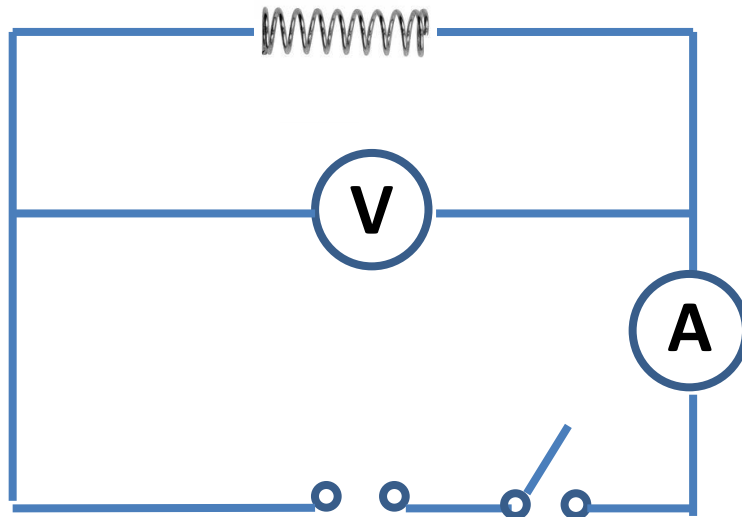


AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Állítsd össze az ábrán látható áramkört! Növeld az 50 Hz-es váltakozó feszültséget 2 V-onként 6 V-ról 12 V-ra és olvasd le, mit mutatnak a műszerek! Ismételd meg az előző mérést úgy, hogy az egyenfeszültséget 1,5 V-onként 1,5 V-ról 6 V-ra változtatod, miközben leolvasod, hogy mit mutatnak a műszerek! A mérést mindkét tekercsre végezd el! (20 perc)



11. ábra: az induktív ellenállás vizsgálata

2. Ismételd meg a méréseket zárt vasmagos tekercsek esetében is! (10 perc)
3. Kapcsold először sorosan, majd párhuzamosan a 600 és 1200 menetes tekercsre váltakozó feszültségre és határozd meg az eredő induktivitást! A kapcsolást úgy rendezd el, hogy a tekercsek egymástól távol legyenek! (10 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

a) Töltsd ki a táblázatokat!

	$U_{eff} (V)$	$I_{eff} (A)$	$Z (\Omega)$	$U (V)$	$I (A)$	$R (\Omega)$	$X_L (\Omega)$	$L (H)$
1.								
2.								
3.								
4.								

	$U_{eff} (V)$	$I_{eff} (A)$	$Z (\Omega)$	$U (V)$	$I (A)$	$R (\Omega)$	$X_L (\Omega)$	$L (H)$
1.								
2.								
3.								
4.								

2.

a) Töltsd ki a táblázatokat!

	$U_{eff} (V)$	$I_{eff} (A)$	$Z (\Omega)$	$U (V)$	$I (A)$	$R (\Omega)$	$X_L (\Omega)$	$L (H)$
1.								
2.								
3.								
4.								

	$U_{eff} (V)$	$I_{eff} (A)$	$Z (\Omega)$	$U (V)$	$I (A)$	$R (\Omega)$	$X_L (\Omega)$	$L (H)$
1.								
2.								
3.								
4.								

b) Végezz hibaszámolást az önindukciós együtthatókra!

Az abszolút hiba (ΔL) a középértéktől (L_k) való eltérések abszolút értékeinek átlaga.

A relatív hiba $\frac{\Delta L}{L_k} \cdot 100\%$.

c) Mit tapasztaltál a vasmagos tekercs esetében?

A vasmag megnöveli a tekercs önindukciós együtthatóját, így a benne indukált feszültséget is.

d) Mi az oka az induktív ellenállásnak?

A tekercsben a váltakozó áram egy időben váltakozó mágneses mezőt hoz létre, ami olyan feszültséget indukál, ami ellentétes a generátor pillanatnyi feszültségével. Ez okozza az ideális tekercsnek, a váltakozó árammal szemben tanúsított ellenállását.

3.

a) Mit tapasztaltál a két esetben?

Soros kapcsolás estén $L=L_1+L_2$, párhuzamos kapcsolásnál $L=\frac{L_1 \cdot L_2}{L_1+L_2}$.

1.12. Vizsgálat: a rezgőkör vizsgálata

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Elektromos rezgőkörnek nevezzük a kondenzátorból és tekercsből álló áramkört, melyben létrejövő szabad rezgések periódusidejét a

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

összefüggéssel számolhatod ki (Thomson-formula), ahol C a kondenzátor kapacitása, L pedig a tekercs inductivitása.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 2 db egyforma kondenzátor
- 3 db tekercs (a menetszámok aránya 1:2:3)
- 1 db oszcilloszkóp
- 1 db váltókapcsoló
- 1 db vonalzó
- vezetékek

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

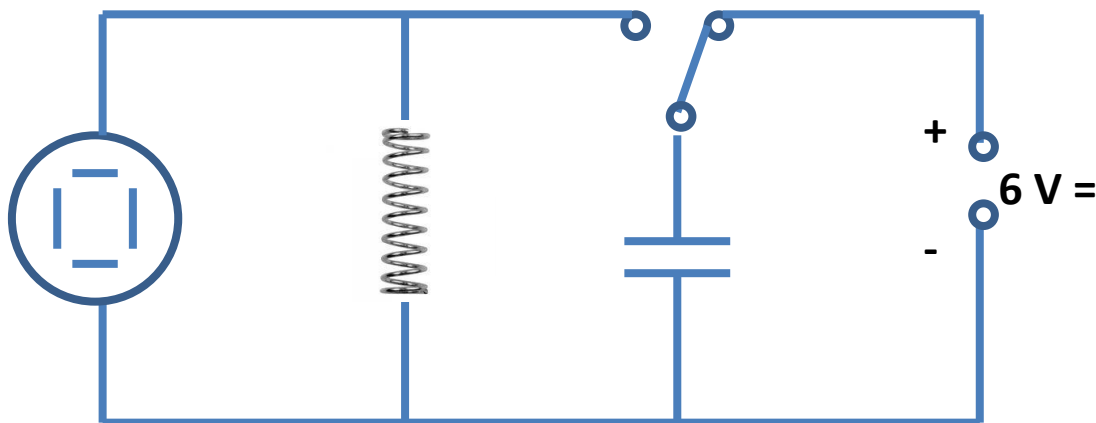


AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Állítsd össze az ábrán látható áramkört! A kisebb menetszámú tekercset használd! A feszültséget kapcsold az oszcilloszkóp vertikális eltérítő berendezésére! A horizontális eltérítő frekvenciáját úgy állítsd be, hogy a váltókapcsoló átkapcsolásakor (a feltöltést követő kisütéskor,) 1-2 kezdeti periódus jelenjen meg! A jelet automatikus helyett trigger üzemmódban indítsd, hogy a jel mindig ugyanott jelenjen meg, így le tudod olvasni egy periódus hosszát (t_1)!



12. ábra: a rezgőkör vizsgálata

Kapcsold be a körbe a második kondenzátort először párhuzamosan, így az eredő kapacitás megkétszereződik; majd sorosan, ekkor az eredő kapacitás a felére csökken! Mérd le így is egy-egy periódus hosszát (l_2)! Minden mérést ötször ismételd meg! (25 perc)

2. A kezdeti kondenzátor kapacitás mellett kösd be a kétszer, majd a háromszor akkora menetszámú tekercset (így induktivitása négyszeresére, majd kilencszeresére nő)! Mérd le így is egy-egy periódus hosszát (l_2)! A méréseket ötször ismételd meg! (15 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

a) Töltsd ki a táblázatot!

	$\frac{C_2}{C_1}$	$\sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$	l_1	l_2	$\frac{l_2}{l_1}$
1.					
2.					
3.					

b) Hasonlítsd össze az $\frac{l_2}{l_1}$ és a $\sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$ arányokat! Mit tapasztaltál?

Egyenesen arányosak.

2.

a) Töltsd ki a táblázatot!

	$\frac{L_2}{L_1}$	$\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$	l_1	l_2	$\frac{l_2}{l_1}$
1.					
2.					
3.					

b) Hasonlítsd össze az $\frac{l_2}{l_1}$ és a $\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$ arányokat! Mit tapasztaltál?

Egyenesen arányosak.

c) Ellenőrizd számszerűen is a Thomson-képlet helyességét az induktivitás és kapacitás ismeretében!

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

1.13. Vizsgálat: folyadék és plánparalel lemez törésmutatója

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

A fény új közeg határán megtörhet, ha belép az új közegbe. Ilyenkor a beesési és törési szögek szinuszaik hányadosa állandó, függetlenül a beesési szögtől.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$

Ez az állandó érték a második közeg első közegre vonatkoztatott törésmutatója.

A két párhuzamos síkkal határolt átlátszó testet plánparalel lemeznek nevezünk. Ilyen például az ablaküveg is. A plánparalel lemez a ráeső fénysugarat a két közeget határon történő áthaladás során párhuzamosan eltolja. Ha a közeg mindkét oldalon azonos, akkor az eltolódás az

$$a = \frac{d \cdot \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$$

képlettel számolható, ahol a az eltolódás mértéke, d a lemez vastagsága, α a beesési-, β pedig a törési szög.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db küveta
- 1 db lézer fényforrás
- papír
- 1 db vonalzó
- 1 db papír előre megrajzolt szögmérővel
- milliméterpapír
- ismeretlen törésmutatójú folyadék
- 1 db plexihasáb (trapéz alakú)
- 1 db tolómérő
- optikai készlet mágneses táblával

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

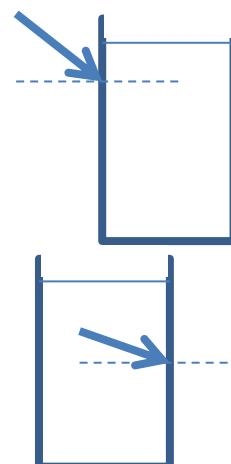


AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Helyezd a függőlegesre állított mágneses táblára a papírt, amire előzőleg teljes (360 °-os) szögmérőt rajzoltál! Jelöld be a beeső fénysugarak útját 10 fokenként! A papírra tedd a küvettát, amibe az ismeretlen törésmutatójú folyadékot töltötted úgy, hogy a fényforrás felé eső függőleges oldalával illeszkedjen a papírra húzott



egyenesre! Olvasd le a szögmérőn a megtört fénysugarak törési szögét!
(15 perc)

2. Ismételd meg az előző kísérletet úgy, hogy a küvettánál a kilépő sugarakat figyeled! (10 perc)
3. Helyezz a mágneses táblára egy papírt, amire vonalzóval függőleges vonalat húztál! Jelöld be a beeső fénysugarak útját is 15 fokonként! A papírra tedd a trapéz alakú plexitestet úgy, hogy a rövidebb alapjával a fényforrás felé nézzen és illeszkedjen a papírra húzott egyenesre! Jelöld be a papírra a beeső és kilépő fénysugarak útját, majd mérd le a szögeket és a fénysugár eltolódását! (15 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

a) Töltsd ki a táblázatot!

α (fok)	10	20	30	40	50	60	70	80
β (fok)								
n								

2.

a) Töltsd ki a táblázatot!

α (fok)	10	20	30	40	50	60	70	80
β (fok)								
n								

b) Mit tapasztaltál?

A beesési és törési szögek szinuszainak hányadosa közel állandó. Az eltérés főleg a leolvasási pontatlanságokból adódik. Fontos a küvetta mögötti szögmérőt a küvettára merőlegesen leolvasni!

3.

a) Töltsd ki a táblázatot!

α (fok)	10	20	30	40	50	60	70	80
β (fok)								
n								

b) Töltsd ki a táblázatot!

α (fok)	10	20	30	40	50	60	70	80
β (fok)								
n								

4.

a) Töltsd ki a táblázatot!

α (fok)	β (fok)	d (cm)	n	$a_{\text{mért}}$ (cm)	$a_{\text{számított}}$ (cm)
15					
30					
45					
60					
75					

b) Mekkora lehet a beesési szögek értéke?

c) Mennyi a határszög?

A határszög értéke $\sin^{-1}(\frac{1}{n})$.

1.14. Vizsgálat: a szórólencse és a lencserendszer gyújtótávolsága

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Szórólencse gyújtótávolságát közvetlenül nem tudod meghatározni, mert nem lehet valódi képet előállítani vele. Ha szoroson mellé illesztesz egy gyújtólencsét, (olyat, hogy a lencserendszer már gyújtólencseként viselkedjen), akkor a gyújtólencse és a lencserendszer fókuszta-volságából a

$$D = D_1 + D_2$$

és a

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

összefüggéseket felhasználva, - ahol f_1 a gyújtólencse, f_2 pedig a szórólencse fókuszta-volsága, D pedig a lencsék törőerőssége - a szórólencse fókuszta-volságát számolhatod.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db gyújtólencse
- 1 db szórólencse
- 1 db fényforrás
- 1 db mécses
- 1 db mérőszalag
- 1 db ernyő

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM



AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Határozd meg a gyújtólencse fókuszta-volságát! Állíts elő a mécses lángjáról kicsinyített éles képet az ernyőn és mérd le a tárgy és képtávolságokat! A mérést három különböző tárgytávolság esetében végezd el! Vedd figyelembe, hogy a tárgytávolság és a képtávolságot is a lencse fősíkjától kell mérni! (20 perc)
2. Határozd meg a lencse fókuszta-volságát! Állíts elő kicsinyített éles képet az ernyőn és mérd le a tárgy és képtávolságokat! A mérést három különböző tárgytávolság esetében végezd el! (20 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

- a) Töltsd ki a táblázatot!

t_1	k_1	f_1	D_1

b) Számítsd ki a lencse fókusz távolságának és törőerősségének a középértékét!

$$f_1 = \frac{k_1 \cdot t_1}{k_1 + t_1}$$

$$D_1 = \frac{1}{f_1}$$

2.

a) Töltsd ki a táblázatot!

t	k	f	D

b) Számítsd ki a lencserendszer fókusz távolságának és törőerősségének a középértékét!

$$f_1 = \frac{k \cdot t}{k_1 + t_1}$$

$$D_1 = \frac{1}{f_1}$$

c) D és D_1 ismeretében számítsd ki a szórólencse D_2 törőerősségét és f_2 fókusz távolságát!

$$D = D_1 + D_2$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

1.15. Vizsgálat: elhajlási jelenségek

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

A rácsra vetített nyaláb a réseken elhajlik. Az elhajló sugarak olyan irányokban adnak maximumot, amelyek felé útkülönbségük (Δs) a hullámhossz (λ) egész számú többszörösével (k) egyenlő, azaz

$$\Delta s = k \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha$$

ahol d a rácsállandó.

Egy hajszál vastagsága összemérhető a fény hullámhosszával, így alkalmas arra, hogy rajta is megfigyelhesd az elhajlás jelenségét. A hajszál szélein elhajló fénynyalábok által létrehozott elhajlási képből pedig megmérhető a hajszál vastagsága is.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db keret
- 1 db lézer
- 1 db mérőszalag
- 1 db vonalzó
- 1 db rács (pl. 150/mm)
- 1 db ernyő

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM



AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Tedd a rácsot a lézer fénye elé! Mérd le a rács és az ernyő távolságát (L)! Mérd le az elhajlási képen az erősítési hely közepének távolságát a főmaximumtól! (x). Határozd meg a fény hullámhosszát! A mérést több ernyő-rács távolságra is végezd el! (20 perc)
2. Tedd a hajszálat a kikészített keretbe, és állítsd a lézer fénye elé! Mérd le a hajszál és a fal távolságát (L)! Mérd le az elhajlási képen az erősítési helyek közepének távolságát a főmaximumtól! (x_1, x_2, x_3, \dots) Határozd meg a hajszál vastagságát! (20 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

- a) Töltsd ki a táblázatot!

A rácsállandó: $d =$
A fal és a rács távolsága: $L =$

$x_1 =$	$\alpha_1 =$	$\lambda =$
$x_2 =$	$\alpha_2 =$	$\lambda =$
$x_3 =$	$\alpha_3 =$	$\lambda =$

$$\lambda_{\text{átlag}} =$$

b) Töltsd ki a táblázatot!

A rácsállandó: $d =$		
A fal és a rács távolsága: $L =$		
$x_1 =$	$\alpha_1 =$	$\lambda =$
$x_2 =$	$\alpha_2 =$	$\lambda =$
$x_3 =$	$\alpha_3 =$	$\lambda =$

$$\lambda_{\text{átlag}} =$$

c) Töltsd ki a táblázatot!

A rácsállandó: $d =$		
A fal és a rács távolsága: $L =$		
$x_1 =$	$\alpha_1 =$	$\lambda =$
$x_2 =$	$\alpha_2 =$	$\lambda =$
$x_3 =$	$\alpha_3 =$	$\lambda =$

$$\lambda_{\text{átlag}} =$$

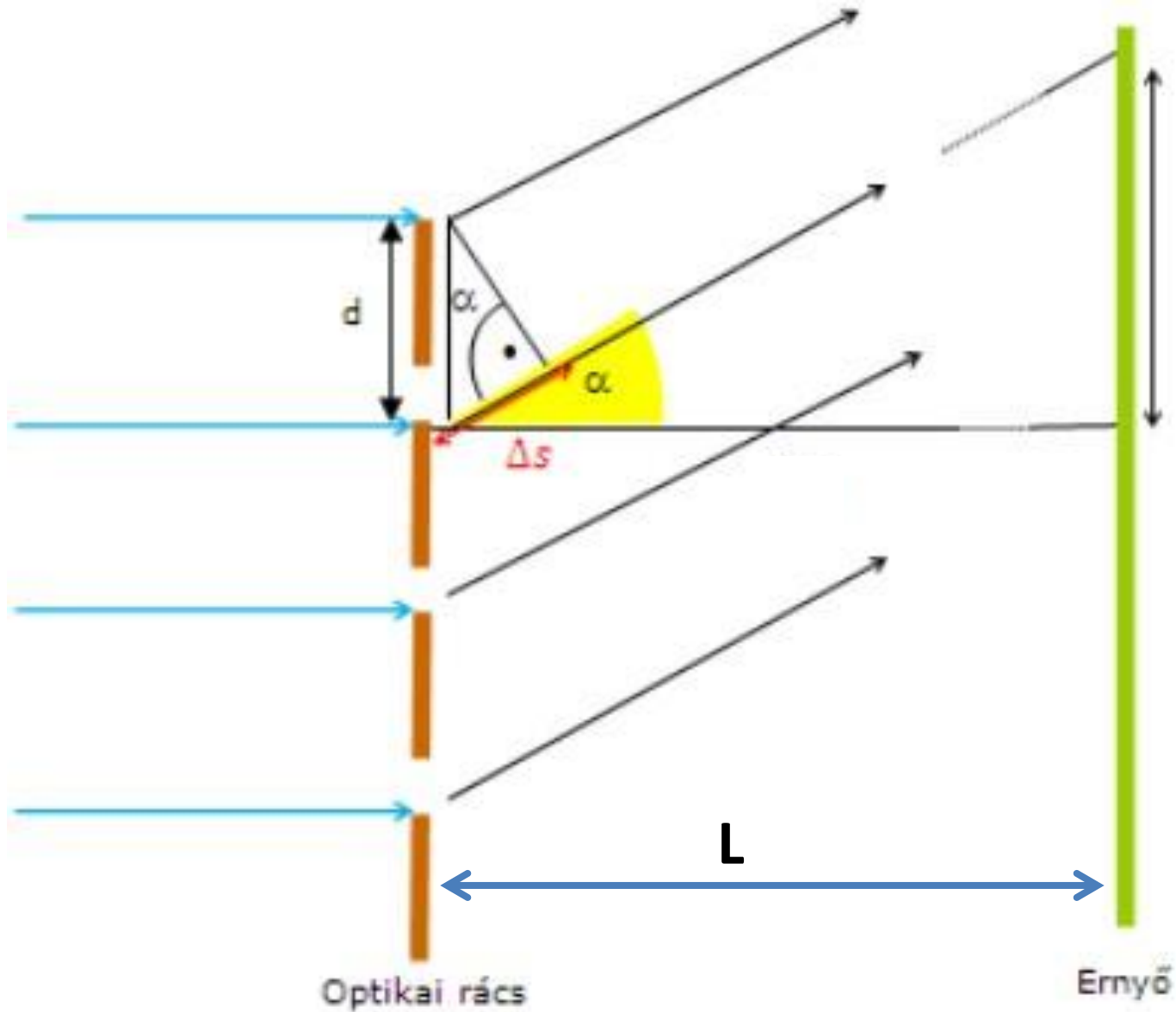
Az ábra alapján

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{L}$$

ebből α számolható.

A rácson elhajló sugarak akkor adnak erősítést, ha útkülönbségük a hullámhossz egész számú többszörösével egyenlő, azaz

$$\Delta s = k \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha \rightarrow \lambda = \frac{d \cdot \sin \alpha}{k}$$



13. ábra: elhajlás rácson

http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FIZ1/ch01s03.html

d) Miből adódhatnak mérési hibák?

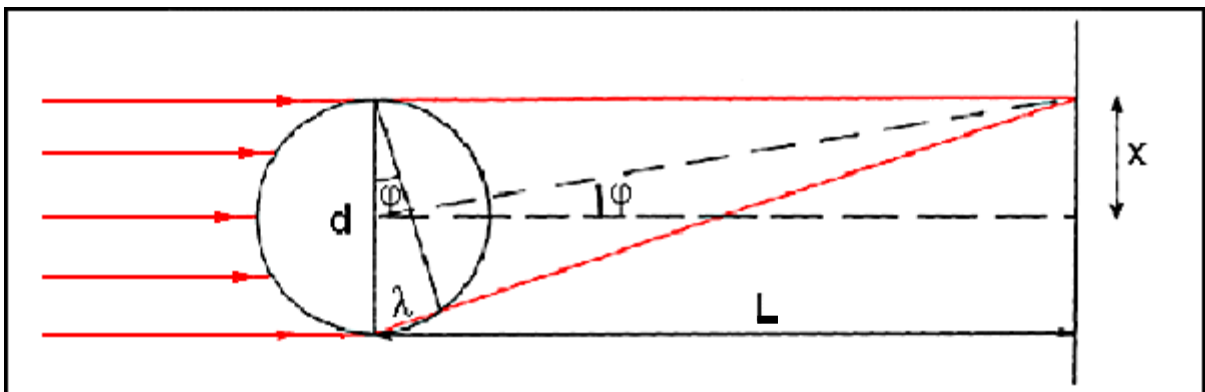
Mérési hibát okozhat a távolságmérés leolvasási pontatlansága, illetve az ernyőn látható fényfoltok közepe meghatározásának szubjektivitása.

2.

a) Töltsd ki a táblázatot!

A lézer hullámhossza: $\lambda =$	
A fal és a hajszál távolsága: $L =$	
$X_1 =$	$d =$
$X_2 =$	$d =$
$X_3 =$	$d =$

$$d_{\text{átlag}} =$$



14. ábra: elhajlás akadályon

http://www.mozaweb.hu/Lecke-mozaWeb-A_feny-Elhajlas_akadalyon-99602

A hajszál-ernyő távolság L , a szomszédos erősítési helyek távolsága x , ezek mérhetőek.

$$\frac{x}{L} = \frac{\lambda}{d}$$

ahonnan:

$$d = \frac{L \cdot \lambda}{x}$$

1.16. Vizsgálat: elemi töltés meghatározása elektrolízissel

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Az elemi töltés nagyságát az elektrolízis jelensége segítségével meghatározhatod. Mérned kell az elektrolízis idejét (t) és az áramerősséget (I), amelyből kiszámíthatod, hogy mennyi töltés (Q) haladt át az oldaton: $Q=I \cdot t$. Továbbá meg kell határoznod a folyamat közben semlegesítődött ionok számát, (figyelembe véve, hogy egy vagy többértékű ion semlegesítődött), ezt tömegméréssel meghatározhatod. Az elemi töltés a töltés és a részecskeszám hányadosaként adódik. $q = \frac{Q}{N}$.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db üveg pohár
- 2 db szénrúd
- cink-jodid oldat
- 1 db digitális multiméter
- 1 db stopper
- 0,01 mólos fixírsóoldat
- 1 db kapcsoló
- víz
- 1 %-os keményítőoldat

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

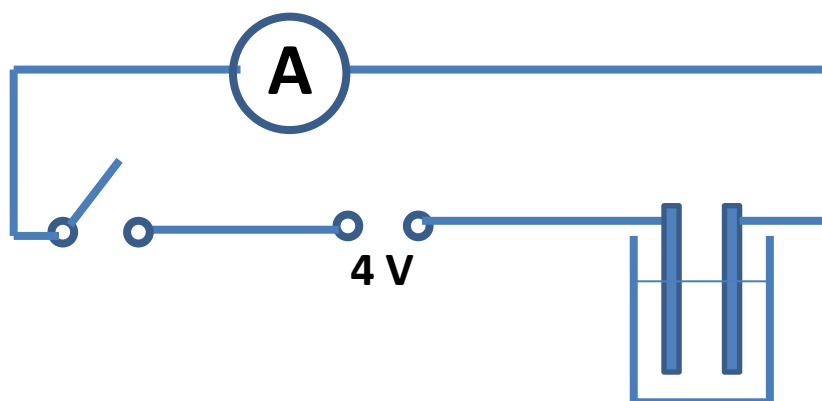


AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

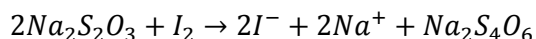
A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Állítsd össze az ábrán látható elrendezést! Az elektródák szénrudak, az elektrolit cink-jodid oldat! Zárd az áramkört és mérd az időt! Jegyezd fel az áramerősséget fél percenként, 10 percen keresztül! Az adataidat ábrázold grafikonon és határozd meg az elektrolízis során átfolyt töltés mennyiségét! (15 perc)



15. ábra: elektrolízis

2. Az elektrolízis befejeztével az anódra tapadt jódot kevés desztillált vízzel mosd bele a visszamaradt oldatba! A kivált jodidionok számának meghatározása az alábbi reakcióegyenlet alapján lehetséges:



Mivel a jód a vízben barna, a jodidion színtelen, ezért önts a jódoldathoz annyi 0,01 mólos fixírsóoldatot, hogy elszíntelenedjék! Előtte célszerű az oldatba néhány csepp 1 %-os keményítőoldatot tenni, amitől a jódos oldat erős kék színt kap, így a későbbi elszíntelenedés jobban látható. (10 perc)

3. Ismételd meg a mérést még kétszer és eredményeidet átlagold! (15 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

- a) Töltsd ki a táblázatot!

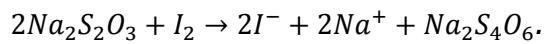
$t (s)$										
$I (A)$										

$t (s)$	t									
$I (A)$	I									

- b) Az áramerősség időfüggésének segítségével határozd meg az oldaton át a pozitív elektródhoz vándorolt negatív töltés nagyságát!

$$Q=I \cdot t$$

Mérni kell az elektrolízis idejét és az áramerősséget, amelyből kiszámítható, hogy mennyi töltés haladt át az oldaton – ezt a függvény alatti terület adja. Továbbá meg kell határozni a folyamat közben semlegesítődött ionok számát, ehhez használjuk a fixírsó oldatot.



Az egyenletből látszik, hogy minden fixírsó-molekulára egy jodidion jut. A fixírsó ml-enként $6,02 \cdot 10^{18}$ molekulát tartalmaz, így V ml felhasznált oldat $V \cdot 6,02 \cdot 10^{18}$ jodatomot eredményez. Az elemi töltés így az elektrolízis során felhasznált töltés és a részecskeszám hányadosaként megkapható.

2.

a) A fixírsó térfogata:

b) A kivált jódionok száma:

c) Egy jódion töltése:

3.

a) Töltsd ki a táblázatot!

t (s)											
I (A)											

t (s)											
I (A)											

b) Az áramerősség időfüggésének segítségével határozd meg az oldaton át a pozitív elektródhoz vándorolt negatív töltés nagyságát!

c) A fixírsó térfogata:

d) A kivált jódionok száma:

e) Egy jódion töltése:

f) Töltsd ki a táblázatot!

$t (s)$										
$I (A)$										

$t (s)$										
$I (A)$										

g) Az áramerősség időfüggésének segítségével határozd meg az oldaton át a pozitív elektródhoz vándorolt negatív töltés nagyságát!

h) A fixírsó térfogata:

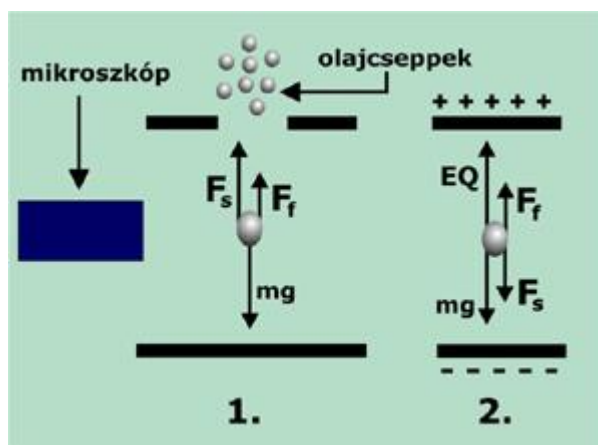
i) A kivált jócionok száma:

j) Egy jócion töltése:

1.17. Vizsgálat: a Millikan-kísérlet

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Kondenzátor fegyverzetei közé kerülő mikroszkopikus olajcseppekre három erő hat, a nehézségi erő lefelé, a közegellenállási erő és a felhajtóerő felfelé. Mivel az olajcsepp tömege nagyon kicsi, ezért a sebességfüggő közegellenállási erő hamar megnő akkorára, hogy a három erő kiegyenlíti egymást, így az olajcsepp egyenletesen mozog lefelé. Ha most a kondenzátorra feszültséget kapcsolsz, akkor a kondenzátor elektromos terében egy EQ nagyságú erő is fog ébredni. A két mérésből ki lehet számolni az olajcsepp Q töltését. Millikan azt találta kísérletsorozataiban, hogy az olajcseppek töltése minden esetben egy adott érték, nevezetesen $1,6 \cdot 10^{-19}$ C egész számú többszörösének adódott. A töltésnek létezik egy legkisebb, tovább nem osztható adagja, amelyet ezért elemi töltésnek nevezünk.



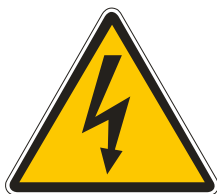
16. ábra: Millikan kísérlet

http://esca.atomki.hu/~egri/atomok/htm/millikan_k.html

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db Millikan-készlet
- 1 db stopper

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM



AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Figyeld meg a beporkasztott olajcsepp elektromos tér nélküli süllyedését! A lefelé történő mozgás sebességét meghatározhatod úgy, hogy megméréd, hogy egy kiszemelt csepp mennyi idő alatt teszi meg a mikroszkóp

látómezejének bizonyos távolságát. Ha most a kondenzátorra feszültséget kapsz (kb. 400-500 V egyenfeszültség), akkor a kondenzátor elektromos terében egy EQ nagyságú erő is fog ébredni. Állítsd be úgy a feszültséget, hogy a csepp nagyjából egyenletesen emelkedjen, és határozd meg a sebességét! (25 perc)

2. Ismételd meg a méréseket több különböző sugarú olajcseppre! (15 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

a) Írd fel az erők egyensúlyára vonatkozó egyenletet elektromos tér nélkül, és fejezd ki belőle a csepp sugarát!

$$F_{s1} + F_f - m \cdot g = 0$$

ahol

$$F_{s1} = 6 \cdot \eta \cdot r \cdot v_1$$

a levegő közegellenállásából származó erő. $\eta \approx 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$.
 F_f a levegő felhajtóereje a cseppre, ami

$$F_f = \frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot \pi \cdot \rho_{\text{levegő}} \cdot g$$

$m \cdot g$ pedig a cseppre ható nehézségi erő, ami

$$m \cdot g = \frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot \pi \cdot \rho_{\text{olaj}} \cdot g$$

Az erők kifejtéseit az első egyenletbe beírva:

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot \eta \cdot v_1}{2 \cdot g \cdot (\rho_{\text{olaj}} - \rho_{\text{levegő}})}}$$

b) Mérd meg a csepp sebességét!

c) Számítsd ki a csepp sugarát!

d) Írd fel az erők egyensúlyára vonatkozó egyenletet az elektromos tér bekapcsolása után!

$$E \cdot Q + F_f - m \cdot g - F_{s2} = 0$$

ahol $E=U/d$ (U a feszültség, d pedig a lemezek közötti távolság) és

$$F_{s2} = 6 \cdot \eta \cdot r \cdot v_2$$

a levegő közegellenállásából származó erő.

e) Fejezd ki a két egyenletből a csepp töltését!

$$Q = 18 \cdot \pi \cdot \frac{d}{U} \cdot (v_1 + v_2) \cdot \sqrt{\frac{v_2 \cdot \eta^3}{2 \cdot g \cdot (\rho_{olaj} - \rho_{levegő})}}$$

2.

1.

a) Mérd meg a csepp sebességét!

b) Számítsd ki a csepp sugarát!

c) Fejezd ki a két egyenletből a csepp töltését!

2.

a) Mérd meg a csepp sebességét!

b) Számítsd ki a csepp sugarát!

c) Fejezd ki a két egyenletből a csepp töltését!

3.

a) Mérd meg a csepp sebességét!

b) Számítsd ki a csepp sugarát!

c) Fejezd ki a két egyenletből a csepp töltését!

Célszerű minél több csepp töltését meghatározni, hogy láthassuk, hogy a kapott értékek tényleg $1,6 \cdot 10^{-19}$ C egész számú többszörösének adódnak. Sajnos a mérés során sok hibaforrás adódik, a cseppek nem csak fel-le, hanem oldalirányban is mozognak, nehézkes a leolvasás – ha van rá lehetőség ezt célszerű kivetíteni, így pontosabbá tehető.

1.18. Vizsgálat: fotoeffektus vizsgálata fotocellával

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Fémekből izzítással, elektronok bombázásával, vagy megvilágítással lehet elektronokat kiléptetni. A fény hatására történő elektronkiléptetést hívjuk fényelektromos jelenségnek vagy fotoeffektusnak.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db fényforrás
- színszűrő
- 1 db vákuumfotocella
- 1 db egyenfeszültségű áramforrás
- 1 db tolóellenállás
- 2 db digitális multiméter
- vezetékek
- milliméterpapír

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

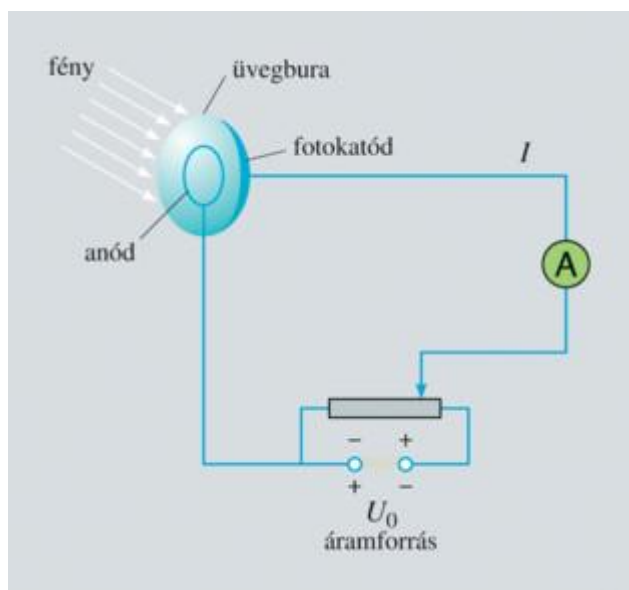


AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Állítsd össze az alábbi elrendezést! Színszűrő segítségével egyszínű (monokromatikus) fényrel világítsd meg a fotokatódot és mérd az áramerősséget! Vizsgáld azt is, mi történik, ha növeled a gyorsító tér feszültségét! (15 perc)



17. ábra: fotoeffektus bemutatására alkalmas összeállítás

2. Cseréld fel az áramforrás polaritását és a feszültségszabályozó segítségével fokozatosan növeld az ellentér feszültségét! Finom állítgatással keresd meg a fotoáram megszűnéséhez tartozó zárófeszültség értékét is! (5 perc)

3. Végezd el a kísérletet más színű és erősségű fénnel is! (20 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

b) Töltsd ki a táblázatot!

$U (V)$					
$I (mA)$					

2.

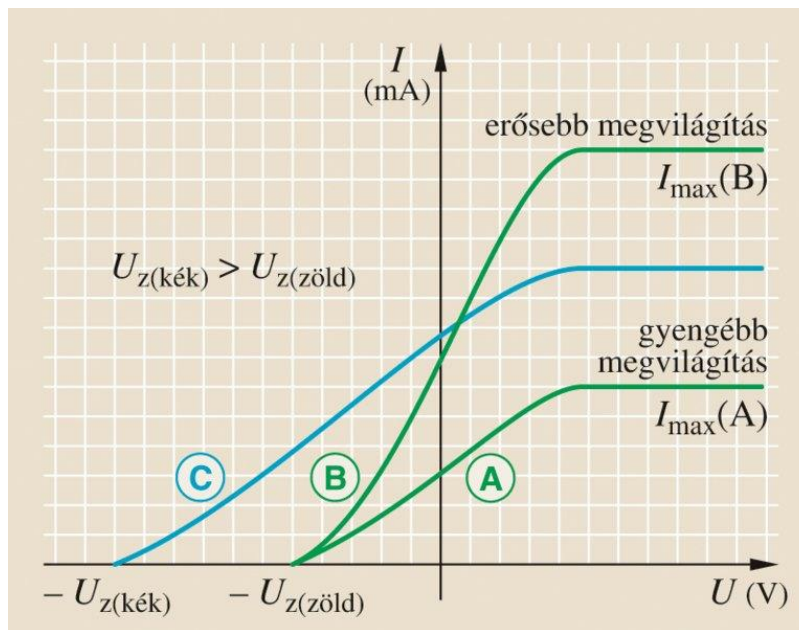
a) Töltsd ki a táblázatot!

$U (V)$					
$I (mA)$					

b) Mekkora a zárófeszültség értéke?

A pozitív gyorsító feszültség növelésével az áramerősség egy maximális (I_{max}) értéket vesz fel. Ekkor a fotokatódból kilépő valamennyi elektron igen rövid idő alatt eljut az anódra, ezért nem növelhető tovább az áramerősség. Ellentétes polaritásnál a feszültség növelésével viszont egyre kisebb lesz az áramerősség, egyre kevesebb elektron képes legyőzni a növekvő elektromos mező fékező hatását. Végül egy U_z feszültségértéknél az áram megszűnik. Ezt az U_z értéket zárófeszültségnek nevezzük, mivel ekkor a fékező elektromos mező lezárja az elektronok anódra való áramlását.

c) Ábrázold közös koordináta-rendszerben az áramerősséget a feszültség függvényében az 1. és 2. feladat eredményei szerint!



18. ábra: a fotocella áramerősség-feszültség függése

http://www.mozaweb.hu/Lecke-Fizika-Fizika_11-1_2_A_fenyelektromos_jelenseg-105031

3.

- a) Mit tapasztaltál a színek és a fényerősség változtatása során? Foglald össze a tapasztalataidat!

A fotocella áramkörében mért fotoáram I áramerősségének maximális értéke annál nagyobb, minél nagyobb a megvilágító fény erőssége. Vagyis erősebb megvilágításnál több elektron lép ki a fotokatódból.

A zárófeszültség csak a megvilágító fény frekvenciájától függ. Nagyobb f frekvenciájú fényenél nagyobb lesz a fotoáram U_z zárófeszültsége is. A feszültségérték – állandó frekvencia mellett – független a megvilágítás erősségétől. Tehát a kilépő elektronok maximális mozgási energiáját csak a fény frekvenciája befolyásolja. Nagyobb frekvenciájú fény nagyobb mozgási energiával léptet ki elektronokat a katódból.

A fotoeffektus nem jön létre, ha a fény frekvenciája kisebb – egy a fotokatód anyagára jellemző – határfrekvenciánál.

A fényelektromos hatás mindig pillanatszerűen következik be. Nincs szükség várakozási időre ahhoz, hogy az elektronok a fényből összegyűjtsék a kilépéshez szükséges energiát. Erre utal, hogy a fotocellák árama a megvilágítást követően azonnal megjelenik.

http://www.mozaweb.hu/Lecke-Fizika-Fizika_11-1_2_A_fenyelektromos_jelenseg-105031

A mérés során hibát okozhat a mérőeszközök leolvasási pontatlansága, a fényforrás pontatlan fókuszálása és a fény frekvencia-meghatározás bizonytalansága.

1.19. Vizsgálat: az Avogadro szám meghatározása

A FIRKA 2000-2001/4-es szám 159-160. o. alapján (Barabás Márta, Barabás György: Egyszerű módszer az Avogadro-féle szám meghatározására)

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

Avogadro 1811-ben kísérleti tényekre alapozva fogalmazta meg törvényét: egyenlő térfogatú gázok, azonos nyomáson és hőmérsékleten, kémiai természetüktől függetlenül, azonos számú részecskét tartalmaznak. Avogadro törvényéből következik, hogy minden anyag egy mólnyi mennyiségében ugyanannyi molekula van, függetlenül az illető anyag fizikai és kémiai tulajdonságaitól. Ezt a számot Avogadro-számnak nevezik, és N_A -val jelölik. Értéke: $6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{mol}$.

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db nagy felületű edény
- dietiléter
- olajsav
- kámforkristályok
- 1 db mérőpipetta

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM



AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Készíts 0,01 százalékos olajsav oldatot (oldószerként dietilétert használunk, melynek sűrűsége $0,7 \frac{g}{cm^3}$)! Ebből az oldatból egy vízréteg felületén monomolekuláris filmet állíthatsz elő, a következőképpen: a víz felületére szórjál apró kámforkristályokat! Mivel a kámfor kis mértékben oldódik vízben és megváltoztatja a víz felületi feszültségét. Amikor a kámforkristályok a víz felületére érnek, az oldódás és a felületi feszültségváltozás következtében, heves mozgásba kezdenek a víz felületén. Egy mérőpipetta segítségével a fenti olajsav-oldatból juttass cseppeket a víz felületére. Az éter elpárolgása után a víz felületén egy monomolekuláris olajsavfilm jelenik meg. Amikor ez a film befedi az egész víz felületét, a kámforkristályok mozgása megszűnik. (40 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

- a) A felhasznált olajsav-oldat térfogata:

b) A felhasznált olajsav-oldat tömege:

c) Az olajsav tömege (az oldat 0,01 százalékos!):

d) Az olajsav térfogata (1 mol tömege 282 g, sűrűsége 0,89 g/cm³):

e) A víz felülete az edényben:

f) Az olajsavréteg magassága:

Az olajsavréteg térfogatából (d pont) és az alapterületből (e pont).

g) Egy molekula térfogata:

Feltételezve, hogy a molekulák gömb alakúak és az f pontban számolt élhosszúságú kockában vannak, a térfogat a magasság harmadik hatványa.

h) Egy molekula tömege:

A térfogatból (g pont) és a sűrűségből. 0,89 g/cm³

i) Az Avogadro szám értéke:

Az olajsav moláris tömege (282 g) és egy molekula tömegének (h pont) hányadosa.

1.20. Vizsgálat: földrajzi helymeghatározás

ELMÉLETI ISMERETEK, A VIZSGÁLAT CÉLJA

A GPS korában nem is gondolnád, hogy földrajzi helymeghatározásra, ami Föld egy adott pontja helyzetét jellemző adatoknak (koordinátáknak): a földrajzi szélességnek és a földrajzi hosszúságnak a megállapítása, - elegendő egy pontosan járó óra és egy függőleges pálca, a gnomón... A földrajzi szélesség az adott hely távolsága az egyenlítőtől északra (északi szélesség) vagy délre (déli szélesség) 0-tól -90° -ig. A földrajzi hosszúság pedig az adott helynek, fokokban kifejezett távolsága a greenwichi ún. kezdő meridiántól ($0-180^\circ$) keletre (keleti hosszúság) vagy nyugatra (nyugati hosszúság).

ANYAGOK, ESZKÖZÖK

- 1 db függőleges állásban rögzíthető rúd (gnomón)
- 1 db vízszintes állású lap (rajztábla)
- 1 db óra
- papír
- 1 db iránytű
- 1 db vonalzó

MUNKAREND, BALESETVÉDELEM

Általános szabályok.

AZ ÉRTÉKELÉS ESZKÖZE:

A helyesen kitöltött feladatlap.

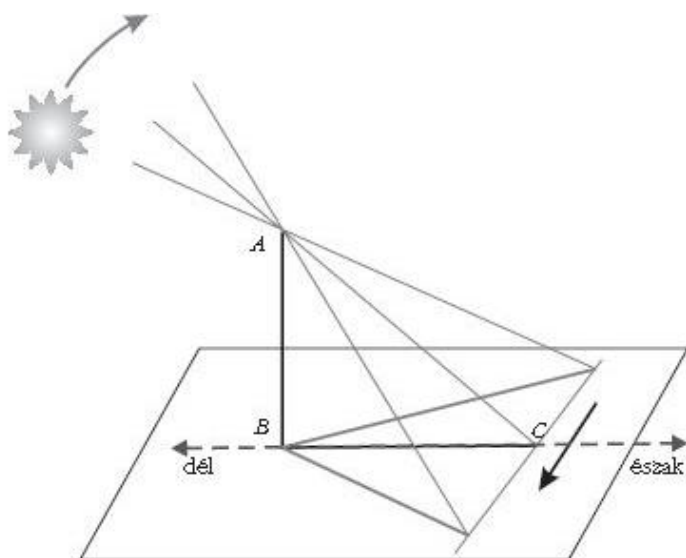
A VIZSGÁLAT LEÍRÁSA, MEGFIGYELÉSI SZEMPONTOK

1. Rajzolj meg a papír hosszabbik szimmetriatengelyét és iránytű segítségével állítsd be észak-dél irányban! Rögzítsd a gnomónt a rajztáblára, a rajzolt vonal valamelyik végpontjában úgy, hogy árnyéka a papírra essen! Határozd meg a delelés időpontját (amikor legrövidebb a bot árnyéka) minél pontosabban! (40 perc)

TAPASZTALATOK, KÖVETKEZTETÉSEK, FELADATOK

1.

- a) A gnomón árnyéka a Nap delelésekor lesz a legrövidebb. Ilyenkor az árnyék éppen észak-déli irányú. A delelés időpontja:



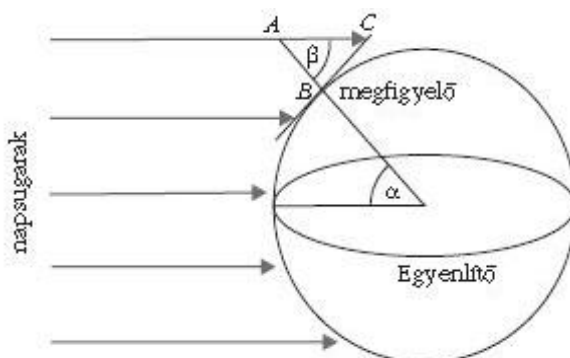
19. ábra: a gnomón

<http://wwwold.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0904/baranyai0904.html>

b) A pálca hossza:

c) A pálca árnyékának hossza:

Ha a Nap az Egyenlítő irányából süt (tavasi és őszi napéjegyenlőség idején) a földrajzi szélesség meghatározásához a Nap delelésekor keletkező ABC derékszögű háromszög megfigyelése szükséges:



20. ábra: földrajzi szélesség meghatározása napéjegyenlőség idején

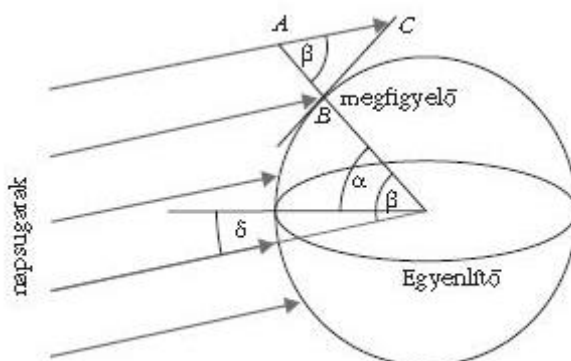
<http://wwwold.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0904/baranyai0904.html>

Ennek AB oldala maga a pálca, BC oldala pedig az árnyék. Az oldalak hosszának ismeretében a háromszög szögei meghatározhatóak. A háromszög

megszerkesztése után méréssel, vagy szögfüggvények segítségével:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{BC}{AB}.$$

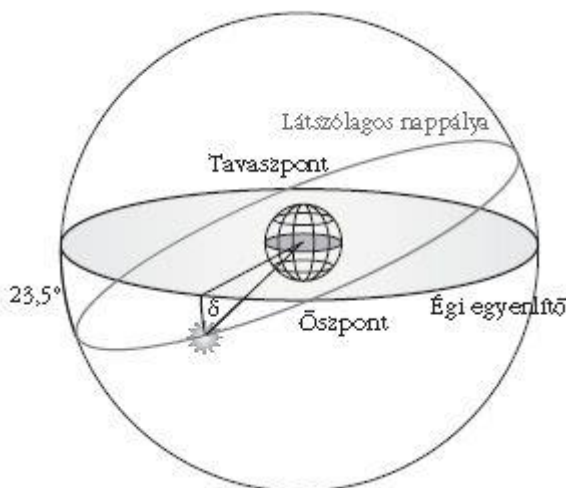
Más napokon a Föld tengelyferdeségéből adódóan a napsugarak nem az Egyenlítő síkjával párhuzamosan érik a Földet:



21. ábra: földrajzi szélesség meghatározása, ha a Nap nem az Egyenlítőre merőlegesen delel

<http://wwwold.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0904/baranyai0904.html>

Ilyenkor $\alpha = \beta - \delta$, ahol α a keresett földrajzi szélesség, β az ABC háromszögből általunk meghatározott szög, δ pedig az a szög, amit a napsugarak az egyenlítő síkjával bezárnak.



22. ábra: a Nap delelési pályája a Földről nézve egy év során

<http://wwwold.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0904/baranyai0904.html>

Ez a szög az úgynevezett deklináció, ami az év során napról napra változik (3. ábra). Legnagyobb a nyári és a téli napforduló idején, amikor $\delta = \pm 23,5^\circ$. A mérés napjára érvényes δ -értéket leolvashatjuk az úgynevezett analemmáról

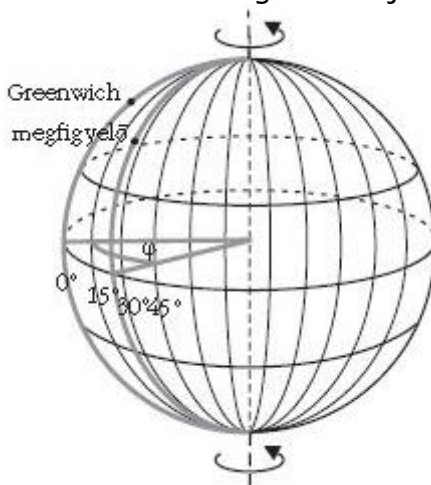
is.

- d) Interneten keresd meg a mérés napjához tartozó deklináció értékét, majd figyeld meg, hogy a 24. ábrán ez hogyan olvasható le!

Az analemma függőleges tengelyéről olvasható le.

- e) A kapott földrajzi szélesség értéke:

A földrajzi hosszúsági koordinátája az a szög, amit a megfigyelő helyén átmenő hosszúsági kör és a greenwichi 0. hosszúsági kör síkja alkot.



23. ábra: a földrajzi hosszúság

<http://wwwold.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0904/baranyai0904.html>

A Föld 1 óra alatt hozzávetőlegesen 15°-ot fordul, így 1°-os elforduláshoz 4 percre van szükség. Mivel az időzónákat úgy jelölték ki, hogy a nyugati határukon 12 óra 0 perckor, a keleti határukon pedig 11 óra 0 perckor deleljen a Nap, ezért a delelés időpontja valamikor 11 óra x perckor várható. (Nyári időszámítás miatt 12 óra x perc!). Ez azt jelenti, hogy a 30. hosszúsági körtől x/4 fokkal vagyunk nyugatabbra, tehát a földrajzi hosszúságunk fokban kifejezve:

$$\varphi = 30^\circ - \frac{x}{4}$$

Mivel a Föld a Nap körüli pályáján az év során hol gyorsabban, hol lassabban halad, ezért a delelés hol előbb, hol később következik be. Így a Nap két delelése között nem pontosan 24 óra, hanem ennél egy kicsivel több vagy kevesebb telik el, az adatunkat korrigálni kell!

Az évnek csak négy olyan napja van, amikor a delelés éppen 11 óra x perckor, az úgynevezett középideő szerinti délben következik be: április 16-án, június 14-én, szeptember 1-jén és december 25-én. A többi napon korrekcióra van szükség, ez az időkiegyenlítés.

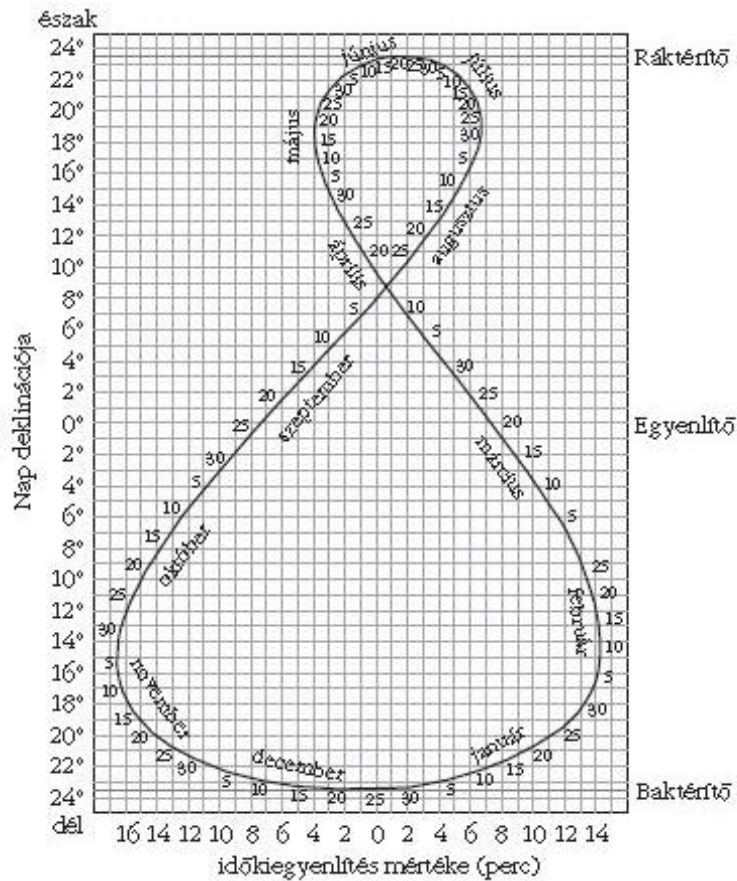
A korrekció értékét táblázatból kereshetjük ki, vagy leolvashatjuk az analemmagörbéről. Ha a korrekciós táblázat szerint a mérés idején a Nap z perccel a középideő szerinti dél előtt delel, és az óránk szerint 11 óra y perckor volt a delelés, akkor a földrajzi hosszúságot fokokban a

$$\varphi = 30^\circ - \frac{y+z}{4}$$

képlet határozza meg.

Nyilván a GMT+2, +3, időzónák esetén a 30° helyett 45°, 60°, írandó.

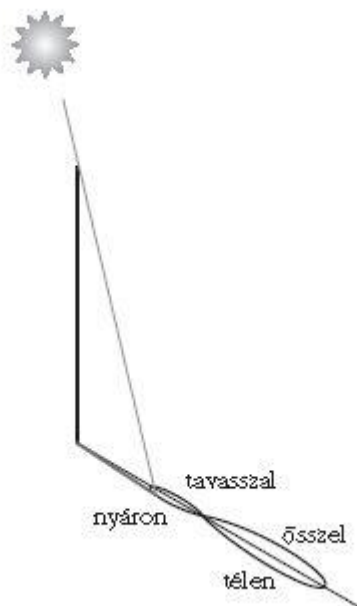
- f) Interneten keresd meg a mérés napjához tartozó analemmagörbét, és olvasd le a korrekciós tényezőt!



24. ábra: az analemmagörbe

<http://www.ipgp.jussieu.fr/~tarantola/Icons/Analemma/index.html>

- g) A kapott földrajzi hosszúság értéke:



25. ábra: a gnomón árnyékának változása a középidő szerinti délben egy év során

<http://wwwold.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0904/baranyai0904.html>

h) Méréseket ellenőrizd GPS segítségével!

Fogalomtár

belső ellenállás: az áramforrás ellenállása

deklináció: a mágneses és a földrajzi Északi-sark közötti szögbeli eltérés fokokban kifejezve

dióda: olyan kétrétegű félvezető alkatrész, amelyet többségében egyenirányításra, híradástechnikai célra (például rádióvevő készülékekben demodulálásra) illetve egyszerűbb kapuáramkörökben alkalmaznak

elektrolízis: anyagok elektromos feszültség segítségével történő szétválasztása

fotocella: fényelektromos hatáson alapuló berendezés, amely a fényhullámokra elektromos választ ad

fóssík: lencsék esetében a fóssík az a sík, ahol a párhuzamosan érkező és a fókuszponton áthaladó sugarak hosszabbítása metszi egymást

inklináció: a Föld mágneses erőterének iránya, a függőleges síkon mért szöggel kifejezve, amellyel az adott földrajzi ponton a vízszinteshez képest lehajlik

Kundt-féle cső: hanghullámok levegőben történő vizsgálatához és azok hullámhosszának meghatározásához tervezett átlátszó cső végzáró tárcsákkal

monomolekuláris réteg: egy molekulányi vastagságú réteg, mely egyes anyagok felületén bizonyos módszerek segítségével állítható elő

szöggyorsulás: a szögsebesség változási gyorsasága

tehetetlenségi nyomaték: a forgó testet jellemző paraméter (minél nagyobb annál nehezebb a testet forgásba hozni)

tranzisztor: olyan több rétegből álló félvezető eszköz, amelynek jellemző felhasználásai az elektromos jelerősítés, jelek ki-be kapcsolása, feszültségstabilizálás vagy jelmoduláció

üresjárási feszültség: a két elektróda közötti maximális feszültség (potenciálkülönbség), amit akkor mérhetünk, ha az áramforráson keresztül nem folyik áram

Ábrajegyzék

1. ábra: forgómozgás vizsgálata, 6. oldal
2. ábra: forgómozgás vizsgálata, 8. oldal
3. ábra: Kundt-cső, 13. oldal
4. ábra: hullámok interferenciája, 19. oldal
5. ábra: üresjárási feszültség és a belső ellenállás vizsgálata, 25. oldal
6. ábra: üresjárási feszültség és a belső ellenállás vizsgálata, 26. oldal
7. ábra: üresjárási feszültség és a belső ellenállás vizsgálata, 26. oldal
8. ábra: üresjárási feszültség és a belső ellenállás vizsgálata, 28. oldal
9. ábra: a transzformátor vizsgálata, 29. oldal
10. ábra: a kapacitív ellenállás vizsgálata, 33. oldal
11. ábra: az induktív ellenállás vizsgálata, 37. oldal
12. ábra: a rezgőkör vizsgálata, 39. oldal
13. ábra: elhajlás rácson, 48. oldal
14. ábra: elhajlás akadályon, 49. oldal
15. ábra: az elektrolízis folyamata, 50. oldal
16. ábra: Millikan kísérlete, 54. oldal
17. ábra: fotoeffektus bemutatására alkalmas összeállítás, 58. oldal
18. ábra: a fotocella áramerősség-feszültség függése, 60. oldal
19. ábra: a gnomón, 64. oldal
20. ábra: a földrajzi szélesség meghatározása napéjegyenlőség idején, 64. oldal
21. ábra: a földrajzi szélesség meghatározása, ha a Nap nem az Egyenlítőre merőlegesen süt délben, 65. oldal
22. ábra: a Nap delelési pályája a Földről nézve egy év során, 65. oldal
23. ábra: a földrajzi hosszúság, 66. oldal
24. ábra: az analemmagörbe, 67. oldal
25. ábra: a gnomón árnyékának változása a középítő szerinti délben egy év során, 68. oldal

Források

- JUHÁSZ András (1992), Fizikai kísérletek gyűjteménye, Typotex
- VERMES Miklós (2005), Fizikai kísérletek, J.O.S.
- RÓKÁNÉ Kalydi Beáta (1997), 500 kérdés és válasz a fizika köréből, Tóth Könyvkereskedés és Kiadó Kft.
- RÓKÁNÉ Kalydi Beáta (1998), 300 kérdés és válasz a fizika köréből, Tóth Könyvkereskedés és Kiadó Kft.
- RÓKÁNÉ Kalydi Beáta (1999), 150 kérdés és válasz a fizika köréből, Tóth Könyvkereskedés és Kiadó Kft.
- KALMÁR Cecília (2012), Fizika tanulói munkafüzet
- LÁNG Róbert (2014), Fizika tanulói munkafüzet
- BELLAY László (1976), Hogyan tanuljunk fizikát?, Tankönyvkiadó
- Dr. HALÁSZ Tibor, Dr. JURISITS József, Dr. SZŰCS József (2004), Fizika munkafüzet, Mozaik Kiadó
- JURISITS József (1977), Feladatgyűjtemény, Tankönyvkiadó
- HOLICS László (1983), Fizika III. munkafüzet, Tankönyvkiadó
- ZÁTONYI Sándor (1977), Kis elektrotechnikus, Tankönyvkiadó
- MÉSZÁROS Mária, VOZÁRY Pálné (1976), Fizika III. munkafüzet, Tankönyvkiadó
- ERDEI Imre, KOCSIS Vilmos (1977), Fizika IV. munkafüzet, Tankönyvkiadó
- ERDEI Imre, KAKUSZI László, KOCSIS Vilmos, VOZÁRY Pálné (1976), Munkafüzet, Tankönyvkiadó