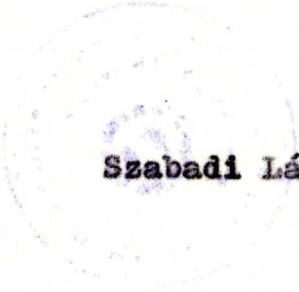


**AZ ELEKTROMOSSÁGTAN TANÍTÁSÁNAK NÉHÁNY
KÉRDÉSE**

egyetemi doktori értekezés



Szabadi László

**Készült
a József Attila Tudományegyetem
Kísérleti Fizikai Intézetében.**

Szeged, 1986.



"Hogyha fiadra vagyont nem hagysz
hasznos tudományra
Oktatsd, hogy sanyaru sorsával
küzdeni tudjon."

Cato

Tartalom

1.	Bevezetés	4
2.	A Fizika tanításának főbb szempontjai . . .	6
3.	Az elektromosságtan tanítása	
3.1	Általános kérdések	16
3.2	Tanmenetek	23
3.3	Elektrosztatika +	31
3.4	Egyenáramok	51
3.5	Vezetés folyadékokban, gázokban és vákumban	78
3.6	Időben állandó mágneses tér	82
3.7	Időben változó mágneses tér	93
4.	Összefoglalás	100
5.	Függelék	102
6.	Irodalom	113

1. Bevezetés

A művelt ember eszménye az elmúlt századok során sok változáson ment keresztül. Korunk tudományos és technikai fejlődése szinte megköveteli azt, hogy az általános műveltség fogalma kiterjedjen a természettudományos, technikai és matematikai műveltségre is.

Természetesen nem követelhetjük meg sem magunktól, sem másoktól, hogy polihisztorok legyünk, és a reneszánsz ember módjára otthonosan mozogjunk a tudomány és a művészet minden területén, hiszen erre akkor is csak néhány zseniális elme volt képes (Leonardo da Vinci, Michelangelo Buonarrotti.) Korunk ismeretanyaga olyan hatalmas, hogy a specializálódás elengedhetetlen, és azt is be kell látnunk, hogy nem minden ember képes minden feladat elvégzésére.

Szükséges azonban az, hogy a sokáig uralkodó latinos görögös, humán alapokon nyugvó műveltségeszményt egy olyan műveltségkép váltsa fel, mely egyaránt otthont ad a természettudományos és humán műveltségnek. A művelt embernek ismernie kell az őt körülvevő természet alapvető törvényszerűségeit, tisztában kell lennie azzal, hogy a használatára szolgáló tárgyak nem démonok szavának engedelmeskednek, hanem az ember által felismert és kihasznált természeti törvényeknek.

Az általános és középiskola feladata az, hogy megismertesse a diákokat az alapvető természeti és társadalmi tör-

vényekkel. A passzív tudás azonban nem elegendő, a tudásnak aktívnak kell lennie, önálló problémamegoldó gondolkodásra tényleg képessé. ([16] , 11. oldal 1-6. bek.)

" Az oktatásnak tehát nemcsak az a feladata, hogy általános műveltséget adjon az embernek, állampolgárként teljes értékűvé tegye őket, hanem fejleszteni kell képességüket a környező világ alkotó megismeréséhez szükséges önálló gondolkodásra is. " ([34] 67. oldal 3. bek.)

A matematika és a természettudományok - ezen belül is elsősorban a fizika - tanulmányozása elősegíti a problémamegoldó gondolkodás fejlesztését. [48] Segítséget nyújt a világ megértéséhez, hozzásegít ahhoz, hogy a bennünket körülvevő eszközeinket jobban megismerhessük, a háztartásunkat segítő elektromos eszközeink működését kevésbé gondoljuk démoni eredetűnek. Ehhez azonban az elméleti tudás mellett gyakorlati tapasztalatokra is szükség van.

2. A fizika tanításának főbb szempontjai

Nehéz dolga lehet annak a tanárnak akitől a diákjai a "fizika" mint tudomány ekzakt meghatározását szeretnék megtudni. Igen sok meghatározás létezik erre, de mindegyiknek van valami hibája, egyik sem tökéletes, és nem is lehet az.

Az Új Magyar Lexikon szerint:

" A természettudományok egyik fontos ága, az élettelen anyag és tér általános tulajdonságait és törvényeit tanulmányozza. "

([57] 359. oldal) Ebben a meghatározásban túlságosan is kihaggsúlyozzák az élettelen anyagot, de tudjuk, hogy az élő szervezet számtalan folyamatát a fizika is tanulmányozza.

Egy másik definíció szerint:

" A fizika a mozgó anyag általános sajátosságaival és törvényeivel foglalkozó tudomány. " ([55] , 629. oldal) Ez a definíció pedig semmitmondó, mert minden a természettudományok közé tartozó tudomány a mozgó anyag tulajdonságait vizsgálja.

A legegyszerűbb talán, és a középiskolai oktatás számára a legkézenfekvőbb az, ha bemutatjuk a természetben lejátszódó folyamatokat, ezek vizsgálati módszereit, és az így feltárt általános természeti törvényeket, törvényszerű kapcsolatokat. A fizika sajátos módszereivel a természet megismerésére törekszik és a matematika segítségével annak ekzakt leírására tesz kísérletet.

A fizikai megismerés utja egy "iterációs folyamat".

A fizikai megismerés alapja a tapasztalat, a megfigyelés, majd az irányított folyamatok megfigyelése, a kísérlet. A kísérlet eredményeinek kvantitatív meghatározásához elengedhetetlen módszer a mérés, és ezzel kapcsolatban a mértékegységek helyes és célszerű megválasztása.

Az összegyűjtött tapasztalat és mérési eredmények halmazából induktív módszerrel feltárjuk a folyamatok törvényszerűségeit. Az induktív módszer lényege az, hogy a dolgok közös vonásainak tanulmányozásával következtetünk az általános tulajdonságokra.

A törvényszerűségek felismerésével megalkothatjuk a természet - vagy inkább a vizsgált jelenségkör - modelljét a modellaxiómák segítségével. A következő lépés a modell tulajdonságainak vizsgálata matematikai módszerekkel.

" Valójában az elméleti természettudományokról általában elmondható, hogy végső és átfogó axiómák egy olyan együttesének a feltárására törekszik amelyekből aztán deduktív lépésekkel bizonyíthatóan levezethető a világ minden jelensége. "

([3] 55. oldal) Sajnos azonban Gödel és Tarski tételei alapvetően megingatják az ebbe az eszménybe vetett hitet. Bebizonyították, hogy egy rendszer nem minden értelmes állítása vezethető le az axiómákból. Egy axiómarendszerből sosem kényszeríthető ki a világnak egy olyan leírása, amely minden ponton tökéletesen megfelel a természeti jelenségeknek [3] . A felállított modellünknek érvényességi határai vannak, mely határokat az újabb, most már a modell belső struktúrája által is kö-

vetelt kísérletekkel lehet kitapogatni. A modellünkkel nem magyarázható kísérleti eredmények újabb, ezekre a jelenségekre is magyarázatot adó modell felállítására kényszerítenek bennünket. Itt a kör bezárul. Kérdés az, hogy a fenti iteráció konvergense, ezt még nem tudjuk, csupán Gödel után sejteni lehet azt, hogy nem, ami viszont súlyos ismeretelméleti problémát vet fel, a világ megismerhetőségének a kérdését. ([52] 23-33. oldal)

Mi az, ami a fenti folyamatból egy középiskolás tanulóknak megtanítható? A megfigyelés, a kísérlet, az induktív következtetések néhány fontos mintája, és a modellalkotás elemei. Sajnos az utóbbi precíz tárgyalásához elengedhetetlen egy nagyobb matematikai eszköztár, amivel a középiskolás tanuló még nem rendelkezik.

" A kísérleti fizika a valósággal közvetlenebb kapcsolatban levő témaköröket hangsúlyozza, az elméleti fizikus pedig a deduktívabb tárgyalást részesíti előnyben. A tárgyalási szintek a különböző szintű iskolákban abban térnek el egymástól, hogy milyen részletesen használják fel az eszköztárat "

" Ugy is mondhatnánk, hogy a fizikai elmélet ... a tankönyvekben mintegy megkövesítve, statikussá merevítve vetíti eléink a fizika egy-egy területét: módszert ad az igazságok felderítésére és igazolására, körülhatárolja ezen struktúrán belül értelmes, azaz megválaszolható kérdésfeltevéseket. "

([52] 27-28 oldal 6.bek.)

" A gimnáziumi fizika alapvetően kísérleti fizika. Ebből következik, hogy a tanításban a kísérlet az alapvető módszer. " ([16] 409. oldal, 1.bek.)



Az oktatási folyamat nem kell, hogy reperodukálja a fizikai megismerés történelmi útját, hiszen arra idő nincsen, hogy az önállóan végzett kísérletekből vonják le a tanulók az általános összefüggéseket, de az szükséges, hogy a tanári "tekintélyelv" alapján kimondott összefüggéseknek a tanulók által is látott kísérleti alapja legyen. [51] Teljesen nem szabad elszakadni a fizikai megismerés történelmi folyamatától, tisztában kell lenniük a tanulóknak a fizika nagy fordulópontjaival, azok gazdasági és társadalmi következményivel. Szomorú az, hogy a tantárgyi összehangoltság hiánya nemcsak a matematika-fizika, kémia-fizika, biológia-fizika kapcsolatot sujtja, hanem a történelem-fizika kapcsolata is még hiányosabb. Ezen történelmi út feltárásával a történelem tárgynak kicsit többet kellene foglalkoznia.

" A fizikatörténet izgalmassá teheti a fizika oktatását, A fizikatörténet megtermékenyítheti a ma fizikáját is, A fizikatörténet problematikája, új, izgalmas kihívást jelent az emberi intellektus számára, az általános történelem számára is fontos, És végül a fizikatörténet segít abban, hogy helyesen ítéljük meg korunk teljesítményét. "

([52] 15-16. oldal)

Legyen helye a szaktárgy oktatásában a tudománytörténetnek is. Ez a tanár számára nem jár sok többletmunkával akkor, ha az ehhez szükséges kutatómunkát a gyerekekre bizza, akár úgy, hogy egy-egy felmerülő név mellé írja oda az évszámot is, akár úgy, hogy az egyes témaköröket befejező, összefoglaló órát előzze meg egy tudománytörténeti óra, amelynek vezetését

engedje át az erre az órára önállóan felkészülő, kiselőadást tartó tanulóknak.

Ahhoz, hogy a gyermekek valamelyest is szorgalmasan és eredményesen tanuljanak, az kell, hogy érdekelték legyenek a tanulásban, vagy érdeklődjenek a tanulás iránt. Ez megnyilvánulhat a tanulás és a tantárgy iránti közvetlen érdeklődés formájában is, de lehet közvetett érdeklődés is, ami többé kevésbé annak a felismerése, hogy mit nyújt a tanulás. ([51] 934. oldal)

A gimnáziumi tanítás-tanulás folyamatát a közvetett érdeklődés jellemzi, ami harmadévtől válik komollyá, a harc a jegyekért és az eredményes felsételihez nélkülözhetetlen pontokért. A gimnázium célja a felsőfoku tanulmányokra való felkészítésen kívül egy általánosan művelt, ismereteinek önálló gyarapítására képes, önállóan gondolkodó személyiség kialakítása.

[16] Ennek érdekében szükség van arra, hogy a közvetett érdeklődés mellett közvetlen érdeklődést is felkeltsünk tanulóinkban, azaz a tanulás motivumainak sokirányú kiterjesztése az egyik lényeges feladatunk. [10]

Az új anyagot célszerű - ha erre az anyag jellege alkalmas - a problémából kiindulva feldolgozni. Lehetnek az új anyagnak olyan részei, amit feladat formájában fogalmazhatunk meg. Ezt elősegítheti a tanári előadás kérdve-kifejtő módszere. A tanár feladata ilyenkor a probléma felvetése, a munka irányítása, a pongyola levezetések és fogalmak pontossá tétele és az összefoglalás.

A probléma felvetésének egy módja a tanári demonstrációs kísérlet. A lényegretörő, látványos és nem tulságosan bo-

nyolult kísérletek, melyeket esetleg a diák egyszerű otthoni eszközeivel utánozni tud, nagyon megkönnyítik az új anyag feldolgozását, igényt teremthetnek egy újonnan bevezetendő fogalomra. A kísérletek sokasága önmagában nem növeli a motivációt. [10]

Az ismeretek alkalmazásának egy másik módja a feladatmegoldás. Törekednünk kell arra, hogy ez ne váljon monotonná és kellő sikerélményhez juttassa a tanulókat. Érdekes szöveges feladatokat tűzünk ki, differenciált óravezetéssel az osztály különböző képességű rétegeit is lehet egyszerre foglalkoztatni. Egy magasabb szintű differenciálás lehet az, hogy a tanulók az adott témában saját maguk tűzzenek ki feladatokat, amit a többieknek bemutathatnak.

A tanulási folyamat fontos lépése a tanult ismeretek ismételése. Ez olyan feladatokon keresztül is történhet, melyeknek megoldásához a régebben tanultakat is fel kell használni, de úgy is, hogy tudatosan párhuzamot vonunk a vizsgálat tárgyát képező anyag és egy már régebben tanult anyagrész között, felhívjuk a figyelmet az analógiákra és a különbségekre.

A tanulók önállóságát növelhetjük a magasabb szintű feladatok, a problémák feladásával. [47] Olyan feladatokat is kitűzhetünk - esetleg otthoni feldolgozásra is hosszabb határidővel - melyekben csak a problémát vetjük fel, a diáknak kell a szükséges paramétereket és kezdőfeltételeket megkeresniük, és a megoldásuk érvényességi körét feltérképezniük. [34] Ilyen feladatok megoldása tanári iránítással sem könnyű, mindenkitől ezt megkövetelni nem lehet - sem diáktól, sem



tanártól - , de a legkisebb ilyen törekvést is fel kell karolni, és a legcsekélyebb eredményt is jutalmazni kell. Nagyon jó segítséget nyújt ehhez a középiskolai fizikatanítás egyik fóruma a Középiskolai Matematikai Lapok fizika rovata. Rá kell venni a tanulókat, hogy vegyenek részt a kitűzött pontversenyben.

A tanulók önálló kutatási feladatokat is kaphatnak. Önálló kísérleti feladat megtervezésére és megoldására nem minden tanuló képes, de minden tanuló képes arra, hogy a könyvtárban buvárkodva önálló tudománytörténeti kutatásokat végezzen, a legegyszerűbb leíró jellegűtől a bonyolultabbakig, amit képességei szerint akár kiselőadás formájában elő is adhat, vagy az önképzőkörhöz hasonlóan dolgozatot készíthet. Ezeket a munkákat is természetesen értékelnünk kell.

A tanárok vezette tanulókísérleti órák mindig színes eseményei a fizikaoktatásnak. A jól megszervezett tanulókísérleti óra alkalmat ad a diákoknak gyakorlati képességeik kibontakoztatására, a tanárnak pedig arra, hogy a diákjait más oldalról is megismerhesse. A tanulókísérleti órák legfőbb feladata nem az, hogy pontos méréseket végezzenek a tanulók - ilyen mérések a tanulókísérleti eszközök többségével nem is végezhetők el - , hanem az, hogy megismertesse a tanulókat az alapvető fogásokkal, módszerekkel, megismerkedjenek az eszközökkel, valamint fejlessze a tanulók manipulatív fizikai látásmódját.

([12] 43-48. oldal)

Az általános műveltséghez hozzátartozik a technikai műveltség is. A fizikaoktatás keretein belül kell lehetőséget

teremtenünk arra, hogy a tanulók megismerkedhessenek a tanult törvények gyakorlati alkalmazásaival is. Erre sajnos az első és második osztályos technika c. tantárgy nem alkalmas, mert ezt kellő elméleti háttér nélkül próbálja megoldani. [13]

Vállalkoznunk kell a modern oktatástechnikai eszközök alkalmazására is a tanítási órán. Az írásvetítő kísérleti eszközként is jó szolgálatot tehet amellet, hogy a táblára nehezen elkészíthető ábrák kivetítésére is használhatjuk. Segítsegünkre lehetnek a televízó adásai is, felhasználhatunk filmeket, vagy divatosabb videoeszközöket.

A mikroelektronika lendületes fejlődése lehetővé tette személyi számítógépek gyártását és ezek tanítási órákon való felhasználását. A számítógép hasznos eszköz lehet a fizikaoktatásban is, csak nem szabad belőle fétist csinálnunk, tisztán kell látnunk a számítógépek helyét és szerepét a fizika oktatásban. Vigyáznunk kell arra, hogy a számítógép alapvető feladata ne az legyen, hogy fizikai jelenségeket szimuláljunk vele, hanem az, hogy a mérési eredményeink kiértékelésében segítséget nyújtson, vagy a bonyolultabb monoton számolásokat helyettünk elvégezze. Ehhez az alapgépünket különösképpen nem kell kibővítenünk. A másik fontos feladata lehet a mérések vezérlése. Ez azonban sokkal bonyolultabb az előzőnél, és az alapgépünket is ki kell bővítenünk, ami nagyobb beruházást igényel, de megvalósítása nem lehetetlen.

A sokféle módszer alkalmazása sokféle értékelési módot kíván, és tesz lehetővé. A hagyományos írásbeli számonkérések értékelése mellett, alkalmat ad arra, hogy az órai munkát,

az előremozdító gondolatokat is értékelhessük. A jól megtartott előadást és a hazidolgozatot is értékelni kell. Jó alkalom a tanulók tárgyhoz való affinitásának lemérésére a tanulókiérleti óra, a mérés módját és a mérés jegyzőkönyvét szintén lehet értékelni.

Foglaljuk össze a középiskolai fizikaoktatás főbb szempontjait!

1. A fizikai gondolkodásmód és módszer megismertetése
megfigyelés - mérés - kísérlet - következtetések - bizonyítások
2. Kapcsolatteremtés a többi természettudományos tárggyal
a matematika mint eszköz alkalmazása
3. A fizikai megismerés, mint történelmi folyamat
A fizika történeti és filozófiai vonatkozásának feltárása.
4. A motiváció sokirányúságára való törekvés
 - differenciált oktatás
 - érdekes demonstrációs kísérletek
 - problémamegoldó gondolkodás fejlesztése, önálló feldolgozást igénylő feladatok
 - tanuló kísérletek
5. A fizikai ismeretek alkalmazása gyakorlati problémákra
a technikai ismeretek fejlesztése
6. A kor modern eszközeinek alkalmazása
oktatástechnikai eszközök, számítógép

Látható, hogy a fizika tanítása során számos sokrétű feladatot kell - kellene - megoldanunk, amire azonban a rendelkezésünkre álló óraszám nem elegendő. Ebben az esetben nem tehetünk mást, minthogy kompromisszumot kötünk magunkkal, hogy mely feladat megoldására fektetünk nagyobb hangsúlyt, illetve melyik módszert részesítjük előnyben. Ha a tanulmányozott anyag jellegéhez választjuk meg a módszert, a fenti feladatok többségének eleget tudunk tenni.

Segít megoldani a nehézséget, hogy a harmadik évfolyamtól kezdve a tanulók fakultációs tárgyként választhatják a fizikát. Kevés segítséget jelent azonban az, ha a fizika tanítása két tanár kezében van, az egyik tanár tanítja az alaptantervű fizikát, míg a másik a választott fakultatív tárgyat.

A Budapesti Táncsics Mihály Gimnáziumban az 1983/84-es tanévtől olyan kísérlet folyik, hogy a fizikát fakultatív tárgyként választók külön csoportban tanulják a fizikát, a matematika A és matematika B tárgyakhoz hasonlóan, az alap és a fakultációs óra ebben a csoportban egy tanár kezében van. Az évi 96 óra így a fakultációs 63 órával évi 153 órára bővült. Ez a bővített óraszám lehetőséget nyújt az anyag jobb elmélyítésére, a fenti szempontok lehető legjobb kihasználásával.

3. Az elektromosságtan tanítása

3.1 Általános kérdések

Az elektromosságtan az egyik legnagyobb és legösszetettebb fejezete a fizikának. A mechanika szemléletmódja és eredményei a laikusok számára sokkal kézzelfoghatóbbak, a mindennapi élet tapasztalataiban gyökereznek. Az utcán járó-kelő ember megfigyelhet "mechanikai folyamatokat", akár egyszerű eszközökkel - legtöbbször önkéntelenül is - kísérletet is végezhet.

A mechanikával ellentétben az elektrodinamika tárgykörében a diákok többségének kevesebb tapasztalata van, ha van akkor az inkább közvetett tapasztalat, a működő villamos berendezéseket, gépeket figyelhetik meg, melyek magukba rejtik működésük okát és módját. A középiskolai elektromosságtan tanításának a célja a felvétekire való felkészítés mellett az is lehet, hogy hozzásegítse a tanulókat az elektromosságtani tapasztalatok gyűjtéséhez. ([16] 395-410 oldal)

" Minden ember születésétől fogva előbb használja az érzékszerveit mint az eszét, s szükségképpen először az érzéki dolgokra fordítja figyelmét." ([50] 288. oldal 8. bek.)

Az elektromosságtan fejlődésének történelmi útja során, a kísérletek és megfigyelések eredményeinek felhalmozódásából Maxwell kezében egy axiómarendszerre épülő elmélet alakult ki, melynek érvényességi határait a fénnel összemérhető sebességű folyamatok szabják meg.

Az axiómarendszer egyenletei a következők:

$$(1) \quad \oint \underline{E} d\vec{f} = \frac{1}{\epsilon_0} \int \sigma dV$$

$$(2) \quad \oint \underline{E} d\vec{s} = - \int \frac{d\underline{B}}{dt} d\vec{f}$$

$$(3) \quad \oint \underline{B} d\vec{f} = 0$$

$$(4) \quad \oint \underline{B} d\vec{s} = \mu_0 \int \vec{j} d\vec{f} + \epsilon_0 \mu_0 \int \frac{d\underline{E}}{dt} d\vec{f}$$

a hozzájuk tartozó anyagi egyenletek pedig

$$(5) \quad \underline{D} = \epsilon_0 \epsilon_r \underline{E}$$

$$(6) \quad \underline{B} = \mu_0 \mu_r \underline{H}$$

$$(7) \quad \vec{j} = \sigma \underline{E}$$

Nem kívánhatjuk meg a gimnáziumi tanulótól, hogy a fenti egyenletrendszert értse és alkalmazni tudja, a matematikai tudása ehhez messze nem elegendő. A gimnáziumi elektromosságtan tanításának nem célja és nem is eszköze ez. A gimnáziumi nevelés és oktatás terve sem ilyen követelményrendszert állít fel. [16]

Ezen egyenletek kevésbé pontos, véges differenciákra épülő alakjának megértetését azonban meg lehet kísérelni.



$$(8) \quad N_e = \frac{1}{\epsilon_0} Q$$

$$(9) \quad \ddot{O}_E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$(10) \quad N_B = 0$$

$$(11) \quad \ddot{O}_B = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

([23] 295. oldal)

vagy esetleg

$$(12) \quad \sum E \Delta f = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$(13) \quad \sum E \Delta s = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$(14) \quad \sum B \Delta f = 0$$

$$(15) \quad \sum B \Delta s = \mu_0 \sum_{i=1}^l I_i + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

A fenti egyenletek alkalmazása feladatok megoldására egy-két egyszerű esetet - gömb és hengerszimmetrikus elektrosztatikus tér - kivéve technikai nehézségekbe ütközik.

A tanulók a négy éves tanulmányuk során összesen 306 fizika órán vesznek részt. Az első osztályban 63 , a másodikban is 63 , a harmadikban 96 és a negyedikben 84. Az órák témakör szerinti megoszlását az (1. táblázat) tartalmazza.

témakör	óraszám	arány
Hőtan, statisztikus f.	88	28,8 %
Mechanika	83	26,8 %
Elektromosságtan	77	25,2 %
Atomfizika	46	15,0 %
Csillagászat	14	4,2 %

1. táblázat

A fenti táblázatból látható, hogy az elektromosságtan csupán 77 órával képviselteti magát, ez az össz óraszám negyed-részt teszi ki. Ez az elsajátítandó anyag mennyiségét és a tapasztalatszerzés igényét figyelembe véve kevés. Ebben a 77 órában a korábban megfogalmazott szempontrendszerünkben keveset lehet megváltítani.

A gimnáziumi tanulók a harmadik évfolyamtól fakultációs tárgyként heti 2 órában tanulják a fizikát. Az elektromosságtanra fordítható 77 óra az évi óraszám 80 %-a. Ha a fakultációs órákat is ilyen arányban megosztjuk a mechanikai rezgések és az elektromosságtan között, akkor így 50 többletórához juthatunk, így az össz óraszám 127 órára növelhető.

Az elektromosságtan tanításának szakaszai a [16] szerint a következő:

A töltés és az elektromos mező kölcsönhatása	18 óra
Áram és mágneses mező kölcsönhatása	12 óra
Mágneses mező hatása elektromos mezőre	7 óra
Elektromos mező hatása mágneses mezőre	14 óra
Fizikai gyakorlatok	7 óra
Írásbeli ellenőrzésre	4 óra
Gyakorlás, ismétlés, összefoglalás	17 óra

A fenti címek kifejtéséből is és az óraszámok alakulásából is látható, hogy az elektromágneses sugárzásra nagyobb hangsúlyt fektettek. Erre a fejezetre természetesen szükség van de nem ilyen nagy arányban. ([16] 404. oldal) . Ennek ellentmond a követelmények megfogalmazása ([16] 405. oldal), melyek erre nem gondoltak ilyen arányban. A felvételi vizsga követelményei között ez csupán kvalitatív jelleggel szerepel, a kitűzött feladatsorok között ilyen témájú feladat nem szerepelt az utóbbi 10 évben.

A Poynting-vektor pontos tárgyalását a korlátozott matematikai ismeretekre való tekintettel nem követelhetjük meg, ez a kissé túlméretezett anyagból kilóg, elhagyása javasolt.

Az anyagot az alábbiak szerint volna érdemes felosztani . (2. táblázat)

anyagrész	alap	%	fakt.	%	össz.	%
1.Elektrosztatika	19	24,7	6	12,0	25	19,6
2.Egyenáram	16	20,8	10	20,0	26	20,4
3.Vezetés folyadékokban és gázokban	-	0	7	14,0	7	5,5
4.Időben állandó mágneses tér	13	16,9	7	14,0	20	15,6
5.Időben változó mágneses tér, váltóáramok	15	19,5	13	26,0	28	22,0
6.Elektromágneses hullámok, rádió, tv	8	10,4	-	0	8	6,1
7.Geometriai optika	6	7,7	8	16,0	14	10,8

(2.táblázat)

Az egyenáramu részt jelentős mértékben meg kell támogatnunk a fakultációs tárgy óraszámával. A felvételi feladatok között mindig szerepel olyan könnyebb, vagy nehezebb feladat, melynek eredményes megoldásához több számítási feladat megoldására, több gyakorlásra van szükség. A második szempont az, hogy az egyenáramok témakörében lehet a legjobb tanulókiérleteket szervezni, hiszen ezek az eszközök könnyen kezelhetők és viszonylag olcsón beszerezhetők.

A törzssanyagban a 3. pont - vezetés folyadékokban és gázokban - nem szerepel. A folyadékokban való vezetést a harmadik osztályos kémia tankönyv tárgyalja - elektrolízis ([2] 15-17. oldal) - az elején, de jó ha ezt egy pár órában megismételjük más feladatokkal kapcsolatban is. A gázokban való vezetés tárgyalását a negyedik osztályos fizikatankönyv nyomokban tartalmazza. [56] Azért jó ezzel foglalkozni, mert igen látványos kísérletek kapcsolhatók hozzá, valamint az ilyen látványos természet által igen gyakran elvégzett kísérlet a villámok keletkezése és tulajdonságai is érintőlegesen megbeszélhetők. A félvezetők működésére egy kevésbé precíz magyarázat az első osztályos kémia tanulmányokra alapozva adható, mely elegendő arra, hogy az egyenirányítás egy-két módjával az 5. témakörben (2. táblázat) néhány szót ejthessünk, illetve erre alapozva akár tanulókiérletet is szervezhessünk. A negyedik osztályos tanulmányok során, ha arra igény és lehetőség van, ez a témakör még egyszer szerepelhet.

Az egyenáramokhoz hasonlóan a fakultációs órák terhére meg kell támogatnunk az 5. pontot is (2. táblázat).



Kevés szó esik a váltóáramokról, a soros RLC-kör kiegészítő anyag bővebb tárgyalása is kívánatos. Ebben a részben alkalmat adhatunk a tanulóknak néhány váltóáramu villamos gép megismerésére, és az egyenirányítás módjainak tanulmányozására. Egy egyszerűbb tápegység vizsgálata tanulókiérlet formájában is történhet.

Bár a geometriai optika csupán közvetetten része az elektromosságtannak, érdemes rá egy kis figyelmet fordítanunk nyolc pótóra erejéig. Néhány optikai eszköz ismerete az általános műveltséget emeli. Ennek részletezésére itt most nincs lehetőség.

3.2 Tanmenetek

Az elektromosságtan tanítását a következő tanmenetek alapján képzeljük el. Ez a tanmenet a fakultációs többletóra-számot is figyelembe veszi. Az alapóraszámban fizikát tanuló diákok tanításakor a többlet^tórák előnyéről le kell mondanunk. A felesleget ki kell hagyni, ez órák összevonását és néhány óra elhagyását jelenti.

A tanmenetben az elhagyható órákat * jelöli, a lehetséges óráösszevonásokat pedig kapcsos zárójel. A módszer feliratu oszlopban a tanítási folyamat lehetséges és javasolt módszerei szerepelnek.

A továbbiakban a tanmenet alapján először a legfontosabb fogalmakat és az azokhoz, vezető utat tekintjük át röviden, majd néhány részletet emelünk ki az alábbi szempontok alapján a teljesség igénye nélkül.

- Új anyag bevezetése a problémafelvetés módszerével,
az előadás kérde kifejtő jellege
- Érdekes tanári demonstrációs kísérletek
- A tanult anyag gyakorlati alkalmazása
 - feladatok, feladatsorok (differenciált óra)
 - tanuló kísérletek
 - technikai alkalmazások
 - számítógép használata
- Rövid történeti áttekintés
- Az értékelés lehetséges módjai

1. Elektrosztatika

sorsz.	Az óra anyaga	módszer
1.	Elektromos alapjelenségek	előadás, demonstr.
2.	Az elektromos erőter, a térerősség, centrális erőter Coulomb-törvény	
3.	Feladatok	
4.	A szuperpozíció elve, feladatok elektromos dipólus tere	problémafelvetés
5.	Feladatok	
6.	Az elektromos erőter szemléltetése, az erővonalak, a fluxus	demonstrációs kísérletek
7.	Maxwell I. törvénye Gauss-tétel spec.esetből általános	
8.	Speciális elektrosztatikus terek centrális végtelen töltött sík, egyenes	problémafelvetés feladatokon át
9.	henger, gömb, gömbhéj, töltött hengerpalást	
10.		
11.	Munkavégzés az elektromos térben	kérdve kifejtő
12.	A feszültség és a potenciál az ekvipotenciális felületek	
13.	Speciális terek potenciálja	
14.	Maxwell II. törvénye	
15.	Feladatok	
16.	Vezetők elektrosztatikus térben I.	kísérletek
17. *	Vezetők elektrosztatikus térben II. gyakorlati alkalmazások tükrözési módszer	kísérletek
18	Kapacitás, kondenzátorok, dielektrikumok	problémafelvetés

sorsz.	Az óra anyaga	módszerek
19.	Kondenzátorok kapcsolása	önálló órai munka
20.	Feladatmegoldás	
21.	Az elektromos tér energiája, energiasűrűsége	problémafelvetés
22.	Feladatok	
23. *	Történeti áttekintés, összefoglalás	kiselőadások
24.	Összefoglalások, feladatok	
25.	Irásbeli számonkérés	

2. Egyenáram

1.	Az elektromos áram konduktív, konvektív áram	
2.	Az ellenállás, Ohm-törvény az ellenállás függése a vezető ada- taitól, és hőmérséklettől	tanári demonstráció
3.	Feladatok, gyakorlás	
4.	Az áramforrások galvánelemek, standard potenciál	kiselőadások
5.	Az Ohm-törvény teljes áramkörre elektromotoros erő, belső ellenállás	
6.	Maxwell I. és II. alkalmazása csomópont törvény, hurok törvény	
7.	Ellenállások kapcsolása	problémafelvetés
8.	Feladatok	
9. *	Feladatok - ekvipotenciális pontok Wheatstone-híd, csillag-delta kapcs.	
10.	Mérőműszerek kapcsolása	problémafelvetés
11.	mérés-határ kiterjesztése	

sorsz.	az óra anyaga	módszerek
11.	Feladatok gyakorlása	
12. *	Mérési gyakorlat előkészítése műszerek kapcsolása, a mérési jegyző- könyv, munkavédelmi szabályok	tanári előadás
13. *	1. Mérési gyakorlat	tanulókisérlet
14. *		
15.	Egyenáramu hálózatok számítása ablakmódszer	
16.	Feladatmegoldás	számítógép haszn.
17.	Egyenáram teljesítménye, munkája	problémafelvetés
18.	Feladatmegoldás	
19.	Feladatmegoldás, telepek kapcsolása	új anyag feladato- kon keresztül
20. *	2. Mérési gyakorlat	
21. *		
22.	Történeti áttekintés, összefoglalás	kielőadások
23. *	Összefoglalás, feladatmegoldás	
24.	Feladatmegoldás	
25.		
26.	Írásbeli számonkérés	

3. Vezetés folyadékokban, gázokban *

- | | | |
|----|---|-------------------------------------|
| 1. | A fémek és félvezetők vezetési mechaniz-
musa. | |
| 2. | A folyadékok vezetése, az elektrólízis | kielőadások |
| 3. | A gázok vezetése | kielőadás |
| 4. | A villámok keletkezése | tanári demonstrá-
ció, kielőadás |



sorsz.	az óra anyaga	módszerek
5.	Vezetés Vákuumban, fotoelektromos hatás, Richardson-hatás, katódsugárzás	tanári demonstráció
6.	Dióda, trióda - elektroncső fotocella	
7.	Katódsugárcső, történeti áttekintés, az oszcilloszkóp elve	
4. Időben állandó mágneses tér		
1.	Mágneses alapjelengégek, állandó mágnesekkel, árammal átjárt vezető mágneses tere, mágneses dipólus mágneses dipólnyomaték	demonstrációs kísérletek
2.	A mágneses erőter, mágneses térerősség, indukcióvektor a vektoriális szorzat alkalmazása	
3.	A mágneses tér erővonalai, dipólus tere, homogén tér, mágneses fluxus.	kísérletek
4.	A vezetőkeret egyensúlyi helyzetei feladatok	problémafelvetés
5. *	Az egyenáramu motor elve, Deprez-műszer elve	kiselőadások
6. *	Tanulókísérlet, az egyenáramu motorok kísérleti vizsgálata	tanulókísérlet
7.	Áramjárta egyenes vezetőre ható erő a homogén mágneses térben	problémafelvetés
8.	A Lorentz-erő a ciklotron sugár	
9.	Az egyenes vezető mágneses terének vizsgálata. A Biot-Savart-törvény kvalitatív értelmezése	
10.	Maxwell IV. törvénye állandó mágneses térre.	
11.	Szolenoid, toroid tekercs tere	új anyag vizsgálata feladatokon keresztül.

sorsz.	az óra anyaga	módszerek
12.	Az anyagok mágnesezhetősége, permeabilitás, ferromágneses anyagok a magnetofon elve	
13.	Feladatok	
14.	A mozgási indukció a Loretz-erő alapján	problémafelvetés
15.	Forgó vezetőkeret homogén mágneses térben	
16.	Feladatok	
17.	Történeti áttekintés, összefoglalás	kiselőadások
18.	Összefoglalás	
19.	Feladatok,gyakorlás	
20.	Írásbeli számonkérés	

5. Időben változó mágneses mező

1.*	A váltófeszültség fogalma. a szinuszos váltófeszültség fogalma	problémafelvetés
2.	Az elektromágneses indukció I. kísérletek	tanári demonstráció
3.	Az elektromágneses indukció II. Lenz törvénye	
4.	Feladatok	
5.	A kölcsönös indukciós együtttható, bekapcsolási jelenségek, az önindukciós együtttható	új anyag feladatban
6.	Feladatok	
7.	A mágneses tér energiája a bekapcsolási jelenségek magyarázata	
8.	A Maxwell-egyenletek összefoglalása	önálló feldolg.
9.	a gravitációs, elektromos és mágneses tér összehasonlítása	

sorsz.	Az óra anyaga	módszerek
10. *	A szinuszos váltófeszültség effektív értéke, más típusú váltófeszültség	tanári előadás
{ 11.	Az ohmos, induktív és kapacitív ellenállás	
{ 12.	Feladatok	
{ 13.	Feladatok	
{ 14.	Az impedancia, soros RLC-kör	
{ 15.	A soros RLC-kör vizsgálata a forgóvektor	
16.	Feladatok, feszültségrezonancia	kérdve kifejtő előadás
17.	A váltóáram teljesítménye	
18.	Feladatok	
19.	A transzformátor	gyakorlati alkalmazások
20. *	Generátorok, távvezetékek, erőművek, az energiaszállítás	kiselőadások
21. *	Háromfázisú motorok, szinkronmotor, aszinkronmotor, egyfázisú motorok	modell, kiselőadások
22. *	Az egyenirányítás, kétutas, egyutas egyenirányítás	
23. *	Tanulókísérlet, egyszerű tápegység	tanulókísérlet
24. *	készítése és vizsgálata	
{ 25.	Történeti áttekintés, összefoglalás	
{ 26.	Összefoglalás, feladatok	
27.	Feladatok	
28.	Írásbeli számonkérés	

6. Elektromágneses hullámok

sorész.	Az óra anyaga	módszerek
1.	A párhuzamos rezgőkör, Thomson-frekvencia	
2.	Csillapítatlan rezgések előállítása visszacsatolással, csatolt rezgőkörök	
3.	A kiegészített Maxwell IV. egyenlete.	
4.	Az elektromágneses hullámok kialakulásának kvalitatív tárgyalása	
5.	A rádió adás és vétel elve Egyszerű rádió építése a Kossuth adóra	
6.	A televízió adás és vétel elve	
7.	történeti áttekintés, összefoglalás	
8.	számonrérés	

3.3 Elektrosztatika

Az érettségiiig eljutó tanuló tanulmányai során végigvonul az erőtér - a mező - fogalma. Az általános iskolai találkozása ezzel a fogalommal igen idegenül hathat, mert az életkori sajátosságokkal ellentétben erős absztraháló képességet és gyakorlatot igényel. A harmadik gimnazista tanúbók elektromosságtanba való bevezetésekor - sajnos sok más területtel együtt - általános iskolai tanulmányaira nem kell és nem is lehet alapoznunk. Ez nem nagy baj, hiszen az elektromosságtani tanulmányait egy magasabb, több kvantitatív összefüggést is tartalmazó szinten kezdi el előlről, a klasszikus hagyományok szerint az elektrosztatikával.

A feldolgozandó anyagrész az elektrosztatikus erőtér, mostani szóhasználat szerint "mező", mely szó az angol "field" szó egyszerű fordításából ered. Kissé talán ellentmondásos az, hogy a térerősség helyett nem mezőerősséget mondunk. Jó, ha a diákokat mindkét kifejezéssel megismertetjük és mindkettőt használjuk, mert a szakkönyvek nagy része, az újonnan megjelenők is, főleg az erőtér kifejezést használják. A másodikos anyag szóhasználata ennél azonban sokkal rosszabb, hiszen az ott erőltetett kifejezések máshol csak nyomokban fedezhetők fel.

Az elektromos erőtér két jellemző mennyisége a térerősség és a potenciál, az anyag e két fogalom köré csoportosul. Jó, ha az erőtér szemlélet az elektromosságtan tanításának vezérelve.

Bálint József szerint: " A mágneses és az elektromos mező fogalmának bevezetésével a kölcsönhatás mibenlétére exakt magyarázatot tudunk adni. " ([28] 339. oldal 3. bek.) Kérdés az, hogy a mező fogalma nem túl misztikus fogalom-e első látásra. A gravitációs mező korábbi előfordulásának ellenére is. [30]
A gimnáziumi fizikatanításban a ekzaktságra való törekvés helyes, ha ezt a lehetőségek figyelembevételével tesszük, és az az ekzaktság mindig az adott helyzethez viszonyított "relatív ekzaktság".

3.3.1 Az elméleti anyag feldolgozása

Az elektromos alapjelenségek vizsgálatát tanári demonstrációs kísérletekkel kezdhetjük. Erre egy teljes órát rá lehet szánni.

A különféle anyagok (ebonitrud - bőr, üvegrud - szőr) dörzsölésekor fellépő jelenségek vizsgálatából következik az első fontos fogalom, az anyag elektromos állapota. A tanulók a gimnázium első osztályában tanult kémiai ismereteik alapján megérthetik a vezető és a szigetelő anyag egyszerű szerkezeti modelljét. [1]

A kétfajta töltés létezését is demonstrációs kísérletekkel lehet igazolni. Ki kell emelnünk, hogy például a pozitívan feltöltött test nemcsak pozitív töltéssel rendelkezik, ha-

nem a rajta levő pozitív és negatív töltések közül a pozitív töltés a több. A feltöltött test + , ha $\sum Q^+ > \sum Q^-$ és negatív, ha $\sum Q^+ < \sum Q^-$.

A töltésmegmaradás törvénye - zárt rendszer elektromos töltése állandó. Ennek hasznát láthatjuk a következő fejezetben, a csomópont törvényének egyszerűbb megértetésénél.

A térerősség fogalmának bevezetésekor olyan kísérleteket kell végezni, melyek látványosan tárják fel a töltések közötti kölcsönhatást, és ezt az eddigi tanulmányokra alapozva szükségsszerűvé teszi. (Két töltött gömb felfüggesztve egy közös pontban.) Az erőter szemlélet (töltés-mező-töltés kölcsönhatási lánc) szükségtelenné teszi a "távolható-erők" fogalmának bevezetését. A térerősség mennyiségi megfogalmazása az

$$\underline{F} = Q \cdot \underline{E}$$

összefüggés kis nehézséget jelenthet a tanulók számára, mert itt a töltés és a térerősség egymást kölcsönösen definiáló fogalom. Ilyennel még nem találkoztak a tanulmányaik során.

A mechanikában tanulják az erőhatások függetlenségének elvét és a mozgások függetlenségének elvét is .[30] Az elektromos erőterek független szuperpozícióját erre bátran alapozhatjuk.

Tanulmányainkban akkor juthatunk el fontos csúcspont-hoz, amikor a Coulomb-törvény kimondásával a töltés mértékegységét megválasztjuk, és így a térerősség mértékegységét is megkapjuk. Ezután van alkalom sok feladat megoldására, elsősorban a Coulomb-törvény felhasználásával.

Ezután lehet a centrális erőter (pontszerű töltés tere) tulajdonságait vizsgálnunk. A "grizzszemes kísérlet bemutatásával igényt támaszthatunk az erővonalak fogalmának bevezetésére. Ki kell emelnünk, hogy az erővonalak csak az elektromos erőter szemléltetésére szolgálnak, a valóságban természetesen nem léteznek. Az erővonalaknak szemléltetniük kell a térrősség nagyságát és irányát. A következő fontos fogalom a fluxus. Ha alkalmazzuk a vektorok skalár szorzatának a definícióját, akkor a fluxust a

$$\Psi = \underline{E} \cdot \underline{A} \text{ -tal}$$

is definiálhatjuk.

Maxwell I. törvényéhez egy speciális eseten keresztül juthatunk el, kiszámítjuk a pontszerű töltést körülvevő r sugaru gömbre vonatkozó fluxusát a térnek, és matematikai eszközök híján kimondjuk a Gauss-tételt.

$$N_E = \frac{1}{\epsilon_0} \sum Q$$

A fakultációs csoportban ennek részletesebb vizsgálata is megtörténhet és eljuthatunk a

$$\sum \underline{E} \cdot \underline{\Delta A} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum Q$$

összefüggéshez is. Érthetőbbé lehet tenni a fenti összefüggést, ha kiszámítjuk néhány speciális töltéseloszlás terét. Vezessük be ehhez a lineáris, a síkbeli és a térfogati töltéssűrűség fogalmát. Ezt mind jelölhetjük ρ -val, ez különösebb zavart nem fog okozni. A speciális töltéseloszlásoknak gömb-, henger-, vagy eltolási szimmetrikusnak kell lenniük, ilyen esetben a Gauss-tétellel az $\underline{E}(\underline{r})$ meghatározható. Ezt az alapóraszámokban tanulóknak sajnos csak erősen csökkenve, vagy egyáltalán nem lehet el-

mondani.

A következő lépés a második Maxwell-egyenlethez vezet. Homogén mezőben mozgó töltés munkáját egyszerű kiszámítani, akár az erővonalakkal párhuzamom, akár azokkal szöget bezáró elmozdulás esetén. Az általánosabb eset, a

$$W_{ab} = \sum_A^B q E \cdot \Delta s \quad \text{összefüggés}$$

ismét egy kimondott összefüggés, amit csak a fakultációs tanulók száma láthat részletezni.

A feszültség megértése a tanulóknak nem okoz gondot, ha azt az $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q}$ összefüggéssel definiáljuk. Ha azonban a fenti összefüggést használjuk fel, mely elengedhetetlen

a Maxwell második törvényének a felírásához, ismét hasonló nehézségekkel találjuk magunkat szemben. $U_{AB} = \sum_A^B E \cdot \Delta s$

A homogén térre vonatkozó összefüggés, az $U_{AB} = E d$ egyszerű, de megtévesztő. A későbbiek során, ha nem vigyázunk, akkor a feszültség fogalmához ez az összefüggés tapadhat, melyről idővel lekopik az, hogy ez csak homogén térben igaz. Ezért, ha az az összefüggés előfordul, mindig emeljük ki, feladatok megoldása közben is, korlátozott érvényességi körét.

A potenciál nehéz fogalom. Nem a definíciója, hanem a kezelése. A tankönyv $U(A) = \frac{W_{A\infty}}{Q}$ összefüggése nehéz, ha az alatta található

$$U(A) = \sum_{r_A}^{r_B} E \cdot \Delta s, \quad \text{ahol} \quad r_B \rightarrow \infty$$

képlettel akarjuk meghatározni. ([23], 120. oldal)

Jó megfogalmazás lehet, hogy a potenciál számértékben azzal a munkával egyenlő, amit az elektromos mező végez miközben a pozitív próbatöltés a kérdéses pontból a végtelen

távoli pontba jut. Itt nem árt indokolnunk a végtelen távoli pont választásának a hasznosságát. Emeljük ki, hogy a vonatkoztatási pontot mi választhatjuk meg.

Az ekvipotenciális felület fogalma még a későbbiekben is előfordul, az egyenáramu hálózatok számításánál is. Szép bizonyítás lehet, ha belátjuk azt a tételt, hogy a ekvipotenciális felületek nem metszik egymást. A feszültséget ezután a potenciál segítségével is kiszámolhatjuk: $U_{AB} = U_A - U_B$.

Két speciális tér, a homogén és a centrális tér potenciálviszonyait vizsgáljuk meg. Homogén tér esetében baj van a végtelen távoli pont nulla szintnek való választásával, mert az $U = \int E \cdot d$ összefüggésből minden pont potenciálja végtelen nagy lenne. Itt legegyszerűbb azt mondanunk, hogy az erővonalakra merőleges tetszőleges síkot választhatjuk nulla szintnek, mindig az adott feladathoz a legmegfelelőbbben. A homogén gravitációs erőter tárgyalásánál is így tettünk. Egy végtelen töltött síklemez esetén például választhatjuk magát a lemezt nulla potenciálúnak.

A centrális tér potenciáljára vonatkozó

$$u(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

összefüggésünk bizonyítása nem lehetséges az alapóraszámban fizikát tanulók számára, a fakultációsoknak megpróbálhatjuk bizonyítani a második osztályos tankönyvben található módon, de ennek az integrálszámítás ismerete nélkül nem sok értelme van.

[30] Az elektrosztatikus erőter konzervatív, ezt fejezi ki Maxwell második törvénye.



Jó gyakorlati alkalmazás vezetőknek az elektrosztatikus térben való megfigyelése, az elektromos megosztás fogalmának a bevezetése kísérletek útján. Ismét szép, bizonyítható tételeket mondhatunk ki, hogy a vezető felülete ekvipotenziális, illetve, hogy a vezető belsejében a térerősség nulla.

A vezető lényeges tulajdonsága, hogy adott nulla szinthez képest viszonyított feszültsége esetén mekkora töltés befogadására képes, hogy mekkora a kapacitása. Ismét vigyáznunk kell arra, hogy a sikkondenzátor kapacitása ne váljon később a kapacitás fogalmává, meg kell mutatnunk ezért a vezető gömb és gömbkondenzátor kapacitásának kiszámítási módját is.

Bár a kondenzátorok kapcsolása csak kiegészítőanyag, de erre feladatmegoldásnál szükség lehet, mert néhány egyszerűbb feladat a gyengébb tanulókat is sikerélményhez juttathatja.

A kondenzátor energiájának kiszámítására szükség van. Ismét egy speciális esetből vonunk le egy általános érvényű összefüggést, a tér energiasűrűségére vonatkozó $\epsilon_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$ képletet. Sajnos hiába a szép megállapítás "ahol elektromos mező van, ott mindig energia is van." ([23], 150. oldal), de ezzel a továbbiakban sokat kezdeni nem tudunk.

Az új fogalmak bevezetésekor következetesen tisztáznunk kell, hogy az új fizikai mennyiség vektor-e vagy skalár, valamint az új fizikai mennyiség mértékegységét is meg kell határoznunk. Helyes, ha a diákokat a fizikai mennyiségekre való számolásra szoktatjuk, hiszen az eredmények mértékegységének analízise segíthet az esetleges hibák feltárásában.

3.3.2 Demonstrációs kísérletek

A fejezet tárgyalásánál elsősorban a tanári demonstráció a domináló kísérleti módszer. A klasszikus hagyományok szerint az anyagokat dörzsöléssel hozhatjuk elektromos állapotba. ([4] 12-13. oldal) Elektroszkópként használhatjuk a TANÉRT elektroszkópjait, de sokkal jobb motiváló tényező a jó működése mellett a konzervdobozból készült elektroszkóp.

Tanulókísérletet ebben a fejezetben nem végeztetünk a diákokkal, de jó kísérleti jellegű házi feladat lehet konzervdoboz elektroszkópok készítése, és az ezekkel végzett otthoni önálló kísérletek. Ilyen otthon is elvégezhető elektrosztatikai kísérletsorozatot a munkafüzet is tartalmaz, de a diákok az órai kísérleteket otthon is megismételhetik, vagy újabbakat találhatnak ki. ([26] 22-26. oldal) Öveges József könyve [45] nagyon érdekes olvasmány, a tanulóknak igen ajánlott. Rendszerű, a háztartásban is található eszközökkel végzett kísérletek leírását találhatjuk benne.

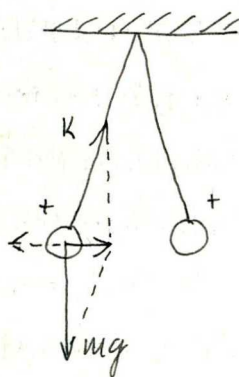
A dörzsöléssel előállított töltések változó mennyiségűek, függ a levegő páratartalmától. A kísérletekben az effektusok kimutatásához az elszökő töltések állandó pótlására van szükség. Erre a megosztógépek felelnek meg a legjobban.

([4] 49-50. oldal) A kézi meghajtású influencia-gépnél jobb a motoros meghajtású Van de Graaf-generátor.

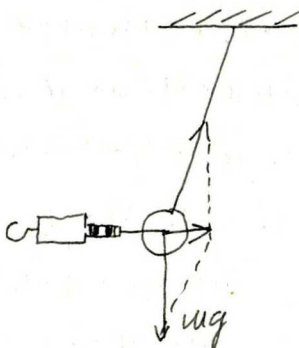
A kísérletek két témakör köré csoportosulnak. Az első az elektromos erőtés, a másik a vezetőknek az elektrosztatikai

kus térben való viselkedése köré.

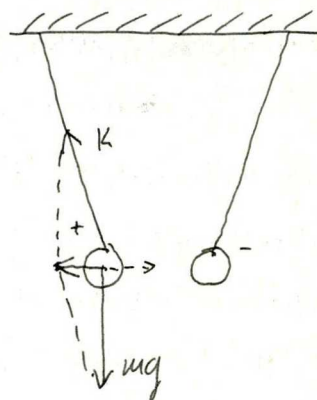
Az első témakörben a feladat az elektromos erőtés és a töltés kölcsönhatásának vizsgálata. Jó kísérlet a kölcsönhatás vizsgálatára a közös pontba felfüggesztett "pontszerű" töltések vizsgálata. (1/a ábra)



1/a ábra



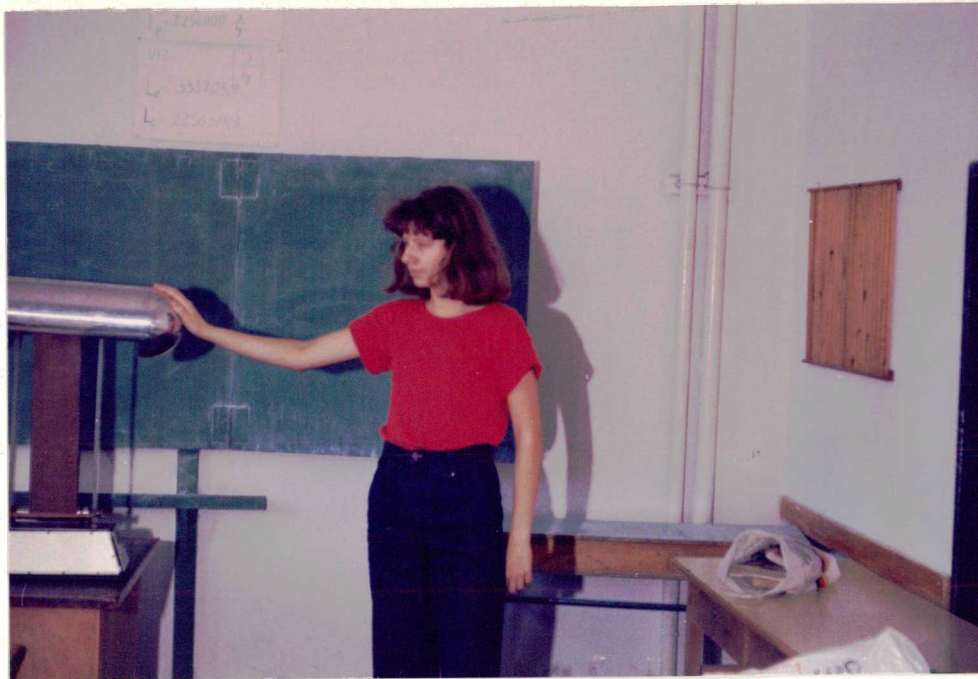
1/b ábra



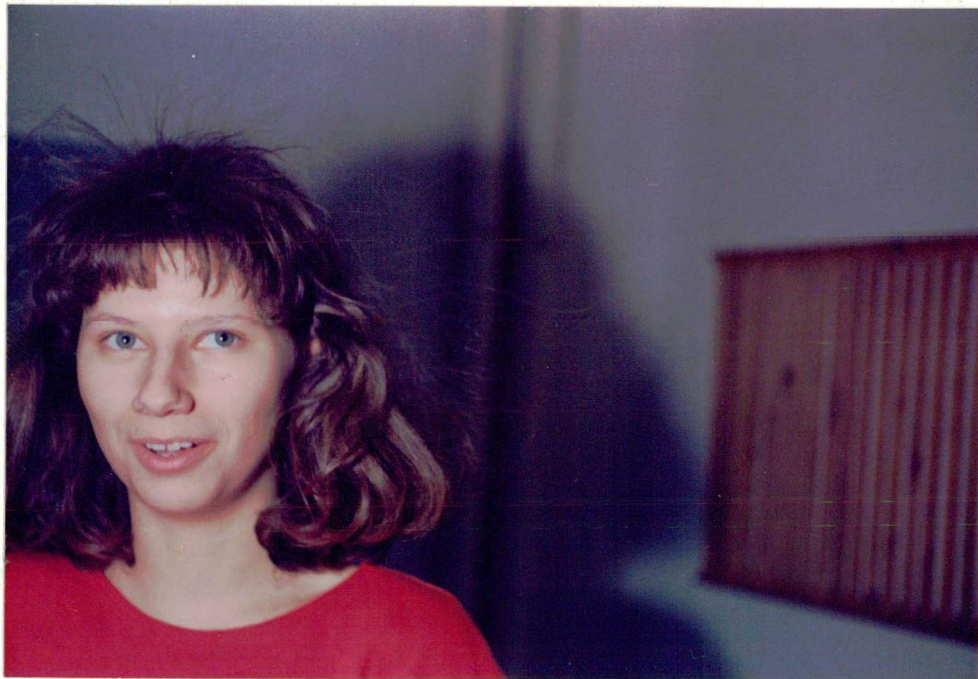
1/c ábra

A bodzabél inga helyett jobb, ha két vékony huzal végére grafit-tal bevont ping-pong labdát teszünk. A huzalok hossza legalább bb 0,5 m hosszú legyen. A kísérlet evidenssé teszi a kölcsönhatást, hiszen a második osztályos tanulmányok alapján tudjuk, hogy az inga ilyen helyzetben csak valamilyen oldalirányú erővel tart-ható. (1/b ábra) A vonzó kölcsönhatás is bemutatatható két kü-lönböző pontba felfüggesztett ingával, a két felfüggesztési pont távolsága legyen kb. 10 cm. (1/c ábra)

Karinthy Frigyes "Tanár ur kérem! " c. művében meg- emlékezik az egyik látványos és nagy élményt nyújtó kísérletről.



1.kép



2.kép

" Borzasztó dolgok történtek : Pollákovics ráállt egy üveglába zsámolyra, mire beleeresztették a villamosságot, mire Pollákovicsból szikrák pattantak, és a haja az égnek meredt. " ([58] 49. oldal)

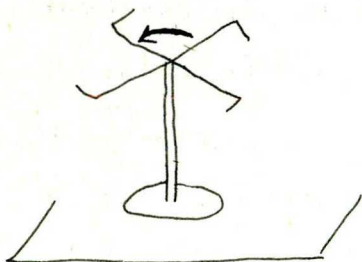
A kísérlet teljesen veszélytelen a médium számára, ha a jól szigetelt zsámolyon áll. A zsámolynak porcelán-, vagy üveglábnak kell lennie. Porcelánhábnak jó a villanyoszlopak szerelésénél használatos porcelán szigetelő csiga. Ha ilyen nincs, akkor egy pár felfordított porcelántányér is megtszi. Ügyelni kell arra, hogy a generátor fordulatszámát fokozatosan növeljük. (1. és 2. kép)

A hajmeresztő kísérlet még ámulatbaejtőbb lesz, ha a generátorral szikrákat "csiholunk". A levegőben a szikra átlagosan 10 000 V/cm térerősség esetén keletkezik. Az előállítható szikrák maximális hossza szerencsés esetben 10-11 cm. Így a generátor gömbje a földhöz képest 100 000 - 110 000 V feszültségre van feltöltve, és ha más nem is, de a számok nagysága is még nagyobb csodálatra bírhatja a hallgatóságot.

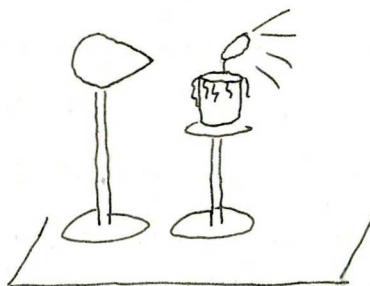
Az ilyen feszültségeknél felléphet az a kellemetlen hatás, hogy az eszközökhöz vezető kábel áthúz. Ez legtöbbször a "grizes" kísérletnél fordulhat elő, ha a ricinusolajjal töltött petricsészét az írásvetítőre helyezzük, hogy a kísérletet kivetítsük. ([21] 100. oldal) Az írásvetítő fémháza és a kábel között átugró szikrák a kísérlet hatásfokát rontják. Ennek kiküszöbölésére vásároljunk az autóban használatos gyújtókábelt, mely viszonylag nagyobb feszültségek esetén sem húz át, de ilyenkor sem ajánlatos a kábelt közvetlenül az írásvetítő fémházára

helyezni.

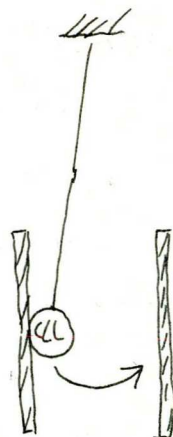
A másik kísérletcsoport a vezetők elektrosztatikus térben való viselkedését demonstrálja. Feltétlen mutassuk be az elektromos Segner-kereket ([4] 35. oldal) (2/a ábra) ; és az elektromos szél által elfujt gyertya esetét (2/b ábra,) mely kísérletek a csucshatás bizonyítékai. Az elektromos harangjáték bemutatása után a jelenség megfejtését nyugodtan a tanulókra bízhatjuk. A harang nyelve ismét a grafitall bevont ping-pong labda lehet. (2/c ábra) ([21] 151. oldal). Ezekhez a kísérletekhez is a Van de Graaf-generátort használhatjuk csak eredmé nyesen.



2/a ábra



2/b ábra



2/c ábra

3.3.3 Az I Maxwell-egyenlet alkalmazása speciális töltéseloszlások tere

Az I Maxwell-egyenletnek a

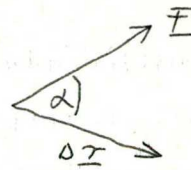
$$\sum \underline{E} \cdot \underline{\Delta A} = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \sum Q$$

alakja az, amivel dolgozni lehet. Itt egy matematikai probléma vetődik fel, a vektorok skalár szorzása. Ez a harmadik osztályos matematika törzsanyaga, természetesen a tankönyv is tartalmazza. ([39] 92-100. oldal)

A tanári szabadság hasznos vívmánya korunk oktatáspolitikájának, de sajnos hátrá nyokkal is jár. A tanári szabadság által biztosított egyik lehetőség a tananyag tetszés szerinti csoportosítása, az anyagrészek cseréje belátás szerint. Ez azzal a hátránnyal jár, hogy a tantárgyak közötti koordináció csak szervezett tanári összmunkával valósítható meg. Az eredeti tantervek szerint a matematika később foglalkozik a vektorok skalár szorzásával mint az a fizikában kellene. Hasonló jelenséggel találkozhatunk a másodikos tananyag tanítása során is, a trigonometria fizikaórán való tanítása nélkül az anyag kellő mélységű elsajáttitása szinte lehetetlen. Ha másképpen nem megy, akkor a vektorok skalár szorzását a fizika órán kell megtanítanunk legalább a használat szintjén. Mivel a munka fogalmának ismételtesére a II-Maxwell-egyenlet tárgyalásánál ugy is szükség lesz, ezt az első egyenlet tárgyalásánál is megtehetjük, felkeltvén az igényt a skalár szorzat definiálására.

A munka definíciója szerint

$$W = F \cdot \Delta r \cdot \cos \alpha$$



ha F = állandó és Δr a $\Delta \underline{r}$ elmozdulásvektor abszolútértéke. Ha az erő és elmozdulás vektort a skalárszorzás definíciója szerint összeszorozzuk, akkor:



$$W = \underline{F} \cdot \underline{\Delta r}$$

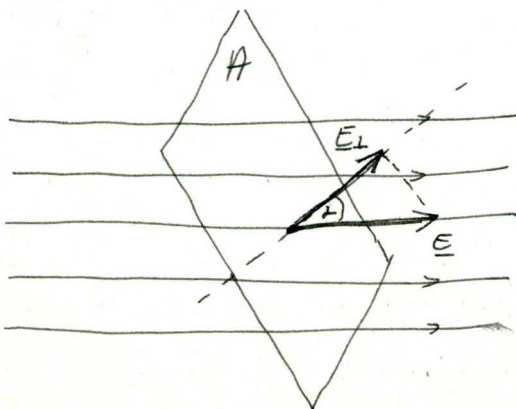
Ha az erő nem állandó a mozgás során, akkor osszuk fel a pályát olyan kis $\Delta \underline{r}$ szakaszokra, amely mentén az erőt állandónak vehetjük. Ennek a befogadására reményünk van, hiszen erről már a másodikos anyag tanulásakor volt szó. A teljes szakaszon végzett munka a $\Delta W = \underline{F} \cdot \Delta \underline{r}$ elemi munkáknak az összege

$$W_{AB} = \sum_A^B \underline{F} \cdot \underline{\Delta r}$$

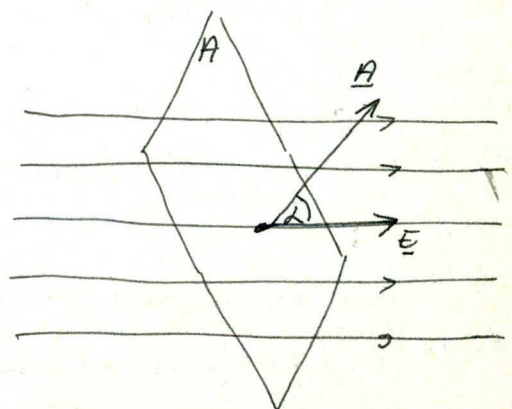
Ezt precízebben tárgyalnunk, sem pedig bizonyítanunk nem lehet.

A fluxus definíciója szerint, ha $\underline{E} \perp A$, akkor

$\Phi = \underline{E} \cdot \underline{A}$. Ha azonban $\underline{E} \not\perp A$, akkor az $\underline{E}$ -nek az A -ra merőleges komponensével kell számolnunk. A tankönyvben ez kiegészítőanyagként szerepel ([23] 108-109. oldal)



5/a ábra



5/b ábra

Ekkor a $\vec{\Psi} = E A \cos \alpha$. (5/a ábra). Ez hasonló két vektor skalár szorzatára, ha a felületet is vektorként definiáljuk. Mivel a normálvektor fogalma is a harmadik osztály matematika anyagában van, definiálhatjuk az $\underline{A}$ felületvektort, melynek nagysága a felület nagyságával egyezik meg, iránya pedig merőleges a felületre. Így tehát $\vec{\Psi} = \underline{E} \underline{A}$ (5/b ábra). Görbült felületek esetén - ilyen a hengerpalást és a gömbhéj - a merőlegességet a vizsgált pontba húzott érintő sík merőlegességével definiálhatjuk. Önálló gondolkodtató feladat lehet, az I Maxwell egyenlet tetszőleges felületre való bizonyítása.

A töltéssűrűség fogalma egyszerű

$$\sigma = \frac{Q}{e}$$

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

$$\sigma = \frac{Q}{V}$$

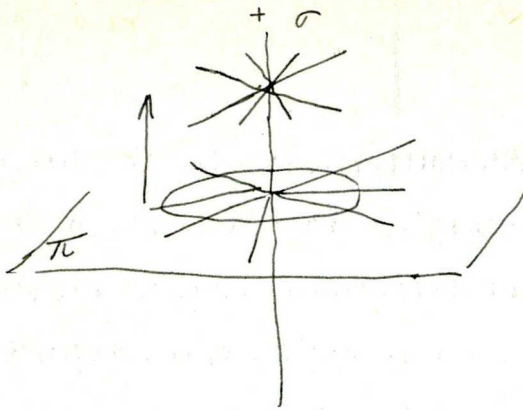
$$[\sigma] = \frac{C}{m}$$

$$[\sigma] = \frac{C}{m^2}$$

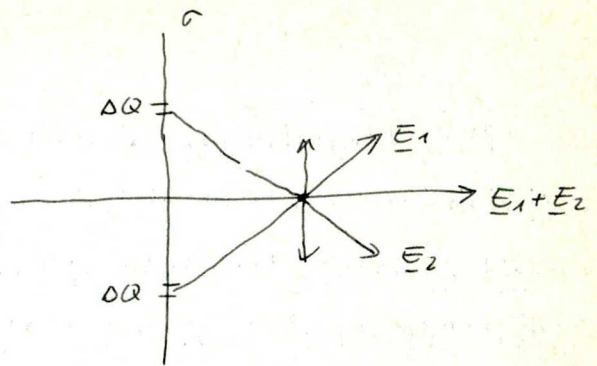
$$[\sigma] = \frac{C}{m^3}$$

1. Végtelen egyenletesen töltött vezető tere

Ha az első Maxwell-egyenletet szavakban fogalmazzuk meg : egy zárt felületen átmenő erővonalak száma egyenesen arányos a felület által határolt térfogatban levő töltések algebrai összegével , akkor a feladat megoldása egyszerűbbé válik. Kell alkalmasan választanunk egy zárt felületet, ki kell számítanunk rá a fluxust, majd pedig a felületen belüli töltések összegét, és kész is a feladat. Ez azonban nem ilyen egyszerű, mert ismernünk kell a mező szerkezetét, hogy a felületet alkalmasan választhassuk meg. Mondjuk ki, hogy az erőter szimmetria okok miatt feltehetőleg milyen szerkezetű és próbáljuk a bizonyítást a tanulókra bízni.



6/a ábra



6/b ábra

A tér a vezetőre merőleges π síkban centrális, a vezető egyenes irá nyában pedig eltolási szimmetriával rendelkezik, röviden hengerszimmetrikus. A gyerekek a kérdést azonban úgy tegyük fel, hogy bizonyítsa be, hogy az erővonalak merőlegesek a vezetőre. Bizonyítása a szuperpozíció elvét alkalmazva egyszerű. (6/b ábra) ([17] 57.5 fejezet)

Az alkalmasan választott felület egy hengerpalást, melynek tengelye a vezetővel esik egybe, elegendő csak a palást, hiszen az előbbiek szerint a henger alap és fedőlapján nem megy át ~~írt~~ erővonal. Így a Gauss-tétel az

$$E \cdot 2\pi r l = l \sigma \cdot \frac{1}{\epsilon_0}$$

kifejezésre egyszerűsödik, ahonnan

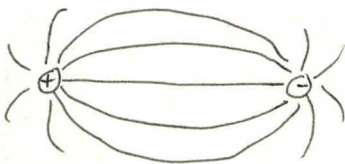
$$E = \frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0 r}$$

Hasonlóan számítható ki a végtelen töltött síklemez tere ([17] 57.6 fejezet), és az egyenletesen töltött gömb tere is. ([17] 57.7 fejezet) Ezek a feladatok alkalmasak az önálló munkára nevelésre.

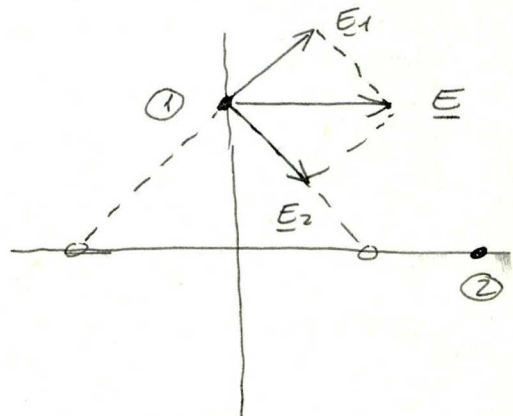
3.3.4. Problémafelvetésre alkalmas anyagrészek feladatok

1. Dipólus tere

A grizszemes kísérlet jól mutatja a dipólus terének szerkezetét. (7/a ábra)



7/a ábra



7/b ábra

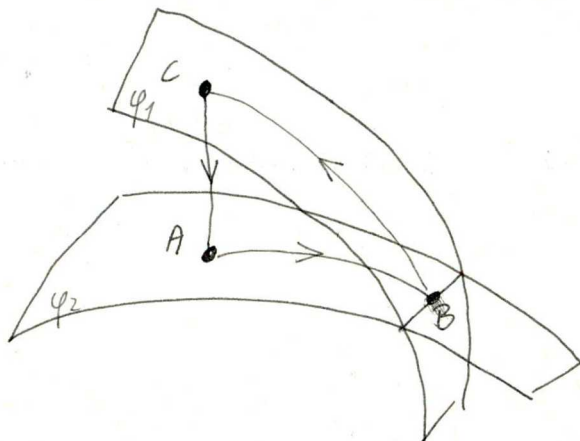
A szuperpozíció elvének segítségével, a töltések távolságának (d) és töltések nagyságának (Q^+ , Q^-) ismeretében az erőter bármely pontjában kiszámíthatjuk a térerősséget, a legkönnyebb azonban a Gauss-féle főhelyzetekben. ([4] 25. oldal)
(7/b ábra)

2. Ekvipotenciális felületek

A matematika és fizika szempontjából egyaránt hasznos az, ha egy tételt elméleti uton is bebizonyítunk, matematikai eszközökkel, például indikert uton.

Tétel: Az ekvipotenciális felületek nem metszik egymást.

Bizonyítás: (indirekt) Tegyük fel, hogy két ekvipotenciális felület metszi egymást. (8. ábra)



8. ábra

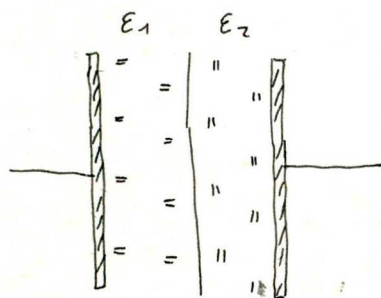
Legyen φ_1 és φ_2 a két ekvipotenciális felület és $U_1 > U_2$, valamint $C \in \varphi_1$, $A \in \varphi_2$ és $B \in \varphi_1 \cap \varphi_2$

$$\left. \begin{aligned} W_{AB} &= 0, \text{ mert } A, B \in \varphi_2 \\ W_{BC} &= 0, \text{ mert } B, C \in \varphi_1 \\ W_{CA} &= Q (U_1 - U_2) > 0 \end{aligned} \right\} W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} > 0$$

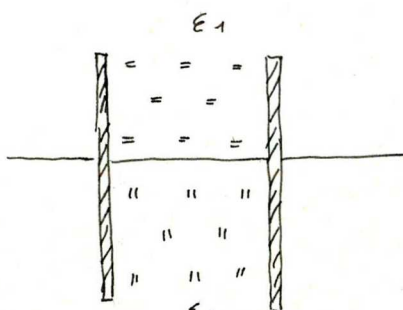
Ezzel ellentmondásra jutottunk Waxwell második törvényével, mert ha egy Q probatöltést a fenti zárt görbe mentén, az erőtér munkát végez a töltésen. Jó lenne, ha így lenne, feltalálhattuk volna az örökmozgót, hiszen munkát kapunk anélkül, hogy munkát befektettünk volna. Ezzel ellentmondásra jutottunk, így az indirekt feltevésünk hamis, a tétel állítása igaz.

3. Eredő dielektromos állandó

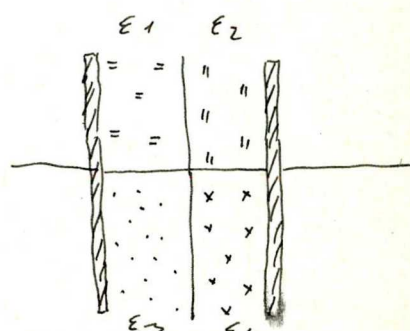
Jó, gondolkodtató feladat lehet, ha egy kondenzátort két különböző dielektrikummal töltjük ki és kérdezzük az eredő dielektromos állandót. ([4] 59. oldal)



9/a ábra



9/b ábra



9/c ábra

Az első, két sorba kapcsolt kondenzátorral helyettesíthető, a másodikat két párhuzamosan kapcsolttal, a harmadik pedig a kető kombinációja.

3.3.5 Történeti áttekintés

A tudománytörténet fontos része a tudomány tanításának. Ennek a feldolgozását tanári irányítás mellett a diákokra kell bízni. A tanár feladata a témakörök és a szempontok kijelölése a témához tartozó legfontosabb személyek és események alapján. ([52] 307. oldal) A témát a fizika és a történelem szempontjából is érdekes feldolgozni, azaz a fizika történetével párhuzamosan a legfontosabb történelmi eseményeket, zeneszerzők műveit és festők alkottaíásait is meg lehet említeni.

A témakörhöz tartozó legfontosabb fizikusok:

Guericke	1602 - 1686	dörzselektromos gép
Gray	1666 - 1736	influenca, vezetés
Dufay	1698 - 1739	kétféle elektromosság
Mursschenbroek	1692 - 1761	Leydeni palack
FRANKLIN	1706 - 1790	töltés, + - fogalma csucshatás, töltésmegma- radás
Aepinus	1733 - 1804	influenca magyarázata
Cavendish	1731 - 1810	
COULOMB	1736 - 1806	$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$
GAUSS	1777 - 1855	

A témakörhöz tartozó legfontosabb történelmi események:

Rákóczi szabadságharc

Francia forradalom

Napóleoni csaták

Forradalmak és szabadságharcok kora

3.4 Egyenáramok

Mint máx az előző fejezetben említettük a tankönyv és a tanterv kevés órát szán erre a fejezetre, ezen mindenképpen változtatnunk kell, annak ellenére, hogy a fejezet kevés új fogalmat tartalmaz, viszont annál több gyakorlati feladat megoldására ad alkalmat.

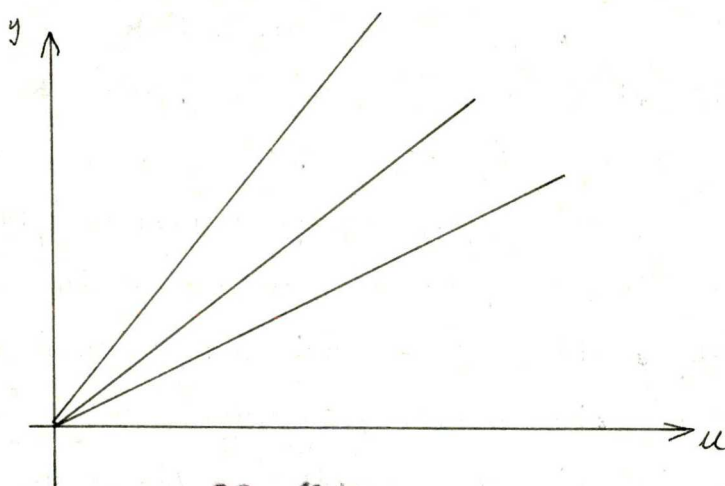
3.4.1 Az elméleti anyag feldolgozása

Az első fontos fogalom az áram. A tankönyv magát az áramot nem definiálja, csak az áramerősséget. [23] Az áramot érdemes úgy megfogalmaznunk, hogy az áram a töltések mozgása. Ne csak a töltések rendezett mozgását nevezzük áramnak, más kérdés az, hogy a rendezett mozgás fogalma kicsit furcsa fogalom, a gimnázium számára mindenképpen tisztázatlan. Mindengéle mozgását a töltéseknek célszerű áramnak nevezni. Különböztessünk meg konvektív és konduktív áramot. A konvektív áram vizsgálatakor hívjuk fel a figyelmet arra, hogy az áram a koordináta-rendszer megválasztásától is függ, mert ha a töltés a K koordináta-rendszerben például egyenesvonalú egyenletes mozgást végez, akkor a K -ban folyik az áram, míg a töltéshez rögzített K' -ben nem.

Az áramerősség fogalmát már jobb az elején $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ -ként definiálni. Az áramerősség mértékegysége az A amper.

Mivel az amper az SI mértékrendszer alapegysége, a C (coulomb) pedig nem, fokozatosan át kell állnunk a C helyett az As -ra.

Az első és második osztályos kémia anyag ismeretében - kristályrács, delokalizált elektronpályák - megérthetik a diákok a vezetés egyszerű mechanizmusát és az ellenállás okát. Az ellenállást azonban kísérleti úton is bevezethetjük, ahol az U/I állandó. Nevezzük el valamilyen anyagon, vagy eszközön átfolyó áramnak a feszültségtől való függését - $U(I)$ - karakterisztikának, és rajzoljuk fel a különféle ellenállások karakterisztikáját. (10. ábra)



10. ábra

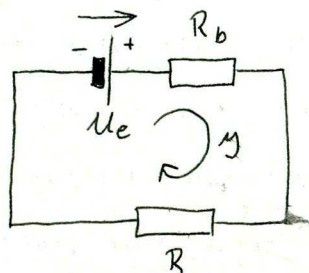
A karakterisztika fogalmá-ra később is szükség lehet, jóllehet ezzel már az első osztályos technika tankönyv foglalkozott, egy általánosabb karakterisztika fogalommal. ([36] 75-76. oldal)

Szintén kísérleti tapasztalatokból jussunk el a ~~fajlagos ellenállás~~ fogalmához. A vezetés mechanizmusá-nak olyan részletes tárgyalása mint az a tankönyv kiegészítő anyagában

szerepel teljesen felesleges még a fakultációs tanulók számára is. ([23] 158-160. oldal) Azt azonban el kell mondanunk, hogy a vezető mentén az áram fenntartásához potenciálesésre van szükség, ami a vezető mentén lineárisan változik.

Az áram fenntartásához szükséges potenciálkülönbséget a telepek biztosítják. Természetesen úgy precíz, ha megkülönböztetjük egymástól az elektromotoros erőt, az üresjárási feszültséget és a kapocsfeszültséget, de tuk sokan vannak ahhoz, hogy a diák ezt állandóan észbe tartsa, azámoljon velük. A telepet a későbbiekben úgy érdemes elképzeni, mint egy belső ellenállással rendelkező áramforrást, ahol U_e legyen a terheletlen telep sarkai között mérhető feszültség - az üresjárási feszültség - , U_k pedig a terhelt telep kapcsain mérhető feszültség - a kapocsfeszültség - .

Mivel $\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E}$, az áramot úgy definiáljuk ,hogy az a térerősség irányába folyjon. A térerősség vektort a pozitív próbatöltések segítségével definiáltuk, az áram a pozitív töltések áramlását jelenti - ez a technikai áramirány - holott tudjuk, hogy a vezetés felelősei az elektronok. Ha erre az elmentmondásra már a témakör tárgyalásának elején felhívjuk a tanulók figyelmét, akkor sok felesleges félreértést kerülhetünk el. Még jobb az, ha a telephez egy irányt rendelünk. A telep iránya legyen olyan, irányu, amerre a telep az áramot hajtja.



11. ábra

Az első és második Maxwell-egyenlet alapján mondhatjuk ki, hogy a vezető bármely keresztmetszetén azonos erősségű áram folyik, illetve a vezeték belsejében a térerősség állandó.

Az alkalmazhatóság szempontjából fontos törvények a csomópont törvény - Kirchhoff I. - és hurok törvény - Kirchhoff II.

A fejezet további része ennek a két törvénynek a gyakorlati alkalmazása. Az ellenállások eredőjének a kiszámításán alapul a mérőműszerek méréshatárának kiterjesztése, az előtét és a söntellenállás alkalmazása, amivel sajnálatos módon a tankönyv nem foglalkozik.

A fejezet utolsó fogalma, illetve jelensége az áram hőhatása, az egyenáram munkája és teljesítménye.

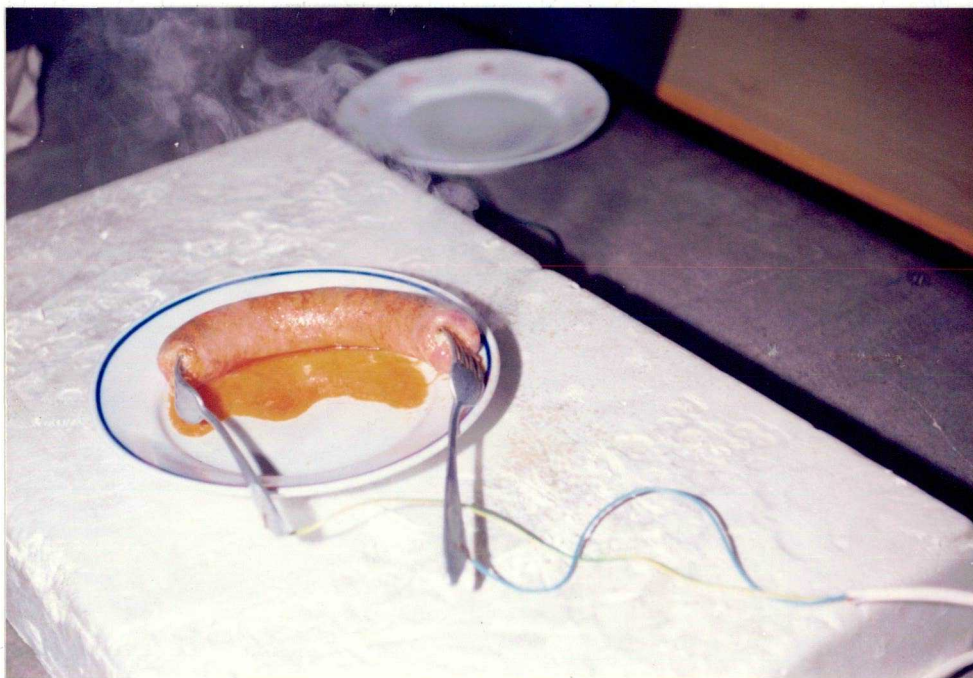
3.4.2 Egy érdekes demonstrációs kísérlet

A szokásos kísérleteken kívül bemutathatunk egy kissé szokatlant is, a kolbászsütést.

Kössünk két kifurt villa végére egy-egy szigetelt rézhuzalt, a végükre tegyünk egy-egy banándugót. Ha a villákat egy kb 15-20 cm hosszú főzőkolbász végébe szurjuk 1-2 cm mélyen, a banándugókat pedig a 220 V-os hálózatba dugjuk, akkor a kolbász a saját levében, a kolbász fajtájától függően 10 és 300 másodperc alatt megsül.



3.kép



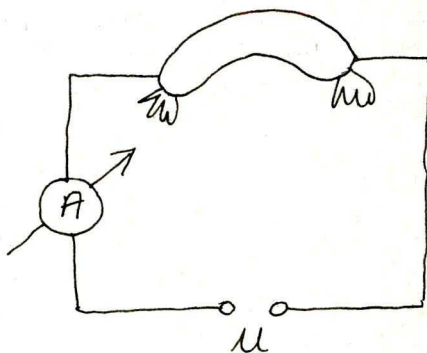
4.kép



A kísérlethez 220 V-os váltóáramot használunk, de ezt most elhallgathatjuk a diákok előtt, ha azonban a kérdés felmerül, akkor megemlíthetjük, hogy a kísérlet egyenárammal is pontosan ugyanígy játszódna le, de a váltóáram alkalmazása technikai problémák miatt egyszerűbb, ugyanis ekkora feszültséget nehezebben állíthatunk elő zsebtelepekkel. Majd a részletesebb magyarázatra a váltóáramok munkájánál visszatérhetünk.

A kísérlet a Joule-hő keletkezésének bemutatásán kívül alkalmas a "vezető" ellenállásának vizsgálatára is a 12. ábrán látható kapcsolás szerint.

Kiszámíthatjuk a kolbász fajlagos ellenállást is. Különféle kolbászokkal is kísér-



12. ábra

letezhetünk, remekül lehet a virslit kisütni, ami ugyan rövidebb, de kisebb is az átmérője. A felvett áram függ a kolbász állapotától, azaz a sültségének mértékétől. Minél jobban meg van sültve a kolbász, annál kisebb az ellenállása. A sütés befejeztét a "műszer" jelzi, ugyanis a sütés végén a villák a kolbásszal való érintkezésének pontjain szikrázni kezdenek, ekkor a sütést be kell fejezni, ki kell kapcsolni az áramot.

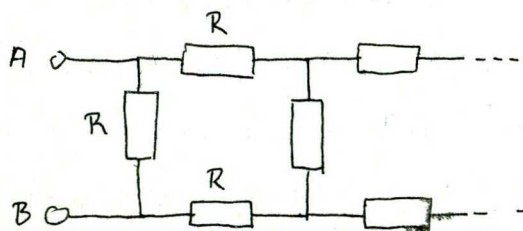
A kísérlet bemutatása veszélyes. Óvjuk a diákokat attól, hogy a kísérletet otthon felügyelet nélkül elvégezzék. A kolbászt porcelántányérra tesszük. Az áramkört olyan feszültségforrásra kapcsoljuk, amelyik a kört bármelyik pillanatban külső utasításra pillanatok alatt „egszakítja”. Ugyeljünk arra,

hogy a kolbászt a kísérlet alatt senki ne fogja meg. A hálózati biztosítóknak nem kell túl nagyoknak lennie, mert a körön legfeljebb 6 A erősségű áram folyik keresztül.

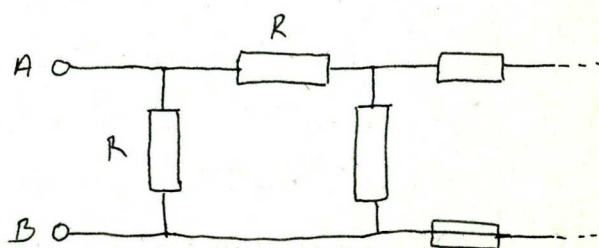
3.4.3 Feladatok

A témakör óráinak nagy részét feladatok megoldására használjuk fel. A feladatok két témakör köré csoportosulnak, az egyik az ellenállások kapcsolása, ekvipotenciális pontok keresése, hálózatok számítása, a másik pedig az egyenáram teljesítményének és munkájának kiszámítása.

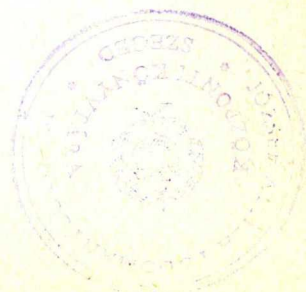
Eredő ellenállások számolásánál a szokásos sablon feladatokon kívül gondolkodtatóbb feladatokat is adhatunk. Ilyen lehet a végtelen ellenállás láncok eredőjének a kiszámítása. Valószínű, hogy az ötletet amivel a feladat megoldható a tanárnak meg kell mondania, előbb azonban hagyjuk a tanulókat is töprengeni. Az alábbi két lánc eredő ellenállását feltétlenül érdemes kiszámítani.



13/a ábra



13/b ábra



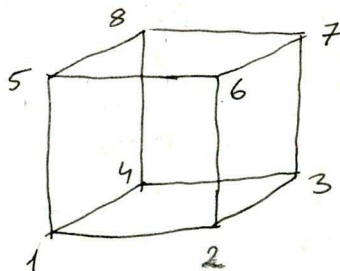
A másik érdekes lehetőség a Wheatstone-híd jellegű feladatok számolása. A feladattípus ötlete az ekvipotenciális pontok keresése. Ilyen feladatokat több feladatgyűjtemény is tartalmaz. [6] [18] [20] ~~22~~ [22] [24] [25] [31]

[46] A legjobb a gráfok segítségével történő megoldás.

Az alapórászámos matematika tanterv is tartalmazza a gráfelmélet alapfogalmait.

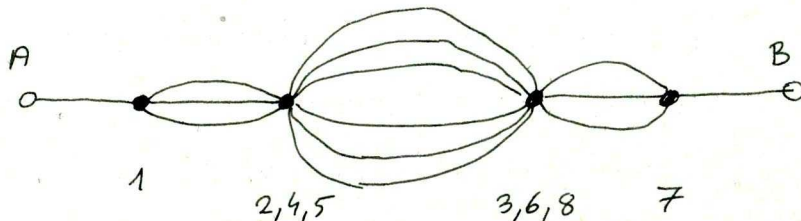
1.feladat: Egy kocka minden éle R ellenállású, számítsa ki az eredő ellenállást a kocka két testátlójának végpontjai, a lapátlójának végpontjai és egy élének végpontjai között.

Ha a kocka csucsait arab számokkal jelöljük, akkor az egyes esetekhez tartozó gráfok a következők:



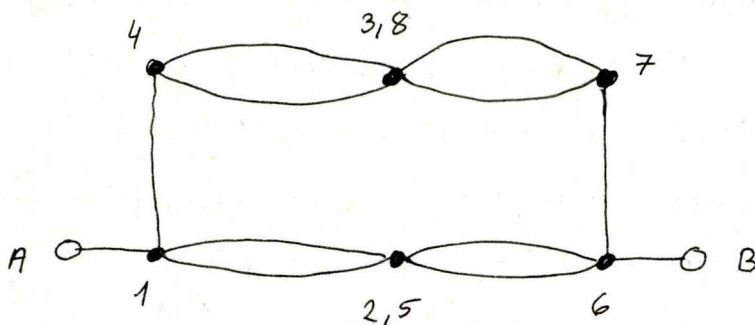
14. ábra

1.eset:



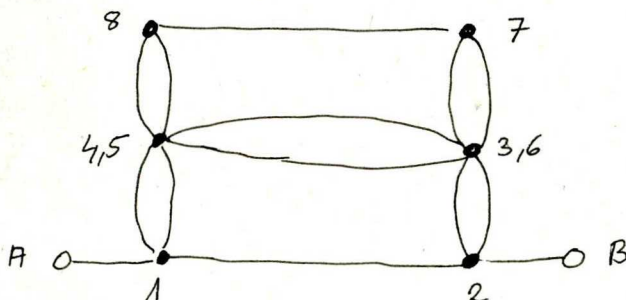
$$R_e = \frac{5}{6} R$$

2.eset



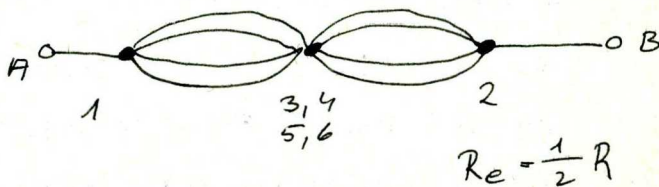
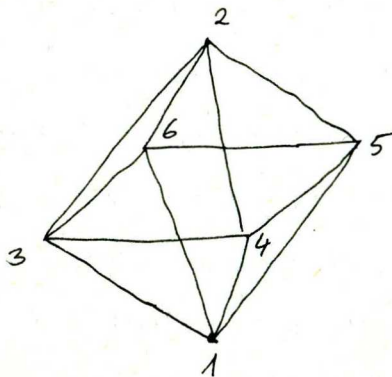
$$R_e = \frac{3}{4} R$$

3.eset



$$R_e = \frac{7}{12} R$$

2.feladat: Egy szabályos oktaéder minden éle R ellenállásu.
Számítsa kis két szemkötti csúcs közötti eredő ellenállást.



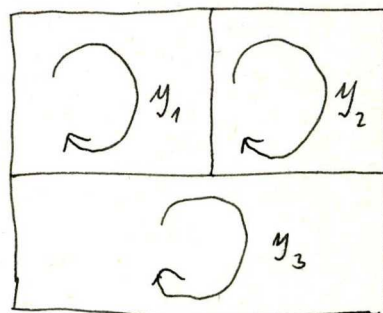
$$R_e = \frac{1}{2} R$$

15/a ábra

15/b ábra

A hálózatok számitásánál bevált módszer az "ablak-módszer", mely az első és a második Kirchhoff-törvény összekapcsolása. Az ilyen típusu feladatoknál többféle kérdést is feltehetünk - két pont közötti feszültség, egyes ellenállásokon leadott teljesítmény, vagy ként pont közé kapcsolt adott kapacitású kondenzátor töltése - , de bármi is a kérdés, a feladat lényege mindig az egyes körök áramának a kiszámítása. A tankönyv módszere kicsit bonyolult ([23] 176. oldal) Egyszerűbb az, ha minden ablakban külön definiálunk egy áramot.

16. ábra Így a hurok törvényt egy ablakra felírva $\sum U_T = \sum U_R$. Itt csak arra kell vigyázni, hogy az ablakok közös ellenállásain mindkét ablak árama átfolyik, és ezeket megfelelő előjelekkel össze kell adnunk. (csomópont törvény)



16. ábra

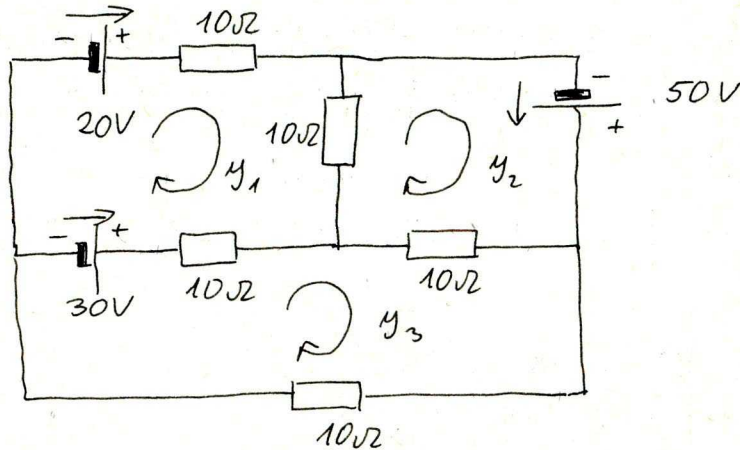
Kapunk egy annyi ismeretlenes lineáris egyenletrendszert, ahány ablakból a hálózat áll. Két ablakból álló hálózat esetén ezt nem nehéz megoldani, de több hurokból álló rendszer esetén a feladat munkaigényesebb.

Itt kapcsolódhat be a munkába a személyi számítógép. Egy n ismeretlenes lineáris egyenletrendszer megoldására a Gauss-féle eliminációs módszerrel egyszerű program írható.

([21]) 154-163. oldal) Az 1. számú program Commodore 64 típusu személyi számítógépre készült. A program bemenő adatai az együttható mátrix és a konstans (inhomogén) vektor. Ezeket az elnevezéseket meg kell említeni a diákoknak is különösebb

magyarázat nélkül.

Nézzünk egy egyszerű példát!



A hozzá tartozó egyenletrendszer:

$$20 - 30 = 10(I_1 + 10(I_1 - I_2) + 10(I_1 - I_3))$$

$$50 = 10(I_2 - I_3) + 10(I_2 - I_1)$$

$$30 = 10(I_3 - I_1) + 10(I_3 - I_2) + 10I_3$$

A mértékegységeket az egyszerűség kedvéért ebben az esetben elhagyhatjuk. A fenti egyenletrendszert egyszerűsítve:

$$1 = -3I_1 + I_2 + I_3$$

$$5 = -I_1 + 2I_2 - I_3$$

$$3 = -I_1 - I_2 + 3I_3$$

Az együttható mátrix

$$\begin{pmatrix} -3 & 1 & 1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 3 \end{pmatrix}$$

és az inhomogén vektor :

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 5 \\ 3 \end{pmatrix}$$

A kapott eredmények pedig: $I_1 = 3 \text{ A}$

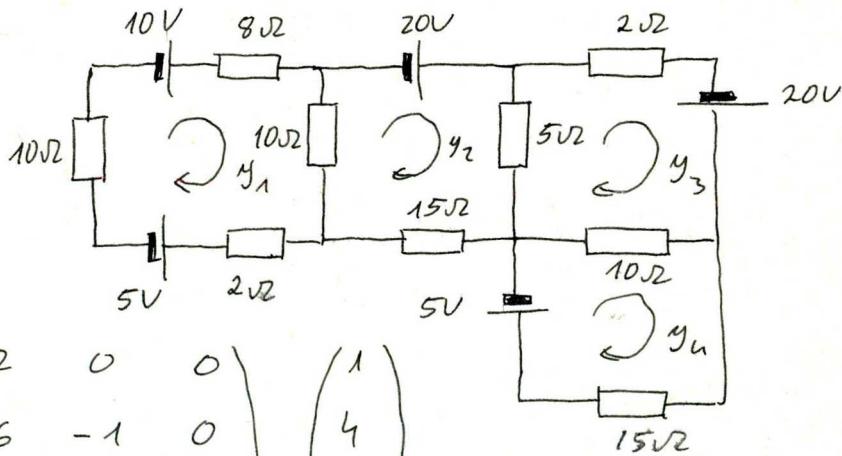
$$I_2 = 6 \text{ A}$$

$$I_3 = 4 \text{ A}$$

A feladat érdekessége, hogy mindhárom kör árama egész szám.

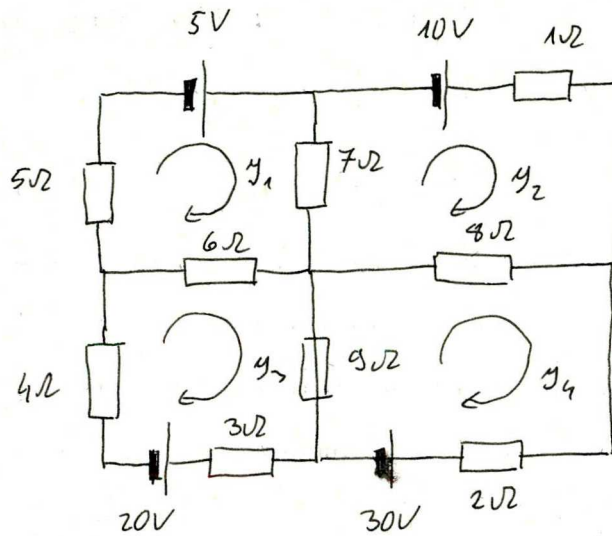
Házi feladatként adjunk fel a tanulóknak önálló feladatkészítést, csináljanak otthon érdekes egyenáramu hálózatokat és írják fel az együttható mátrixot és az inhomogén vektort, amit majd az órán a számítógéppel fogunk megoldatni. Nagyon sok érdekes kapcsolási rajz szokott készülni, még a leggyengébb tanulók is foglalkoznak a feladattal. Az alábbi egyszerű feladatokat is a tanulók készítették, bonyolultabbak bemutatására itt hely hiányában nincs lehetőség.

1.feladat:



$$\begin{pmatrix} 6 & -2 & 0 & 0 \\ -2 & 6 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & -2 & 5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \\ 4 \\ 1 \end{pmatrix}$$

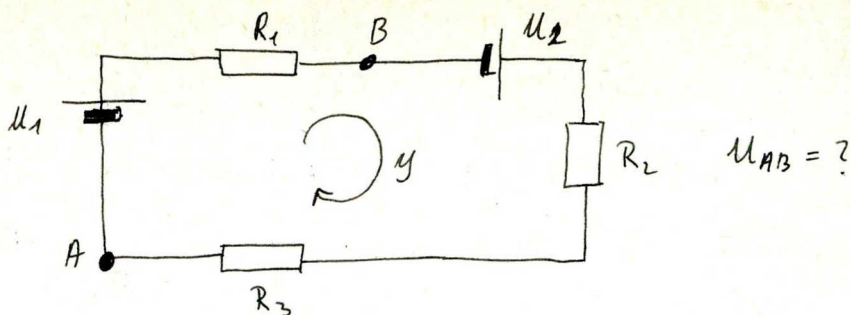
2.feladat:



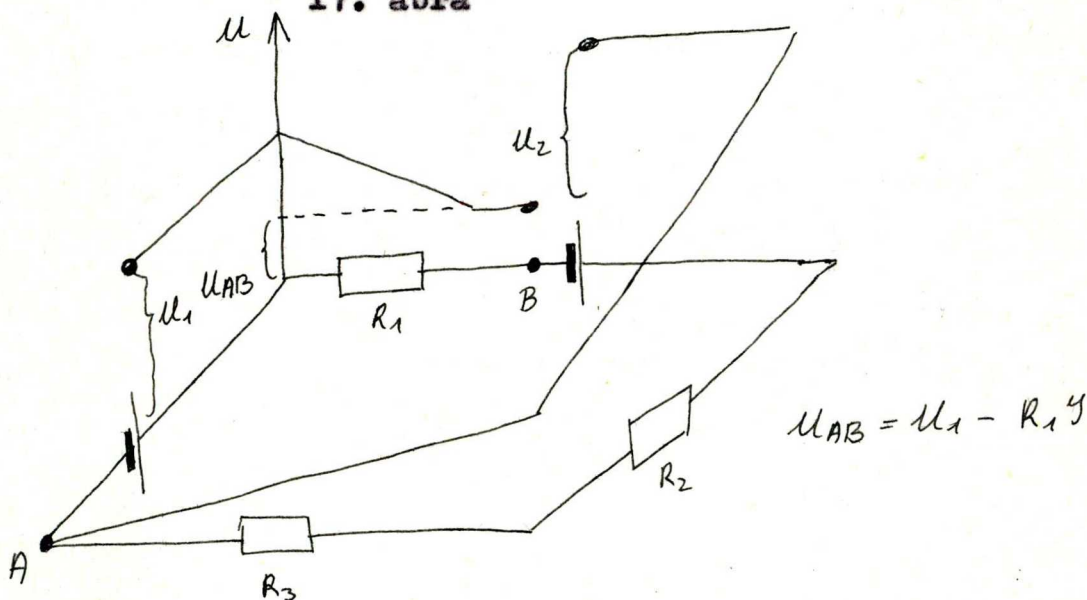
$$\begin{pmatrix} 18 & -7 & 6 & 0 \\ -7 & 16 & 0 & 8 \\ 6 & 0 & 22 & -9 \\ 0 & 8 & -9 & 12 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5 \\ 10 \\ 20 \\ 30 \end{pmatrix}$$

Két pont közötti feszültség kiszámítása egy hurokban olyankor okoz gondot a tanulóknak, ha a két pont közötti szakasz nemcsak ellenállást, hanem telepet is tartalmaz. Nagyon megkönnyíti a munkát, ha ábrázoljuk a kör feszültségviszonyait.

([4] 119.oldal) Válasszuk az A pontot a 0 szintnek.



17. ábra



18. ábra

Bár nem tartozik a törzsanyagba, de hasznos lehet a csillag kapcsolásnak a deltakapcsolással való helyettesítése és viszont. Ennek feldolgozását kiselőadások formájában a tanulóknak bizhatjuk.

Természetesen a fentiekből a csupán alapóraszámban fizikát tanuló diákoknak nagyon keveset lehet elmondani.

3.4.4 Tanulókísérletek

A tanulókísérletek céljáról már az előző fejetben beszéltünk. Az egyik legjobb és legsokoldalubb tanulókísérleti készlet a Jurisits-féle készlet.

"E berendezés eddig forgalmazott legsokoldalubb tanulókísérleti készlet, s egyben lekesítő példa, hogy egy gyakorló fizikatanár kitűnő eszköze országosan elfogadott és gyártott igen hasznos tanszerré válhat." [15]

A készlethez írt feladatgyűjtemény 105 különböző mérést tartalmaz, ennek természetesen csak a töredéke végezhető el. [32] A tanár munkáját pedig a készlethez készített tanári segédkönyv könnyíti meg. [33]

A tanulókísérletet megelőző óra kell hogy a kísérletet előkészítse. Ezen az órán kell a tanulókat megismertetni az alapvető munkavédelmi szabályokkal. A készletet úgy állították össze, hogy a 42 V-os törpefeszültségnél nagyobb feszültség nem szükséges egyik méréshez sem, az alapvető mérésekhez zseblámpa telep is elegendő. A diákoktól a tanulókísérleti óra fegyelmezett magatartást kíván. A munkahelyeket úgy kell kijelölni, hogy a diákok ne zavarják egymást, legyen elegendő helyük a kísérletek elvégzésére, az eszközök átmeneti tárolására.

([5] 14-15. oldal)

A mérést nem egyedül végezzék a tanulók, hanem párosával, legfeljebb három fős csoportokban. A csoportokat a tanárnak a mérés során könnyen kell tudnia megközelíteni az esetleges

segítségnyújtás céljából.

A mérésekről készítsenek a tanulók jegyzőkönyvet. A jegyzőkönyv készítésének szabályait az előkészítő órán kell ismertetni. A jegyzőkönyvnek a mérés helyén és időpontján kívül tartalmaznia kell a készlet számát és a műszereket is meg kell jelölni. A jegyzőkönyvben minden egyes mérési feladatot röviden ismertetni kell, készítsenek kapcsolási rajzot. A mérési eredmények táblázatba kerüljenek, a grafikonokat mm-papírra készítsék. A mérési eredményeket számítógéppel is ki lehet értékelni.

(2. és 3. számítógép program)

A mérés során nincsen lehetőség idő hiányában a jegyzőkönyv elkészítésére, az órán csak az eredmények feljegyzésére van idő, a jegyzőkönyv elkészítése házi feladat legyen.

Az elektromosságtani mérések alapvető műszere a ~~húgá~~ forgótekerces Deprez-műszer. Tanulókísérletekre nagyon alkalmas az NDK gyártmányú POLYTEST LW kombinált műszer.

A másik fontos eszköz a feszültségforrás, ami lehet egy egyszerű zseblámpa telep, vagy a tanteremben kiépített hálózat, amit egy BOMEKO táplál, de a legjobb az, ha mindkettő rendelkezésre áll.

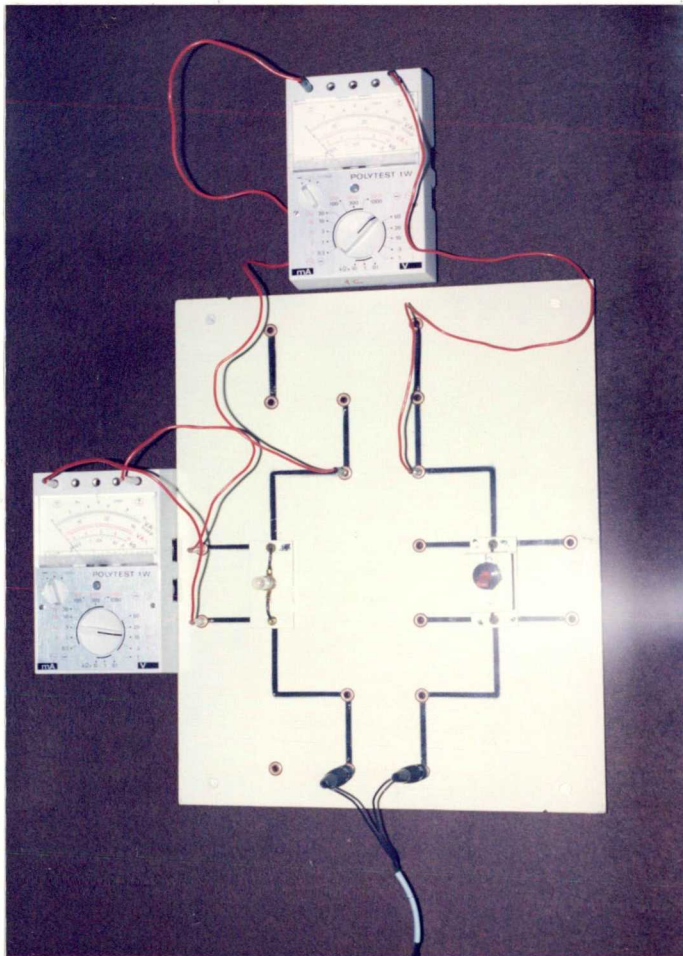
Az első tanulókísérleti óra célja az eszköz megismerése, a mérőműszerek leolvasásának gyakorlása. Ne állítsunk össze túl sok feladatot, hogy az eszközökkel ismerkedő tanulóknak legyen elég idejük a méréseket elvégezni.

1. Tanulókísérlet

1. Egyszerű áramkör félépítése (1.mérés)

2. Az amper- , és a voltmérő kapcsolása (5.mérés)
3. Ohm törvénye (6.mérés)
4. Változtatható ellenállások skálájának hitelesítése (8.mérés)

2. Az amper- , és voltmérő kapcsolása



5.kép

A mérés az 5.képen látható kapcsolással valósítható meg. A mérés célja a mérőműszerek használatának megtanulása, a skálák leolvasása. Végeztessünk el különböző ellenállásoknál a mérést. (6.kép)



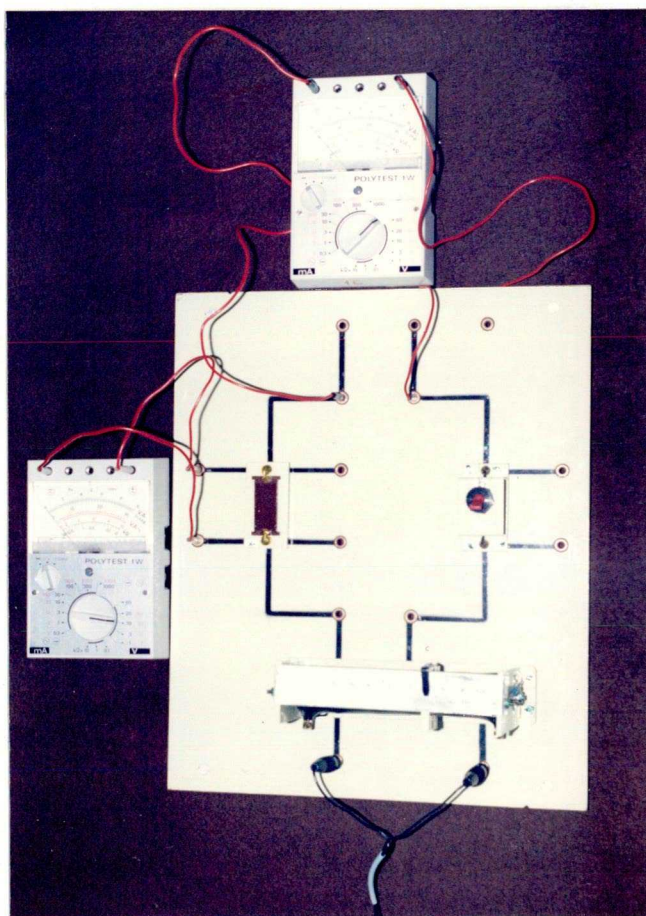
6.kép

Néhány mérési eredmény:

ellenállás sz.	U , V	I , mA	R, ohm
15	4,1	220	18,6
16	4,0	900	4,4
17	5,0	19	263
18	5,0	20	250
19	5,0	20	250
20	5,0	11	455

3. Ohm törvénye

A mérés célja az ellenállások karakterisztikájának felvétele (52.oldal) A tanulók olyan kapcsolást állítanak össze, melyben a feszültséget saját maguk szabályozhatják, és ehhez állapítják meg az áramerősségeket. Ezt egy tolóellenállás potenciómeteres kapcsolásával lehet elérni. (7.kép)

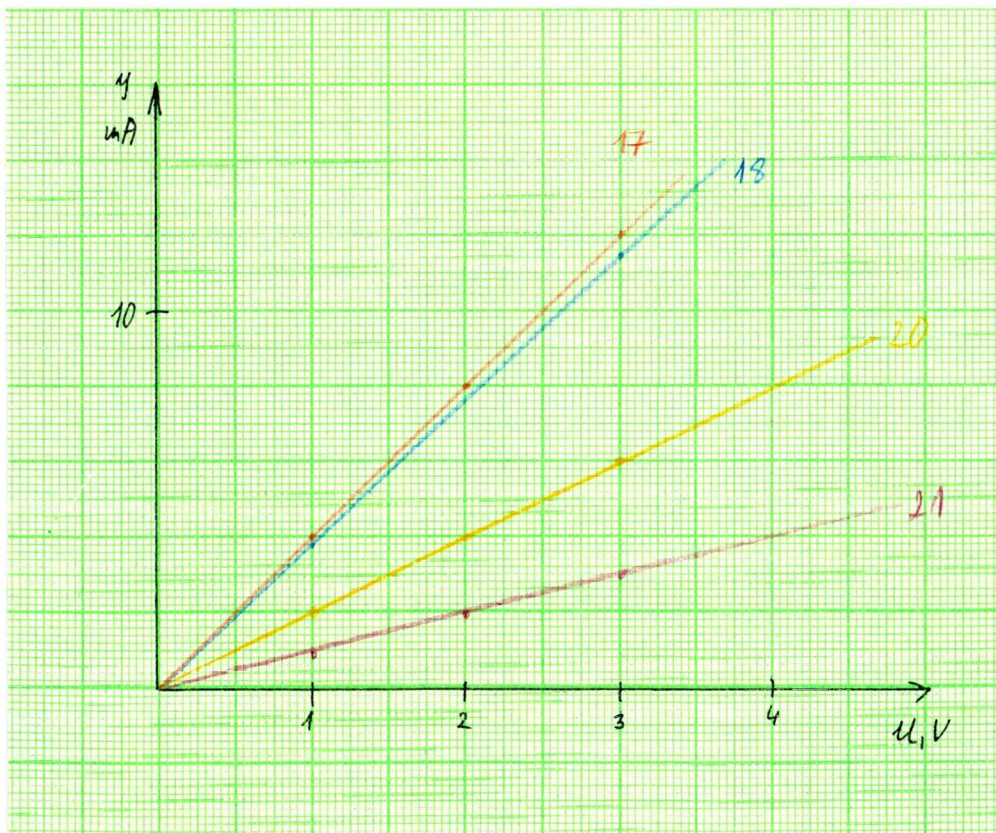


7.kép

Néhány mérési eredményt az alábbi táblázat tartalmaz:

U, V	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	XXI
I 17	4	5,9	8	10	12	14	15,8	20	
mA 18	3,7	5,5	7,5	9,5	11,5	13,5	15,5	19	
20	2	3	4	5	6	7	8	10	
21	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	

A mérési eredményeket miliméterpapíron ábrázoljuk. A pontokhoz olyan egyenest illesztünk, amelyik átmegy az origón. Az egyenes iránytangensének reciproka adja meg az ellenállás értékét.



A 2.számú program a mérési eredmények kiértékelésére szolgál. Az eredményeket koordinátarendszerben ábrázolja, a pontokhoz a legkisebb négyzetek módszerével az origón átmenő egyenest illeszt és kiszámítja az ellenállást. ([21] 173-184+oldal al)
([5] 12-13. oldal)

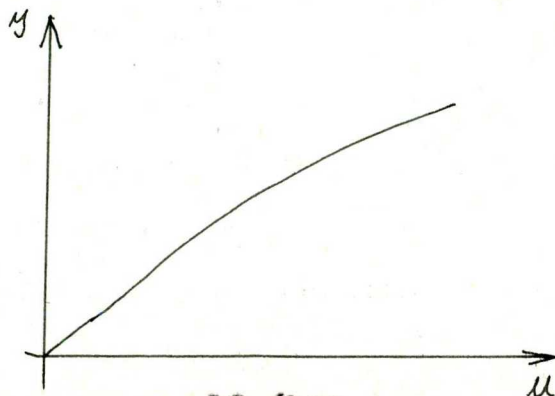
2. Tanulókisérlet

1. A vezető ellenállásának függése a hőmérséklettől (9.mérés)
2. Telepek belső ellenállásának meghatározása két áramerősség méréssel (28. mérés)
3. Kapocsfeszültség függése a terheléstől (27.mérés)
4. Egy tetszőlegesen választott mérés (1.-40-ik mérés)

1. A vezető ellenállásának függése a hőmérséklettől

Ez a mérés az előző tanulókisérleti óra 3. mérése alapján meghatározza egy izzólámpa karakterisztikáját. (7.kép)

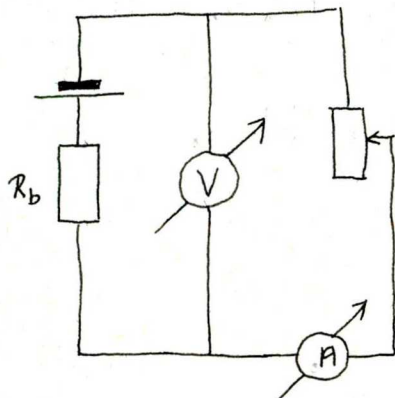
Mivel a kapott görbe a nagyobb feszültségeken lefelé hajlik, arra következtethetünk, hogy az izzásban levő anyagnak nagyobb az ellenállása, tehát az ellenállás a hőmérséklet növekedésével nő. (19.ábra)



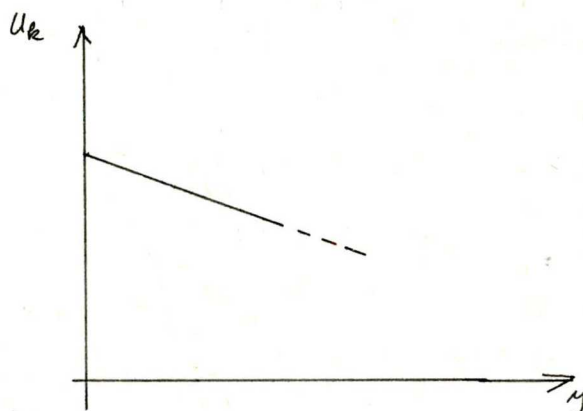
19.ábra

3. kapocsfeszültség függése a terheléstől

A mérést a (20/a ábra) kapcsolása alapján végezzük el.



20/a ábra



20/b ábra

A (20/b ábrán) látható a kapott eredmény. Ennek a kísérletnek a kiértékelésére a 3.számú programot használhatjuk, amely a mérési eredményekhez a legkisebb négyzetek módszerével egyenest illeszt, amelyik tetszőleges pontban metszi az y ~~km~~ tengelyt.



1. Program

```
0 POKE53280,5:POKE53281,3:PRINT""
1 PRINT"egyenletrendszermegoldo"
2 print"written by szabadi laszlo"
3 print"all rights reserved!"
4 print"1985"
6 for i=1to3000:next
7 print""
8 clr
9 input"      rendszam = ";n
10 print"";N;"
12 DIM V(N),B(N),X(N),A(N,N)
15 INDO=0:ISDN=0
50 PRINT"      egyutthato matrix:"
55 for k=1ton:for j=1ton:print"  a(";k;",";j;") ="
56 inputa(k,j):nextj:nextk
75 print"      inhomogen vektor:"
77 for j=1ton:print"  b(";j;") =";:inputb(j):nextj
100 for i=1ton:v(i)=i:nexti:for i=1ton:max=a(i,i)
150 fork=1ton:for j=1ton:if max>abs(a(j,k))then210
180 max=a(j,k):indo=k:isdn=j
210 nextj:nextk
230 if indo<=1then300
240 v(i)=indo:v(indo)=i:for j=1ton:c=a(j,i)
241 a(j,i)=a(j,indo):a(j,indo)=c:nextj
300 if isdn<=1then 390
310 for j=1ton:c=a(i,j):a(i,j)=a(isdn,j):a(isdn,j)=c:nextj
360 c=b(i):b(i)=b(isdn):b(isdn)=c
390 if a(i,i)=0then540
395 temp=0:for j=1ton:if i<>jthentemp=a(j,i)/a(i,i)
420 fork=1ton:a(j,k)=a(j,k)-temp*a(i,k):nextk
450 b(j)=b(j)-temp*b(i):nextj:nexti
480 for j=1ton:x(v(j))=b(j)/a(j,j):nextj
495 print"      eredmenyek:";print:for i=1ton
510 print"  j(";i;") =";x(i):nexti:goto600
540 print" hiba!!!":goto660
600 print"ujabb menet?  (i/n)"
610 geta$:ifa$=""then610
620 ifa$="i"then7
630 ifa$="n"then650
640 goto610
650 poke53280,0:poke53281,0:poke646,3
652 print"akkor viszontlatasra!"
653 fork=1to4000:nextk
655 print"";stop
660 print"      valami baj van,mert nincs megoldas"
670 print"      kezd elolrol!"
680 fork=1to3000:nextk
690 goto7
```

ready.

2. Program

```
100 COLOUR5,5:POKE646,0:PRINT""
110 centre"szabadi presents"
120 print"":centre"r=u/i  fugveny"
130 print"":centre"anno mcmlxxxvi"
140 pause5
150 clr:input"hany merest vegeztel ";n%:dim u(250),i(250)
160 ifn%<=0thenprint"hibas adatok":pause3:goto150
170 print"":fora=1ton%
180 print"u (";a;")":inputu(a)
190 ifu(a)<0thenprint"hibas adatok":pause3:goto180
200 print"i (";a;")":inputi(a)
210 ifi(a)<0thenprint"hibas adatok":pause3:goto200
220 nexta
230 print"akarsz javitani (i/n) ?"
240 geta$:ifa$=""then240
250 ifa$="i"then270
260 ifa$="n"then330:else:goto240
270 input"hanyadik ertek rossz ";j
280 print"u (";j;")":inputu(j)
290 ifu(j)<0thenprint"hibas adatok":pause3:goto280
300 print"i (";j;")":inputi(j)
310 ifi(j)<0thenprint"hibas adatok":pause3:goto300
320 goto230
330 print"szamolok"
340 fora=1ton%
350 ifu(a)>umthenum=u(a)
360 ifi(a)>imthenim=i(a)
370 nexta
380 hires0,5
390 line24,174,289,174,1:line284,172,289,174,1
395 line284,176,289,174,1
400 line34,19,34,184,1:line31,24,34,19,1
405 line37,24,34,19,1
410 u1=um/250:i1=im/150
420 fora=1ton%:plotu(a)/u1+34,174-i(a)/i1,1
425 uo=uo+u(a)^2:io=io+i(a)^2:nexta
430 us=sqr(uo/n%):is=sqr(io/n%):r=us/is
440 rem *** az illesztés nem jó ! ***
450 z=(r*i1)/u1+34:x=174-(u1/r)/i1
455 c=um/u1+34:v=174-im/i1
460 line z,x,c,v,1:rem z és x rossz !
470 rem *** innentől minden o.k. ! ***
480 text0,5," nyomd meg a return-t !",1,1,8
490 geta$:ifa$(<)chr$(13)then490
500 cset0:print"u=";us;" volt"
510 print"i=";is;" amper"
520 print"r=";r;" ohm"
530 print"abrazoljam megegyeszer (i/n) ?"
540 geta$:ifa$=""then540
550 ifa$="i"thencset2:goto480
560 ifa$="n"then150:else:goto540
```

ready.

3. Program

```
990 REM      EGYENESILLESZTO II
991 REM
992 REM      SZABADI LASZLO  1986
993 REM
994 REM
1000 SYS 58692
1010 COLOUR 9,9
1020 POKE 646,7
1030 DESIGN 0,2048+49152
1040 @BBBBBBBBBBB.....
1050 @.BBBBBBBBBB.....
1060 @.BBBBBBBBBB.....
1070 @..BBBBBBBBBB.....
1080 @...BBBBBBBBBB.....
1090 @...BBBBBBBBBBBBBB.....
1100 @....BBB.BBBBBBBBBBB.....
1110 @.....B...BBBBBBBBBBBB.....
1120 @.....BBBBBBBBBBBB.....
1130 @.....BBBBBBBBBB.....
1140 @.....BBBBBB.....
1150 @.....BBB.....
1160 @.....B.....
1170 @.....
1180 @.....
1190 @.....
1200 @.....
1210 @.....
1220 @.....
1230 @.....
1240 @.....
1250 PRINT AT(12,12) "EGYENESILLESZTO"
1260 PAUSE 2
1270 SYS 58692
1280 CLR
1290 PRINT "      KEREM ELOSZOR ADJA MEG AZON PONTOK      "
1300 PRINT "SZAMAT MELYEKHEZ AZ EGYENEST ILLESZTEM , "
1310 PRINT " MAJD EZEN PONTOK X ES Y KOORDINATAIT !"
1320 INPUT "a pontok szama (min.2 max.2500) ";n%
1330 if n%<2 or n%>2500 then 1320
1340 dim x(n%),y(n%)
1350 print""
1360 for i=1 to n%
1370 print "";i;"  x(";i;" )  ";
1380 input x(i)
1390 print "" SPC(22)
1400 PRINT "Y(";I;" )  ";
1410 INPUT Y(I)
1420 NEXT
1430 PRINT"van hibasan begepelt koordinata (i/n) ?"
1440 get a$
1450 if a$="" then 1440
```

ready.


```
1460 IF A$="I" THEN 1490
1470 IF A$="N" THEN 1590
1480 GOTO 1440
1490 SYS 58692
1500 INPUT "HANYADIK PONT KOORDINATAJA HIBAS ";JX
1510 IF JX<1 OR JX>NX THEN 1260
1520 PRINT ""
1530 print "";jX;" . x(";jX;" ) ";
1540 input x(jX)
1550 print "" SPC(22)
1560 PRINT "Y(";JX;" ) ";
1570 INPUT Y(JX)
1580 GOTO 1430
1590 FOR I=1 TO NX
1600 XY=XY+X(I)*Y(I)
1610 XN=XN+X(I)^2
1620 XO=XO+X(I)
1630 YO=YO+Y(I)
1640 IF ABS(X(I))>MX THEN MX=ABS(X(I))
1650 IF ABS(Y(I))>MY THEN MY=ABS(Y(I))
1660 NEXT I
1670 XA=XO/NX
1680 YA=YO/NX
1690 IF XN-NX*XA^2=0 THEN 1270
1700 M=(XY-NX*XA*YA)/(XN-NX*XA^2)
1710 B=YA-M*XA
1720 HIRES 0,9
1730 LINE 0,100,200,100,1
1740 LINE 100,0,100,199,1
1750 LINE 195,98,200,100,1
1760 LINE 195,102,200,100,1
1770 LINE 98,5,100,0,1
1780 LINE 102,5,100,0,1
1790 MA=MY
1800 IF MX>MY THEN MA=MX
1810 L=MA/100
1820 FOR I=1 TO NX
1830 X=100+X(I)/L
1840 Y=100-Y(I)/L
1850 PLOT X,Y,1
1860 IF X+1<200 AND Y+1<200 THEN PLOT X+1,Y+1,1
1870 IF X+1<200 AND Y-1>-1 THEN PLOT X+1,Y-1,1
1880 IF X-1>-1 AND Y-1>-1 THEN PLOT X-1,Y-1,1
1890 IF X-1>-1 AND Y+1<200 THEN PLOT X-1,Y+1,1
1900 NEXT
1910 IF M>1 THEN 1960
1920 Q=(B-M*MX)/L
1930 W=(B+M*MX)/L
1940 LINE 0,100-Q,200,100-W,1
1950 GOTO 1990
```

READY.




```
1960 Q=ÜÜMY-BÜ/MÜ/L
1970 W=ÜÜ-MY-BÜ/MÜ/L
1980 LINE 100+Q,0,100+W,200,1
1990 TEXT 230,96,"RETURN !",1,1,8
2000 GET AR
2010 IF AR="" THEN 2000
2020 NRM
2030 GOTO 1270
```

READY.

3.5 Vezetés folyadékekben, gázokban és vákuumban

Ez a fejezet nem szerepel a harmadik osztályos fizika tantervben és tankönyvben. Ezt az alapóraszámában fizikát tanulók számára időhiány miatt nem is lehet elmondani, csak a fakultációs tanulóknak.

A témakör tárgyalását a fémek vezetési mechanizmusának rövid ismételtesével kezdjük. A folyadékok és gázok vezetésének lényege az ionvezetés, a vákuumban a fémből kilépő elektronok vezetnek. Ezen vezetési típusok összehasonlítása jó elméleti jellegű számonkérési feladat lehet.

A témakör feldolgozása nagyrészt a diákok önálló munkáján alapulhat, mely munka eredményét kiselőadás formájában a többiek számára is megmutathatják. A folyadékek vezetésének bemutatását teljes egészében átengedhetjük a tanulóknak. Álljunk a rendelkezésükre abban is, ha témájukhoz kísérleteket szeretnének bemutatni. A téma feldolgozásánál a harmadik osztályos kémia tankönyv [2] és a Budó: Kísérleti fizika II. kötete [4] lehet segítségükre. Az egyenáramú áramkörök és a Faraday-törvények összekapcsolása hasznos lehet a tananyag ismételtesének szempontjából is. A példatárak is számos ilyen feladatot tartalmaznak.

Érdekes téma a gázok vezetése. Sajnos, erről sem a harmadikos [23], sem a negyedikos [56] tankönyvben nem esik szó. Ezért a 10435 raktári számú, régebbi tantervhez készült tankönyvhöz kell visszatérnünk. ([61] 95-105. oldal)

Sajnos a jelenségek magyarázatára nincsen elegendő idő, ha mást nem akkor a jelenségek rövid leírását kell megkísérelnünk, kiselőadások formájában.

Mindenkit érdeklő és lenyűgöző jelenség a légköri villámlás. Utaljunk arra is, hogy a Van de Graaf-generátor segítségével mi is előállítottunk "villámokat"! Öveges József szerint egy egyszerű villanykörteben is fész segítségével villámokat kelthetünk. ([45] 380-381. oldal) Ez ismét egy olyan kísérlet, amit a tanulók otthon önállóan elvégezhetnek, és ha feladjuk házi feladatnak, akkor el is fogják végezni.

A villámok keletkezése, a zivatarfelhők szerkezete és a légköri elektromosság lehet az egyik előadás témája. Ezek leírását meteorológiai könyvekben is megtalálhatjuk, de nagyon jó rövid és érthető leírást tartalmaz a Feynmann: Mai fizika 5. kötete is ([17] 61. fejezet; 120-136. oldal) Szép képeket tartalmaz a Tudomány csodái: Az energia című könyv.

([59] 124-125. oldal ; 128-129. oldal) De buzdithatjuk a diákjainkat "előre megfontolt szándékkal" a tanév elején, hogy gyűjtsenek cikkeket és szép fényképeket villámokról és légköri elektromos jelenségekről. Ezekből a felvételekből a kiselőadásokhoz poszttert és készíttethetünk.

A másik kiselőadás lehetne a villámcsapások elleni védekezés, a villámhárítók típusai, Benjamin Franklin munkásság a. Nyugodtan elmesélhetnek a villámcsapással kapcsolatos néhány "rémtörténetet" is.

Szép tanári demonstrációs kísérletek végezhetők a katódsugárcsővekkel is. Biztosan található még néhány iskolában

szép, látványos kísérletek bemutatására alkalmas katódsugárcső. Ezeket a csöveket (8.kép) ismét csak váltóárammal tudjuk üzemeltetni, mert a szikrainduktor egyedül a megfelelő olyan nagyobb feszültséget adó eszköz, ami elegendő áramot tud szolgáltatni ezekhez a kísérletekhez.



8.kép

A vákum vezetése elsősorban az eszközök miatt lényeges. Alapvetően kétféle ok miatt - Richardson-hatás ; fotoelektrikus hatás - kilépő elektronokat gyorsítjuk elektromos - elektrosztatikus térrel. (Itt kiszámítható az elektronok végsebessége, esetleg a későbbiekben a lefékezett elektronok által létrehozott elektromágneses hullám frekvenciája.)

Elektrosztatikai ismereteink alapján nem nehéz megértenünk a fotocella, vákuumdióda, -trióda és katódsugárcső működését.

dési elvét. Ezeket a későbbiekben felhasználhatjuk - egyenirányítás ; Meissner-féle visszacsatolás. ([23] 287. oldal)

A Jurisits-féle tanulókísérleti készlet alkalmas ezen eszközök karakterisztikájának a felvételére is, ami jó szakköri program lehet. ([15] 59-63. oldal)

Itt csak a kondenzátor-eltérítésű katódsugárcsőnek a működési elve beszélhető meg, mert még a mágneses jelenségekről nem esett szó, de a mágneses eltérítésű csövek - TV képcsövek - működési elvét tisztázására később alkalmas helyen vissza kell térni. Most azonban kiszámíthatjuk az eltérítés szögét a kondenzátor lemezekre adott feszültség függvényében. A fotoelektron sokszorozóval való ismerkedés a negyedikes anyag előkészítése is lehet, ha erre igény van.

Biztos minden iskolai szertárban akad elektroncső, vagy rossz TV-képcső. Adjuk ezeket a gyerekek kezébe, esetleg egy példányt szét is szedhetünk, hogy felépítését jobban megfigyelhessék.

Természetesen nagyon jó, ha mindenféle egyéb alkatrészrel - ellenállás, potencióméter, kondenzátor, forgókondenzátor - is megismerkedhetnek a tanulók. Adjuk ezeket is a megfelelő témakör tárgyalásánál kézbe. Jó téma lehet kiselőadásokhoz ezek szerkezete és gyártása. [4]

3.6 Időben állandó mágneses tér

3.6.1 Az elméleti anyag feldolgozása

Az elektromos alapjelenségek vizsgálatához hasonlóan ennek a fejezetnek a feldolgozását is a mágneses alapjelenségekre vonatkozó kísérletekkel kezdhetjük.

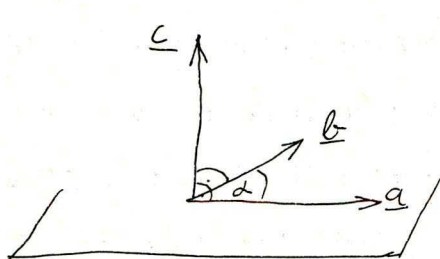
Fontos fogalom a mágneses dipólus. A mágneses töltést az elektromos töltéssel szemben nem lehet szétválasztani, a jelenlegi tudásunk szerint. Az évvégi összefoglaláskor azonban elmondhatjuk, hogy elméleti fizikusok vizsgálták a Maxwell-egyenletek megoldhatóságát azzal a feltételezéssel, hogy létezik mágneses monopólus és nem jutottak ellentmondásra. (Emlékezzünk Gödel tételére !) A kísérleti fizikusok nagy műszaki erőket mozgósítva kutatnak a mágneses monopólus után, de ezidáig még nem sikerült kimutatni, de néhány cikk szerint erre minden remény megvan.

A mágneses erőter vizsgálatánál gyakran alkalmazzuk a jobbkezes szabályt - van amikor "balkézes" szabályt is.

([23] 244. oldal; 2. bek.) Ennek a használata nagyon zavaró, a tanulók a sokféle jobbkezes és balkézes szabályt könnyen összekeverik, ezért ezt egységesíteni kell. Sokkal egyszerűbb lesz a tárgyalásmód, ha bevezetjük a vektoriális szorzat fogalmát.

A harmadik osztályos matematika anyag kiegészítésként a vekto-

riális szorzat fogalmát tartalmazza. ([39] 101-103. oldal)
A fizika számára az ilyen mélységű feldolgozása elegendő. A
vektoriális szorzat fogalmának elsajátítása sem az alapítás,
sem a fakultációs csoportoknak nem okozott gondot. A definíció
szerint



$$\underline{c} = \underline{a} \times \underline{b}$$

$$|\underline{c}| = |\underline{a}| \cdot |\underline{b}| \cdot \sin \alpha$$

21. ábra

Ezt az, egyetlen jobbkéz-szabályt kell csak megtanulnunk. A mű-
veletnek két tulajdonsága

$$\underline{a} \times \underline{b} = - \underline{b} \times \underline{a}$$

$$\lambda (\underline{a} \times \underline{b}) = \lambda \underline{a} \times \underline{b} = \underline{a} \times \lambda \underline{b}$$

elegendő ahhoz, hogy a mágnességet a jobbkéz-szabályok szem-
pontjából sokkal egységesebben tárgyalhassuk, ha a fenti defi-
niciót következetesen használjuk.

Jánossy Lajos professzor szerint:

" Az elektromosságtan tanításában, de a mechanikai
törvények megfogalmazásában is a vektorszorzat nagy segítsé-
get ad. A tantervi vitában elhangzott vélemények szerint -
hasznossága ellenére - a vektorszorzat fogalmát mellőzni
kell, mert a vektorszorzat tisztességesen nem tárgyalható,

és ezért jobb a fogalmat egészen mellőzni.

Véleményem szerint itt egy félreértésről van szó.

Mit értünk tisztességes tárgyalás alatt? Van aki csak a formális és absztrakt - és ezért igen bonyolult - tárgyalást tartja tisztességesnek ; e tárgyalás valóban nehezíti és nem könnyíti a tanulást. "

([9] 71. oldal 1-2. bek.)

Szükség van a forgatónyomaték vektoriális szorzatként való definiálására. Ennek a szükségességét a diákok is láthatják, hiszen a forgatónyomatékhoz rendelt vektor értelmes dolog, mert az általa létrehozott forgásnak iránya van.

$$\underline{M} = \underline{r} \times \underline{F} \quad (1)$$

Rendeljünk a mágneses dipólushoz egy vektort úgy, hogy nagysága arányos legyen a dipólus "erősségével", iránya pedig a D-i pólustól az E-i pólus felé mutasson. Itt még K kvantitatív meghatározásokat ne tegyünk!



A homogén mágneses tér definiálása egyszerűbb, mert a patkómágnes sarkai között jól látható, írásvetítővel kivethető.

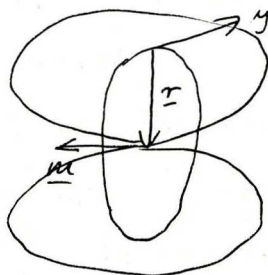
A körvezető - vezetőkeret - mágneses nyomatékának vizsgálata szintén kísérleti úton történhet. Ezzel már a mágneses nyomatékot kvantitatívan is meghatározhatjuk.

$$|m| = I \cdot A$$

Az irányát pedig a Biot-Savart-törvény segítségével határozhatjuk meg. Természetesen a középiskolában le kell mondanunk a törvényt

$$\underline{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \oint \frac{d\mathbf{s} \times \underline{r}}{r^3} \quad (2)$$

integrál alakjáról, ebből a számunkra csak annyi lesz érdekes, hogy a körvezetőknek a mágneses nyomatéka - az általa létrehozott mágneses tér indukcióvektorával együtt - a körvezető középpontjában az $\underline{I} \times \underline{r}$ vektor irányával egyezik meg, ahol az $\underline{r}$ vektor az $\underline{I}$ -től a vizsgált pontba mutató vektor.



22. ábra

Ha nem akarjuk a Biot-Savart-törvényt itt felhasználni, akkor a vezetőkeret által létrehozott mágneses indukcióvektor irányát a tankönyv módszerével is meghatározhatjuk.

([23] 193. oldal 3. bek)

A mágneses tér indukcióját ekkor vezetőkerettel -magnetometerrel- vizsgálva az

$$\underline{M} = \underline{m} \times \underline{B} \quad (3)$$

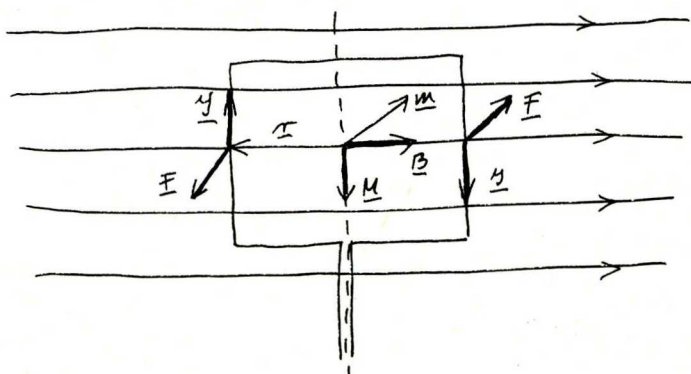
összefüggéssel definiálhatjuk. Arra az esetre, ha $\underline{m} \perp \underline{B}$, azaz ha a keret síkja párhuzamos az indukcióvonalakkal, megkapjuk a tankönyv definícióját.

$$B = \frac{M_{\max}}{\mu_m \cdot A_m}$$

([23] 192. oldal)

A (3) és (1) alapján könnyű az ℓ hosszúságú I árammal átjárt egyenes vezetőre ható erő meghatározása. 23. ábr.

$$\underline{F} = \ell \underline{y} \times \underline{B} \quad (4)$$



23. ábra

Az áramerősség $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ definícióját felhasználva a vákuumban $\underline{v}$ sebességgel repülő elektron is áram, ahol $I = \frac{e}{\Delta t}$, és a keltett áram iránya megegyezik az elektron sebességének az irányával.

$$\underline{F} = \Delta \tau \cdot \frac{e}{\Delta t} \times \underline{B}$$

$$\underline{F} = e \underline{v} \times \underline{B}$$

(5)

Az (5) összefüggésnek ilyen bevezetése a tankönyvben kiegészítő anyagként szerepel.

A mozgási indukció jelenségevek vizsgálata és magyarázata a Lorentz-erő (5) alapján lehetséges. Itt azonban csak arról az esetről érdemes beszélni, ha a homogén mágneses térben mozgatott egyenes vezető merőleges a mozgásának a sebességére, mert ellenkező esetben a

$$U = \ell(\underline{v} \times \underline{B}) \quad (6)$$

használata kissé nehézkessé válhatna. Ha azonban a vezető merőleges a sebességre, akkor a vezetőben kialakuló elektromos térerősség, az $\underline{E} = \underline{v} \times \underline{B}$ párhuzamos a vezetővel, ekkor a (6) vegyeszorzat úgy egyszerűsödik, hogy

$$U = \ell v B \sin \alpha, \text{ ahol } \alpha = (\underline{v}, \underline{B}) \quad (7)$$

A vezető két végét összekötve megindul az áram, az indukált áram irányának, és az általa a vezetőre ható erő irányának a meghatározásával kimondható a mozgási indukció Lenz-törvénye.

A mágneses fluxust az elektromos fluxushoz hasonlóan definiálhatjuk.

$$\Phi = \underline{B} \cdot \underline{A} \quad (8)$$

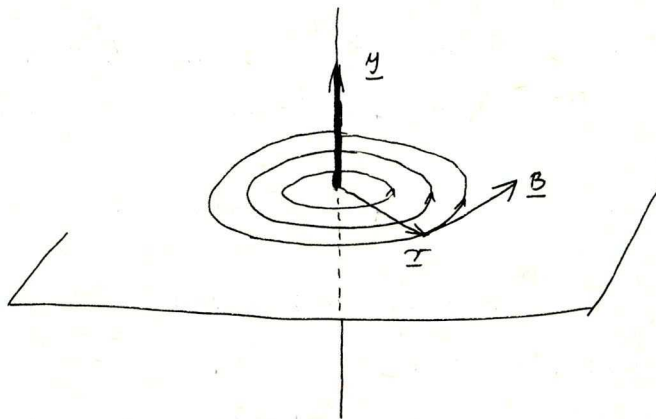
A III. Maxwell-törvény a mágneses töltés szétválaszthatatlanságát fejezi ki, azaz egy zárt felületen kilépő és belépő erővonalak száma megegyezik, bárhogyan is vesszük fel a zárt felületet.

$$\sum \underline{B} \cdot \underline{\Delta A} = 0 \quad (9)$$

Maxwell IV. törvényéhez egy speciális eset, az egyenes vezető terének vizsgálata révén jutunk el. Itt is kísérleti eredményekből kell kiindulnunk, és megállapítanunk, hogy a keltett tér hengerszimmetrikus, nagysága

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

iránya pedig $\underline{I} \times \underline{r}$ irányu (Biot-Savart-törvény.) (24. ábra)



24. ábra

Az önmagában záródó erővonalakból következik, hogy ebben a speciális esetben, körre kiszámított örvényerősség

$$\sum \underline{B} \cdot \underline{\Delta S} = \mu_0 I$$

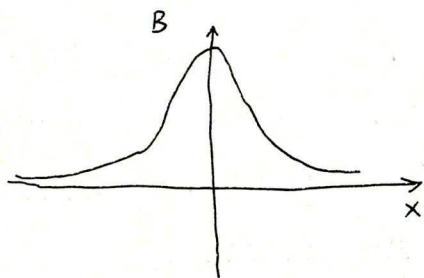
Ennek általánosítása tetszőleges görbére és a görbe által meghatározott felületet dőfő több egy-, és ellentétes irányu áramokra adja Maxwell IV. törvényét. Ennek általános esetben való vizsgálata a tanulók önálló feladata lehet. ([23.] 210. oldal)

$$\sum B \cdot \Delta s = \mu_0 \sum I$$

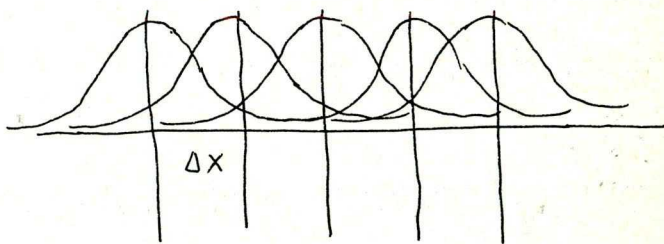
A körvezető mágneses terének szerkezetét szintén kísérlettel állapíthatjuk meg. A térerősséget ne csak a körvezető középpontjában adjuk meg, hanem a középpontján átmenő x , síkjára merőleges tengely mentén is.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}; \text{ ha } x=0, B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

A bonyolult képletet nem érdemes megjegyezni, de a $B(x)$ függvény alakját igen. (25/a ábra)



25/a ábra



25/b ábra

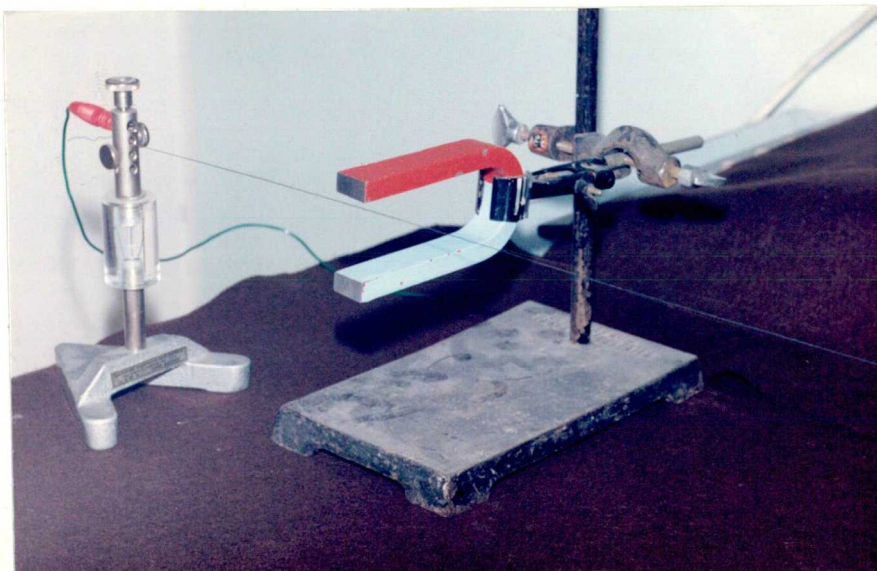
Látszik, hogy a térerősség a kör középpontjában a legnagyobb, kifelé haladva pedig igen hamar "lecseng".

A szolenoid ilyen egymás mellé rakott körvezetők**ből** áll, melyek egymástól Δx távoldágra vannak. A szolenoid belsőjében kialakuló tér ezen körvezetők terének szuperpozíciójából alakul ki. (25/b ábra) Minnél kisebb a Δx , annál jobban

megközelíti a tekercs belsejében levő tér a homogén teret. Az így kialakuló tér a tekercs belsejében jóval nagyobb mint a tekercsen kívül, mondhatjuk, hogy a tér a tekercs belsejére korlátozódik, így jogos azt az Ampere-féle gerjesztési törvénnyel az ismert módon kiszámítani.

3.6.2 Egy érdekes demonstrációs kísérlet

Vegyünk egy 70-80 cm hosszú izzitható cekaszt, ellenálláshuzalt, két végét fogjuk be egy-egy jól szigetelt állványba, feszítsük meg és fogjuk körül alkalmas helyen egy patkómágnessel, a 9.képen látható módon.

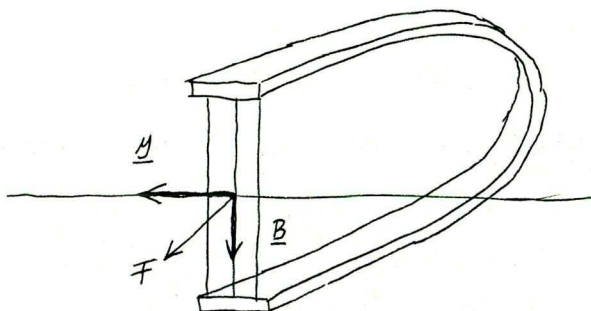


9.kép

Ha az ellenálláshuzal két végét a BOMEKO 0 - 240V váltóáramu kivezetéséhez kapcsoljuk és a huzalt felizzítjuk, akkor alkalmas helyre tett patkómágnes esetén a dróton állóhullámok alakulnak ki. (10. és 11. kép; 92. oldal)

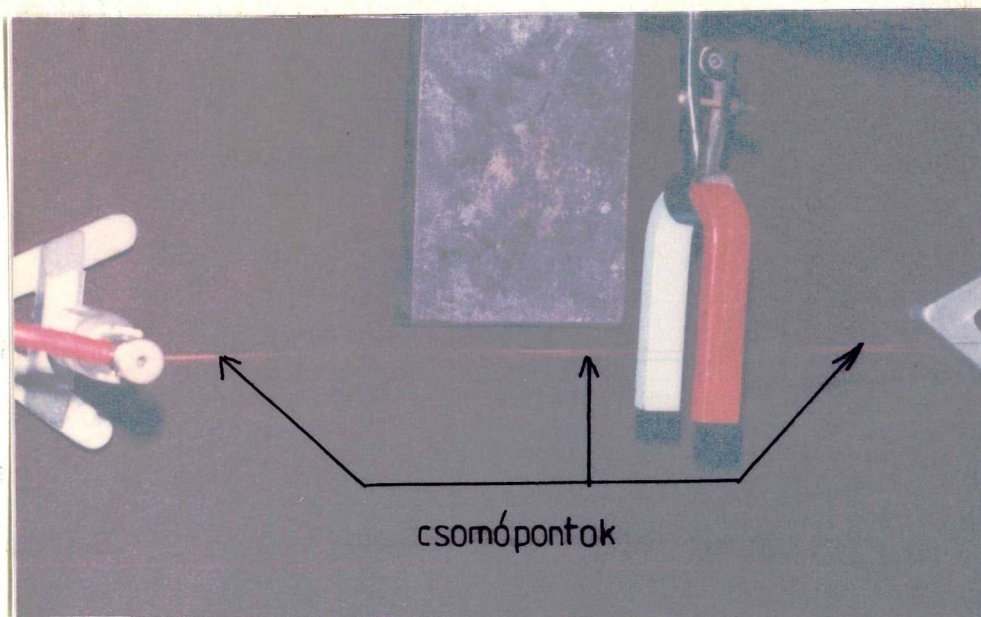
Ügyes beállítással kettő, három, sőt négy duzzadóhellyel rendelkező állóhullámokat hozhatunk létre. A képeken a csomópontokat a jobb láthatóság kedvéért megjelöltük. A drót izzítása azért szükséges, hogy a huzal anyaga képlékenyebb legyen, valamint a jelenség így jobban látható.

Még ugyan a váltóáramok tulajdonságaival nem foglalkoztunk a fizika órákon, de annyit azért a tanulók tudnak, hogy a váltóáram esetén az áramerősség periódikusan változik, sőt az irányát is megváltoztatja, tehát az állandó, homogén mágneses térbe helyezett huzalra periódikusan változó erő hat, amely az állóhullámok kialakulását okozza. A *zanév* elején kötélen úgy hoztunk létre állóhullámokat, hogy a periódikus erővel ráztuk, kevésbé szabályosan mint itt azt a mágneses tér teszi.

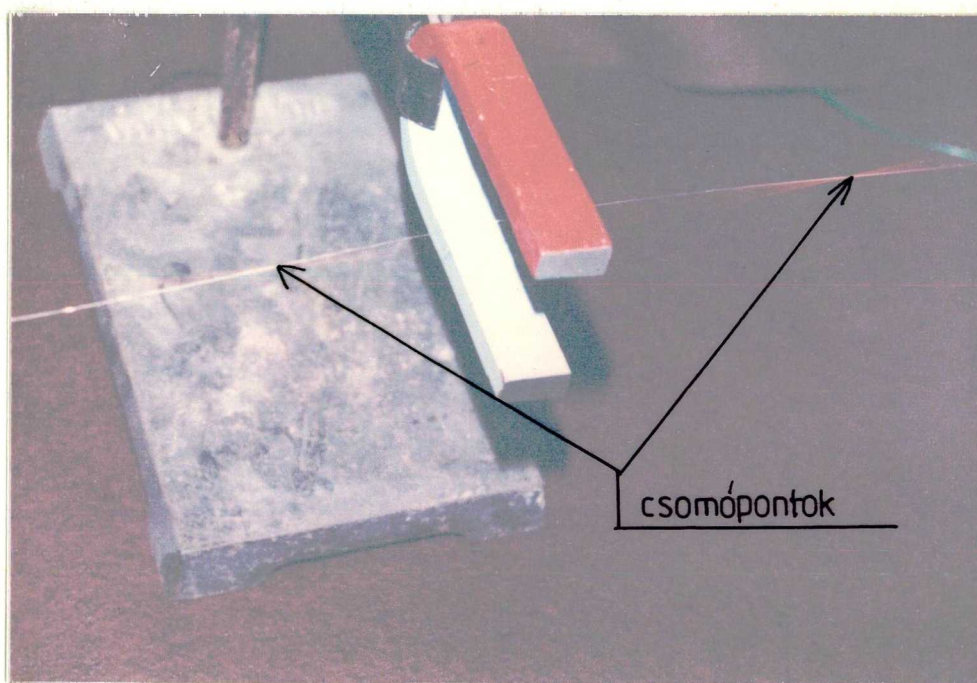


26. ábra

A kísérlet nagyon látványos és tanulságos, hiszen a fizikának több területét kapcsolja össze.



10.kép



11.kép



3.7 Időben változó mágneses tér Váltóáramok

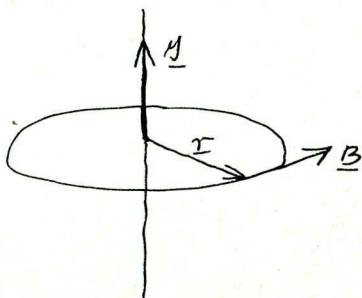
3.7.1 Az elméleti anyag feldolgozása

Az elektromágneses indukció jelensége elviekben más mint a mozgási indukció, érdekes azonban az, hogy mindkettő ugyanazt a mennyiségi összefüggést szolgáltatja. A jelenség kísérleti alapját a tankönyv kísérlete jól szolgálja, a tanítás során könnyen gyorsan megvalósítható. ([23.] 240. oldal)

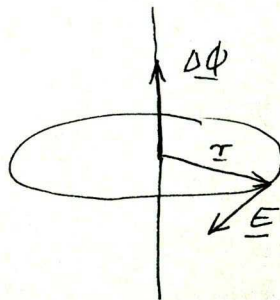
Következtetésünk, hogy a változó mágneses tér elektromos teret kelt. Az így keltett elektromos tér azonban nem örvénymentes, hanem

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

az erővonalak önmagukba záródnak. A negatív előjel a tér irányára ad információt. Jobb, ha a balkéz-szabály helyett ennek illusztrálására a korábban definiált és használt vektoriális szorzatot használjuk. Hasonlítsuk össze az elektromos és mágneses örvényes teret !



$\underline{B}$ iránya $\underline{I} \times \underline{r}$ iránya



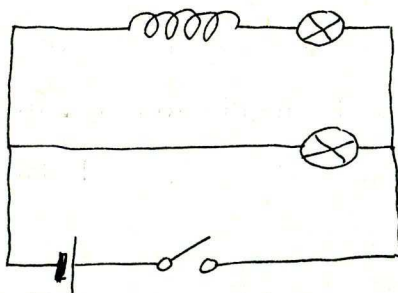
$\underline{E}$ iránya $-\Delta\Phi \times \underline{r}$ iránya

A ki és bekapcsolási jelenségek vizsgálata az elektromágneses indukció Lenz-törvényéhez vezet.

Problémafelvetés módszerének felhasználásával feladatként határozhatjuk meg két egymásba helyezett tekercspár kölcsönös indukciós együtthatóját.

A kapacitáshoz hasonló fogalom az induktivitás, itt azonban a kapacitással ellentétben az önindukció jelenségének vizsgálatára csak a szolenoid esetében van lehetőség. Egyszerű feladat a tekercs önindukciós együtthatójának kiszámítása.

Az alábbi egyszerű kapcsolás alapján végezhető egyszerű kísérlet eredménye - az induktivitással sorba kapcsolt lámpa bekapcsolásnál később kezd teljes fénnnyel világítani, kikapcsolásnál később, lassan halványodik el - arra vezet, hogy a tekercsben folyó áram által a tekercsben létrehozott mágneses tér kiépítéséhez munkára van szükség, illetve a lebomló tér munkát képes végezni, azaz a mágneses mezőnek energiája van.



Nem könnyű a tekercs belsejében levő mágneses mező energiáját kiszámítani, elegendő, ha csak kimondjuk. A mágne-

ses tér $\mathcal{E}_m = \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0} B^2$ energiasűrűségéhez ismét speciális esetben keresztül juthatunk el, s az eredmény ismét nem tudjuk igazán felhasználni.

Az energia terjedése a fogyasztóhoz c. fejezet tulságosan elvont, elméleti és nehéz a középiskolai tanulók számára. A Poynting-vektor bevezetését a szakkörre érdemes hagynunk, ha összejön egy erre alkalmas érdeklődő csoport.

A váltóáram keletkezése a vezetőkeret homogén mágneses térben való forгатásával vezethető be. Ilyenkor szinuszos váltóáram - váltófeszültség - keletkezik, bizonyítása az előző fejezet (3.6.1) 7. összefüggésének segítségével nagyon egyszerű. Ha a váltóáramot úgy képzeljük el, mint az elektronok rezgését, a kapacitív ellenállás magyarázata kézenfekvő lesz. Az induktív ellenállást a Lenz-törvény alapján lehet könnyen megérteni. A feszültségrezonancia és a soros RLC-kör vizsgálata szemléletesebbé tehető a forgóvektorok segítségével, annak ellenére, hogy ez csak kiegészítőanyag. ([23] 272-278. oldal)

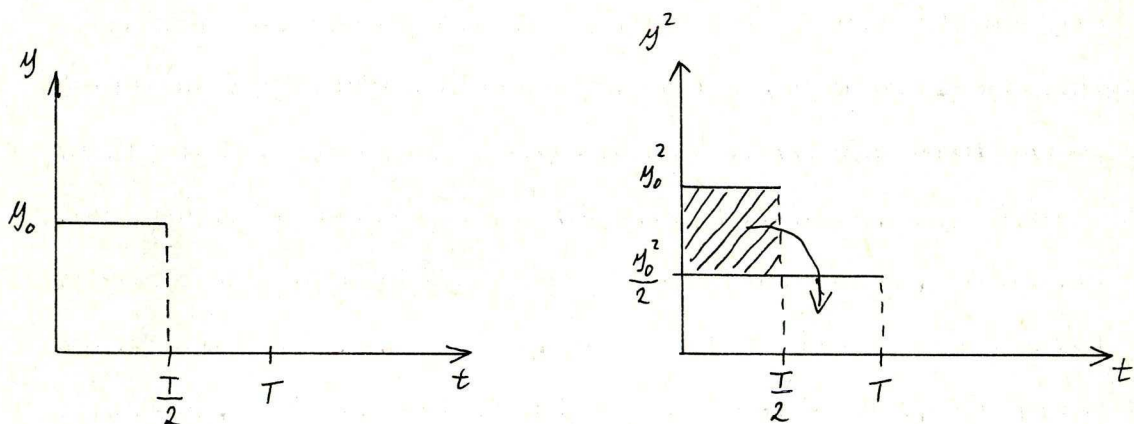
3.7.2 A váltóáram effektív értéke

A tankönyv alapján nem volna meglepő, ha a tanulók a váltóáramon csak a szinuszos váltóáramot értenék, és az effektív érték, az áram munkáján ~~km~~ alapuló definíciója helyett egyszerűen az $y_{eff} = \frac{y_0}{\sqrt{2}}$ kifejezést tekintenék definíciónak.

Hogy ennek elejét vegyük, néhány egyszerűbb esetben számoljuk ki az átdarabolás módszerével a váltóáram effektív értékét!

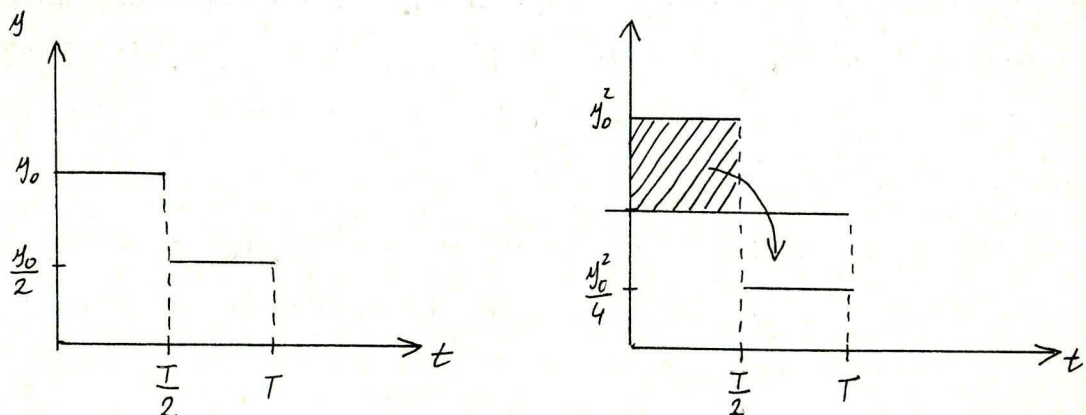
([23] 235-236-oldal)

1.feladat



$$y_{ff}^2 = \frac{y_0^2}{2} \Rightarrow y_{ff} = \frac{y_0}{\sqrt{2}}$$

2.feladat

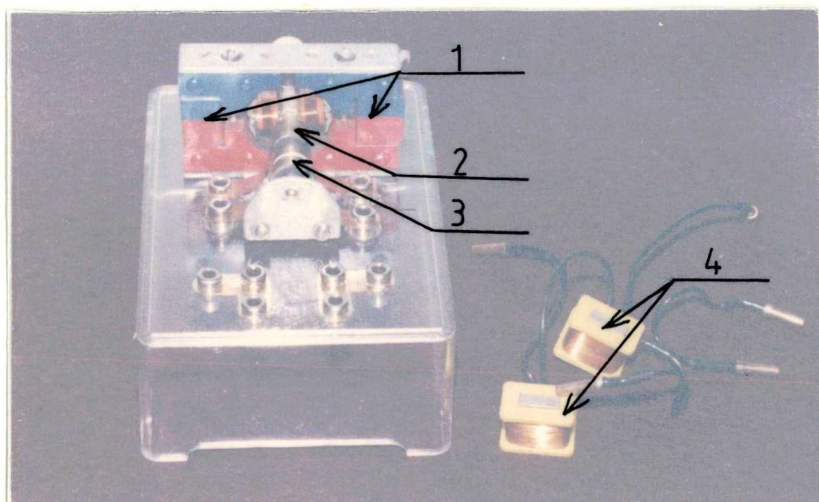


$$y_{ff}^2 = \frac{y_0^2}{4} + \frac{3}{8} y_0^2 = \frac{5}{8} y_0^2 \Rightarrow y_{ff} = y_0 \sqrt{\frac{5}{8}}$$

3.7.3 Villamos gépek, tanulókísérlet

A transzformátor mellett meg kell ismernie a tanulóknak az egyenáramu motort és generátort, a háromfázisu generátort, a szinkron és aszinkron motorok működési elvét. Ezeket kísérőadások formájában is feldolgoztathatjuk. ([4] 281-292.)

Remek tanulókísérleti eszköz a 12.képen látható kis motor.



12.kép

Egyenáramu motorként használható az eszköz, ha az 1.számú jelzett állandómágnesekkel a 2.számú kommutátorgyűrűkön keresztül működtetjük. Ha az állandó mágneseket kicseréljük a 4.számú elektromágnesekre, akkor soros gerjesztésű egyenáramu motort kaphatunk. Az eszközből egyenáramu di-

namót úgy készíthetünk, ha ismét az állandó mágnezt használjuk, a forgórészt külső erővel forgatjuk, ekkor a "lúktető" egyenáram a 2.sz kommutátorgyűrűről vehető le. Váltakozóáramu generátort kaphatunk a 3.sz kommutátorgyűrű segítségével.

A tudomány csodái : Az energia c. könyv egy érdekes kísérletet közöl, hogy hogyan lehet GEM-kapocsból egyenáramu motort készíteni. ([59] 132-135) Ennek elkészítésére a tanulók szívesen vállalkoznak, de elég ritkán szokott sikerülni.

A transzformátorok fontos gyakorlati alkalmazása a villamos energiának a szállítása. Könnyű megmutatni, hogy a nagyobb feszültségen való szállítás sokkal kisebb veszteséggel jár. A relatív teljesítményvesztesség fordítottan arányos a feszültség négyzetével. ([62] 51-52. oldal)

3.7.4 Történeti vonatkozások

A fejezethez sok magyar vonatkozású történeti adat is kapcsolódik. A villanymotor és dinamó elvét Siemens mellett egyidejűleg Jedlik Ányos is feltalálta, ez a híres villanydelejes forgony. Róla halála után is méltatlanul keveset beszélnek. [19]

A transzformátor tökéletesítése is három magyar ember nevéhez fűződik, Bláthy Otto, Bá Déry Miksa és Zipernovszky Károly. (1885)

Edison nagy érdeme többek között a villanylámpa és az energiaszállítás gondolata és kidolgozása. (1879) Ezt a találmányt szintén magyar ember tökéletesítette, a Bródy Imre által kidolgozott kriptonlámpa volt ez a tökéletesített találmány, melynek ipari gyártása 1936-ban indult meg az Egyesült Izzóban.

4. Összefoglalás

Az elektromosságtan tanításának néhány kérdését vizsgáltuk meg, szem előtt tartva a fizika oktatásának általános szempontjait. A vizsgálat nem volt, és nem is lehet teljes, a tanári gyakorlat újabb és újabb kérdéseket vethet fel, itt csupán néhány részletét világítottuk meg.

A vizsgálatból kimaradt az értékelés módja. Ez nagyon összetett folyamat, az írásbeli értékelés csak az egyik, de koránt sem elhanyagolható eszköze. Az iskolai önálló munkának - közkezdvelt néven dolgozat - csak másodrendű feladata az értékelés. Az elsőrendű feladata az önálló munkára nevelés, és akármilyen hihetetlenül is hangzik, a tanítás is. Ha a feladatsor gondolkodtató feladatokat is tartalmaz, és a pontozási módszer elég tág határokat ad a diákok szabad választásának, akkor a dolgozat feladatai még otthoni munkával is elláthatják a tanulókat. A függelék néhány ilyen már megírt feladatsort tartalmaz értékelési utasítással.

A tanári munka hétköznapijai évről évre, sőt óráról órára alakítják a tanári gyakorlatot. A gyakorló tanárnak az óra és a tanévi munka tervezésénél figyelembe kell vennie a csoport érdeklődési körét, tanulmányi összetételét, és az alkalmazott módszert, a motiváció teremtésének az eszközét ehhez kell megválasztania.

Szerencsére vége annak a korszaknak, melyben az óravázlat percnyi pontosságu betartása volt a kívánatos. Az óra

a tanár és a diák közös munkájának a színtere, annak menetét együtt alakítják, kölcsönösen hatással vannak egymásra.

A fakultációs és alapórák összevonása szerencsés vállalkozás volt, amit a felvételi eredmények is igazolnak, és ennél jobb mércét az oktatás hatékonyságára eddig még nem ismerünk. Három év adata ehhez kevés, de míg az 1982/83-as tanévben külön jártak fakultációs órára a tanulók, a felvételi aránya ennek a csoportnak 56 %-os volt, addig az 1983/84-es tanévben - az összevonás után - 71%-os, és az 1984/85-ös tanévben 67%-os.

Ehhez az eredményhez az iskolavezetés is nagymértékben hozzájárult azzal, hogy vállalta a kísérletekkel járó esetleges kockázatokat és messzemenően támogatta - és a mai napig is támogatja - a tanárok önálló alkotó munkáját.



5. Függelék

1986.március 12-én

1. Két Q_1 és Q_2 töltéssel ellátott pontszerű test egymástól d távolságra van. A $Q_1 = 2 \cdot 10^{-8}$ C nagyságú töltéstől 10 cm távolságra a d szakaszon elhelyeztünk egy $q = 10^{-9}$ C töltésű pontszerű testet, amelyre itt 4 N nagyságú erő hat. Mekkora a d szakasz, ha $Q_2 = -6 \cdot 10^{-8}$ C ?

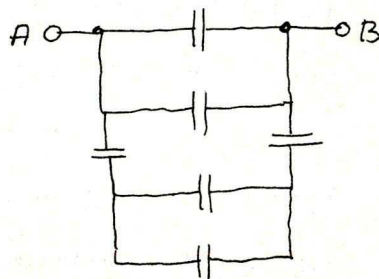
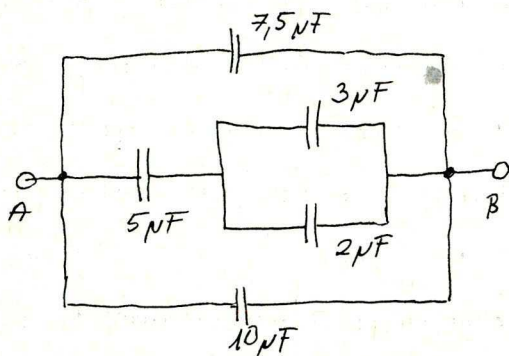
3 pont

2. Két azonos tömegű, igen kis méretű fémgolyócskát $5 \cdot 10^{-7}$ C nagyságú töltéssel látunk el, majd 0,8 m hosszú fonálon közös pontban felfüggesztünk. Mekkora a golyók tömege, ha a fonalak 30° -os szöget zárnak be egymással ?

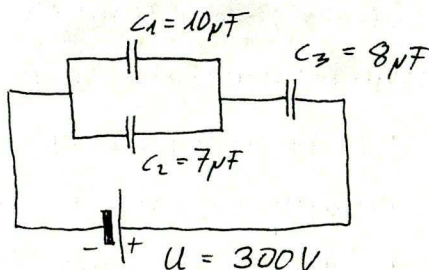
4 pont

3. Határozd meg az ábrán látható kondenzátor-rendszerek kapacitását! A b. ábrán minden kondenzátor kapacitása $1 \mu F$.

4 pont



4. Határozd meg az ábrán látható kapcsolásban az egyes kondenzátorok feszültségét, töltését és energiáját !



5. Egy feltöltetlen kondenzátort párhuzamosan kapcsolunk egy $5 \mu F$ -os 24 V-ra feltöltött kondenzátorral. Ennek következtében a feltöltött kondenzátor energiája 97,22%-kal

csökkent. Mekkora az eredetileg feltöltetlen kondenzátor kapacitása ?

4 pont

6. A $C_1 = 10 \mu\text{F}$ kondenzátor átütési feszültsége 300 V, a $C_2 = 30 \mu\text{F}$ kapacitású kondenzátoré pedig 140 V. Mekkora maximális feszültség kapcsolható a sorbakötött kondenzátorokra ?

4 pont

7. Mekkora lesz annak a higanycseppnek a potenciálja, amely 8 darab egymással megegyező nagyságú egyaránt 1 cm sugarú, 1000 V potenciálu higanycsepp egyesítéséből származik ?

5 pont

8. Határozd meg a végtelen hosszúságú R sugarú, egyenletes σ töltéssűrűségű töltött henger terének a térerősségét, a henger tengelyétől r távolságban ! Ábrázold az $E(r)$ függvényt !

5 pont

9. Két pontszerű, e^+ és $n \cdot e^-$ nagyságú töltés egymástól d távolságra van. Bizonyítsd be, hogy az $U = 0$ V potenciálu felület gömbfelület. Határozd meg a gömb sugarát és középpontjának a helyét !

6 pont

Maximális pontszám: 39	ebből:	0 - 7	elégtelen	/1/
		8 - 15	elégséges	/2/
		16 - 21	közepes	/3/
		22 - 30	jó	/4/
		31 - 39	jeles	/5/

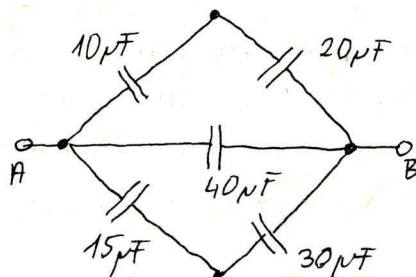
1984.február 12-én

1. Sikkondenzátor lemezeinek területe 80 cm^2 , lemeztávolság 6 mm , a benne levő dielektrikus relatív dielektromos állandója $2,2$. $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ V}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ As}$. Mekkora a kondenzátor kapacitása ?

2 pont

2. Számítsd ki az ábrán látható kondenzátor-rendszer eredő kapacitását az A és B pontok között !

2 pont



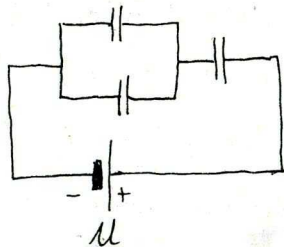
3. Két 20 cm hosszúságú szálon közös pontban felfüggesztett $1\text{-}1 \text{ g}$ tömegű golyó középpontja egyenlő nagyságú, megegyező előjelű töltés hatására $3,3 \text{ cm}$ -re távolodik el egymástól. Mekkora a golyók töltése ?

3 pont

4. $3,5$ és $2,8 \mu\text{F}$ kapacitású kondenzátorokat sorba kapcsolunk. Az egyik szabad véget leföldeljük, a másikra $4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ töltést viszünk. Mekkora a maradék szabad vég és a föld között a feszültség ?

3 pont

5.



Három $10 \mu\text{F}$ kapacitású kondenzátorból álló elrendezést $U = 10 \text{ V}$ -os telepre kapcsolunk. Mekkora az egyes kondenzátorok fegyverzeteinek a töltése ? Mekkora feszültségre töltődnek fel a kondenzátorok ?

3 pont

6. Bizonyítsd be, hogy két végtelen, homogén töltéssűrűséggel rendelkező lemezeken kívül a térerősség zérus ! Mekkora a térerősség a lemezek között? Mi a helyzet véges síklemezek esetén ?

4 pont

7. Két párhuzamos gémlez távolsága d , felületük nagysága A , a lemezek közötti potenciálkülönbség U . A lemezek távolságát nagyon lassan $2d$ -re növeljük úgy, hogy közben az U feszültség állandó maradjon. Ábrázold a lemezek eltávolításához szükséges erőt a lemezek távolságának függvényében! Számítsd ki a végzett munkát ! 4 pont
8. Adott két végtelen, párhuzamos síkok által határolt σ homogén töltéssűrűségű töltéseloszlás. A síkok távolsága $2d$. Határozd meg az $E(x)$ és $U(x)$ függvényeket és ábrázold is azokat ! Az x a párhuzamos síkokra merőleges, azokat összekötő szakasz felezőmerőleges síkjától való távolság. 5 pont
9. Határozd meg annak az m tömegű ℓ hosszúságú matematikai ingának a lengésidejét, amely olyan erőterben végez lengéseket, melyben a g gravitációs térerősséggel párhuzamos és egyirányú E elektromos térerősség is jelen van ! 5 pont
10. Egy igen vékony huzalból készült, R sugarú, vízszintesen fekvő vezetőgyűrűt Q töltéssel láttunk el. Mekkora azonos előjelű q töltést kellene adni egy kis m tömegű fémgolyónak, hogy az a gyűrű tengelyében a gyűrű síkja felett éppen R magasságban lebegjen ? 5 pont

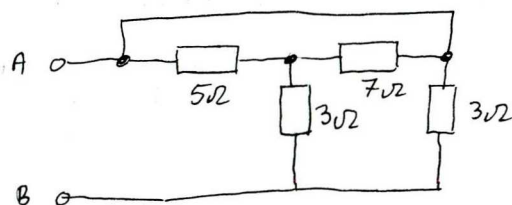
Maximális pontszám: 37 ebből:

0 - 6	elégtelen	/1/
7 - 11	elégséges	/2/
12 - 16	közepes	/3/
17 - 21	jó	/4/
22 - 37	jeles	/5/

1986. május 7-én

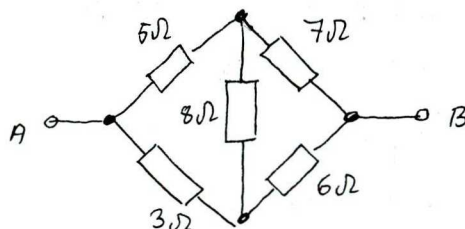
1. Egy vas és egy rézvezeték sorba kapcsolunk. A vas fajlagos ellenállása $1 \cdot 10^{-6}$ ohm m, a rézé $1,78 \cdot 10^{-8}$ ohm m. A kétféle fémből készült egyenlő, 2 cm^2 keresztmetszetű vezeték egyenáramú áramforrásra kapcsoljuk, és ennek következtében 50 A erősségű áram folyik át rajta. Mekkora a térerősség a vasban és a rézben ? 4 pont
2. Szigetelőanyagból készült korong peremén fémgyűrű van, amely $2,4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ töltéssel rendelkezik. Mekkora a korong fordulatszáma, ha az így keletkezett áram erőssége 6 A ? 3 pont
3. Mekkora annak a telepnek az üresjárási feszültsége és rövidzárási árama, amely 0,8 ohmos terhelés esetén 4,2 V kapocsfeszültséget, 1,8 ohm terhelés esetén 6 V kapocsfeszültséget szolgáltat ? 4 pont
4. Határozd meg az alábbi kapcsolások eredő ellenállását az A és B pontok között !

a.,



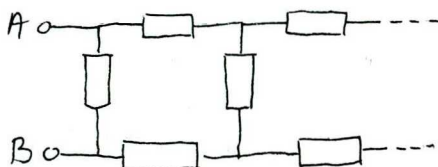
3 pont

b.,



4 pont

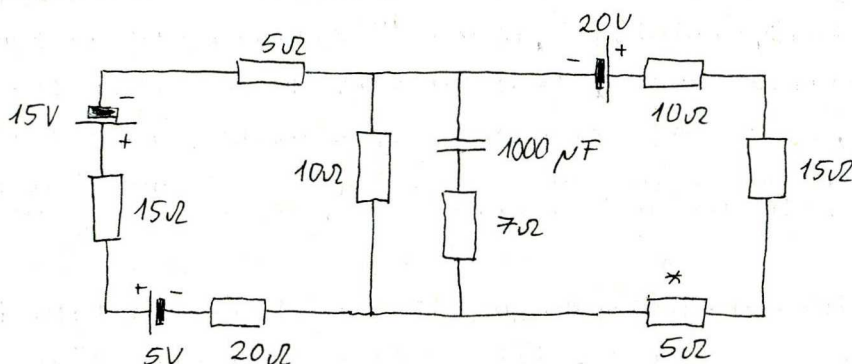
c.,



végtelen ellenálláslánc, minden ellenállás R 5 pont

5. Állapítsd meg az alábbi hálózatban a kondenzátor töltését, valamint a * -gal jelölt ellenállás által felvett teljesítményt !

6 pont



6. Sorbakapcsolunk egy 25,6 kilohmos 4 W-os, és egy 3,2 kilohmos 2 W-os ellenállást. Maximálisan mekkora feszültséget kapcsolhatunk a rendszerre anélkül, hogy bármelyik ellenállást túlterhelnének ?
7. Hogyan kapcsoljuk öt darab 8,7 ohmos ellenállást, hogy az eredő ellenállás 8,7 ohm legyen ? A kapcsolás elkészítéséhez minden ellenállást fel kell használni, és minden ellenállás mindkét vége valamelyik másik ellenállás kivezetéséhez legyen kötve.

4 pont

4 pont

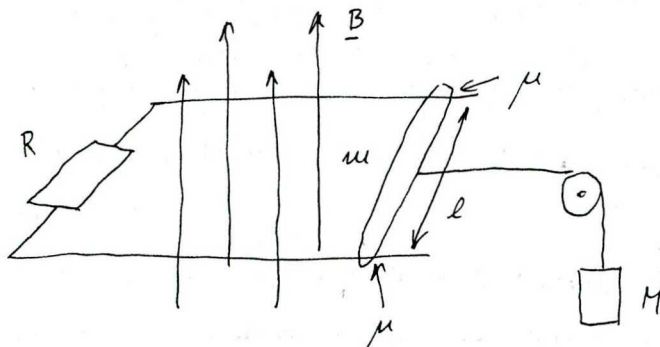
Maximális pontszám:	37	ebből:	0 - 7	elégtelen	/1/
			8 - 14	elégséges	/2/
			15 - 21	közepes	/3/
			22 - 30	jó	/4/
			31 - 37	jeles	/5/

1984. február 16-án

1. Mennyi idő alatt változik a fluxus 0-ról $5 \cdot 10^{-4}$ Vs-ra, ha a 12000 menetes tekercsben indukálódott feszültség 800 mV ? A fluxus változása egyenletes. 3 pont
2. Egy tekercs menetszáma 2000, hossza 40 cm. Mekkora a tekercsben folyó áram erőssége, ha a tekercsen áthaladó, az indukcióvonalakra merőleges 2 A erősségű áramot vivő vezetőkdarab 30 cm-es hosszára $5 \cdot 10^{-4}$ N erő hat ? 4 pont
3. Egy 30 cm hosszú, 2400 menetes légmagos tekercs kivezetéseire 60 V feszültséget kapcsolunk. A tekercs közepes menethossza 8 cm. A rézhuzal átmérője 0,3 mm, fajlagos ellenállása $0,02 \text{ ohm mm}^2/\text{m}$. Mekkora a mágneses indukció a tekercs belsőjében ? 4 pont
4. Egy tekercs ohmos ellenállása 10 ohm. Végeire 20 V feszültséget kapcsolunk. A tekercs menetszáma 1000, keresztmetszete 20 cm^2 , hossza 50 cm, a tekercs belsőjét kitöltő anyag relatív permeabilitása 100. Mekkora a tekercs belsőjében levő mágneses tér energiája ? 4 pont
5. Egy elektront 1000 V potenciálkülönbséggel felgyorsítunk, és sebességére merőleges, homogén mágneses erőterbe irányítjuk. A tér indukciója 120 G. Határozd meg az elektron pályájának görbületi sugarát és az elektron keringési idejét !
 $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $e^- = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$ 4 pont
6. $B = 0,2 \text{ T}$ indukciójú homogén mágneses térben egy 10 cm oldalhosszúságú, négyzet alakú vezetőkeret forog, a mágneses indukcióvonalakra merőleges tengely körül 300 min^{-1} fordulatszámmal. Mekkora forgatónyomaték szükséges a keret forgatásához, ha a keret ellenállása 0,1 ohm ? 5 pont

7. Számítsd ki az ábrán látható m tömegű rud állandó sebességét !

5 pont



8. Egy korong, a síkjára merőleges B indukciójú homogén mágneses térben forog ω szögsebességgel, sugara r . Mekkora feszültség indukálódik a korong közepe és széle között ?

6 pont

9. Egy vezetőkeret a B indukciójú homogén mágneses térben az indukcióvonalakra merőleges tengely körül foroghat. $B = 0,1\text{T}$. A keret síkja párhuzamos az indukcióvonalakkal, felülete 10 cm^2 és benne 10 A erősségű áram folyik. A keret 8400 kg/m^3 sűrűségű rézdrótból készült, a drót keresztmetszete 2 mm^2 . A tengely a négyzet alakú vezetőkeret középvonalában van. A vezetőkeretet magára hagyva, tengelye körül lengéseket végez. Mekkora a lengésideje ?

6 pont

10. Határozd meg két igen hosszú, egymástól $d=2\text{ cm}$ távolságra levő vezetékpár egységnyi hosszú darabjának kölcsönös indukciós együtthatóját !

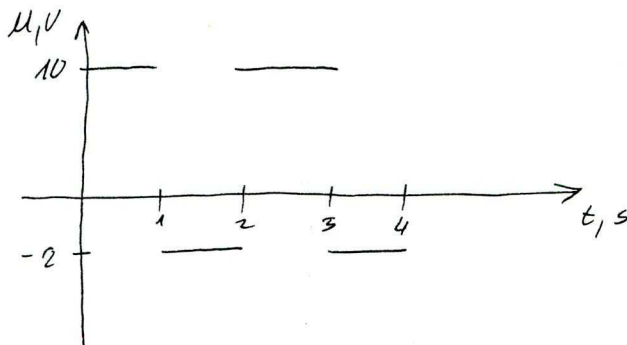
6 pont

Maximális pontszám:	47	ebből:	0 - 7	elégtelen	/1/
			8 - 15	elégséges	/2/
			16 - 22	közepes	/3/
			23 - 28	jó	/4/
			29 - 47	jeles	/5/

1984. március 19-én

1. Számítsd ki az ábrán látható váltófeszültség effektív értékét !

3 pont



2. Két párhuzamos rezgőkör induktív csatolásban van egymással. Az egyikben $20 \mu\text{F}$ -os és $0,1 \text{ H}$ induktivitás van. Mekkora legyen a másik körben a tekercs induktivitása, ha benne egy $15,7 \mu\text{F}$ -os kondenzátor van ? Mekkora ilyenkor a rezgőkör rezonancia frekvenciája ?

3 pont

3. Egy tekercs impedanciája 50 Hz -en mérve 33 ohm , 100 Hz -en mérve 60 ohm . Mekkora a tekercs induktivitása és ohmos ellenállása ?

4 pont

4. Egy tekercs induktivitása 60 mH , 8 V -os egyenfeszültség hatására $0,4 \text{ A}$ erősségű áram folyik benne.

a., Mekkora a tekercs váltóáramu ellenállása ?

b., Mekkora annak az áramerősségnek az effektív értéke, amely 50 Hz -es és 220 V -os váltófeszültségre kapcsoláskor keletkezik a tekercsben ?

4 pont

5. Sorba kapcsolt $R = 100 \text{ ohm}$ ellenállást, $C = 50 \mu\text{F}$ kapacitású kondenzátort és $L = 0,05 \text{ H}$ induktivitású veszteségmentes tekercset 100 V feszültségű, 50 Hz frekvenciájú váltóáramu feszültségforrásra kapcsoljuk. Írd fel, és ábrázold az egyes áramköri elemeken a feszültség idő függését !

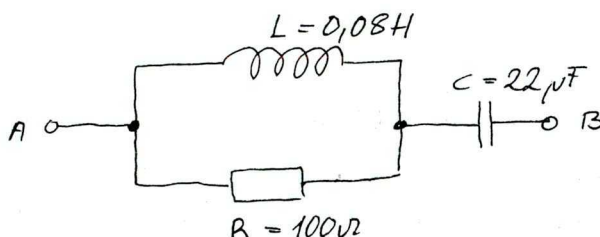
5 pont

6. Sorosan 220 V, 50 Hz-es hálózatra kapcsoltunk egy 1000 ohmos ellenállást, egy $0,1 \mu\text{F}$ -os kondenzátort és egy L induktivitású tekercset. Azt tapasztaljuk, hogy 220 V, 400 Hz-re kapcsolva az összeállítás teljesítménye ismét ugyanannyi, mint az 50 Hz-es hálózaton. Mekkora az L értéke ?

4 pont

7. Határozd meg az ábrán látható váltóáramu ellenállásrendszer eredő impedanciáját 100 Hz-es váltóáramra !

5 pont



Maximális pontszám: 28	ebből:	0 - 5	elégtelen /1/
		6 - 10	elégséges /2/
		11 - 15	közepes /3/
		16 - 19	jó /4/
		20 - 28	jeles /5/

A dolgozatok időtartama 2 x 45' .

6. Irodalom

- [1] Dr.Boksay Zoltán - Dr. Török
Kémia a gimnáziumok első osztálya számára
Tankönyvkiadó, Budapest, 1984
- [2] Dr.Boksay Zoltán - Dr.Csákvári Béla
Kémia a gimnáziumok harmadik osztálya számára
Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.
- [3] Bronowski , Jacob
A természet logikája
Európa Könyvkiadó, Budapest, 1986.
- [4] Budó Agoston
Kísérleti fizika, II. kötet.
Tankönyvkiadó , Budapest, 1972
- [5] Csordás - Menczel - Zsoldos
Fizikai alapmérések II.
Tankönyvkiadó, Budapest, 1976
Egyetemi jegyzet, ELTE, TTK.
- [6] Dér- Radnai - Soós
Fizikai feladatok II. kötet
Tankönyvkiadó, Budapest, 1983.
- [7] Csordás - Patkó - Zsoldos
Fizikai laboratóriumi gyakorlatok I. kötet
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975
Egységes egyetemi jegyzet, Természettudományi Karok
- [8] A fizika tanítása 1973/6
Fekete Zoltán : Induktivitásmérés
174 - 177. oldal
- [9] A fizika tanítása 1974/3
Jánossy Lajos: Vektoriális szorzat felhasználása
a középiskolai oktatásban.
71 - 77. oldal
- [10] A fizika tanítása 1980/3
Zátonyi Sándor : Motiváció és fizikatanulás
72 - 76. oldal

- [11] A fizika tanítása 1985/4-5
Kovács Mihály : A számítógép a fizika tanításában

- [12] A fizika tanítása 1986/2
Dr.Kovács László : A gimnáziumi tanulók fizikai
látásmódja
43 - 48. oldal

- [13] A fizika tanítása 1986/2
Rostás Sándorné : A technikai szemlélet fejlesztése a fizikaórán
53 - 55. oldal

- [14] AA fizika tanítása 1976/4
Dr. Widemann László : A szemléletesség és a fizika kapcsolatáról
106-109. oldal

- [15] A fizika tanítása 1977/2
Kaszás Dezső : Elektromos tanulókiérletti készlet
59 - 63. oldal

- [16] A gimnáziumi nevelés és oktatás terve
Tankönyvkiadó, Budapest, 1978

- [17] Feynmann
Mai fizika 5. kötet
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986

- [18] Dr.Geecsó Ervin
Gimnáziumi Összefoglaló feladatgyűjtemény
Tankönyvkiadó, Budapest, 1982

- [19] Greguss Ferenc
Élhetetlen feltalálók, halálhatatlan találmányok
Móra Ferenc Könyvkiadó, Budapest, 1985

- [20] Hanson , C.G.
Középfoku fizikai példatár
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979

- [21] Henrici, Peter
Numerikus analízis
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985

- [22] Holics László
Elektrodinamikai feladatok
Fizikai fakultatív modul a gimnáziumok harmadik osztálya számára
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984
- [23] Holics László
Fizika a gimnáziumok harmadik osztálya számára
Tankönyvkiadó, Budapest, 1984
- [24] Holics László
Fizikai példatár középiskolásoknak
Elektrodinamika I. Szakköri füzet
Tankönyvkiadó, Budapest, 1974
- [25] Holics László
Fizikai példatár középiskolásoknak
Elektrodinamika II. Szakköri füzet
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975
- [26] Holics László
Fizika munkafüzet
Tankönyvkiadó, Budapest, 1983
- [27] Horizont
A középiskolai fizikatanítás évkönyve 1982
Horváth Vilmos : A fotoelektromos jelenségek demonstrálása
- [28] Horizont
A középiskolai fizikatanítás évkönyve 1983
Bálint József : Az elektromosságtani fogalmak kialakítása 6-18 éves korban
337 - 342. oldal
- [29] Horváth Árpád
A megkésett világhír, Jedlik Ányos élete
Móra Ferenc Könyvkiadó, Budapest, 1980
- [30] Isza - Dede
Fizika a gimnáziumok második osztálya számára
Tankönyvkiadó, Budapest, 1985
- [31] Isza Sándor
Gimnáziumi összefoglaló feladatgyűjtemény
Tankönyvkiadó, Budapest, 1985

- [32] Jurisits József
Feladatgyűjtemény az elektromos tanuló kísérl-
ti készlethez
Tankönyvkiadó, Budapest, 1977
- [33] Jurisits József
Tanári segédkönyv az elektromos tanuló kísérl-
ti készlethez
Tankönyvkiadó, Budapest, 1977
- [34] Kapica, P.L.
Érdekes fizikai problémák
Tankönyvkiadó, Budapest, 1986
- [35] Kapica, P.L.
Kisérl, elmélet, gyakorlat
Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1982
- [36] Keresztési Miklós - Szűcs Ervin
Technika I.
Tankönyvkiadó, Budapest, 1982
- [37] Keresztési Miklós - Szűcs Ervin
Technika II.
Tankönyvkiadó, Budapest, 1982
- [38] Kitajgorodszkij,
Fizika mindenkinek II.
Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1984
- [39] Korányi Erzsébet
Matematika a gimnáziumok harmadik osztálya
számára
Tankönyvkiadó, Budapest, 1982
- [40] Kurucz - Porjesz
Fizikai laboratóriumi gyakorlatok
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975
Egyetemi Jegyzet, ELTE, TTK
- [41] Kuznyecov, B.G.
Filozófiatörténet fizikusoknak és matematiku-
soknak
Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1983
- [42] Nievergelt - Farrar - Reingold
Matematikai problémák megoldásának számítógé-
pes módszerei
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977

- [43] Obádovics J Gyula
Numerikus módszerek és programozásuk
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975
- [44] Obádovics J Gyula
Gyakorlati Számítási eljárások
Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1972
- [45] Öveges József
Kísérletezzünk és gondolkozzunk
Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1979
- [46] Páhán István
Szakközépiskolái Összefoglaló feladatgyűjtemény
Tankönyvkiadó, Budapest, 1984
- [47] Pólya György
A problémamegoldás iskolája
Tankönyvkiadó, Budapest, 1985
- [48] Pólya György
A gondolkodás iskolája
Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1971
- [49] Pólya György
Matematikai módszerek a természettudományban
Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1984
- [50] Pais István
Antik bölcssek, gondolatok, aforizmák
Szerzői kiadás, Budapest, 1986
- [51] Rubinstein
Pszichológia II.kötet
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1977
- [52] Simonyi Károly
A fizika kulturtörténete
Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1986
- [53] Szabadi László
Maxwell-egyenletek
Házi kiadás, TMG. Budapest, 1984
- [54] Szabó Árpád
Antik természettudomány
Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1984

- [55] Természettudományi lexikon
2. kötet
Akadémiai kiadó, Budapest, 1965
- [56] Tóth Eszter
Fizika a gimnáziumok negyedik osztálya számára
Tankönyvkiadó, Budapest, 1985
- [57] Új magyar lexikon
2. kötet
Akadémiai kiadó, Budapest, 1981
- [58] Karinthy Frigyes
Tanár Úr kérem !
Móra Könyvkiadó, Budapest, 1972
- [59] A tudomány csodái
Az energia
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978
- [60] A tudomány csodái
Az anyag
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979
- [61] Nagy János - Nagy Jánosné - Bayer István
Fizika a gimnáziumok negyedik osztálya
számára
Tankönyvkiadó, Budapest, 1980
- [62] Boschán Péter
Fizika a szakközépiskolák harmadik osztálya
számára
Tankönyvkiadó, Budapest, 1980

Ezuten mondok hálás köszönetet
Dr.Ketskemény István professzor urnak, és
Dr.Dombi József docens urnak, témavezetőmnek,
hogy lehetővé tette a Kisérleti Fizikai Inté-
zetben dolgozatom elkészítését, valamint
Kálmán Gyulának a Budapesti Táncsics Mihály
Gimnázium igazgatójának, hogy munkámat támo-
gatta