

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM

Természettudományi és Informatikai Kar

Kísérleti Fizika Tanszék

fizika szak

SZAKDOLGOZAT

Modern fizikai kísérletek a középiskolában

Készítette:

HAJDÚ CSABA

Témavezető:

Dr. Papp Györgyné Dr. Papp Katalin

Egyetemi docens

2009.

Modern fizikai kísérletek a középiskolában (Tartalmi összefoglaló)

A **modern fizika** napjaink fizikája. Kezdetét a XX. század elejétől számítjuk, amikor Max Planck a fekete test sugárzásának magyarázatára megalkotta kvantumhipotézis elméletét, Albert Einstein pedig magyarázatot adott a fényelektromos jelenségre és a foton fogalmának bevezetésével megteremtette a kvantummechanika alapjait. Az új fizikai, kémiai és biológiai ismeretek birtokában olyan dolgokat fedezhetünk fel, amelyekkel könnyebbé, jobbá tehetjük életünket. Ehhez az iskolai természettudományos oktatásnak hozzá kell járulnia. Ugyanakkor a középiskolák nagy részében a természettudományos tárgyak oktatására fordítható óraszám jelentősen csökkent. A tanulók sok esetben elfordulnak a bonyolultnak látszó, megérthetetlennek tűnő feladatoktól. E kedvezőtlen hozzáállás megváltoztatására alkalmasak a kísérletek.

Dolgozatomban kísérlet-fejlesztéseimet mutatom be a modern fizika tárgyköréből. Törekedtem arra, hogy a kísérleteket viszonylag egyszerű eszközökkel, mindenki által könnyen hozzáférhető nem túl drága anyagokkal végezzem. A modern fizika az iskolai fizika oktatás egyik legizgalmasabb témaköre.

- Az első részben egy **atomi erő mikroszkóp modelljét**, a modell megépítését mutatom be. Ezt követően modellezem, hogyan készül el egy atomtérkép minta, illetve az anyagban hogyan lehet a molekulák helyzetét, a Van der Waals kötőerőket feltérképezni.
- Második kísérletemben **napelemeket** tanulmányozok, megvizsgálom, hogyan hat kevert fénynél a megvilágítás erőssége a napcellára, monokromatikus fényforrásként LED-eket használtam.
- A harmadik részben különböző **LED-ekkel színkeverési kísérleteket** mutatok be, amelyek után a tanulók eljuthatnak addig, hogy megértsék az LCD monitor, a projektor vagy a színes TV működésének alapjait.

Céлом az volt, hogy kísérleteimmel felkeltsem vagy tovább erősítsem a tanulóknak az érdeklődést a fizika, illetve napjaink fizikája iránt.

TARTALOMJEGYZÉK

I. BEVEZETÉS	3 -
II. A MODERN FIZIKAI KÍSÉRLETEK SZEREPE A KÖZÉPISKOLAI OKTATÁSBAN	4 -
1. A modern fizika helye a természettudományban	4 -
2. A kísérlet, mint a természet megismerésének módszere a fizikában	4 -
3. A tudomány és szaktárgy kapcsolata	6 -
4. A fizika tantárgy helyzete a középiskolai oktatásban	7 -
5. Modern fizika a középiskolai érettségiben	8 -
III. KÍSÉRLET-FEJLESZTÉSEK A MODERN FIZIKA TANÍTÁSÁHOZ	10 -
A. ATOMI ERŐ MIKROSZKÓP MODELL	10 -
1. Elméleti alapok	10 -
2. Az AFM modelljének elkészítéséhez szükséges anyagok, eszközök	11 -
3. A modell készítésének lépései	12 -
4. Kísérletek az AFM modell felhasználásával	13 -
5. Feladatok, kérdések a tanulókhöz	16 -
6. Szakmódszertani megjegyzések	16 -
7. A modell továbbfejlesztésének lehetőségei	16 -
B. KÍSÉRLETEK NAPELEMEKKEL	18 -
1. Hogyan hat a megvilágítás erőssége kevert fénynél a napcellára?	18 -
1.1. Elméleti alapok	18 -
1.2. A kísérlet leírása	19 -
1.3. Szükséges eszközök	19 -
1.4. A mérés leírása (tanulói feladatok)	19 -
2. LED-ek vizsgálata napelemekkel	20 -
2.1. Elméleti háttér	21 -
2.2. Felhasznált eszközök	22 -
2.3. A kísérlet összeállítása	22 -
2.4. Feladatok	23 -
3. Napelem távolságfüggés LED - del	26 -
3.1. Elméleti háttér	26 -
3.2. A kísérlet összeállítása	26 -
3.3. Feladat	27 -
4. A napcella teljesítményének függése a hőmérséklettől	29 -
4.1. Elméleti háttér	29 -
4.2. Felhasznált eszközök	29 -
4.3. A kísérlet leírása	29 -
4.4. Kérdések, kísérleti tapasztalatok, következtetések	32 -
5. Szakmódszertani megjegyzések	33 -
C. SZÍNKEVERÉS LEDEKKEL	34 -
1. Fehér fény előállítása alapszínekből (1. kísérlet)	34 -
1.1. Elméleti alapok	34 -
1.2. Szükséges anyagok, eszközök	36 -
1.3. A kísérlet leírása	36 -
1.4. Feladatok	36 -
2. Színkeverés két diódával (tanulói feladat)	39 -
3. Színkeverés három diódával (tanulói feladat)	41 -
4. Kiegészítő színek	42 -
4.1. Elméleti alapok	42 -
4.2. Felhasznált eszközök	43 -
4.3. A kísérlet leírása	43 -
4.4. Feladatok	43 -
5. Árnyékjelenségek	45 -
6. Szakmódszertani megjegyzések	46 -
7. A fényképezés módja	47 -
IV. Összefoglalás	48 -
V. IRODALOMJEGYZÉK	49 -
VI. TÁBLÁZATJEGYZÉK	50 -

I. BEVEZETÉS

Az emberek minden időben arra törekedtek, hogy környezetüket céljaik érdekében megváltoztassák. Erre azonban csak olyan mértékben voltak képesek, amilyen mértékben felismerték a természet és társadalom törvényszerűségeit, és ezeknek megfelelően cselekedtek.

Egy társadalom fejlődését meghatározza, milyen mértékben képes az ember átadni a felhalmozódott tapasztalatokat a jövő nemzedék számára. Az iskola az az intézmény, ahol ez a tevékenység a nevelés keretében szervezett, céltudatos formát ölt.

A jövőre való felkészítés követelményeinek akkor tesz eleget az iskola, az oktatási intézmény, ha olyan önálló, gondolkodó embereket nevel, akik képesek megérteni az újat, akik tudják követni a társadalmi gazdasági folyamatokat, a tudomány és technika fejlődését.

A tudományos technikai fejlődés mai szakaszában iskoláink csak úgy felelnek meg a társadalmi követelményeknek, ha az alapvető ismeretek oktatására törekszenek és a tanulók gondolkodását fejlesztve a középiskolában kialakítják a továbbtanulás igényét, képessé teszik őket a folyamatos önművelődésre.

Napjainkban a gondolkodásfejlesztő oktatás minden eddiginél halaszthatatlanabb, sürgetőbb társadalmi és pedagógiai feladat, hiszen amikor a tudományos ismeretek hihetetlen tömegét kell elsajátítani, termelőerővé változtatni, gyermekeinket meg kell tanítani az eredményes gondolkodásra, csak így lesznek képesek a gyorsuló világban a fejlődés urává, szabályozójává válni.[1]

Az oktató-nevelő munka alapvető szervezeti formája a tanítási óra. Az iskola feladatainak döntő részét az órák rendszerében kell megoldani. A szóbeli érettségi vizsgán a diákok által tanult ismeretek szintézise, alkalmazása valósul meg.

Fizikai kísérletezés során a tanulóknak lehetőségük nyílik egy adott, a természetben lezajló jelenség, folyamat bemutatására, összefüggések feltárására, törvényszerűségek megértésére.

Feladatom a Kísérleti Fizikai Tanszéken olyan eszközök megtervezése, készítése, amelyek alkalmasak a középiskolában, a középiskolai fizika érettségien modern fizikai kísérletek bemutatására, végzésére, egyes, a modern fizikához kapcsolódó folyamatok modellezésére, a tanulók fizika iránti érdeklődésének elmélyítésére.

II. A MODERN FIZIKAI KÍSÉRLETEK SZEREPE A KÖZÉPISKOLAI OKTATÁSBAN

1. A modern fizika helye a természettudományban

A fizika a görög φυσικός, természetes és φύσις, természet szóból származik. A legszélesebb értelemben vett természettudomány, amelyből több ág vált ki a tudomány fejlődése során. A fizikusok az anyag tulajdonságait és kölcsönhatásait tanulmányozzák az elemi részecskék szintjétől a világegyetem egészéig.

A fizika szoros kapcsolatban áll a többi természettudománnyal: kémia, biológia, földrajz.

A modern fizika kezdetét a XX. század elejétől számítjuk, amikor Max Planck a fekete testek sugárzásának magyarázatára megalkotta kvantumhipotézis elméletét. A modern fizika fejlődésében áttörés 1905-ben következett be, amikor Albert Einstein magyarázatot adott a fényelektromos jelenségre, és a foton fogalmának bevezetésével megteremtette a kvantummechanika alapjait, kidolgozta a speciális relativitás elméletét, és a Brown-féle mozgás magyarázatával közvetett bizonyítékot szolgáltatott az atomok létezésére.

A fizika nem csupán a tudomány és technika fejlődésében játszik létfontosságú szerepet, hanem rendkívüli hatással van társadalmunk életére is. A fizika hozzájárulása más tudományok fejlődéséhez alapvető fontosságú olyan globális problémák sikeres megoldásában, mint az energiatermelés, a környezetvédelem és a népegészségügy.

Az ENSZ közgyűlése 2004. június 1-én határozatban megállapította, hogy a fizika és alkalmazásai napjaink számos műszaki újdonságának alapját képezik.

Hangsúlyozza, hogy a fizika oktatása biztosítja az emberek számára az eszközöket a fejlődéshez elengedhetetlenül szükséges tudományos infrastruktúra megteremtéséhez.

2. A kísérlet, mint a természet megismerésének módszere a fizikában

A kísérletezés, a próbálgatás az egyik legizgalmasabb emberi tevékenység. Németh László írja, hogy „amit az élet, mint terhet, gondot vagy csapást mér rá, a kísérletezés öröme alakítja át mulatsággá”. (A kísérletező ember, Előszó).[2]

De a kísérletezés és a próbálgatás igencsak különböznek egymástól. A próbálgatás csupán valamilyen következménnyel jár, a kísérlet viszont eldönt valamit, aminek lehetőségét már előre kigondoltuk, de nem tudjuk, helyes-e vagy nem. A kísérlet a technikában és a modern természettudományban a kutatás-fejlesztés alapvető módszere.

Az Új Magyar Lexikon megfogalmazásában a kísérlet valamely természeti folyamat mesterséges előidézése oly módon, hogy a folyamat feltételei bizonyos fokig pontosan

ellenőrizhetők legyenek, és belőlük a folyamat meghatározó törvényszerűségeire következtetni lehessen.

A kísérlet elősegíti az elméleti következtetések, hipotézisek ellenőrzését és gyakorlati felhasználhatóságuk megvizsgálását.

A kísérleteket általában mérésekkel hajtják végre, de nem minden mérés kísérlet. Az egyszerű mérésnél az ember a tőle függetlenül végbemenő folyamatokat regisztrálja. A kísérlethez viszont mindig hozzátartozik az emberi beavatkozás a folyamatba, a rendszer bemenő jellemzőinek, működési feltételeinek a beállítása.

De az olyan mérés sem tekinthető kísérletnek, amelyet nem előz meg a folyamat elméleti elemzése, a várható viselkedésre vonatkozó előzetes hipotézis felállítása.

Az iskolai kísérletezés során a tanulóknak lehetőségük nyílik egy adott, a természetben megfigyelhető jelenség, folyamat bemutatására, összefüggések feltárására, törvényszerűségek megértésére.

Egyes jelenségeket közvetlenül érzékszerveinkkel is megfigyelhetünk, (pl. szín, szag, alak, nagyság, felület), megmérhetünk, míg másokról közvetett úton, számítással vagy valamilyen műszer segítségével kaphatunk információkat.

A környezetünkben lezajló különféle fizikai jelenségeket csak akkor tudjuk igazán megérteni, ha meglátjuk a jelenség lényegi összefüggéseit, és ezeket az összefüggéseket meg tudjuk mérni. A mérés pontossága, a mérőeszköz, nagymértékben befolyásolja a levonható következtetéseket. Némely esetben bizonyos részecskék meglétére csak következtetni tudunk. A modern fizikában, különösen a nagyon apró, szabad szemmel nem látható részecskék meghatározása igen nagy körültekintést igényel.

Bizonyos fizikai jelenségek megértéséhez a folyamatot modellezni kell. A modellezés során a vizsgált jelenséget analógiák és hasonlósági törvények segítségével írjuk le, ezáltal megbízható ismeretanyagot kapunk valamilyen fizikai jelenségről vagy igazoljuk az elméleti eredményeket.

A modellalkotásnál tudatában kell lenni annak, hogy a modell nem azonos a vizsgált rendszerrel vagy folyamattal, és nem tükrözi maradéktalanul annak összes tulajdonságait, viszont mégis magán viseli az anyagi világban lejátszódó folyamatok fontos ismérveit, így alkalmas a döntő törvényszerűségek feltárására és szemléltetésére.

Akkor és csak akkor tekinthetünk valamit modellnek, ha ismerjük azokat az összefüggéseket, jellemzőket, amely szerint a modell és a modellezett hasonlóak egymáshoz.

A modellezés sajátos, de igen széles körben használt funkciója a szemléltetés. Olyankor van szükség szemléltető modellre, amikor az eredeti, a modellezett működése, szerkezete közvetlenül nem mutatható be, azért mert nagyon nagy, vagy nagyon kicsiny, vagy mert nagyon bonyolult, vagy azért mert az emberek számára nehezen megfigyelhető. Az

oktatásban gyakran szemléltetünk eszközöket, folyamatokat, helyzeteket kétdimenziós modellekkel, táblákkal. Ide tartoznak a diaképek, az írásvetítő transzparenszek is. Legelterjedtebb a statikus tábla, amely lehet folyamatábra, metszeti rajz, fénykép és rajz kombinációja. Információban gazdagabbak a mozgó ábrák. A pedagógus kreativitásától függ, hogy ő maga milyen szemléltető modelleket használ, készít annak érdekében, hogy az oktatott anyagot élvezetesebbé, könnyebben elsajátíthatóvá tegye. Jelentősen növelheti az iskolai modellek hatékonyságát a számítógép. Az aktív, mozgó modellek megfelelő érzékelőkkel ellátva interfészekon keresztül összeköthetők a számítógéppel. Így lehetővé válik, hogy a folyamatok széles körét modellezzük, és az is, hogy a diákok megtanulják a számítógépes irányítás, mérés és mérésértékelés módszereit

3. A tudomány és szaktárgy kapcsolata

Az általános és középiskolában tanított fizika alapvetően kísérleti fizika. Következésképpen a fizika tanításában is a kísérletezés az alapvető módszer. Az empirikus megismerés során szerzett tapasztalatok, kvalitatív és kvantitatív adatok általánosításával nyerjük a tananyagban szereplő törvények nagy többségét.

Takács [3] szerint a fizikai törvények megfogalmazása a pedagógiai gyakorlatban az egyszerű tapasztaláson alapuló indukció segítségével történik. A népszerű és tudományos indukció között nincs éles határ, mert a tanulók ismeretszerzése egyre tudományosabb jelleget ölt.

A XX. század utolsó évtizedeiben sajátos ellentmondásos helyzet alakult ki Magyarországon. A fizika a többi természettudománnyal és a rájuk épülő alkalmazott tudományokkal korábban soha nem látott fejlődést produkált, mégis csökkent e tudományok iránt a társadalmi érdeklődés. A fizikától való elfordulás az iskolákban is kimutatható.

Papp Katalin és Józsa Krisztián [4] kérdőíves felmérésben a gimnazista tanulók fizika tantárgy kedveltségét vizsgálták. Megállapították, hogy a tárgy kedvezőtlen megítélése nem a középiskolában, hanem már általános iskolás korban, a 6-8. évfolyamokon kialakul.

Országos felmérések, vizsgálatok jelzik, hogy a fiatalok jelenleg sem kedvelik, érthetetlenül nehéznek, feleslegesnek tartják és ellenszenvvel viseltetnek a fizika iránt.

Mindezek mellett a társadalomban, a médiákban az értékes tudományos és ismeretterjesztő előadások helyett elszaporodnak a különféle áltudományos műsorok, rendezvények[5].

E negatív jelenségek egyértelművé teszik, hogy alapvető problémák vannak a fizika iskolai oktatásában és a tudomány társadalom felé történő kommunikációjában.

A fizika tanításának problémaköre négy alapkérdés köré csoportosítható: mit tanítsunk, kinek, mikor és hogyan?

A tudomány és a ráépülő technika rohamos fejlődésével e kérdések aktualitása folyamatos. Oktatásunk hatékonysága, sikere attól függ, megtaláljuk-e a megfelelő válaszokat a kérdésekre.

A fizika irányából közelítve a mit és hogyan kérdés az alapvető. A mikor kérdést elsősorban a fejlődéslélektan oldaláról célszerű megközelíteni. A kinek kérdésre, ami azt takarja, hogy melyik iskolatípusban, milyen életpályára készülve, mit és hogyan tanítsunk, a választ a fizikus és a legkülönbözőbb szakemberek együtt tudják megadni.

4. A fizika tantárgy helyzete a középiskolai oktatásban

A fizikatanítás elsődleges célja a középiskolában az általános műveltséghez tartozó korszerű fizikai világkép kialakítása. A fizikai jelenségek közös megfigyeléséből, kísérleti tapasztalatokból kiindulva juttatjuk el a tanulókat az átfogó összefüggések, törvényszerűségek felismerésére. A diákoknak mutassuk meg a természet szépségét, és a fizikai ismeretek hasznosságát. Tudatosuljon bennük, hogy a természettudományos műveltség a sokszínű, egyetemes emberi kultúra kiemelkedően fontos része. A diákoknak látniuk kell, hogy a fizikai ismeretek alapozzák meg a műszaki tudományokat és teszik lehetővé a technikai fejlődést, közvetlenül szolgálva ezzel az emberiség életminőségének javítását.

A Nemzeti Alaptanterv [6] bevezetésével 2005-től 45-50 %-kal csökkent a középiskolákban a fizika óraszám. A kerettantervben az Ember a természetben elnevezésű műveltségi terület, ahova a fizika, kémia, biológia tartozik minimálisan ajánlott óraszám a heti 1 óra tantárgyanként.

Radnóti [7] szerint ez az óraszám a természettudományos tárgyak megtanításához nem elegendő, ezért gyakran előfordul, hogy a tanulók hiányos ismeretekkel rendelkeznek. Brassói [8] szerint a természettudományok súlyának növelése szempontjából nagyon fontos terület az iskola, de korántsem az egyetlen meghatározó tényező. Fontos kérdés, hogy növeljük-e a természettudományi képzésre fordítható óraszámot? Garantálható, hogy ettől javul-e a gyerekek tudása, vagy esetleg a gyerekek zöme még inkább szenved majd a kémia és fizikaórán, ahol változatlan módszerekkel terhelik őket a számukra nem lényeges ismeretekkel?

Ha a mai tananyagot tanítjuk még nagyobb óraszámokban, ha a kibővült időkeretbe még több tananyagot nyomunk be, ezt minden gyereknek egyformán adjuk, biztosan nem ez a jó megoldás, - írja Brassói.

A 11. és 12. évfolyamon a helyi tantervekben az iskolák fakultáció keretében, vagy az iskola jellegéből adódóan meghatározhatnak plusz fizika órákat, azonban ide azok jelentkeznek, azok választják, akik számára a fizika érettségi tárgy, a felvételihez szükséges, míg a többség számára e tárgyak oktatása három év alatt befejeződik.

A különböző természettudományokban párhuzamosan tanítunk egy sor dolgot. A kémia, fizika földrajz és a matematika mint szaktudomány, a valóságnak valamilyen modelljét képezi. A gáz pl. mást jelent a fizikában és mást a kémiában, mert ugyanannak a dolognak más a nézőpontja a két tudományban. És ez által másként modellezi azt a valóságot, amelyet éppen gáznak nevezünk. A gyerekeknek éppen azt a legnehezebb megtanítani, hogy az egyes természettudományoknak megfelelő nézőpontot megértsék, és ha kell, nézőpontot váltsanak.

Mivel a természettudományok óriási fejlődése következtében ismeretanyag jelentősen megnövekedett, az adott tudományterületből kiindulva, a rendelkezésre álló idő alatt kell a pedagógusoknak megkísérelni a tárgyat a diákok számára megtanítani.

Csak úgy lehet érdeklődést kelteni a természeti jelenségek iránt, ha a tanulóknak bemutatjuk azokat a gyakorlati problémákat, amelyek az embereket foglalkoztatják. Azonban fontos, hogy a feladatok tervezésekor messzemenően vegyük figyelembe a tanulók előismereteit és képességeit.

Jarosievitz [9] felmérésében tanulók természettudományos tárgyak iránti hozzáállását vizsgálta. Megállapította, hogy a legtöbb iskolában a diákok nagyon ritkán kísérleteznek, ennek következtében a fizika oktatása túlságosan elméletivé, az óra pedig túlságosan élményszegénnyé és unalmassá válik.

Ez szükségessé teszi az eddigi pedagógiai módszerek átgondolását, valamint a napjainkban rendelkezésre álló technikai eszközök, számítógép, digitális információhordozók felhasználását.

5. Modern fizika a középiskolai érettségiben

2005-től jelentősen megváltozott a fizika tantárgy érettségi rendszere. 2005. előtt a tanulók választhattak írásbeli vagy szóbeli vizsga között. Az új rendszer szerint írásbeli és szóbeli vizsgát is kell tenniük a tanulóknak. Ezt végezhetik emelt vagy közép szinten. A felsőoktatási intézmények határozzák meg, hogy a jelentkezéshez kérik-e az emelt szintű vizsgát.

Az érettségi vizsga szabályait az Érettségi Vizsgaszabályzatban rögzítik. Itt megszabják a tárgy vizsgaformáit és annak általános követelményeit. Az általános követelmények tájékoztató jelleggel rögzítik a vizsga lehetséges fő tartalmi elemeit, különválasztva a közép- és emelt szintet, illetve meghatározzák azokat a legfontosabb kompetenciákat, amelyeket a vizsga mérni kíván.

A részletes követelményrendszer tartalmazza mindazokat az ismereteket, tevékenységeket, műveleteket, amelyeket a tanulónak a vizsgán tudnia kell. Azok a kompetenciák azonban, amelyeket a követelményrendszer meghatároz, csakis olyanok lehetnek, amelyeket a vizsgán mérni lehet. A két szint közötti különbséget az határozza meg, hogy az elsajátított

ismeretekkel milyen jellegű műveleteket kell végeznie a vizsgázónak, milyen képességekről kell számot adnia.

Ennek meghatározásában az érettségi szabályzat készítői abból indultak ki, hogy a fizikát közép szintű érettségi tárgyként elsősorban az érdeklődők, illetve azok a szakközépiskolások fogják választani, akik négy éven át tanulják, az emelt szint pedig a továbbtanulni szándékozók számára szükséges.

Középszinten a tanulónak az általános műveltség keretein belül kell tudni kezelni fizikai ismereteit, és amennyire lehetséges, elsősorban eszköztudás jellegű kompetenciákkal kell rendelkeznie. Emelt szinten ezen túl legyenek biztos, szilárd alapjai a további szakirányú felsőfokú tanulmányokhoz, legyen jó tájékozódási képessége a fizika területén is. A két szint tehát nem csupán a megkívánt ismeretek mennyiségében és mélységében különbözik egymástól, hanem a szemléletmódban, a kompetenciák milyenségében is.

A 2008-tól életbe lépő pontozási rendszer kellőképpen differenciál. Az emelt szintű érettségi feladatai az Oktatási Hivatal által úgy meghatározhatók, hogy kellőképpen mérje a tanulók közti tudásbeli különbséget.

A szóbeli vizsga mindkét szinten lényegében azonos. A tételeket a vizsgáztató tanároknak úgy kell összeállítani, hogy a tételek legalább kétharmadának tartalmaznia kell a tanuló által ténylegesen elvégzendő mérést vagy kísérletet. Itt lehetőség van egyszerűbb modern fizikai kísérletek elvégzésére, kiértékelésére.

Azonban figyelembe kell venni, hogy az iskolák rendelkeznek-e azokkal az eszközökkel, amelyekkel ezek a kísérletek megvalósíthatók. Sok iskolában gondot jelent a viszonylag drága modern fizikai kísérletek bemutatására szolgáló eszközök megvásárlása, megjavítása.

III. KÍSÉRLET-FEJLESZTÉSEK A MODERN FIZIKA TANÍTÁSÁHOZ

A. ATOMI ERŐ MIKROSKÓP MODELL

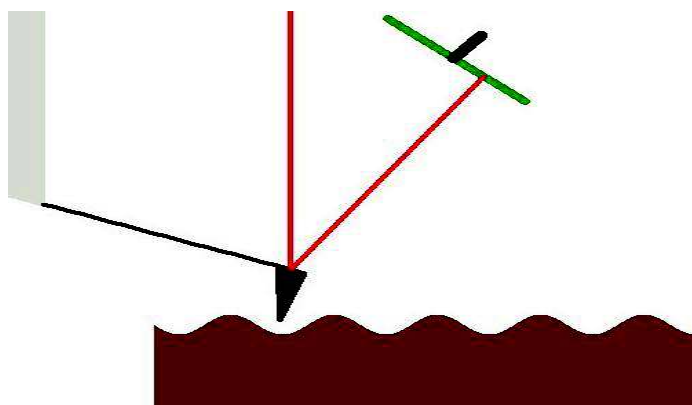
1. Elméleti alapok

Az atomi erő mikroszkópot a nanotechnológiában alkalmazzák, különböző anyagok felületének vizsgálatára.

Az atomi erő mikroszkóp AFM működése egy konzolra szerelt éles hegy és a minta felszínén levő atomok kölcsönhatásán alapul. Ezen a hegyen vagy csúcson ható erők vonzó vagy taszító hatásúak lehetnek. A csúcs elmozdulása ezeknek az erőknek a hatása egy lézersugár segítségével érzékelhető, amely a konzol hátuljáról verődik vissza. Működésének két módja van:

Kontakt, vagy érintkező mód:

Ebben a módban a hegy egészen közel van a minta felszínéhez, miközben a vizsgálat a vízszintes síkban folyik. Itt a mintát sorról sorra a konzol alá mozdítjuk. A konzol a minta és a csúcs között fellépő erők hatására elhajlik. A konzol elhajlása jelzi a minta felszínének hullámosságát, valamint a kölcsönható erők hatását. Ez a mód különösen hasznos kemény felszínek vizsgálatához.

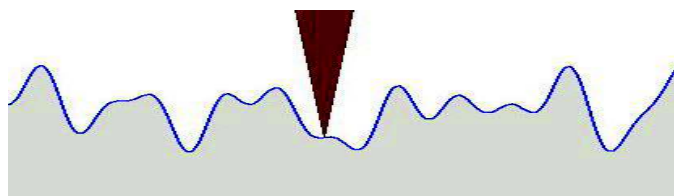


1. ábra

Az AFM modell működési elve

Az ábrán láthatjuk, hogy a bejövő (piros) lézersugár a hegyről visszaverődik és a zölddel jelzett érzékelőre jut. Az elmozdulás irányát és nagyságát feljegyezhetjük, grafikonon kirajzoltatjuk.

Az AFM-mel kutathatjuk a hegy és a minta közötti kapcsolatot erő és távolság görbék megadásával. amelyeket úgy kapunk, hogy egy választott pozícióban a hegyet oda-vissza mozgatjuk a felszín közelében. Ez útján kaphatunk adatokat a kapcsolat potenciál méretéről, és a távolságtól való függőségéről, ami hasznos lehet, ha adhéziót, nedvesedő képességet, és pl. kolloidok közötti kapcsolatot akarunk kutatni.



2. ábra

A hegy elmozdulása a minta felületén.

Az iskolai modell megépítésének célja:

Az AFM működése olyan fizikai alapproblémán nyugszik, amely lehetővé teszi, hogy középiskolában tárgyaljuk. A bemutató modell összesíti az AFM működéséhez szükséges témákat, amelyeket általában lefed a középiskolai fizika tantárgy. A Hook-törvényt, a kényszer oszcillációt, a rezonanciát és a fény visszaverődési törvényt.

Vannak különbségek az itt bemutatott AFM modell és az igazi AFM mikroszkóp között. A modellenél az egyetlen erő a mágneses erő, amely a minta és a „mikroszkóp” között van, míg az igazi AFM mikroszkópban a Van der Waals erők is hatnak, és ezt gyakrabban alkalmazzák, mint a mágneses erőt.

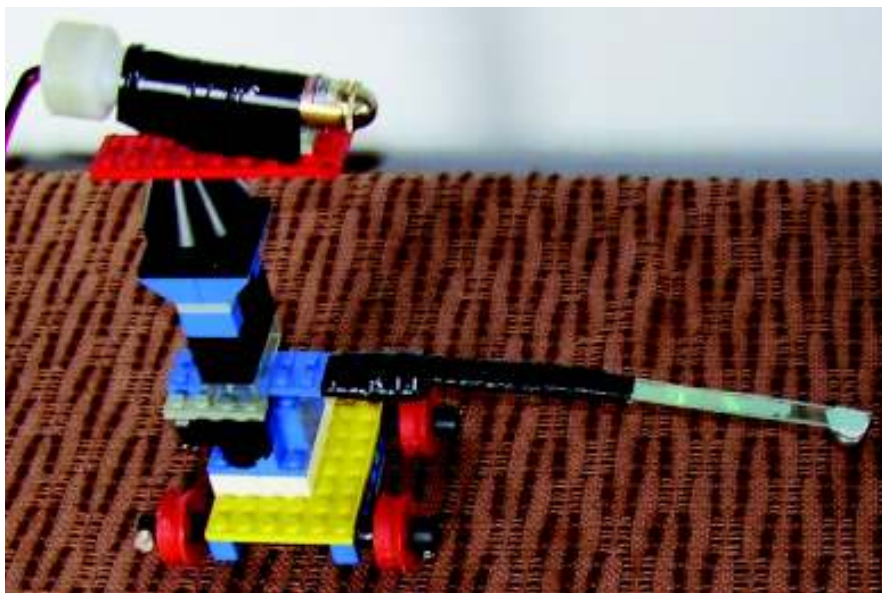
2. Az AFM modelljének elkészítéséhez szükséges anyagok, eszközök

- LEGO blokkok, vagy más az alaphoz alkalmas anyag
- egy CD-ből kivágott szalag, amely kb. 2 cm széles
- erős niobium mágnes
- lézer fényforrás
- plaszticin ragasztó
- ragasztó szalag
- kemény kartonpapír lap, vagy poliuretán hab lap
- fém, lehetőleg vas üvegcupakok
- műanyag üvegcupakok
- vonalzó
- éles kés
- ragasztópisztoly

3. A modell készítésének lépései

Hogyan készül az AFM modell?

- Építsük meg az állvány alapját a LEGO blokkból!
- A konzol készüljön a CD szalagból!
- A CD azért jó, mert egyaránt rugalmas, és optikailag visszaverő.
- Ragasszuk a CD szalagot ragasztó szalaggal a LEGO blokkhoz!
- A hegyet úgy csináljuk, hogy a mágneset a konzol szabad végének alsó részéhez rögzítjük plaszticin ragasztóval.
- A lézerfény kibocsátót ragasszuk a LEGO blokkokhoz és állítsuk be úgy, hogy a lézer a konzol szabad végét célozza meg. Természetesen a CD-nek a fényvisszaverő oldala legyen felül. (Ld. 3. ábra).



3. ábra.

Atomi erő mikroszkóp modell

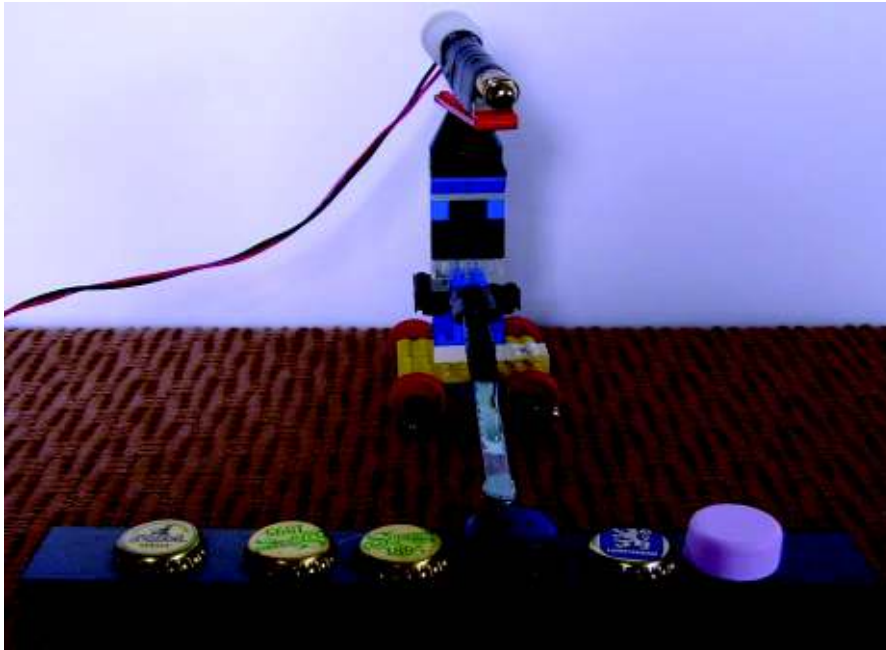
Hogyan készül az atomtérkép minta?

Ebben a modellben csak egy sornyi atomot használunk, a fém üvegekupakok az atomok, amelyek reagálnak a mágnes vonzására, és a műanyag üvegekupakok azok az atomok, amelyek nem.

Vágjunk egy 3,5 cm x 25 cm-es csíkot a megfelelő kemény kartonból. (Ha a kemény karton nem elég vastag, akkor több réteget ragasszunk egymásra).

Rögzítsük a fém és műanyag kupakokat ragasztópisztoly segítségével erre a csíkra.

A hosszanti oldala mentén 5 cm-ként húzzunk vastag csíkokat a mintára, ez lesz a skálánk.



4. ábra

Atomtérkép minta

- Vegyük az AFM modellt, csúsztassuk a kupakkal fölfelé a csíkot a mágnes alá, és figyeljük meg az elhajlását a fénynek a falon.
- Ha a fény elhajlást jelző távolság túl kicsi, csökkentjük a távolságot a mágnes és kupakok között úgy, hogy további kartonlap csíkokat ragasztunk az aljára.
- Úgy is növelhetjük az érzékenységét, hogy hosszabb CD csíkot használunk konzolnak, illetve keskenyebb CD csíkot használunk.

4. Kísérletek az AFM modell felhasználásával

Tanulói mérés

A mérés menete:

Tegyük az AFM modellt egy asztalra a fal mellé kb. 1-2 m-re a faltól úgy, hogy a konzol merőleges legyen a falra.

Rögzítsük a modellt az asztalhoz paszticin ragasztóval.

Rakjuk az alumínium vonalzót az asztalra, az AFM közelébe úgy, hogy a kettő érintse egymást.

A 25 cm-s jel a vonalzóan az AFM modell közepével egy vonalba essen, és ragasztószalag segítségével a vonalzót rögzítsük ebben a pozícióban.

Kapcsoljuk be a lézerfényt.

(Használhatunk ruhacsipeszt a lézerfény kapcsolójának bekapcsolva rögzítéséhez).

Mielőtt bekapcsoljuk, természetesen győződjünk meg róla, hogy senki nincs a lézerfény útjában.

A papírt, amelyen párhuzamos vonalak vannak, rögzítsük a falra úgy, hogy a visszaverődő lézerfény a skála legfelső vonalára essen, vagyis a nulla jelhez.

Rakjuk a mintát a vonalzó közelébe. A minta alaplapján levő vastag vonal essen egyvonalba a vonalzó 28 cm-es jelével.

Ily módon a mérés a jelöléstől 3 cm-rel balra fog kezdődni.



5. ábra

A mérés menete

Egy tanuló a mintát a vonalzó mentén mozgatva balra 5 mm-enként leméri a távolságot.

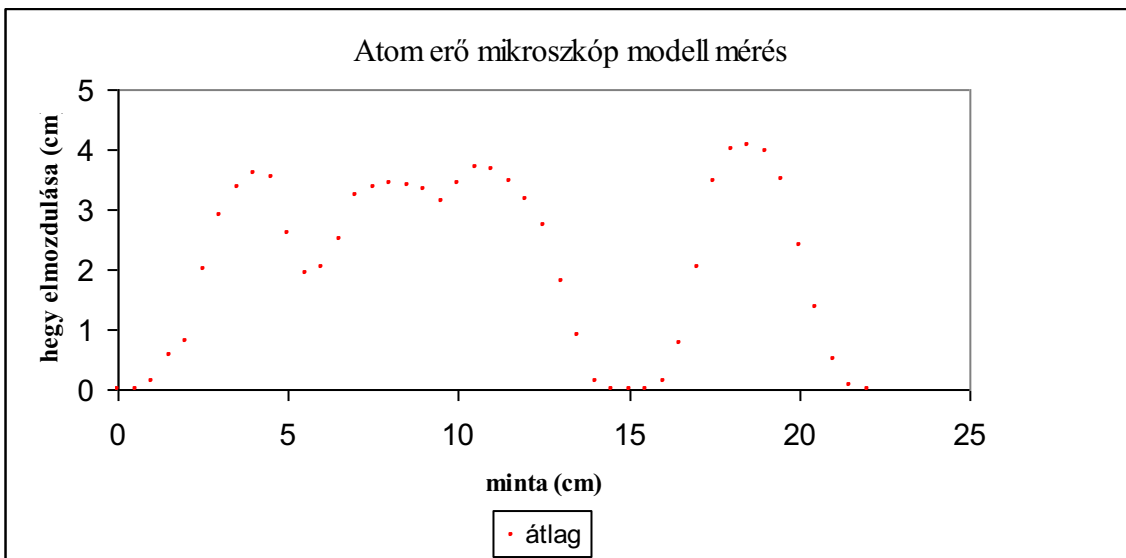
Egy másik tanuló leolvassa a falon lévő skálán a lézerfénynek a pozícióját.

A harmadik tanuló leírja az adatokat egy táblázatba.

Ismételjük a mérést mindaddig, amíg a mintán lévő „atomok” mind le vannak tapogatva. Egy konkrét kísérlet elvégzésével ez 22 mérést eredményezett.

(A mérési idő körülbelül 30 perc).

(1. táblázat táblázatjegyzék 51. oldal). Ábrázoljuk az eredményeket az előkészített grafikonon:

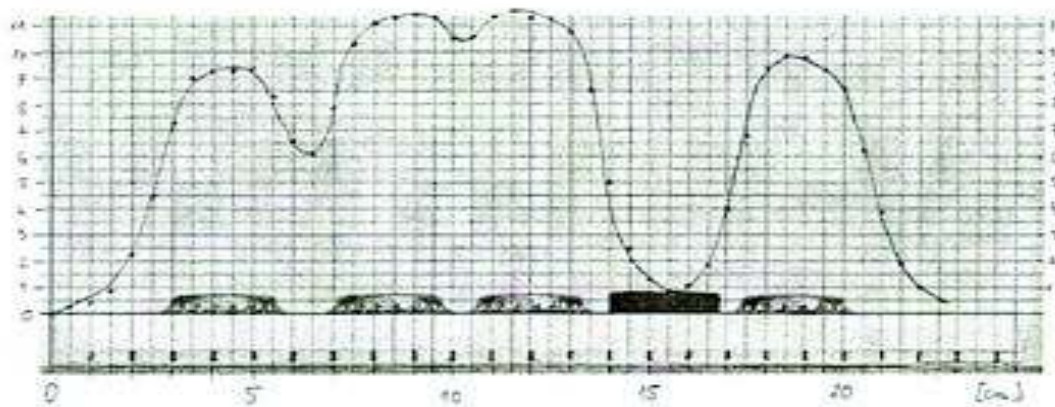


6. ábra

Az elkészült atomtérkép

(A függőleges skálának a méretarányát válasszuk ki úgy, hogy a legnagyobb adat a skála tetejére essen.)

Kössük össze a pontokat görbe vonallal, kézzel és hasonlítsuk össze a görbe alakját az alatta lévő minta fotójával.



7. ábra

A felrajzolt atomtérkép és az atomtérkép minta összehasonlítása

5. Feladatok, kérdések a tanulókhöz

a. Hasonlítsuk össze a görbe csúcsai között lévő távolságot az atomok középpontjai között lévő távolsággal!

- Mennyire esnek ezek egybe?

- A görbéből számoljuk ki az átlagos távolságot a mintákon lévő atomok középpontjai között.

b. Hasonlítsuk össze a görbe csúcsok közti függőleges távolságokat!

- Magyarázzuk meg, hogy ez az AMF modell miért nem tudta rögzíteni a „kék és a vörös atomot”.

- Nézzük meg, hogy a „műanyag atomok” letapogatása és a távolság két szomszédos fém atom között miért más?

c. Magyarázzuk meg, függőleges távolság a csúcsok között miért nagyobb, mint a tényleges átmérője a fématomoknak?

d. Hogyan pontosítjuk mérésünket?

e. A fématomok magassága ugyanakkora?

- Adjunk magyarázatot a tapasztalatokra!

Ha több sorban alakítjuk ki a minta-modellt, akkor Excel-program segítségével kirajzoltathatunk egy felületet is.

6. Szakmódszertani megjegyzések

Az AFM modell tervezésében a fő céljaim a következők voltak:

- Legyen könnyen megépíthető, megépítése egyszerű anyagokból megvalósítható legyen.

- Lehessen vele bemutatni „az igazi” atomi erő mikroszkóp működésének egyes sajátosságait.

- A modellel tudjam szemléltetni azt az elvet, ahogy az atomi tájkép feltérképezése történik.

- Szerkezete viszonylag egyszerű legyen.

- Használatához ne legyenek szükségesek hosszadalmas előkészületek.

Az általam elkészített modell felhasználásával elég rövid idő alatt bemutathatók az AFM érzékelésének az alapjai, így a berendezés használható bemutató órákon, vagy diákkísérletekben tanulói mérési kísérletnél.

7. A modell továbbfejlesztésének lehetőségei

Az atomi erő mikroszkóp modell oszcilláló üzemmódban is megépíthető. Ebben az esetben működése mágneses hatásokon és alapjelenségeken alapul. Az anyag vizsgálatakor a részecskék között fellépő Van der Waals erők helyett a modell esetében természetesen mágneses vonzó vagy taszító erők hatnak. A mintát itt apró mágnesek alaplapra való felragasztásával lehet elkészíteni.

Az oszcilláló módban a „fej” rezegtetését egy elektromágnes biztosítja.

A konzol rezgési frekvenciája akkor megfelelő, ha a visszaverődő lézer fénye a falon is megfelelő hosszúságú lesz.

A mintát apró lépésenként mozgassuk ugyanúgy, ahogy a kontakt módban, tehát kb. 5 mm-enként, és rögzítsük az adatokat.

Egy vonalzóval mérjük meg a falon a fényfolt amplitúdó változását. Rögzítsük a mérési eredményeket. A mért amplitúdó változás összehasonlítható a minta alakjával. Milliméterpapíron ábrázolhatjuk a mért adatokat [10].

B. KÍSÉRLETEK NAPELEMEKKEL

1. Hogyan hat a megvilágítás erőssége kevert fénynél a napcellára?

1. 1. Elméleti alapok

A napelem olyan eszköz, amely képes a fénysugárzás energiáját közvetlenül villamos energiává alakítani. Működése a fotoelektromos hatás elvén alapul. Ennek lényege, hogy ha egy anyagra küszöbszintnél nagyobb frekvenciájú elektromágneses sugárzás, fény vetül, akkor az anyag felszínéről elektronok válnak ki.

$$E_{\text{kin}} = h f - W \quad \text{ahol}$$

E_{kin} = a kibocsátott elektron maximális mozgási energiája,

h = a Planck állandó ($6,626 \cdot 10^{-34}$ Js),

f = a fény frekvenciája

W = a kilépési munka

A fény energiája a frekvenciájával arányos $e = hv$ nagyságú energiacsomagok, fotonok áramának tekinthető. A látható fény színét a tiszta spektrumszínek esetén a fény frekvenciája határozza meg.

A fényelektromos egyenlet alapján: $h\nu = W_{\text{kilépési}} + \frac{1}{2}mv^2$

A foton valamely anyagba bejutva kölcsönhatásba lép egy atommal, 1 db atomi elektronnak $h\nu$ energia adódik át. Az elektron kilép, $W_{\text{kilépési}}$ energiagáton kell áthaladnia. A foton energiájának maradéka az elektron kinetikus energiája.

A fény a fémbe mélyen be tud hatolni, de elektron csak kis mélységből tud kijutni, csak a felszínen lévő elektronoknak van v_{max} sebessége. A $W_{\text{kilépési}}$ anyagfüggő.

Egy fotoelektromos cella teljesítményét a következők határozzák meg:

- szolár cella anyagának típusa és mérete

- a fény intenzitása

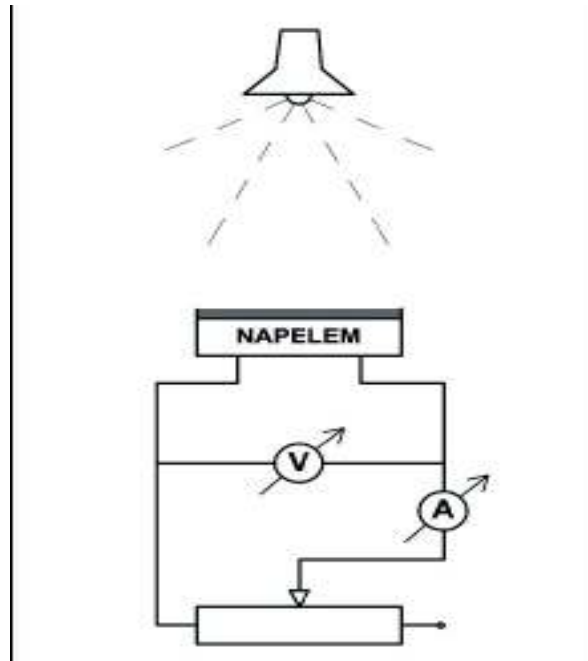
- a fény hullámhossza

- a szolárcella felületének kezelése abból a célból, hogy a lehető legnagyobb teljesítményt nyerjük ki a szolárcellából

A napelem hatásfokát tehát környezeti és a szerkezettel összefüggő tényezők egyaránt befolyásolják. A környezeti tényezők közül a hőmérséklet a legfontosabb, de ide lehet sorolni a cella felületének tisztaságát, a megvilágítás erősségét és a cella munkapontjának megválasztását is.

1. 2. A kísérlet leírása

A kísérleti összeállítást a vázlatos rajz mutatja.



8. ábra

Napelem megvilágítása kevert fényvel

1. 3. Szükséges eszközök

- Napelem cella
- vezetékek
- feszültség és árammérő műszerek
- állítható magasságú lámpa
- mérőszalag,
- 40 watt, 60 watt és 100 watt teljesítményű, 340, 415, 630, 710, 1200, 1340 Lumen fényerejű izzólámpa

1. 4. A mérés leírása (tanulói feladatok)

Állítsa össze a kapcsolást az ábra szerint! A lámpát állítsa 65 cm magasságba a napelem cella fölé, kapcsolja be és olvassa le a műszereken az áramkör áramának értékét!

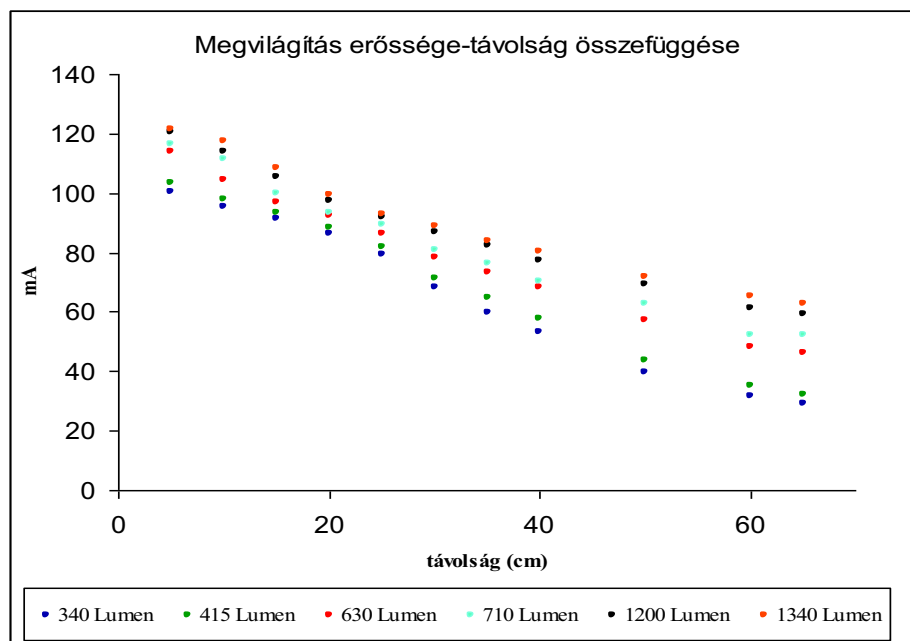
Mérje ki a lámpa alatt különböző távolságban elhelyezett napelem cella áramerősség változását!

Minden lépés után jegyezze fel a műszerek adatait!

A mérési adatokat foglalja táblázatba és rajzolja fel a cella távolság - áramerősség karakterisztikáját!

Értelmezze a kapott görbét!

A mért adatok alapján határozza meg a cella teljesítményét a terhelés (áram) függvényében, és az eredményt ábrázolja grafikonon!



9. ábra

Hogyan hat a megvilágítás erőssége a napcellára?

A grafikonról leolvasható, hogy a nagyobb fényerősségű izzószál a napcellában azonos távolságból nagyobb áramerősség változást hoz létre. A feszültség értéke lényegesen nem változik.

A kísérletből megállapítható, hogy a fény intenzitás növekedésével növekszik a napcella teljesítménye. A teljesítmény függ a megvilágítás távolságától. (3. táblázat)

2. LED-ek vizsgálata napelemekkel

Kísérletemben azt szeretném megvizsgálni, hogyan befolyásolják a különböző hullámhosszon sugárzó LED-ek egy általam vizsgált napelem feszültségének és áramerősségének alakulását, hogyan hatnak a napelem teljesítményére?

2. 1. Elméleti háttér

A foton energiája $h\nu$, a tömege a relativitáselméletből származó képlet alapján:

$$E = mc^2$$

az impulzusa:

$$p = mc$$

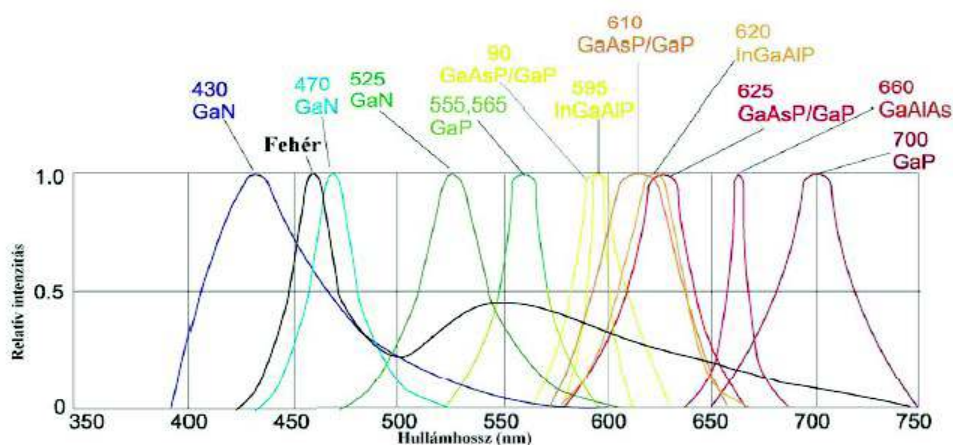
Egy fém felületéből annak megvilágításakor elektronok lépnek ki, Einstein magyarázata szerint azért, mert a fotonok kiütik az elektronokat az atomokból. A kilépő elektronok száma a beérkezett fotonok számával azonos, tehát az elektronáram nagysága arányos a fény intenzitásával. A fotonok csak akkor ütnek ki az elektronokat, ha energiájuk nagyobb, mint az elektronok kötési energiája. Minél nagyobb a fotonok energiája, annál nagyobb a kilépő elektronok energiája, amely tehát függ a fény színétől.

A fényspektrum színei			
Szín	Hullámhossz	Frekvencia	Energia fotononként
Ibolya	380 – 420 nm	789 – 714 THz	3,26 – 2,95 eV
Kék	420 – 490 nm	714 – 612 THz	2,95 – 2,53 eV
Zöld	490 – 575 nm	612 – 522 THz	2,53 – 2,16 eV
Sárga	575 – 585 nm	522 – 513 THz	2,16 – 2,12 eV
Narancs	585 – 650 nm	513 – 462 THz	2,12 – 1,91 eV
Vörös	650 – 750 nm	462 – 400 THz	1,91 – 1,65 eV

10. ábra

A fény hullámhossza és energiája

(Forrás: Wikipédia szabad enciklopédia) [12].



11. ábra

Különbféle LED-ek sugárzásának hullámhossza

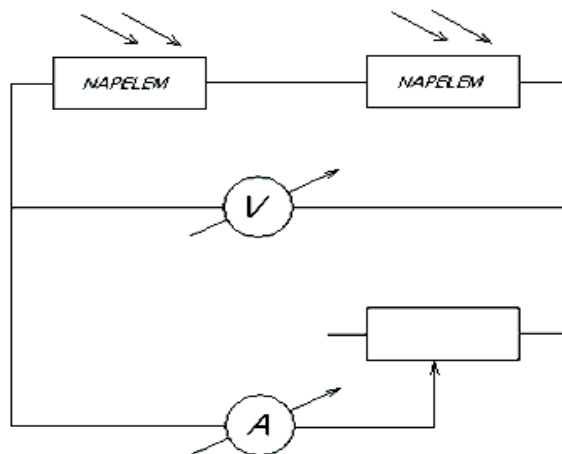
(Forrás: www.szamfa.axelero.net/hu/led/poszter2_LED_VK.pdf) [13].

2. 2 Felhasznált eszközök

- különböző színű LED-ek
- napelemek
- feszültségmérő
- áramerősség mérő
- tápegység
- zárt doboz
- változtatható értékű ellenállás
- vezetékek
- banándugó
- banánhüvely
- forrasztópáka
- kés
- olló
- csavarhúzó

2. 3. A kísérlet összeállítása

A kísérlet elvégzésénél a napelemeket sorba kapcsoljuk, majd a kapcsolási rajz szerint felépítjük az áramkört.

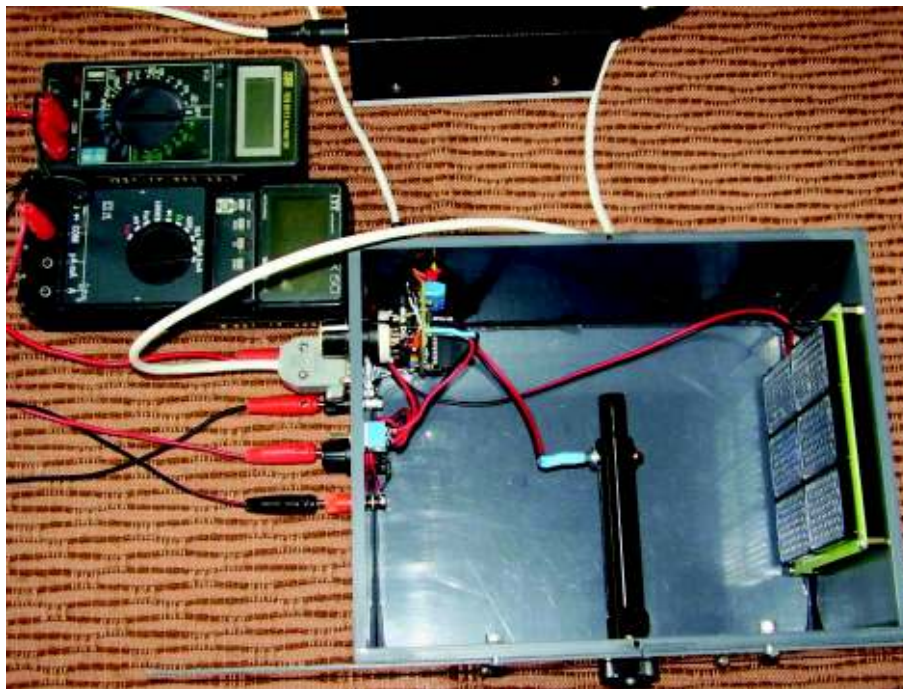


12. ábra

Az áramkör kapcsolási rajza

A különböző LED-eket külön áramkörbe kapcsoljuk, (a tápegység segítségével).

A kísérlet összeállítását a 13. ábrán láthatjuk.



13. ábra

A doboz belseje

A napelemeket helyezzük zárt dobozba és figyeljük meg, hogy állandó távolságból az ellenállás értékét változtatva a különböző LED-eknél hogyan változik a feszültség és az áramerősség értéke!



14. ábra

A napelemek megvilágítása azonos távolságból, különböző LED-ekkel.

- Fontos, hogy a LED-ek és a napelemek távolsága állandó legyen a mérés során.
- Fontos, hogy a mérést zárt dobozban végezzük.

2. 4. Feladatok

Változtassuk a változtatható ellenállás (a fogyasztó) értékét és mérjük a megfelelő feszültség és áramerősség értékeket.

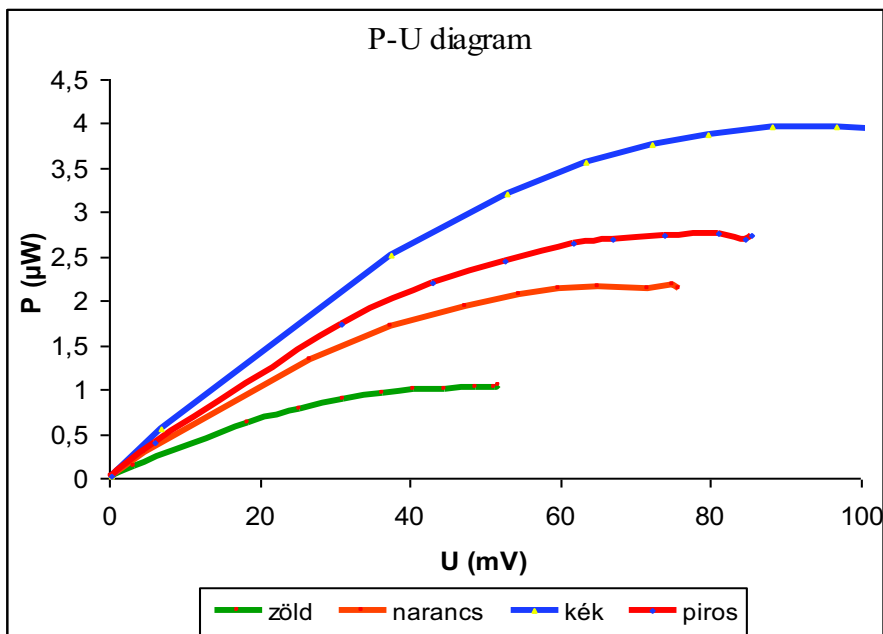
Vegyük fel az I-U, P-U, R-U grafikonokat!

Milyen észrevételeink vannak a különböző színű LED-eket vizsgálva?

Kísérletemben 110 X 105 mm-es monokristályos napelemeket világítottam meg BJ5084 típusú, 630; 590; 521; 466 nanométer hullámhosszon sugárzó vörös, narancssárga, zöld, kék LED-ekkel. (A LED-ek fényerősségét megközelítőleg egyformának találtam).

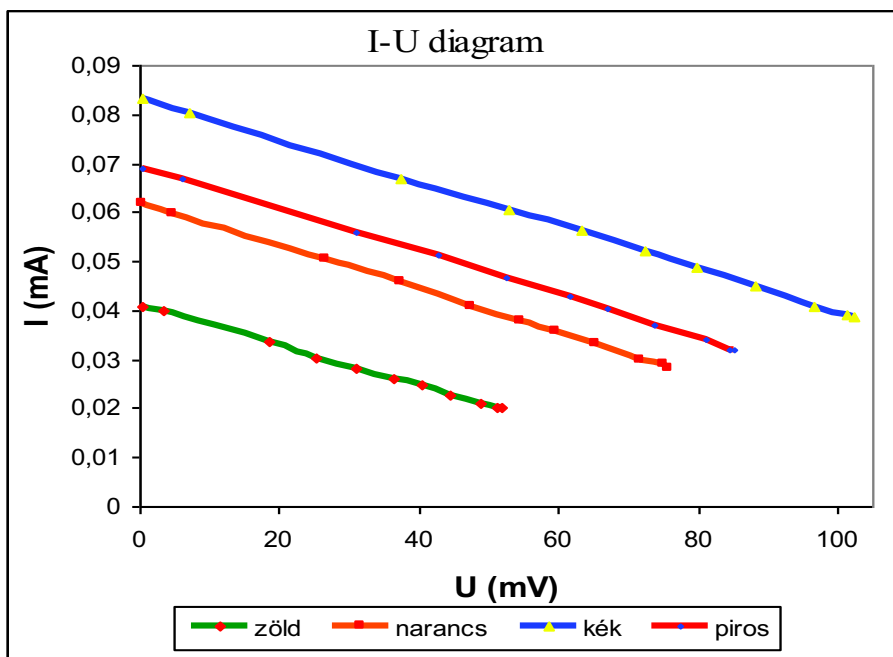
A következő eredményt kaptam. (54. oldal 4. táblázat).

A napelem teljesítményének alakulását különféle megvilágítás hatására a 15-16. ábrán láthatjuk.



15. ábra

A napelem teljesítményének függése a LED-ek által kibocsátott fény hullámhosszától



16. ábra

Különféle színek hatása a napcellára

A kísérletből megállapítható, hogy a várt elméleti értékek szerint a kék színnek a legnagyobb az energiája, ezért a napelem teljesítménye ennél a megvilágításnál a legnagyobb.

Azonban a piros, narancs és zöld megvilágításnál a napelem teljesítménye eltér az elméleti értékektől. A kék után csökkenő sorrendben a zöld, sárga és vörös színeknek kellene következni.

Az eltérés a napelem anyagának sajátosságaitól és a napelem felületének kezelési módjától, kialakításától függ. (A napelemeket a nap sugárzási spektrumának figyelembe vételével alakítják ki).

3. Napelem távolságfüggés LED - del

3. 1. Elméleti háttér

Egy pontformájú fényforrásra érvényes, hogy a besugárzás erőssége (E) fordítottan arányos a távolság négyzetével.

$$E = k \cdot \frac{1}{d^2}$$

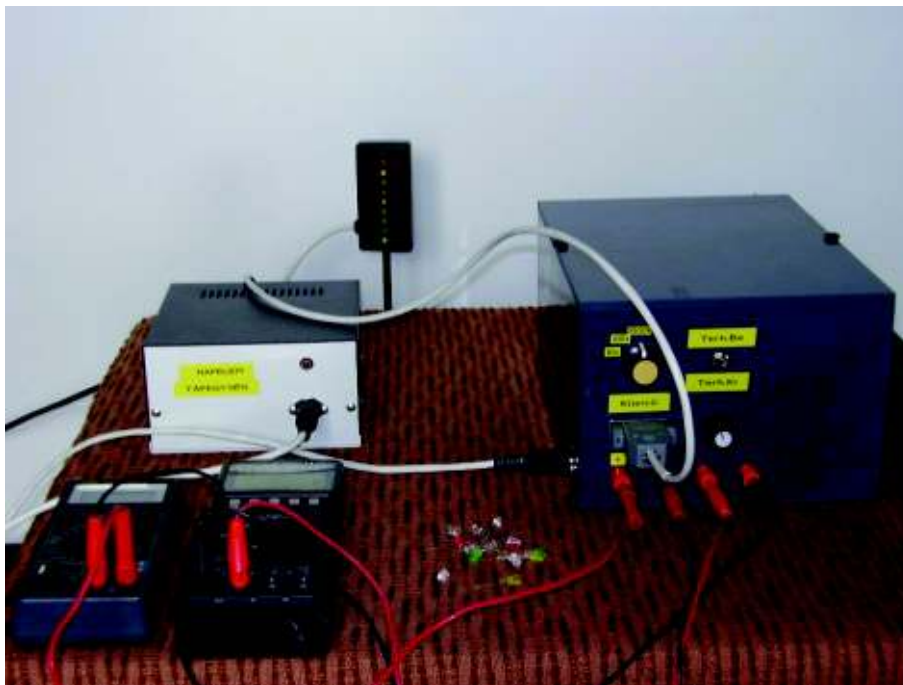
Ahol k tényező függ a napcella anyagi minőségétől, kialakításától.

Ha tehát megduplázzuk d -t, akkor E $\frac{1}{4}$ -re, ha újra megduplázzuk, akkor $\frac{1}{8}$ -ra csökken.

3. 2. A kísérlet összeállítása

Ebben a kísérletben ugyanazokat az eszközöket használjuk fel, mint az előzőben.

Kísérletünkben, hogy az idegen besugárzást elkerüljük, a sugárforrást, a napcellát és a távolság beállítására szolgáló elektronikát egy zárt dobozba helyeztük. A doboz külső felületén LED sor jelzi a sugárforrás és a napcella közötti távolságot. (Ld. 13. ábra).



17. ábra

A kísérlet összeállítása

A különböző színű LED-eket különböző távolságra mozgatjuk a napelemektől a csúszka segítségével.

3. 3. Feladat

Vizsgáljuk meg, hogy a LED-ek és a napelem távolságát változtatva mennyi energiát termel a napelem!

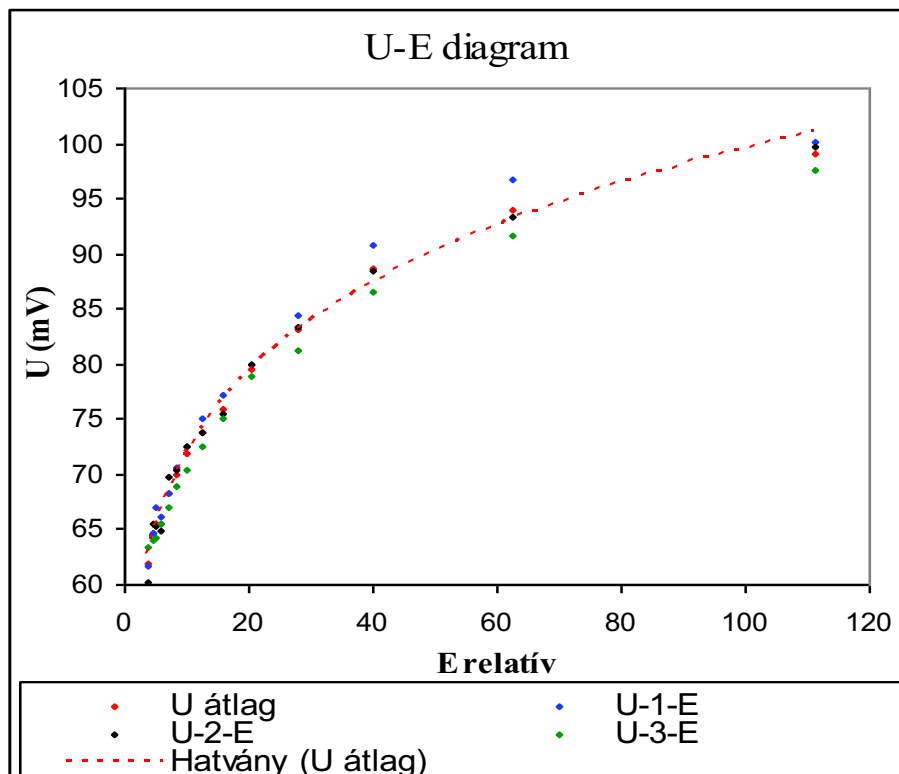
A mért adatokat jegyezzük fel és az értékeket ábrázoljuk grafikonon!

Vegyük fel a feszültség-távolság grafikont!

Milyen észrevételeink vannak a különböző színű LED-eket vizsgálva?

A besugárzás erőssége $d=10$ cm-es távolságnál 10-es értéket mutat.

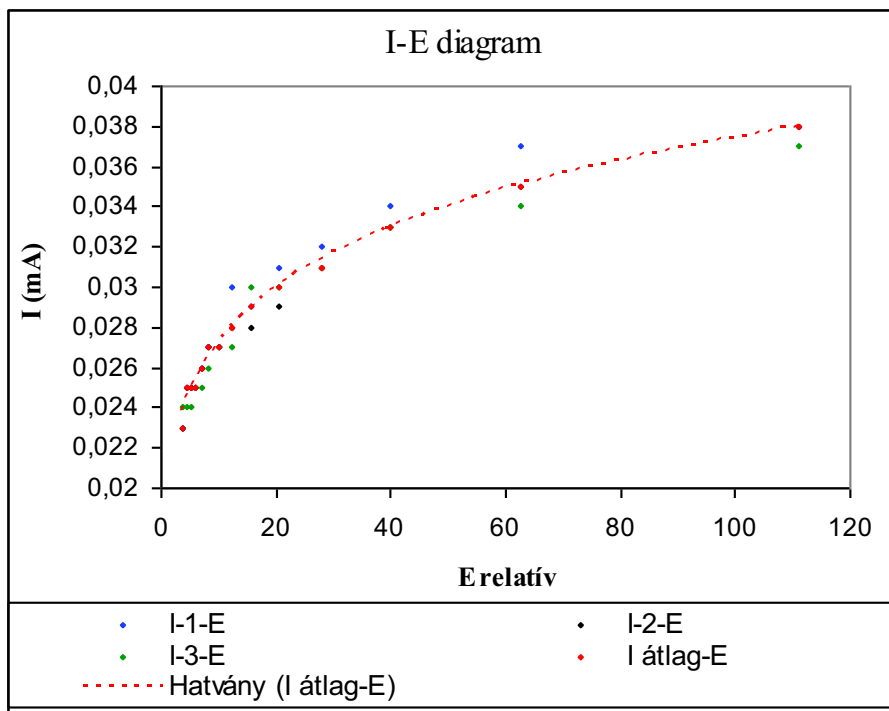
Számoljuk ki az egyes távolságoknál a relatív besugárzás erősségét!



18. ábra

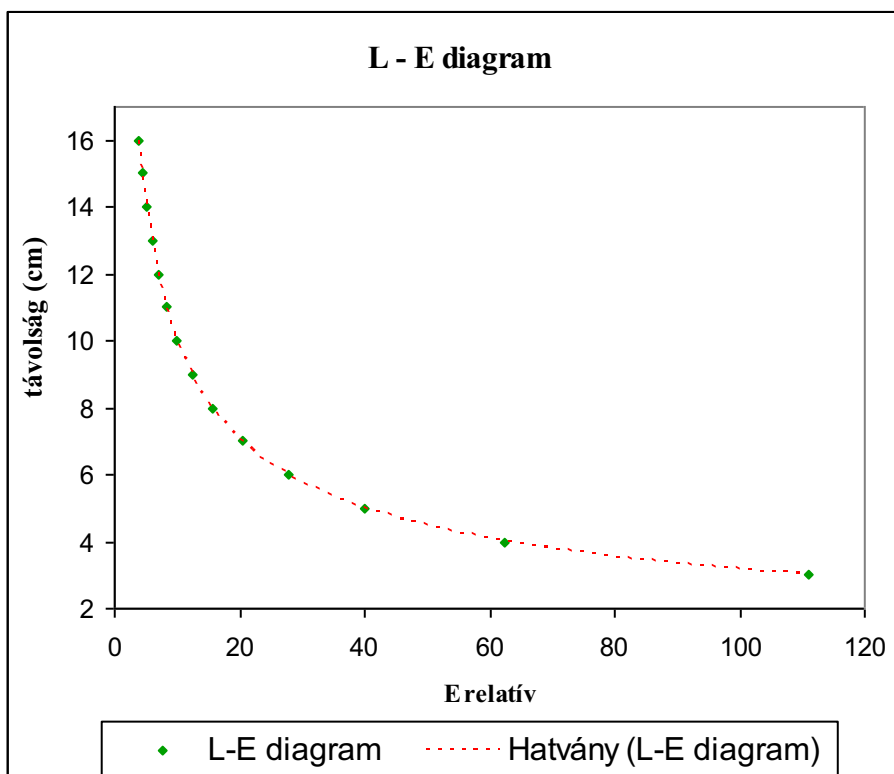
A besugárzás erősségének függése a feszültségtől

A táblázatból és a grafikonokról leolvasható, hogy a napelem által termelt energia a feszültség és az áramerősség növekedésével növekszik, a távolság növekedésével csökken. (55. oldal, 5. táblázat).



19. ábra

A besugárzás erősségének függése az áramerősségtől



20. ábra

A besugárzás erősségének függése a távolságtól

4. A napcella teljesítményének függése a hőmérséklettől

4. 1. Elméleti háttér

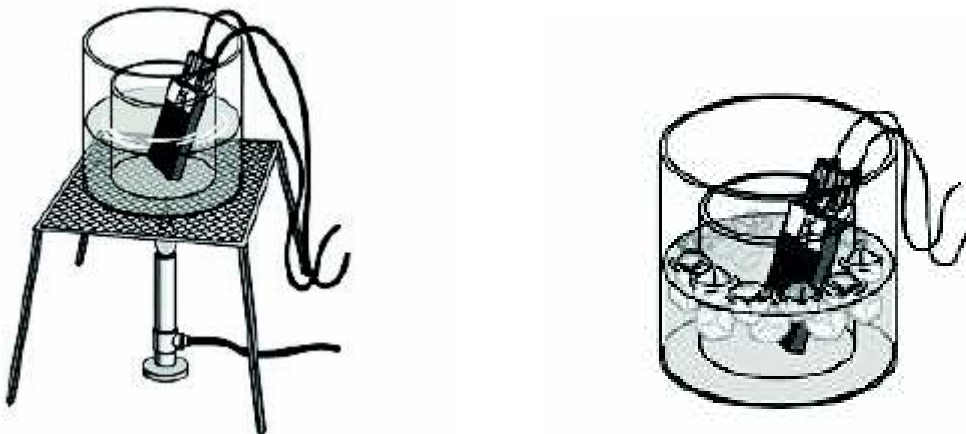
A napelem hatékonyságát mennyire befolyásolja annak belső hőmérséklete?

4. 2. Felhasznált eszközök

- napelem (monokristályos napelem (felülete: 54 cm^2))
- ampermérő
- feszültségmérő
- vezetékek
- üvegpoharak 120 – 150 mm-ig
- jégkockák
- Bunsen égő
- drótháló + állvány
- víz
- folyadékhőmérő

4. 3. A kísérlet leírása

A kisebb poharat beletesszük a nagyobb pohárba. A kisebb pohárba beletesszük a napelemet.



21. ábra

A kísérlet összeállítása

Csatlakoztassuk a napelemet az ampermérőhöz! Végezzük el a mérést! A mérés során ügyeljünk arra, hogy a lámpa és a napelem ne mozduljon el.



22. ábra

A mérés folyamata

A víz hűtéséhez apró jégkocka darabokat használhatunk. A felmelegítésnél a hőmérsékletet nagyon óvatosan, fokozatosan emeljük.

Írjuk fel a mérési eredményeket! (Ld. 6. táblázat)

Csatlakoztassuk a napelemet a feszültségmérőre!

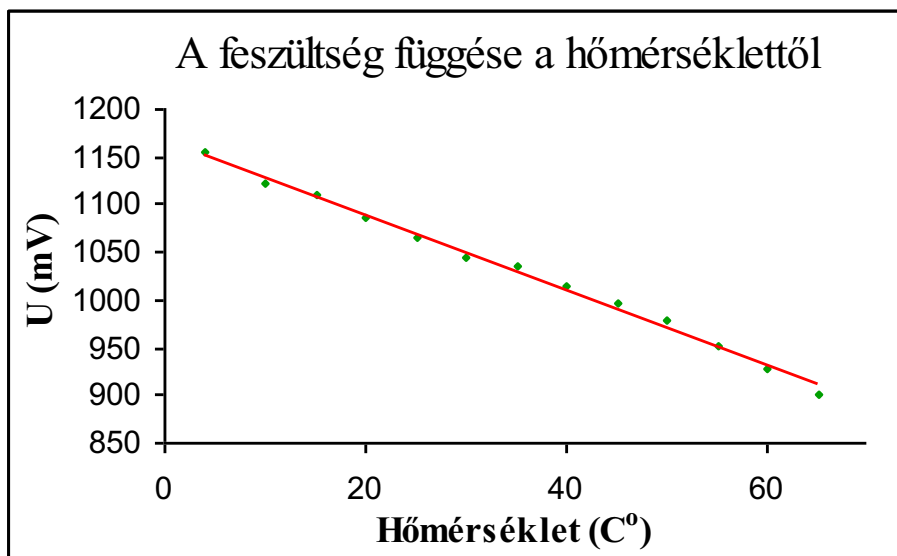
Írjuk fel a mérési eredményeket!

Számítsuk ki a napelem kimenő teljesítményét szobahőmérsékleten.

Ismételjük meg a mérést 0 C^0 - 65 C^0 - ig.

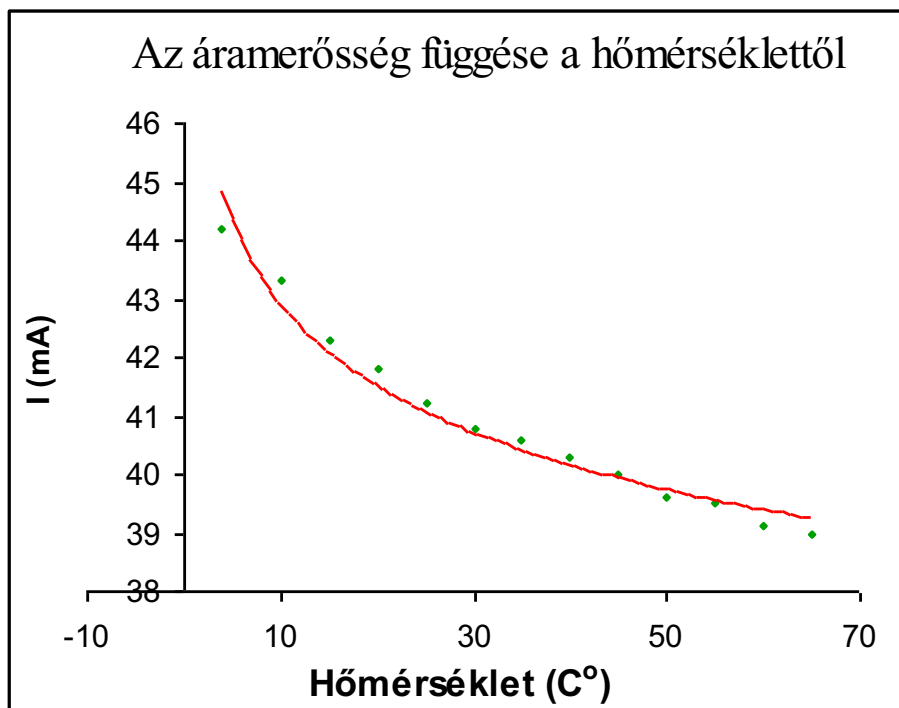
Ábrázoljuk a mért adatokat grafikonon!

A napelem üresjáratú feszültségének és áramerősségének alakulása a külső hőmérséklet változásának hatására.



23. ábra

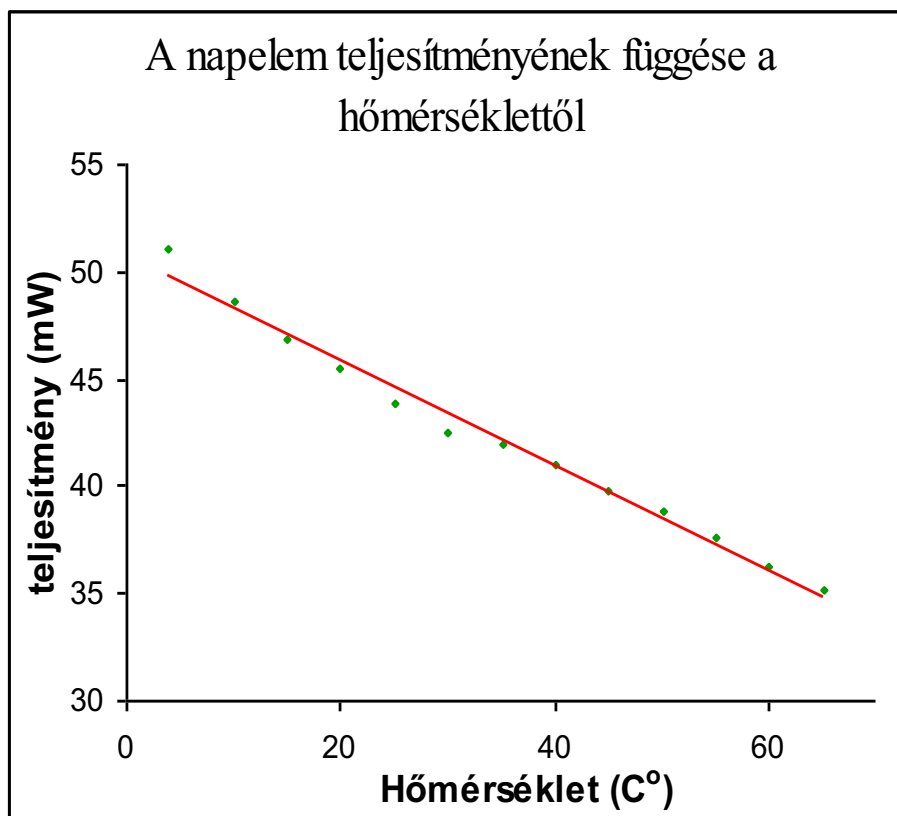
A hőmérséklet változásának hatása a feszültségre



24. ábra

A hőmérséklet változásának hatása az áramerősség alakulására

A következő grafikonról a napelem külső hőmérsékletváltozás hatására bekövetkező teljesítmény változását olvashatjuk le.



25. ábra

A hőmérséklet hatása a napcella teljesítményére

4. 4. Kérdések, kísérleti tapasztalatok, következtetések

Hogyan változik a napelem kimeneti teljesítménye különböző hőmérsékleten?

Hogyan tudjuk hasznosítani a napelemből származó energiát a mindennapi életben?

Miért nem szabad megengedni a hőmérséklet túlzott megemelkedését?

Az energia átadás hatásfoka miért javul a hőmérséklet csökkenésével.

A cellák erős lehűtése azonban nagyobb energia befektetésével járna, mint amennyi energiát a cellák termelnek. Az erősebb lehűtés hatására a félvezető fajlagos ellenállása megnő, ami a hatásfok csökkenéséhez vezet. A fajlagos ellenállás megnövekedésének okai a mozgékonyság és a töltéshordozó koncentrációk csökkenése. Ez utóbbi oka az adalék atomok ionizációjának fokozatos megszűnése. Az adalék atomok ionizációjának teljes megszűnése a pn átmenet eltűnéséhez vezethet.

A hatásfokot csökkentő tényezők összefoglalva a következők:

- a beérkező fotonok egy része visszaverődik
- a spektrális érzékenységi karakterisztika eltér a napsugárzás spektrális karakterisztikájától

Az energia optikai koncentrálása azt jelenti, hogy a cella saját felületénél nagyobb

felületre eső fénymennyiséget kap.

Az energia koncentrációja önmagában is növeli a félvezető napelem cellák hatásfokát.

Tehát adott felületről összegyűjtött energia kisebb felületű napelemmel jobb hatásfokkal alakítható át, mint koncentráció nélkül, a felület egészét beborítva ugyanolyan hatásfokú cellákkal.

Másrészt az energia koncentrációjának lehetősége optikai úton jobban kihasználhatóvá teszi a viszonylag jó hatásfokú, és ezért drága elemeket.

A fényvisszaverődés csökkentésére megfelelő felületi rétegek alkalmasak.

A fényelnyelést a felület alakja, érdessége is befolyásolja. A tükörsima felületeken nagyobb a visszaverődés a matt felületekhez képest.

A napelemek alkalmazása során számos kiegészítő berendezésre is szükség lehet (napkövető automaták, a terhelést optimalizáló elektronikus rendszerek, energiatárolók), meg kell oldani az elemek hűtését is, mert az erős felmelegedés is a hatásfok romlását eredményezi.

5. Szakmódszertani megjegyzések

- A kísérletek végzésére a fizikán belül a modern fizika tárgyalásánál a 11-12. évfolyamon kerül sor. Erre az időre a tanulók rendelkeznek a téma megértéséhez szükséges hőtani, fénytani és elektronikai ismeretekkel. Az órán tapasztaltakat viszonylag könnyen tudják a természetben lezajló jelenségekhez, gyakorlati dolgokhoz kötni.

A kísérletek tervezésében és kivitelezésében fő céljaim a következők voltak:

- A kísérletek legyenek egyszerűek, a berendezések könnyen megépíthetők, a kísérletek a rendelkezésre álló idő alatt bemutathatók.
- A kísérleteket tanár végezheti, de tanulók által is elvégezhetők, így használhatók bemutató órákon, szóbeli érettségien vagy diák-kísérletekben tanulói mérési kísérletként.
- A feladatokat elvégezheti egy tanuló, de kiscsoportban két-három tanuló is.
- A felkészüléshez a tankönyvben meg kell jelölni azon fejezetek áttanulmányozását, amelyek a kísérletek eredményes elvégzéséhez szükségesek.
- A grafikonok elkészítése történhet számítógéppel vagy a füzetben.
- Fel kell hívnunk a tanulók figyelmét a mérés során előforduló hiba lehetőségekre, a hibázás mértékének csökkentésére, a mérési jegyzőkönyv pontos vezetésére.
- A kérdésekre a tanulók válaszolhatnak tapasztalatokat összegző kiselőadás formájában, szóban vagy feladatlapon.

Az egyes kísérleteknél megválaszolandó kérdések, feladatok a kísérletek leírásánál találhatóak.

C. SZÍNKEVERÉS LEDEKKEL

1. Fehér fény előállítása alapszínekből (1. kísérlet)

1. 1. Elméleti alapok

A LED olyan félvezető eszköz, amely az elektromos energiát közvetlenül fénné alakítja. A fénykibocsátás úgy keletkezik, hogy a diódára adott áramforrás a dióda anyagában levő atomok szabad elektronjainak töltést ad, amitől azok nagyobb töltésű elektronpályára lépnek. Az elektronnak ez az állapota nem stabil, hanem egy kis idő elteltével visszaugrik az eredeti elektronpályájára. A többletenergia sugárzás formájában hagyja el az atomot. Ez a sugárzás a hullámhossztól függő fény formájában jelentkezik. A LED által kibocsátott fény színe a félvezető anyag összetételétől, ötvözőitől függ. A fény hullámhosszát az alkalmazott félvezető anyag tiltott zónájának szélessége határozza meg. A LED inkoherens keskeny spektrumú fényt bocsát ki. A fény spektruma az infravöröstől az ultraibolyáig terjedhet.

A LED - ek optikai jellemzői a kibocsátott fény színe (hullámhossza), sugárzási szöge, karakterisztikája, valamint a fény intenzitása.

A fény színét és energiáját a frekvenciája határozza meg. Szemünk az elektromágneses hullámoknak egy kis tartományát érzékeli - ez a látható fény tartománya.

A legkisebb frekvenciája (energiája) a vörös színű fénynek van, egyben ennek a legnagyobb a hullámhossza (780nm).

A tartomány felső határa az ibolya színű fény, melynek hullámhossza 380 nm körül van.

Az ibolyánál rövidebb hullámhosszú hullámtartomány az ultraibolya, a vörösnél hosszabb az infravörös (hősugarak). Ez utóbbiakat szemmel már nem érzékeljük.

A nap fénye a teljes spektrumát tartalmazza a látható fénynek (vörös, narancs, sárga, zöld, kék, ibolya).

A színek három adattal jellemezhetők:

Árnyalat : (= a fény hullámhossza)

Ez adja meg a szín jellegét (Pl. sárga, kék, ...)

Telítettség: (= a fény tisztasága)

A szín tisztasága, a fehér tartalom növekedésével csökken a szín telítettsége

Fényerő: (= a fény relatív világossága, sötétsége).

Körülbelül 500 szintet tudunk megkülönböztetni.

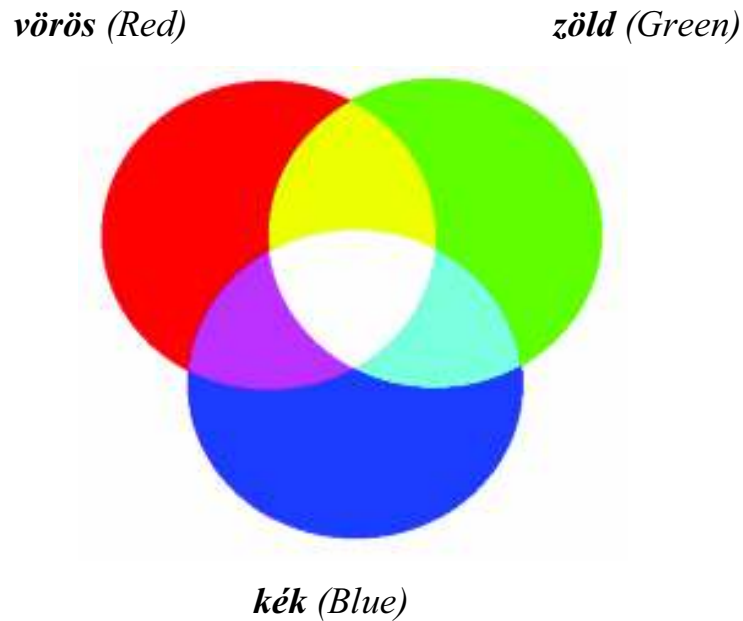
A fény lehet monokromatikus, - csak egyféle hullámhosszú sugarakból áll.

Összetett a fény, ha többféle hullámhosszú sugarakra bontható.

Szemünk nem képes a fényt hullámhossz szerint elemezni. Az egyes színek több szín keverésével is előállíthatók. Szemünk nem tud különbséget tenni a tiszta spektrumszínek és a kevert színek között.

Additív (összeadó) színkeverés:

Egyidejűleg (vagy gyors váltakozással) különböző színű fény éri a retinát. Három alapszín keverésével minden szín előállítható:



26. ábra

Az additív színkeverés alapszínei

A három alapszín keverése fehér fényt ad eredményül.

vörös + zöld = sárga

zöld + kék = kékeszöld

kék + vörös = bíbor

RGB színkeverést alkalmaznak a TV képernyőkön, monitorokon.

A szemünkben a színek érzékelésére hivatott csapok szintén erre a három színre reagálnak a legérzékenyebben.

1. 2. Szükséges anyagok, eszközök

- 1 db. 10 x 10 cm-es plexi alaplap
- 1 db pingpong labda,
- LED-ek (vörös, zöld, kék)
- 3 db. változtatható értékű ellenállás
- 1 db állandó értékű ellenállás (200 ohm)
- 1 db hengeres műanyag doboz, amelyre a pingpong labdát helyezzük
- mérőműszer
- zsebtelep
- vezetékek
- fekete kartonpapír
- forrasztópáka
- fényképezőgép

1. 3. A kísérlet leírása

A pingpong labdának van egy különleges tulajdonsága. A szemlélődés irányától függetlenül a fény egyenletesen szóródik a belső felületéről. Azokat a felületeket, amelyek ilyen tulajdonsággal rendelkeznek, Lambert - felületeknek nevezzük.

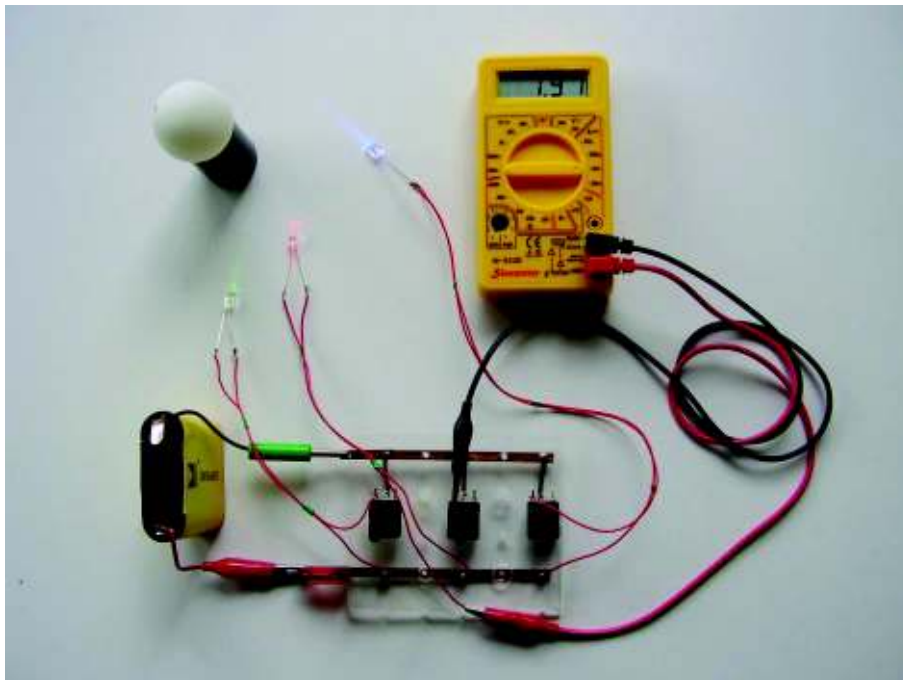
A fény egy részét a labda felszíne átereszt, mert nem teljes fényvisszaverő.

Tehát a külső felületéről látszó színe pontosan ugyanolyan színű, mint amilyen színű fénnel megvilágítjuk a belsejét.

Ha egy pontszerű fényforrást helyezünk el a labda belsejében, amely tulajdonképpen egy irányban világít, az egész labdát egyformán világosnak látjuk [11].

A kísérlet összeállítása

Forró tű segítségével készítsünk három lyukat a labdában. A lyukak akkorák legyenek, hogy a LED dióda jól megüljön bennük anélkül, hogy beleessen a labdába. A LED-eket a vékony huzalok segítségével kössük be az áramkörbe. Vigyázzunk a helyes polarításra. A LED-nek a hosszabb kivezetése a negatív pólusa. A forrasztásnál ügyeljünk arra, hogy a forrasztópáka csak rövid ideig érintkezzen a dióda kivezetésével. Ha a LED-eket helyesen kapcsoltuk be az áramkörbe, a 27. ábrán látható módon világítani fognak.



27. ábra

Szükséges anyagok és eszközök

Kísérletemben egy egyszerű áramkört használtam. Az áramforrás 4,5 Voltos zsebtelep.

A LED-ek 630, 521 és 465 nanométer hullámhosszon sugároznak.

A három LED-et három db. 500 ohmos változtatható értékű ellenálláson keresztül kapcsolom az áramkörbe.

A három potenciométer segítségével tudom szabályozni külön-külön az egyes diódákon átfolyó áram erősségét, ezáltal a LED-ek fényerejét.

Az ábrán látható állandó ellenállás értéket illesztettem a diódákhoz, amelyeket kiválasztottam. Az ellenállás 200 ohm értékű, 0,25 Watt teljesítményű.

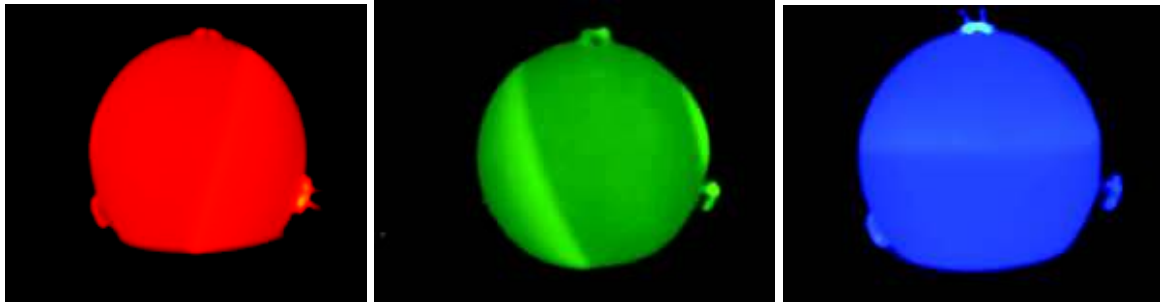
Az állandó ellenállás értékét úgy választottam meg, hogy a LED diódán áthaladó áram ne haladja meg a gyártó által előírtakat. Általában 20 - 30 milliampert a változtatható ellenállás legalacsonyabb értéke mellett.

Az összes elemet egy műanyag lapra rögzítettem. A pingpong labdát egy kb. 5 cm magasságú, 30 milliméter átmérőjű, henger alakú, hagyományos filmek tárolására szolgáló műanyag dobozra helyeztem. A háttér fekete kartonlap. A felvételeket Olympus D-535 típusú digitális fényképezőgéppel készítettem. A színkeverést a környezetből jövő fények kiküszöbölése végett elsötétített helyiségben végeztem.

1. 4. Feladatok

Ha egy-egy diódát külön-külön bekapcsolunk, a következő színeket látjuk

:

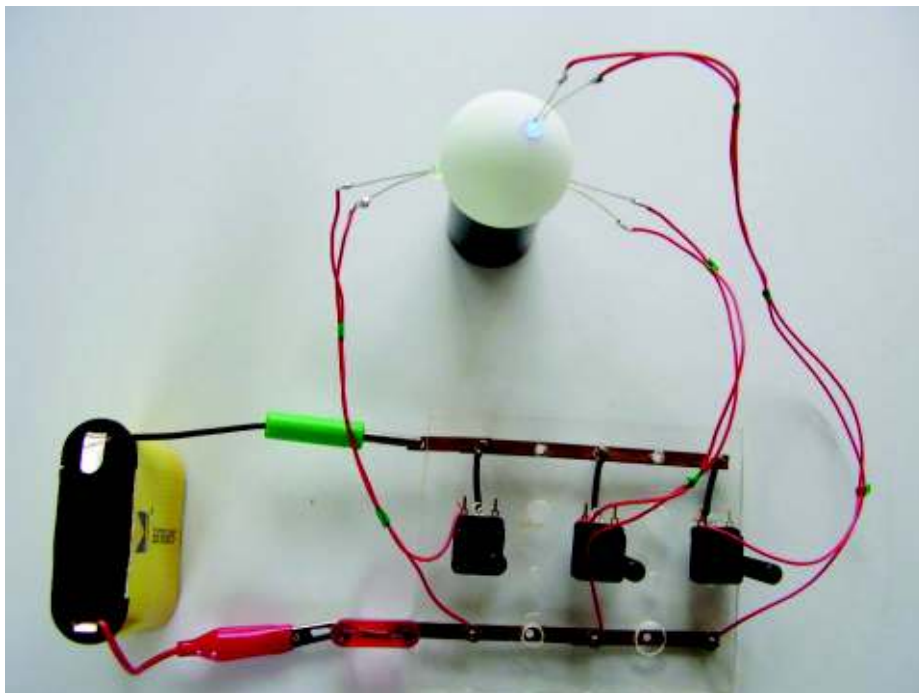


28. ábra

Az alapszínek

Vörös ($\lambda = 630 \text{ nm}$), Zöld ($\lambda = 521 \text{ nm}$), Kék ($\lambda = 465 \text{ nm}$).

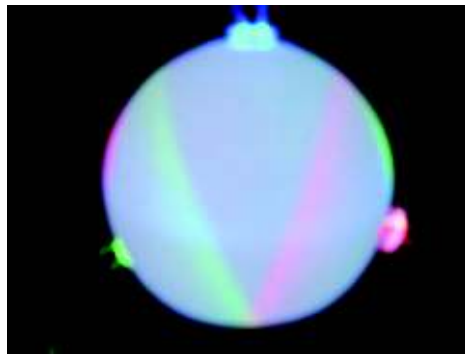
Amikor a színkeverő kész van, kapcsoljuk be mind a három LED diódát. A színes fények összekeverednek, és a labda a kevert színben világít közelítően egyenletes erősséggel minden oldalról. (29. ábra).



29. ábra

A kiindulási beállítás

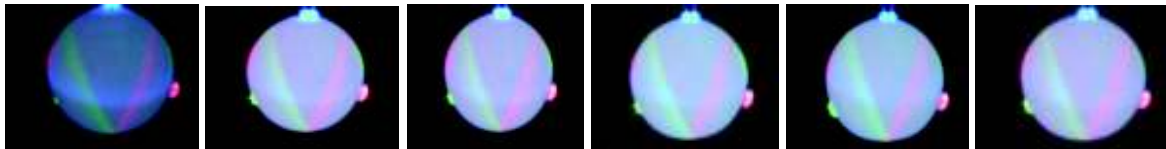
A változtatható ellenállások segítségével állítsuk be a „legjobb” fehér fényt!



30. ábra

Fehér fény előállítására piros, zöld és kék LED-ek felhasználásával

Ajánlatos egy picit változtatni az átfolyó áramerősséget a diódán és megmutatni a diákoknak, hogy az emberi szem mennyire érzékeny a színerősségek nagyon apró változására még akkor is, ha ez a fehér fényhez nagyon hasonlatos.



31. ábra

Az egyes színek fényerősség változásának hatása a kevert fény tónusára

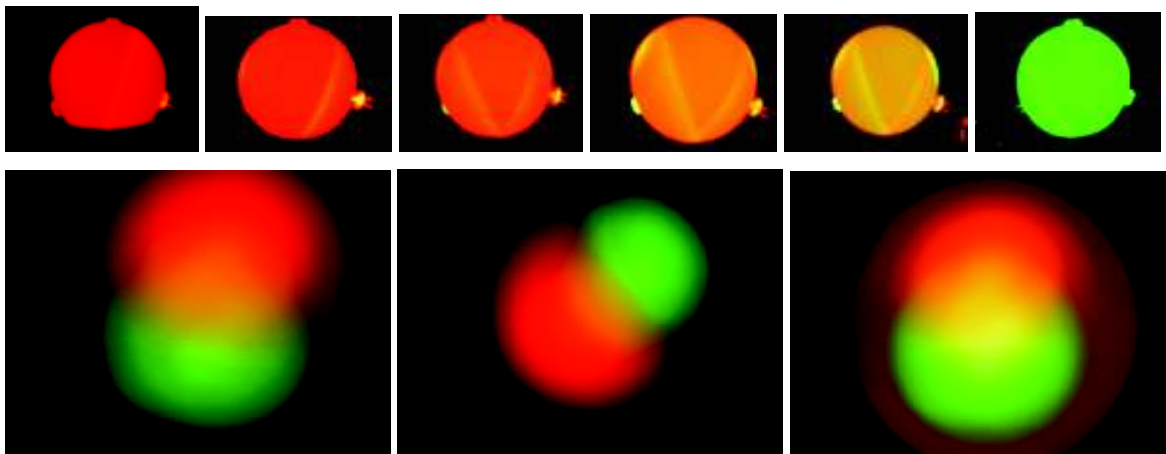
2. Színkeverés két diódával

Vörös + zöld = sárga

Tanulói feladat:

Két dióda bekapcsolásával két szín keverékeként megkaphatjuk a cián, a magenta, és a sárga színeket, és így kipróbálhatjuk a színkeverés néhány alapszabályát.

A 32. ábrán láthatjuk, hogy vörös és zöld szín keverésével sárgát kapunk. A színek árnyalata attól függ, hogy a két dióda milyen fényerővel világít.

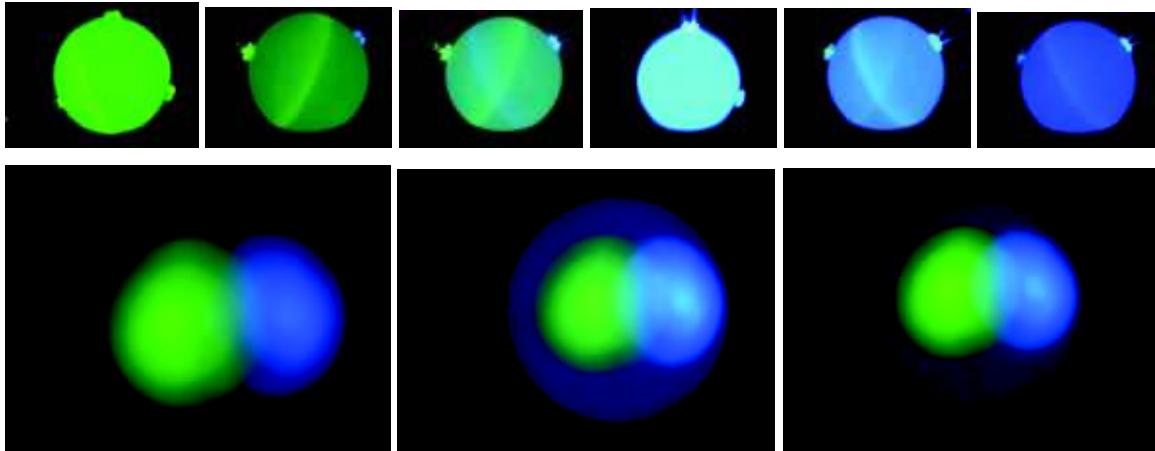


32. ábra

Vörös és zöld színek keverése

Zöld + kék = kékeszöld

A zöld és a kék színek keverésével kékeszöld (cián) színt tudunk előállítani. A különféle színárnyalatokat itt is a kék és zöld LED fényerejének változtatásával tudjuk beállítani.



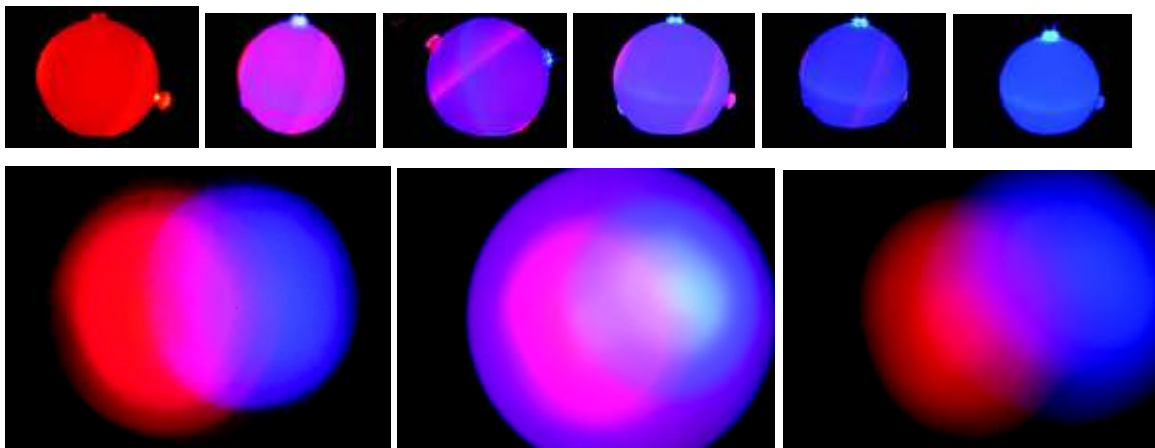
33. ábra

Kék és zöld színek keverése

Vörös + kék = lila

Vörös és kék színek összekeverésével lilát kapunk. (34. ábra).

A mérőműszer segítségével leolvashatjuk a LED-eken átfolyó áramerősség értékeit. Az adatokat táblázatba írhatjuk és hozzájuk színt rendelhetünk. Ily módon elkészíthetünk egy színskálát, melyben minden színnek meghatározott értéke van.



34. ábra

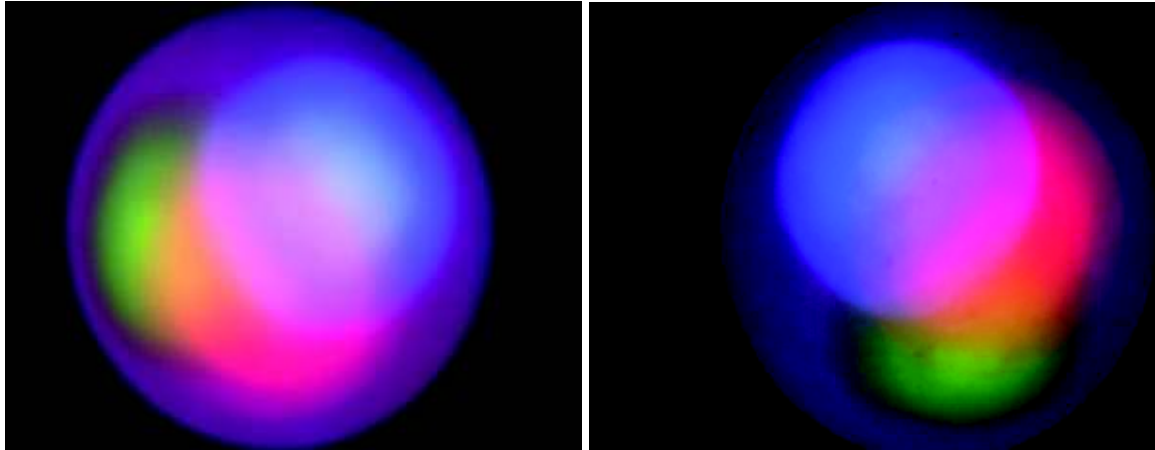
Vörös és kék színek keverése

3. Színkeverés három diódával

Tanulói feladat

Zöld + vörös + kék

Ha a pingpong labdában mind a három diódát egyszerre bekapcsoljuk, jól megfigyelhetjük a három szín egymásra hatását, az additív színkeverés sajátosságait.



35. ábra

Vörös, kék és zöld színek keverése

Az LED-eken átfolyó áramok erősségének mérésével megadhatjuk azokat az értékeket, amelyek beállításával a kívánt színhatások elérhetők.

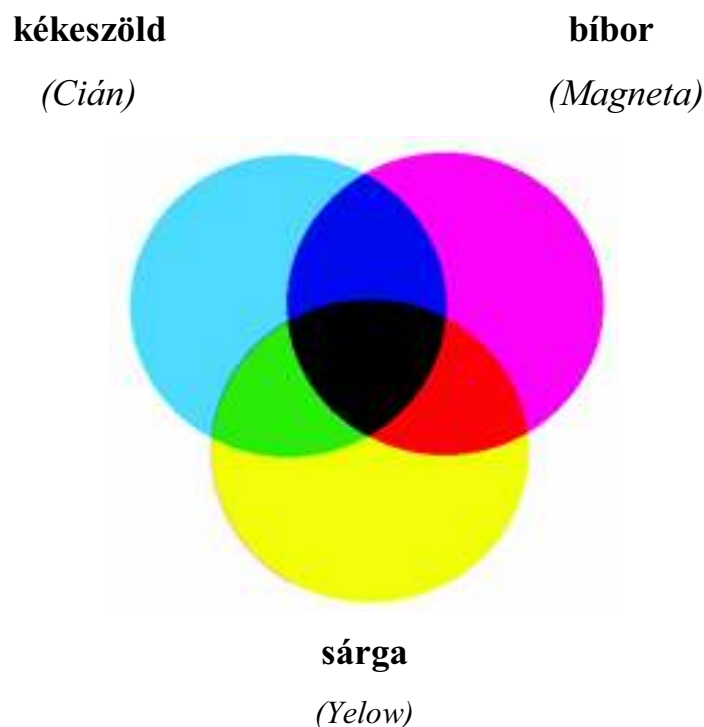
4. Kiegészítő színek

4. 1. Elméleti alapok

Szubtraktív (kivonó) színkeverés:

Egymás után elhelyezett színszűrőkkel bizonyos színeket elnyeletünk. A maradék átjutó színek keverékét érzékeljük.

A 36. ábrán a szubtraktív színkeverés alapszínet láthatjuk.



36. ábra

A szubtraktív színkeverés alapszínei

Ennek a három színnek a kivonása nem ad tökéletesen feketét (szürkét eredményez), így azt egy fekete szűrővel tudjuk előállítani.

CYMK színeképzést a nyomdászatban, festészetben, nyomtatókon alkalmazzák. (A papír által visszavert fehér fényt az egymásra rétegzett festékrétegek szűrik.)

Néhány példa a színek kivonására:

$$\begin{aligned} \text{sárga} + \text{bíbor} &= \text{vörös} \\ \text{bíbor} + \text{kékeszöld} &= \text{kék} \\ \text{kékeszöld} + \text{sárga} &= \text{zöld} \end{aligned}$$

4. 2. Felhasznált eszközök

A kísérletek a színkeverés 1. 2 pontjában felsorolt eszközökkel elvégezhető.

4. 3. A kísérlet leírása

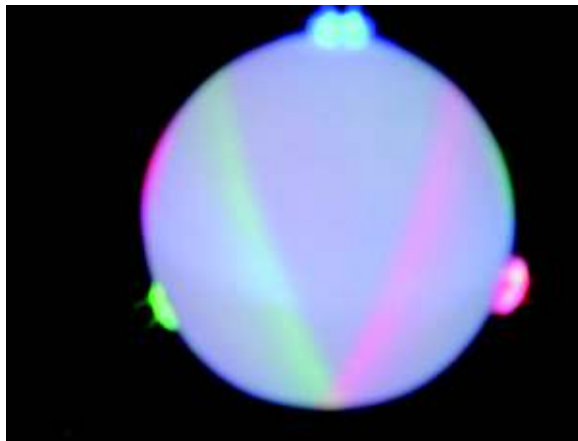
Kiegészítő színeknek azokat a színeket nevezzük, amelyeket ha összekeverünk, fehér színt kapunk. A fehér fény a teljes spektrumot tartalmazza. Ha kikapcsolunk egy diódát, megkapjuk a kikapcsolt szín kiegészítő színét.

4. 4. Feladatok

Mind ezek alapján válaszoljunk a következő kérdésekre:

Melyik a zöld kiegészítő színe?

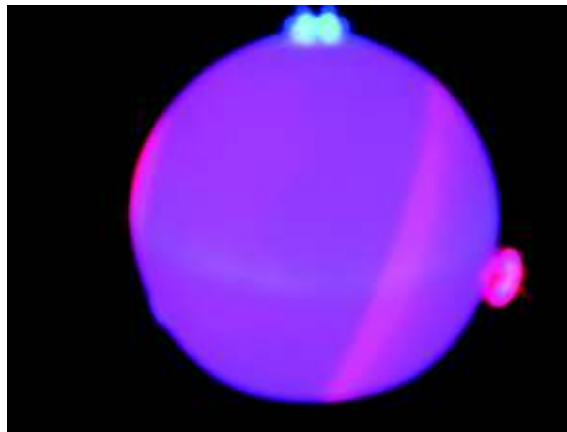
Először kapcsoljunk be három diódát, hogy fehér fényt kapjunk.



37. ábra.

A fehér fény beállítása alapszínekből

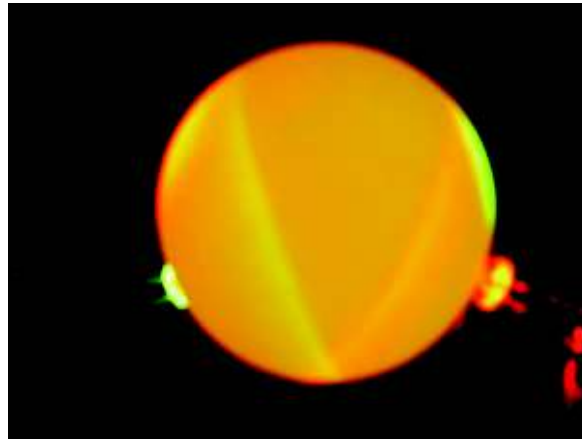
A zöld szín kiegészítő színe, az a szín, amely fényt látjuk, ha kikapcsoljuk a zöld diódát. Ez a szín a magenta, vagyis a lilás-vörös. (38. ábra).



38. ábra.

A zöld LED kikapcsolásával megkapjuk annak kiegészítő színét

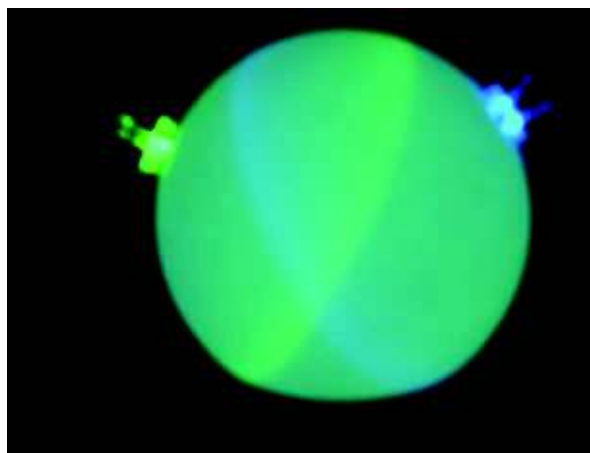
Hasonló módon bizonyíthatjuk be, hogy a kéknek a sárga a kiegészítő színe. (39. ábra).



39. ábra.

A kék LED-et kikapcsoltuk, csak a zöld és a vörös LED világít

A vörösnek a kékeszöld (cián) a kiegészítő színe.



40. ábra.

A labdában csak a kék és a zöld LED világít.

5. Árnyékjelenségek

Tanulói kísérlet

Az árnyékjelenségek vizsgálatánál a 29. ábrán látható kísérleti összeállítást használhatjuk azzal a különbséggel, hogy itt a pingponglabdán a furatokat közvetlenül egymás mellé, egymástól 2-3 mm-re kell helyezni.

Feladat:

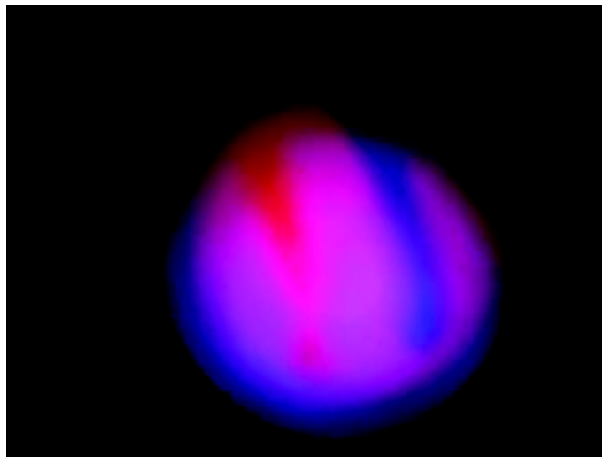
Készítsünk nyílást a labda felső részében.

A labda tetején levő nyíláson keresztül dugjunk be egy drótdarabot a labdába. Kapcsoljunk be két diódát.

Tapasztalat:

Színes árnyékok fognak megjelenni a labda falán a LED diódával szembeni oldalon.

(Lásd 41. ábra).



41. ábra.

A drót árnyékának képe a pingpong labdában

Magyarázat:

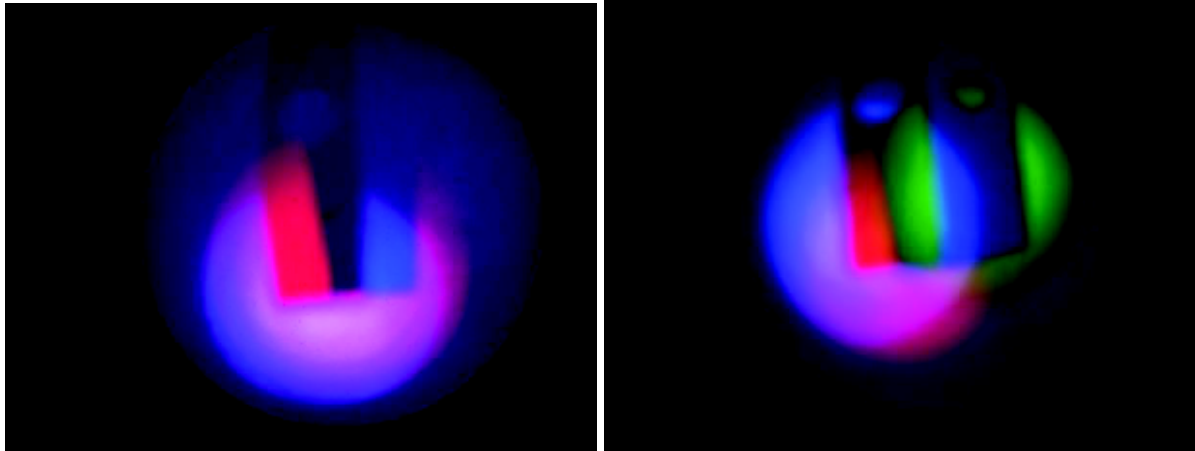
A drótdarab kéknek és pirosnak látszik, mivel a labda belső felülete a kék és piros hullámhosszúságú fotonokat visszaveri, a visszavert fénysugár a drót felületéről a szemünkbe jut.

A két megvilágító LED dióda a labda két különböző pontján helyezkedik el, ezért más-más szögből világítják meg a drótot. A visszaverődő fénysugarak máshol keletkeznek, így a drótról visszaverődő fénysugár képe is más helyen keletkezik.

Ismételjük meg ugyanezt egy kb. 4 mm széles fémcsíkkal, és kettő, majd három dióda bekapcsolásával!

Tapasztalat:

A pingponglabdán különböző színű mintázatokat figyelhetünk meg. (42. ábra)



42. ábra

A fémcsík árnyékának képe kettő és három LED bekapcsolásakor.

Kérdések:

- Miért látjuk erősebbnek a drótdarab kék és piros színeit?
- Mi a jelenség magyarázata?

A képekről jól megfigyelhető, hogy a színes árnyékok színei az ugyanolyan színnel sugárzó dióda ellentétes oldalán jelennek meg.

A labdába behelyezett 1 db. fémlemez képe két LED bekapcsolása esetén kettőnek, három LED bekapcsolásakor háromnak látszik.

Az eltérés abból adódik, hogy a labdába behelyezett LED-ek a labda különböző pontjain, egymástól viszonylag kis távolságra helyezkednek el. Így a labda belső felületéről a tárgyra, és onnan visszaverődő fénysugár a szemünkbe különböző szögből érkezik.

Itt is jól megfigyelhetjük a 42. ábrán, hogy a piros és kék színek keveredéséből ibolya, a piros és zöld keveredéséből sárga, a zöld és kék színek keveredéséből cián szín keletkezik.

6. Szakmódszertani megjegyzések

A színkeveréses kísérletek különösen alkalmasak a tanulók vizuális szemléletének elmélyítésére. A tanulók jobban megérthetik azokat a fizikai jelenségeket, amelyeket a fénytán keretében már megismertek és a művészeti, technikai tárgyakban alkalmaznak. A kísérletek végzése során a tanulóknak lehetőségük nyílik LED-ek felhasználásával különböző színek, színhatások előállítására. Megérthetik televízió vagy a monitor működésének alapjait. A kísérletek tanulói kiscsoportos és egyéni formában is elvégezhetők. Lehetőség van otthoni

kísérletezésre is. Bár a kísérletek akkor is eredményesek, ha a kísérleteket részleges elsötétítés mellett végezzük. Ez az iskolák fizika termeiben vagy laborjaiban általában megoldható. A kívülről jövő zavaró fényhatások kiküszöbölése érdekében azonban jobb a minél teljesebb elsötétítés, ami otthoni körülmények között könnyen megvalósítható. A tanár instrukciókat adhat az egyes kísérletek elvégzésének módjára, feladatul tűzheti ki a megvalósítandó eredményt, rákérdezhet a színkeverés alapszabályaira, kérheti a tanulótól az adott fizikai jelenség bemutatását, megkérdezheti, hogy milyen okok vezetnek az adott jelenséghez. Otthoni, házi feladatként kapott kísérletről a tanuló beszámolhat szóban, írásban, vagy a következő iskolai foglalkozáson bemutathatja az adott kísérletet.

7. A dolgozatban szereplő fényképek elkészítésének módja

A fényképeket Olympus 535 típusú digitális fényképezőgéppel készítettem. A vakut és az automatikus fényképezés lehetőségét kikapcsoltam. Hogy 5-15 cm-ről megfelelően éles képet tudjak készíteni, a fényképezőgépet makro vagy szupermakro üzemmódra állítottam. A 29. ábrán összeállított kísérleti berendezést fekete lapra és fekete kartonlap elé helyeztem oly módon, hogy a fényképezőgép keresőjében a pingponglabda képe jól látható legyen. A LED-ek fényerejének változtatását, a színkeverést a három 1-500 ohm között fokozatmentesen szabályozható változtatható értékű ellenállások segítségével állítottam be. A műveletet a változtatható ellenállások maximális értékeinél kezdtem. Ugyanis ebben az esetben a legkisebb az egyes diódák fényereje. Az ellenállások értékeit fokozatosan csökkentve megfigyelhető a színhatás változása. Az ellenállások 50%-os értékeinél lehetőség van annak megfigyelésére és lefényképezésére, hogy mi történik akkor, ha a háromból egyik vagy másik LED fényerejét kismértékben növeljük vagy csökkentjük. (Az eszközök és a kísérlet összeállításának leírása megtalálható dolgozatomban a 36. oldalon). Az árnyékjelenségek vizsgálatához egy másik pingpong labdát használtam. Itt a labdán a LED-ek számára a furatokat közvetlenül egymás mellett, egymástól 2-3 mm távolságra helyeztem. A fényképeket semmilyen képszerkesztő számítógépes programmal nem manipuláltam. Eredeti állapotban kerültek be dolgozatomba.

IV. Összefoglalás

A modern fizika a fizikának a legújabb és a technikai haladás szempontjából legfontosabb részterülete, napjainkban is változik.

A modern fizika jelenségeit sokszor csak közvetett úton, drága és bonyolult eszközök felhasználásával tudjuk megfigyelni, bemutatni. A dolgozat célja az volt, hogy olyan kísérleteket fejlesszen, amelyek segítségével ez az anyagrész a középiskolában viszonylag egyszerű eszközökből épített kísérletekkel legyen tárgyalható.

A bemutatásnál, kísérlet végzésénél törekedni kell a leegyszerűsítésre úgy, hogy a bemutatni kívánt dolog lényeges elemei, a folyamat tulajdonságai ne változzanak.

A modell-kísérleteknél, a modellezésnél az eszköz működési elvét, működésének folyamatát mutatjuk be. Itt fontos kitérni arra, hogy a modell működési elve miben azonos és miben tér el az eredeti eszköztől.

A minimális osztálylétszám központi meghatározása miatt a tanárnak többnyire csak frontálisan, demonstrációs kísérletekkel van lehetősége szemléltetni egy jelenséget. A tanulók kis csoportokban csak nagyon ritkán végeznek saját maguk kísérletet. Ez a modern fizikára kifejezetten érvényes.

Dolgozatban a nanotechnikában használatos atomi erő mikroszkóp működési elvét, a napelemek tulajdonságait és LED-ek felhasználásával történő színkeverés egyes alapjelenségeit mutatom be. A napelemekkel és a LED-ekkel végzett kísérletek hozzájárulhatnak a tanulók környezettudatos szemléletmódjának kialakításához.

A kísérletezésen kívül a modern fizika oktatásában feltétlenül fel kell használnunk a jelen kor technikája által nyújtott lehetőségeket – mint pl. digitális filmek, képek, ábrák, modellek, számítógépes grafikonok, flash animációk.

A tanulók által végzett kísérletezéssel, valamint az IKT eszközök felhasználásával pozitív módon megváltozik a diákok fizikához való hozzáállása, a természettudományok iránti attitűdje.

V. IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Németh Judit: A világ érdekessége és a természettudományi oktatás
(Beszélgetés Németh Judit akadémikussal a Fizikai Szemle főszerkesztőjével)
Új Pedagógiai Szemle 2007/2.
- [2.] Németh László: A kísérletező ember, Előszó
- [3.] Takács Gáborné - Takács Gábor: Tizenhárom éves tanulók deduktív és induktív
gondolkodása Új Pedagógiai Szemle 2000/6.
- [4.] Papp Katalin, Józsa Krisztián: Legkevésbé a fizikát szeretik a diákok? - Fizikai Szemle
2000
- [5.] Bencze Gyula: Tudás alapú társadalom? Fizikai Szemle 2008/9.
- [6.] Nemzeti Alaptanterv: A Nemzeti Alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról
szóló 243/2003 (XII. 17.) Korm. rendelet (a 202/2007. (VII. 31.) Korm. rendelettel
módosított, egységes szerkezetbe foglalt szöveg)
2007. szeptember 26.
- [7.] Radnóti Katalin: A természettudományos közoktatás helyzete Magyarországon
Az OKNT bizottság jelentése 2008. 08. 31.
- [8.] Brassói Sándor: Használható tudást vagy lebutított tudományt? Új Pedagógiai Szemle
2006/5.
- [9.] Jarosievtz Beáta: Előadás Fizikatanári Konferencia 2003. szeptember 12-14.
- [10.] Gorazd Planinsic: Didactical Model of the Atomic Force Microscope Proceedings of
GIREP/EPEC Conference, Opatija 2007. auguszt. 23.
- [11.] Chris Chiaverina: The Ping-Pong Ball Color mixer The Physics Teacher 45. 2007. febr.
- [12.] Internetes forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Fény>
- [13.] www.szamfa.axelero.net/hu/led/poszter2_LED_VK.pdf

VI. TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat Atomi erő mikroszkóp mérés

minta cm	1. mérés	2. mérés	3. mérés	átlag
	hegy elmozdulása (cm)			
0	0	0	0	0
0,5	0	0	0	0
1	0,1	0,2	0,1	0,13
1,5	0,6	0,5	0,6	0,57
2	0,81	0,82	0,81	0,81
2,5	2,1	2	1,9	2
3	2,8	3	2,9	2,9
3,5	3,3	3,4	3,4	3,37
4	3,5	3,6	3,7	3,6
4,5	3,4	3,7	3,5	3,53
5	2,6	2,5	2,7	2,6
5,5	1,9	2,1	1,8	1,93
6	2	2,2	1,9	2,03
6,5	2,6	2,4	2,5	2,5
7	3,2	3,4	3,1	3,23
7,5	3,3	3,4	3,4	3,37
8	3,4	3,3	3,6	3,43
8,5	3,3	3,5	3,4	3,4
9	3,2	3,5	3,3	3,33
9,5	3,1	3,3	3	3,13
10	3,4	3,5	3,4	3,43
10,5	3,6	3,8	3,7	3,7
11	3,6	3,7	3,7	3,67
11,5	3,5	3,4	3,5	3,47
12	3,2	3,1	3,2	3,17
12,5	2,8	2,7	2,7	2,73
13	1,7	2	1,7	1,8
13,5	0,8	1,1	0,8	0,9
14	0,2	0,1	0,1	0,13
14,5	0	0	0	0
15	0	0	0	0
15,5	0	0	0	0
16	0,1	0,1	0,2	0,13
16,5	0,8	0,7	0,8	0,77
17	1,9	2,2	2	2,03
17,5	3,4	3,6	3,4	3,47
18	4	3,9	4,1	4
18,5	3,9	4,2	4,1	4,07
19	3,9	4	4	3,97
19,5	3,5	3,6	3,4	3,5
20	2,4	2,5	2,3	2,4
20,5	1,3	1,4	1,4	1,37
21	0,4	0,6	0,5	0,5
21,5	0	0,2	0	0,07
22	0	0	0	0

2. táblázat Az áramerősség függése a távolságtól és a megvilágítás erősségétől

340 Lumen 40 watt					415 Lumen 40 watt			
<i>cm</i>	<i>1.</i> <i>mA</i>	<i>2.</i> <i>mA</i>	<i>3.</i> <i>mA</i>	<i>átlag</i> <i>mA</i>	<i>1.</i> <i>mA</i>	<i>2.</i> <i>mA</i>	<i>3.</i> <i>mA</i>	<i>átlag</i> <i>mA</i>
65	29,1	29,2	29,4	29,23	32,3	33,2	32,5	32,67
60	31,4	31,5	31,3	31,40	35,2	34,8	35,1	35,03
50	39,6	39,7	39,6	39,63	43,7	43,5	43,8	43,67
40	53,0	53,1	52,9	53,00	57,2	57,1	57,6	57,30
35	58,8	58,6	58,8	58,73	64,8	64,9	64,7	64,80
30	68,3	68,5	68,4	68,40	71,3	72,2	72,0	71,83
25	79,9	79,8	79,7	79,80	82,0	81,9	81,8	81,90
20	86,6	86,4	86,3	86,43	88,3	88,1	88,0	88,13
15	92,5	92,4	92,2	92,37	94,6	94,5	94,4	94,50
10	98,5	98,4	98,3	98,40	99,7	99,6	100,5	99,93
5	100,5	100,4	100,3	100,40	103,3	103,2	103,0	103,17

630 Lumen 60 watt					710 Lumen 60 watt			
<i>cm</i>	<i>1.</i> <i>mA</i>	<i>2.</i> <i>mA</i>	<i>3.</i> <i>mA</i>	<i>átlag</i> <i>mA</i>	<i>1.</i> <i>mA</i>	<i>2.</i> <i>mA</i>	<i>3.</i> <i>mA</i>	<i>átlag</i> <i>mA</i>
65	46,5	46,4	45,6	46,17	51,0	51,7	50,2	50,97
60	48,1	47,9	48,2	48,07	52,2	52,4	52,5	52,37
50	57,3	57,1	57,2	57,20	63,0	62,9	63,0	62,97
40	68,1	68,2	68,1	68,13	70,2	70,3	70,2	70,23
35	74,2	74,1	74,0	74,10	76,6	76,4	76,3	76,43
30	78,5	78,8	78,6	78,63	80,5	80,4	80,2	80,37
25	87,8	87,6	87,5	87,63	89,5	89,6	89,8	89,63
20	92,4	92,6	92,9	92,63	93,6	93,5	93,2	93,43
15	99,8	99,2	98,6	99,20	101,7	100,8	101,4	101,30
10	107,4	107,3	107,2	107,30	112,7	112,6	112,5	112,60
5	113,0	113,7	113,5	113,40	116,7	116,6	116,4	116,57

1200 Lumen 100 watt					1340 Lumen 100 watt			
<i>cm</i>	<i>1.</i> <i>mA</i>	<i>2.</i> <i>mA</i>	<i>3.</i> <i>mA</i>	<i>átlag</i> <i>mA</i>	<i>1.</i> <i>mA</i>	<i>2.</i> <i>mA</i>	<i>3.</i> <i>mA</i>	<i>Átlag</i> <i>mA</i>
65	65,2	65,4	65,3	65,3	67,2	67,9	68,8	67,97
60	67,8	67,7	67,0	67,5	69,9	70,0	70,1	70,00
50	73,3	73,2	73,4	73,3	76,4	76,0	76,5	76,30
40	79,7	79,6	79,6	79,63	80,5	80,0	80,2	80,23
35	83,1	83,2	83,1	83,13	83,8	83,7	83,6	83,70
30	87,8	87,9	87,8	87,83	88,8	88,4	88,5	88,57
25	92,1	92,0	91,9	92,00	92,9	92,8	92,7	92,80
20	97,8	97,6	97,3	97,57	98,3	98,2	98,5	98,33
15	106,8	106,7	106,2	106,57	108,4	108,3	108,0	108,23
10	117,2	117,1	116,9	117,07	117,5	117,4	117,1	117,33
5	120,9	120,7	120,4	120,67	121,3	121,8	121,0	121,37

3. táblázat A teljesítmény függése a távolságtól és a megvilágítás erősségétől

távolság cm	Izzó 40 watt 340 Lumen			Izzó 40 watt 415 Lumen		
	U mV	I mA	P mW	U mV	I mA	P mW
65	110	29,23	3,215	140	32,67	4,573
60	130	31,4	4,082	170	35,03	5,955
50	180	39,63	7,133	220	43,67	9,607
40	260	53	13,780	310	57,3	1,776
35	320	58,73	18,793	350	64,8	22,680
30	370	68,4	25,308	390	71,83	28,013
25	410	79,8	32,718	430	81,9	35,217
20	440	86,43	38,029	460	88,13	40,539
15	480	92,37	44,337	490	94,5	46,305
10	510	98,4	50,184	520	99,3	51,636
5	520	100,4	52,208	530	103,17	54,680

távolság cm	Izzó 60 watt 630 Lumen			Izzó 60 Watt 710 Lumen		
	U mV	I mA	P mW	U mV	I mA	P mW
65	190	46,17	8,772	240	50,97	12,232
60	220	48,07	10,575	270	52,37	14,139
50	280	57,2	16,016	330	62,97	20,780
40	370	68,13	25,208	400	70,23	28,092
35	390	74,1	28,899	430	76,43	32,864
30	430	78,63	33,810	450	80,37	36,166
25	450	87,63	39,433	470	89,63	42,126
20	470	92,63	43,536	480	93,43	44,846
15	495	99,2	49,104	490	101,3	49,637
10	525	107,3	56,332	530	112,6	59,678
5	540	113,4	61,236	550	116,57	64,113

távolság cm	Izzó 100 Watt 1200 Lumen			Izzó 100 Watt 1340 Lumen		
	U mV	I mA	P mW	U mV	I mA	P mW
65	360	65,3	23,508	370	67,97	25,148
60	370	67,5	24,975	380	70	26,600
50	410	73,3	30,053	420	76,3	32,046
40	450	79,63	35,833	460	80,23	36,905
35	470	83,13	39,071	480	83,7	40,176
30	490	87,83	43,036	500	88,57	44,285
25	500	92	46,000	520	92,8	48,256
20	520	97,57	50,736	530	98,33	52,114
15	530	106,57	56,482	540	108,23	58,444
10	540	117,07	63,217	550	117,33	64,531
5	560	120,67	67,575	570	121,37	69,180

4. táblázat Napelemek megvilágítása LED-ekkel azonos távolságból

(L = 4 cm)

ZÖLD LED

U	I	P
mV	mA	mW
0,1	0,01	0,02
3,37	0,04	0,13
18,4	0,03	0,62
25,4	0,03	0,77
31,07	0,03	0,88
36,5	0,03	0,95
40,43	0,02	0,99
44,5	0,02	1,01
48,83	0,02	1,03
51,23	0,02	1,03
51,87	0,02	1,04

NARANCSSÁRGA LED

U	I	P
mV	mA	mW
0,1	0,06	0,006
4,8	0,06	0,286
26,6	0,05	1,338
37,37	0,05	1,706
47,5	0,04	1,947
54,47	0,04	2,069
59,67	0,04	2,128
65,13	0,03	2,171
71,53	0,03	2,146
74,93	0,03	2,173
75,83	0,03	2,148

KÉK LED

U	I	P
mV	mA	mW
0,1	0,08	0,008
6,9	0,08	0,554
37,5	0,07	2,512
53	0,06	3,215
63,27	0,06	3,564
72,3	0,05	3,759
79,67	0,05	3,877
88,17	0,04	3,967
96,63	0,04	3,962
101,33	0,04	3,952
102,43	0,04	3,961

Vörös LED

U	I	P
mV	mA	mW
0,1	0,07	0,006
5,93	0,07	0,395
30,9	0,06	1,73
42,9	0,05	2,202
52,5	0,05	2,45
61,63	0,04	2,65
66,83	0,04	2,695
73,77	0,04	2,729
81,03	0,03	2,755
84,5	0,03	2,704
85,3	0,03	2,729

5. táblázat Napcella vizsgálata LED-del különböző távolságból

<i>VÖRÖS LED</i>									
<i>Távolság(d)</i>	<i>U-1</i>	<i>U-2</i>	<i>U-3</i>	<i>U átlag</i>	<i>I-1</i>	<i>I-2</i>	<i>I-3</i>	<i>I átlag</i>	<i>E (relativ)</i>
<i>cm</i>	<i>mV</i>	<i>mV</i>	<i>mV</i>		<i>mA</i>	<i>mA</i>	<i>mA</i>	<i>mA</i>	
3	100,1	99,7	97,6	99,13	0,038	0,038	0,037	0,038	111,11
4	96,7	93,4	91,6	93,9	0,037	0,035	0,034	0,035	62,5
5	90,7	88,4	86,6	88,57	0,034	0,033	0,033	0,033	40
6	84,5	83,4	81,3	83,07	0,032	0,031	0,031	0,031	27,78
7	79,9	79,9	78,9	79,57	0,031	0,029	0,03	0,030	20,41
8	77,2	75,6	75,1	75,97	0,029	0,028	0,03	0,029	15,63
9	75,1	73,8	72,5	73,8	0,03	0,028	0,027	0,028	12,35
10	72,5	72,5	70,4	71,8	0,027	0,027	0,027	0,027	10
11	70,6	70,5	68,9	70	0,027	0,027	0,026	0,027	8,27
12	68,3	69,7	67,1	68,37	0,026	0,026	0,025	0,026	6,94
13	66,1	64,9	65,6	65,53	0,025	0,025	0,025	0,025	5,92
14	66,9	65,3	64,3	65,5	0,025	0,025	0,024	0,025	5,1
15	64,6	65,6	64,1	64,77	0,025	0,025	0,024	0,025	4,44
16	61,8	60,3	63,5	61,87	0,023	0,023	0,024	0,023	3,91

6. táblázat A napelem teljesítményének függése a hőmérséklettől

C	U (mV)	I (mA)	P (mW)
			51,006
4	1154	44,2	
10	1122	43,3	48,582
15	1109	42,3	46,910
20	1087	41,8	45,436
25	1065	41,2	43,878
30	1043	40,8	42,554
35	1034	40,6	41,980
40	1016	40,3	40,944
45	996	40,0	39,840
50	979	39,6	38,768
55	952	39,5	37,604
60	928	39,1	36,284
65	902	39,0	35,178

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni Dr. Papp Györgyné Dr Papp Katalin egyetemi docensnek szakdolgozatom elkészítéséhez nyújtott segítségét, hasznos tanácsait, melyekkel megkönnyítette a munkámat.