

A KÖLCSÖNHATÁS ÉS MEZŐ FOGALMÁNAK
TANÍTÁSA AZ ÁLTALÁNOS ISKOLÁBAN

Készítette: Molnár Györgyné

Szeged, 1986.



T A R T A L O M J E G Y Z É K

	old.
I. BEVEZETÉS	4.
II. A KÖLCSÖNHATÁS ÉS MEZŐ TANÍTÁSÁNAK SZÜKSÉGESSÉGE	9.
III. A FIZIKAI TÉR /MEZŐ/	18.
1. Az elektromágneses tér	18.
2. Az elektromos tér leírása a Maxwell-egyenletrendszer segítségével	22.
3. Az elektromosság tan felosztása a Maxwell-egyenletrendszer segítségével	30.
4. Az elektromágneses tér energiaegyenlete	33.
5. Az elektromágneses hullámokról	34.
6. A gravitációs tér	36.
IV. A KÖLCSÖNHATÁS ÉS MEZŐ TANÍTÁSÁNAK NÉHÁNY METODIKAI VONATKOZÁSA	40.
1. A tankönyvekről	41.
2. Hatodik osztály	44.
3. Hetedik osztály	51.
4. Nyolcadik osztály	61.
V. NÉHÁNY GONDOLAT - BEFEJEZÉSKÉNT	71.
IRODALOMJEGYZÉK	82.

I. B E V E Z E T É S

1983. szeptemberében az általános iskola 6. osztályos tanulói a Fizika 6. című tankönyv 6. átdolgozott kiadását vehették a kezükbe. Ezt követte a 84-ben, illetve 85-ben megjelenő 7. és 8. osztályos átdolgozott tankönyv. E tankönyvcsalád tulajdonképpen az 1978-ban életbe lépett új fizikatantervhez készült tankönyvcsalád olyan módosított változata, amely a jobb megérthetőséget, taníthatóságot szolgálja, tartalmilag azonban nem hoz lényeges változást a 78-tól megjelent tankönyvekhez képest.

A fizika tanításában 1978-ban bekövetkező reform előzményei a következők.

A reform előtt tanított fizika tartalmának, szemléletének és módszereinek meghatározó alapjai a századforduló körül alakultak ki. Így az egész rendszer - a jelentős tartalmi és módszertani változások ellenére is - elsősorban a XIX. században fontosnak tartott tényanyagot tartalmazta. A XX. században azonban a fizikában szinte robbanásszerű volt a fejlődés. Új kutatási területek alakultak ki /mint pl. a relativitáselmélet, atommag-fizika, kvantummechanika, szilárdtest-fizika stb./, melyek lényegesen megváltoztatták a természettudományos szemléletet. Próbálkoztak az új ismeretek régiek közé való beépítésére, de ez nem vezetett kellő eredményre. Előfordult ugyanis, hogy egyes tanított részismeret már

túlhaladott, esetleg téves is volt, így egymásnak ellentmondó tényeket kellett tanítani. A régi anyag alappillérei változatlanok maradtak, így a szemléletmód, a lényegkiemelés, a szóhasználat szintén ellentmondáshoz vezetett a régi és új ismeretek tanításakor. Az ismeretek felhalmozása pedig egész egyszerűen a tanulók túlterhelését eredményezte. Az élet viszont egyre jobban megkívánja a bővülő ismeretek feletti uralmat. Ezt az igényt nem lehet egyszerű mennyiségi felhalmozással kielégíteni. Ezért téves a tananyag bővítésében vagy csökkentésében keresni fizikaoktatásunk alapvető problémáinak megoldását. Olyan új rendszert kellett tehát kidolgozni, amely tartalmának, szemléletmódjának, módszereinek új minőségében az előzőnél jobb lehetőséget hordoz. Ezen új rendszer kidolgozására már a 60-as évek elején megkezdődtek a próbálkozások. Az Amerikai Egyesült Államokban 1956-ban létrehozták a Fizikai Tanulmányi Bizottságot. E bizottságnak volt feladata, hogy kidolgozza a korszerű fizikaoktatás tantervének és oktatásának programját. Az UNESCO kezdeményezésére nemzetközi konferenciák sorozata indult, melyeken lehetőséget biztosítottak a természettudományi, így a fizika korszerű oktatásának lehetséges tartalmi és módszertani kérdéseinek megvitatására.

Hazánkban 1972-ben született meg az MSZMP Központi Bizottságának oktatáspolitikai határozata, mely az oktatómunka tartalmi és módszertani korszerűsítésével, a tanulók túlterhelésével is foglalkozik. Feladatként határozta meg a tan-

anyag korszerűsítését a tanítási kísérletek alapján. E munka elvi irányítása a Magyar Tudományos Akadémia feladata lett. E célból 1973-ban megalakult az Elnökségi Közoktatási Bizottság /EKB/, melynek egyik albizottságát bízták meg a természettudományok oktatásának gondozásával. Ezután e szervek több, országos konferenciát tartottak hazánkban, ezeken ismertették a munka addig elért eredményeit, s jelölték ki, illetve vitatták meg a további teendőket. 1976-ban az elért eredményekről dokumentumot tettek közzé "A Magyar Tudományos Akadémia állásfoglalásai és ajánlásai a távlati műveltség tartalmára az iskolai nevelőtevékenység fejlesztésére" [1] címmel. Ez a dokumentum a következőkben állapítja meg a természettudományos nevelés célját.

- "1. A természettudományos érdeklődés felkeltése.
2. A világ természettudományos megismerési módszerének elsajátítása.
3. Az anyag mozgásában megnyilvánuló általános elvek ismerete.
4. Tájékozódás a világban /a természeti és technikai környezetben/ a természettudományos megismerés módszerével az egyetemes elvek alapján.
5. Áttekintő természettudományos világkép kialakítása a természettudomány hozzájárulása a dialektikus materialista világnézet kialakításához."

A dokumentum részletezi az egyes természettudományi tárgyak helyét és szerepét az oktatás folyamatában. Csak az általános iskolában tanítandó fizikára szorítkozva, a követke-

zókben szabja meg a célt:

"A fizika feladata az általános iskolában az anyag néhány nagyon általános mozgástörvényének tapasztalati úton történő felismertetése és a természeti jelenségeknek kvalitatív értelmezése."

A cél megjelölése után elkezdődhetett az a munka, amely a megvalósítás felé vezetett. Az akkor még Oktatási Minisztérium az Országos Pedagógiai Intézet ezen területen működő pedagógusait bizta meg az új tanterv elkészítésével. Ez a tanterv 1977-ben készült el és 1978-tól lépett életbe. Gyakorlatilag változtatás nélkül ma is, és az elkövetkezendő években is valószínűleg általános iskolai fizikatanításunk meghatározója. A tanterv az előzőekben említett 1.-5. pontok mellett meghatározza azokat a feladatokat, amelyeket az oktatás során a célok érdekében meg kell valósítani.

A tanterv "megszületése" után a Juhász Gyula Tanárképző Főiskola Fizika tanszékének kutatócsoportja elkészítette, majd kísérleti tanításra bocsátotta a 6. osztályos fizika tankönyvet. A kísérlet az ország különböző területein levő általános iskolákban folyt. A kísérleti tanítások eredményeit - két éven keresztül - figyelembevételre, 1978-ban jelent meg az új fizikatankönyv. A pályázati elbírálások alapján ezt követte a 7. és 8. osztályos tankönyv is, hasonló kipróbálások után. Ezzel párhuzamosan folyt a munka a tanári segédkönyvek elkészítésével kapcsolatban, valamint olyan oktatási segédanyagok elkészítési munkálatai, mint például az ITV sorozatai, az OOK

dia-, és fóliaszorozatai, a TANÉRT által készített eszközök stb. Kutatócsoportunk tagjai pedig rendszeresen részt vettek továbbképző előadások tartásában, az általános iskolai fizikatanárok továbbképzésében. A személyesen közölt, vagy írásban beérkezett információk alapján úgy éreztük, némi módosításra van szükség. Ez nem a koncepciót érintette, mint már említettem, hanem a könnyebb érthetőséget, tanulhatóságot szolgálta. Ezen ismét pár évig dolgoztunk, hasonló munkamódszerrel, és reméljük sikerrel.

II. A KÖLCSÖNHATÁS ÉS MEZŐ TANÍTÁSÁNAK SZÜKSÉGESSÉGE

A bevezetésben leírtak alapján célszerűnek vélem leírni azokat a gondolatokat, amelyek kutatócsoportunk szerint a legfontosabbak voltak a címben jelzett két fogalom általános iskolában történő megközelítéséhez, illetve mélyítéséhez, utat nyitva a problémakör további tárgyalása felé.

A sokirányú kutatás, megbeszélés, tervezés után elkészült a tanterv, amely a Fizika 6-8. osztálya számára íródott. [2]. A "Cél és feladatok" fejezetében többek között a következő megállapítást tartalmazza: "A tananyag feldolgozásának középontjába a kölcsönhatások vizsgálatát, az energiamegmaradás érvényesülését kell állítani." Mivel az utóbbi nem dolgozatomban témája /bár természetesen a fizikában elkerülhetetlen a címben jelzett fogalmakkal való kapcsolata/, ezért szorítkoznék a kölcsönhatás néhány, az irodalomban fellelhető megfogalmazására.

Idézetek:

"... dialektikus összefüggés két dolog vagy jelenség között, amelynek során ezek kölcsönösen változást idéznek elő egymáson." [3].

"Az anyag különböző megjelenési formáinak hatása egymásra, amelynek eredményeként a mozgásállapotok megváltoznak." [4].

"/fiz/ anyagnak anyagra /makroszkópikus anyagi testnek

anyagi testre, mikrorészecskének részecskére stb./ gyakorolt objektív befolyása, amely mindig kölcsönös." [5].

Mint definíciót, az első idézetet tartanám a legáltalánosabbnak, a fizika szempontjából azonban /eredetüket is tekintve/, a másik kettő "speciálisabb", a természettudományok egészét véve pedig a harmadik megfogalmazás közelíti meg a valóságot. A későbbiek során szeretnék még további idézetet leírni, amely az előbbi meghatározásoknak a fizikai erőterekkel való kapcsolatát világítja meg.

Ismereteink alapján - s az idézetek is ezt tükrözik - a természetben lejátszódó összes változás csak kölcsönhatás közben jöhet létre. Ilyenkor a kölcsönható partnerek valamilyen állapota megváltozik /például mozgásállapota, hőmérséklete, feszítettsége stb./. Vizsgálataink során tehát ezeket az állapotváltozásokat figyeljük meg, és próbáljuk a valósághoz közelítve értelmezni. A leírtak alapján következik, hogy ez a kölcsönhatás fogalmának tudatos alkalmazása nélkül nagyon nehéz lenne, vagy pedig téves következtetéseket vonna maga után. Egy-egy jelenség vizsgálatánál tehát az a legfontosabb, hogy felismerjük, milyen kölcsönhatásban vesz részt az az anyagi objektum, amelynek az állapotváltozását kívánjuk leírni. Ez azt is jelenti tehát, hogy a kölcsönható partner/ek/ mindegyikének állapotváltozása nem mindig fontos egy természetben lejátszódó jelenség magyarázatánál. Viszont, ha ismerjük a kölcsönhatás mibenlétét, bármikor áttérhetünk akármelyik kölcsönható partner állapotváltozásának vizsgálatára.

Ilyen módon a kölcsönhatások vizsgálata elősegíti a lényeges összefüggések észrevételét, az alapvető fogalmak megalkotását, tehát fejleszti a dialektikus szemléletmódot.

Tudatosan kell tehát kialakítani azt a logikai sorrendet, amelynek során a tanulók elmélyíthetik a kölcsönhatásról tanult ismereteiket, úgy, hogy az a további tanulmányaik során megfelelő "kapaszkodó" legyen más ismeretek megszerzéséhez, fogalmak kialakításához. Ezért még fizika tanulmányaik kezdetén /hatodik osztály/ meg kell ismerniük a kölcsönhatás fogalmának lényeges ismertetőjegyeit, hogy a későbbiek során ezt megfelelően alkalmazni tudják.

A következőket kell tisztán látniuk:

- a/ - a változás mindig kölcsönhatás eredménye;
- b/ - a kölcsönhatás testnek testre gyakorolt közvetlen hatása, amely mindig kölcsönös;
- c/ - kölcsönhatás közben változás csak alkalmas körülmények között jöhet létre /hőmérséklet-különbség, sebesség-különbség stb./;
- d/ - a kétpartneres kölcsönhatás közben mindkét test állapota megváltozik;
- e/ - egy test egy időben több kölcsönhatásban is részt vehet, ilyenkor a test állapotának megváltozását a többi test együttes hatása okozza;
- f/ - a különböző hatások le is ronthatják /ki is egyenlíthetik/ egymást, ilyenkor a test állapota változatlan. [6], [7].



Ezeknek a fogalomjegyeknek a megismertetése viszont a mező fogalmának tanítása nélkül olyan nehézségekbe ütközne, hogy bizonyos jelenségeknél már a második fogalomjegynél el-
lentmondásba kerülnénk. Egyszerű példaként lehet itt említeni a következőket. Miért vonzza magához a szőrmével megdörzsölt ebonitrúd az apró papírszeletkéket, vagy a mágnesrúd az apró vastárgyakat, holott közvetlen érintkezés a változás közben nem tapasztalható? Ha a természetben lejátszódó változások csak kontakt-kölcsönhatás közben jöhetnek létre, akkor ezeknél a jelenségeknél is meg kell keresni a kölcsönható partnert. Utalva a kölcsönhatás definíciójára, a következőket tudjuk: "A kölcsönhatások közvetítője egymástól távol levő testek esetében a fizikai erőter." [4].

Meg kell tehát ismertetni a tanulókat ezzel a kölcsönható partnerrel, természetesen elemi szinten, az életkori sajátosságok figyelembevételével, úgy, hogy későbbi tanulmányaik során egyre bővíthető, pontosítható ismereteket legyenek képesek szerezni ezen a területen.

Az 1978 előtt oktatott általános iskolai fizika egyik hiányossága volt ezen téma elkerülése. Ennek oka elsősorban abban keresendő, hogy nemcsak a tanárok, de a fizikusok körében is tisztázásra, azonos értelmezésre vár a mezővel kapcsolatos sok-sok jelenség. Ezt már az elnevezésbeli sokféleség is igazolja. A szakirodalomban fellelhető elnevezések: erőter, fizikai tér, anyagtér, fizikai mező, mező szinonim fogalomként való használatát találhatjuk meg. A tér szó meg-

jelenése az elnevezésekben erős asszociációk forrása lehet az úgynevezett "üres" geometriai térrel. Mivel a fizikában mindkettőre külön-külön is, és együtt is szükség van, ezért célszerű ezeket elnevezésben egyértelműen megkülönböztetni. A helyes szemléletet és tartalmat zavaró keveredés elkerülése érdekében egyre inkább a mező elnevezés válik általánossá /például német nyelven: das Feld; angolul: the field; oroszul: polje/. A magyar műszaki oktatásban is régen elfogadott szóhasználat a mező elnevezés.

Az általános iskolai fizikatanítás szempontjából ismereteink a mezővel kapcsolatosan a következők. A mező az anyag egyik megjelenési formája, ugyanolyan anyagi valóság, mint a test, vagy a testeket felépítő részecske. Bár a mezőnek nincsenek olyan tulajdonságai, mint például a határfelület, a keménység, az áthatolhatatlanság, a kézben foghatóság, a láthatóság, stb., de rendelkezik az anyag összes lényeges fizikai tulajdonságaival, azokkal, amelyeket energiával, lendülettel, perdülettel, tömeggel jellemezhetünk. Olyan anyagfajta tehát a mező, amely folytonos felépítésű, de áthatolhatósága miatt a tér ugyanazon helyén egyidejűleg többféle mező is jelen lehet. Ez egyrészt azt is jelenti, hogy például több elektrosztatikus töltés elektromos mezője egymásra szuperponálódik /ugyanazt mágnesrudak mágneses mezőjére is említhetjük/, vagy pedig a tér ugyanazon részében egy időben többféle, például elektromágneses és gravitációs mező is van.

Az általános iskolai oktatás szempontjából az a fontos,

hogy a mező - mint minden anyagi objektum - rendelkezik a kölcsönhatás képességével, változást hozhat létre más partneren, és ugyankkor önmaga is megváltozik. Két nem érintkező test tehát a mező "segítségével" kerül kapcsolatba egymással. Az egyik test kölcsönhatásba kerülve a mezővel, megváltoztatja azt. Ez a változás a mezőben pontról-pontra véges sebességgel - legfeljebb a fény vacuumbeli sebességével - tovaterjed és eléri a másik testet. A mező itteni megváltozása miatt kölcsönhatásba kerül a vele érintkező másik testtel és azon változást hoz létre.

A mezők elemi szintű bemutatásában nehézséget jelent az a tény, hogy a gravitáció értelmezését a tudomány ma még egyértelműen nem tisztázta. Eltérő vélemények olvashatók a szakirodalomban is. Éppen ezért nehéz olyan átfogó és tiszta képet nyújtani, mely minden kétséget kizáróan igaz lenne. Két idézetet említenék ennek demonstrálására.

"A nagy tömegű égitest által torzított térben nem létezhet egyenes mozgás. A deformált geometria minden test mozgását egyformán befolyásolja, ezért esik minden tárgy azonos gyorsulással a Föld felé. Lenyűgöz az elmélet mélysége. Anyag és gravitáció, tömeg és energia, tér és idő soha nem sejtett egységben tárul szemünk elé. Mindennek tapasztalati alapja, hogy az összes testek egyenlő gyorsulással esnek." [13].

"Mármost amit lehetetlen kimutatni, az - Einstein radikális következtetése szerint - nincs is. Gravitációs mező

nem létezik a szabadon eső liftben, vagy a Föld körül keringő űrhajóban nem csupán ugyanolyan, hanem ugyanaz az állapot uralkodik, mint a tömegektől távol lebegő űrhajóban: a zavartalanság." [14].

Kutatások folynak a gravitációs mező "létének" vagy "nem létének" kimutatására a mai fizikában is. Döntő befolyást oktatásunkra viszont csak egyértelmű eredmény hozhat. Így jelenleg csak az általunk ismert tapasztalatokra támaszkodhatunk. Mivel az elektromos és mágneses mező esetében éppen a kölcsönhatás fogalmának ismeretében elvetettük a távolhatás elvét, a gravitációs hatások vizsgálatánál analóg módon feltesszük, hogy a kölcsönható partner itt is a mező: a gravitációs mező. A tárgyalásmód mibenlétére a későbbiek során szeretnék még visszatérni.

A mező fogalmának kialakítását nyomon követhetjük a tankönyveinkben. Mivel ez a fogalom is fokozatosan, több helyen előkerülve érlelődő fogalom, célszerű a gondolati lényegét összefoglalni. A kölcsönhatásra épülő fizikaoktatásban nem nélkülözhető a mező fogalma - ha közvetve is - természetesen adódik megismerése, tehát e fogalom kialakítását 12-14 éves gyerekekkel is el lehet kezdeni. Logikai megala-
pozását a testek közötti kölcsönhatás alapos, alkalmazni kész tudása biztosíthatja. Ez irányú törekvéseink csak jól előkészített, szoros logikai kapcsolatokra és konkrét kísérleti tapasztalatokra építve lehetnek eredményesek. A kísérletekkel nagyon megerősített vizsgálatnak döntő jelentősége

van itt is, hiszen tanítványainknak először kell logikai láncszem közbeiktatásával olyanról megállapításokat tenni, amelyet érzékszerveinkkel közvetlenül nem vehetnek észre. A mágneses és elektromos mező témakörének kezdetén kell tehát kísérletekkel úgy megalapozni ezt az újszerű ismeretet, hogy a gravitációs mező tárgyalásánál a kölcsönható test állapotának változásából analógia alapján lehessen következtetni erre a harmadikféle, alapvetően különböző mezőre.

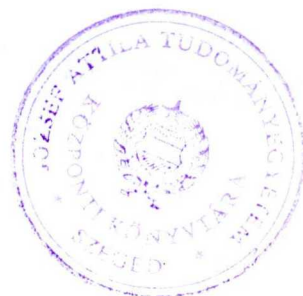
Igy tehát a mezőről a következőket kell tanítanunk az általános iskolában:

- a mező létező valóság;
- kölcsönhatásra képes;
- kölcsönhatás közben megváltozik;
- tehát a "test - test" kölcsönhatásnál felismert minden lényeges megállapítás igaz a "test - mező" kölcsönhatásra is.

Ezen ismeretek elsajátításához tehát sok olyan kölcsönhatást szükséges elemeztetnünk, ahol az egyik kölcsönható partner a mező. Ugyanakkor nem szabad túlzott célokat kitűzni. Hatodik osztályban meg kell elégednünk a "test - test", illetve a "test - mező" kölcsönhatás modelljével. A valóban létező "mező - mező" kölcsönhatásról csak nyolcadik osztályban adhatunk egy kis "ízeltőt" az elektromágneses indukció tárgyalásakor.

A leírtakból is következik, hogy a mező fogalmának kialakítása az általános iskolában korántsem törekszik teljes-

ségre. Megállapításaink kvalitatívek, esetenként a kiegészítő anyagban történik utalás kvantitatív összefüggésekre. E fogalom további érlelése viszont a későbbi tanulmányok feladata.



III. A FIZIKAI TÉR / MEZŐ /

A mező tanításának szükségességét vázolva célszerűnek látszik körülhatárolni azokat az ismereteket, amelyeket a fizikát tanító pedagógusnak tudnia kell. A pedagógusnak ugyanis az elektrosztatikai alapkísérlettől például a televízió működési elvéig át kell tekinteni az anyagot, hogy tudja mit, miért, mikor és hogyan tanít. Természetesen nem lehet minden összefüggést felsorolni - nem is ez a cél - a feladat a fizikai terekkel kapcsolatos általános, átfogó kép vázolása lehet.

Ebben a fejezetben szintén szeretném különválasztani az elektromágneses és a gravitációs tér problémáját. Ennek oka a már említett nehézségek a gravitációs térrel kapcsolatban, másrészt pedig az a tény, hogy a gravitációs térrel kapcsolatos kérdések csak periférikusak az általános iskolai fizika tananyagban. Ezért a gravitációs tér általános leírása itt is analógiás módon történik csakugy, mint a metodikai részben.

1. Az elektromágneses tér

Ismeretek szerint az elektromágneses tér önálló, objektív fizikai realitás, az anyag egyik különleges formája.

A geometriai térben ott helyezkedik el, ahol elektromágneses hatások tapasztalhatók. A tér létezéséről ezen hatások alapján szerezhethetünk tudomást, s ezen hatások alapján lehet a teret jellemezni.

Az elektromágneses tér jellemzésére olyan mennyiségeket kell használni, amelyek térben és időben egyértelműen írják le a teret. Ezek a mennyiségek a következők: \vec{E} ; \vec{D} ; \vec{J} ; \vec{H} ; \vec{B} . vektorok. Rendre:

\vec{E} : az elektromos tér térerősség vektora: $\vec{E} = \vec{E}/x, y, z, t/$

\vec{D} : az elektromos tér eltolás vektora: $\vec{D} = \vec{D}/x, y, z, t/$

\vec{J} : az elektromos áram áramsűrűség vektora: $\vec{J}/x, y, z, t/$

\vec{H} : a mágneses tér térerősség vektora: $\vec{H} = \vec{H}/x, y, z, t/$

\vec{B} : a mágneses indukció vektora: $\vec{B} = \vec{B}/x, y, z, t/$

Ha a teret leíró vektorok függetlenek az időtől, sztatikus térről, ha pedig a helykoordinátától függetlenek, akkor homogén térről beszélünk.

A térre jellemző vektormennyiségeket a következőképpen definiáljuk:

a/ Az elektromos tér térerősség-vektora: Az elektromos teret erőhatás szempontjából jellemző fizikai mennyiség.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$$

A mértékegységtől eltekintve a tér adott pontjába helyezett egységnyi pozitív próbatöltésre ható erő nagyságával egyezik meg. Mértékegységei:

$$\frac{\text{N}}{\text{C}} ; \frac{\text{V}}{\text{m}} \quad / \quad 1 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{V}}{\text{m}} /$$

b/ Az elektromos tér eltolás-vektora /más néven: eltolódási, gerjesztettségi, influencia stb. vektor/. Kísérleti tapasztalatok szerint a tér megosztó tulajdonságát jellemző fizikai mennyiség. Általában akkor használjuk a tér jellemzésére, ha a térben valamilyen közeg van jelen.

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E}$$

Mértékegységei: $\frac{\text{Cb}}{\text{m}^2} ; \frac{\text{As}}{\text{m}^2} \quad / \quad 1 \frac{\text{Cb}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{As}}{\text{m}^2} /$

Izotróp dielektrikumok esetén, ahol $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$, az anyag abszolút dielektromos állandója. / ε_0 a vákuum, ε_r az illető anyag /dielektrikum/ relatív dielektromos állandója./ \vec{E} és \vec{D} tehát nem független egymástól.

c/ Az elektromos áram áramsűrűség vektora: a térben mozgó töltések áramlási terének leírására szolgáló fizikai mennyiség. Ha egy igen keskeny áramfonalnak a P pontot tartalmazó dA keresztmetszetén dI erősségű áram halad át, akkor a vezető P pontjához tartozó \vec{J} áramsűrűség-vektor nagysága:

$$J = \frac{dI}{dA} ;$$

iránya pedig a pozitív töltések áramlásának iránya.

Mértékegysége: $\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$.

d/ A mágneses tér térerősség-vektora: az elektromos térerősség értelmezésének analógiájára úgy definiálható, mint a kis p erősségű mágnespólusra a tér által ható F mágneses erőnek és p -nek a hányadosa:

$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{p}$$

Mértékegységei: $\frac{N}{Wb}$; $\frac{A}{m}$ / $1 \frac{N}{Wb} = 1 \frac{A}{m}$ /

e/ A mágneses tér mágneses indukció-vektora: A tér mágneses megosztó hatását jellemző fizikai mennyiség, akkor használjuk általában, ha a térben valamilyen anyag is van.

Definíció szerint: $\vec{B} = \mu \vec{H}$

Mértékegysége: $\frac{Vs}{m}$,

ahol μ a térben levő izotróp közeg abszolút permeabilitása. / $\mu = \mu_0 \mu_r$, μ_0 a vákuum, μ_r a közeg relatív permeabilitása. /

Ha a tér bármely pontjában, bármely időpillanatban meg tudjuk adni ezen vektorokat, és ismerjük a teret kitöltő közeg ún. anyagállandóit, le tudjuk írni az elektromágneses teret.



2. Az elektromos tér leírása a Maxwell-egyenletrendszer segítségével

A tárgyalásaimban a makroszkópikus elektrodinamika alaptörvényeit szeretném összefoglalni, kizárólag nyugvó közegekre vonatkoztatva. E korlátozásnak az oka az, hogy az általános iskolai oktatáshoz szükséges ismereteken már jóval túl mutatna, és szükségtelen is lenne további tárgyalása.

Az elektromágneses tér alaptörvényeit a Maxwell-egyenletek foglalják magukba. Ezekhez járulnak még az úgynevezett anyagi egyenletek.

a/ A Maxwell-egyenletek integrális alakja

Kísérleti tapasztalatokra /pl. Gauss-tétel, Ampère-féle gerjesztési törvény stb./ építve 1865-ben született meg Maxwell elmélete, amely az elektromos, mágneses és optikai jelenségek egységes fenomenológiai értelmezését lehetővé tette. A Maxwell-egyenletek a már említett fizikai mennyiségek között fejeznek ki összefüggéseket.

$$\oint_G \vec{H} \cdot d\vec{s} = \int_A \vec{J} \cdot d\vec{A} + \int \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{A} \quad /1/$$

$$\oint_G \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \int_A \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{A} \quad /2/$$

$$\oint_A \vec{D} \cdot d\vec{A} = \int_V \rho \, dV \quad /3/$$

$$\oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad /4/$$

Az általános érvényű "téregyenletek".

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad /5/$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad /6/$$

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad /7/$$

A kevésbé általános érvényű anyagegyenletek.

A /3/ egyenletben szereplő ρ a térfogati töltéssűrűség.

Definíció szerint a tér egy adott pontjához tartozó térfogati töltéssűrűség a következőképpen adható meg:

$$\rho = \frac{dQ}{dV}$$

Az /5/-/7/ egyenletekben szereplő ϵ , μ , σ anyagi állandók, melyek a térben levő izotróp közegekre vonatkoznak, függetlenek a teret leíró vektoroktól. ϵ és μ jelentése ismert, σ az ún. fajlagos vezetőképesség.

A Maxwell-egyenletek fizikai jelentése a következő:

/1/ szerint mind a töltésmozgással kapcsolatos, mind az eltolódási áram mágneses teret kelt maga körül. A töltésmoz-

gással kapcsolatos áramoknak négy típusát ismerjük: a vezetési /kondukciós/, áramlási /konvekciós/, polarizációs, mágnesező áram. Az eltolódási áram az elektromos tér időbeli változásával kapcsolatos, áramsűrűsége, a \vec{D} . Általánosan minden olyan fizikai jelenséget áramnak tekintünk, amely maga körül mágneses teret hoz létre /Ampère-féle gerjesztési törvény/.

/2/ szerint az időben változó mágneses tér maga körül örvényes elektromos teret indukál /Faraday-féle indukációs törvény/.

A /3/ és /4/-es egyenletet szokás "kiegészítő egyenletnek" is nevezni. /3/ szerint a \vec{D} eltolódásvektor forrásai a valódi töltések. A /4/ egyenlet pedig azt fejezi ki, hogy a magnetosztikus tér forrásmentes, azaz nincs önálló mágneses pólus.

b/ A Maxwell-egyenletek differenciális alakja

Az egyenletek integrálalakjából könnyen kiolvasható a fizikai tartalom, a számolás velük azonban többnyire nehézségekkel jár. Ezért célszerű átírni az egyenleteket ún. differenciális alakra, így matematikailag jóval könnyebben kezelhető egyenletekhez jutunk. Mielőtt felírnánk ezeket az egyenleteket, néhány matematikai alapfogalmat kell ismertetni a vektoranalízis köréből.

A gradiens

Legyen $\Phi = \Phi(x, y, z)$ skalárfüggvény egy skalárteret leíró függvény. Ehhez a térhez egy vektorteret rendelhetünk a Φ gradiensének képzésével:

$$\text{grad } \Phi = \left\{ \frac{\partial \Phi}{\partial x}; \frac{\partial \Phi}{\partial y}; \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right\}$$

A $\text{grad } \Phi$ egy olyan vektor, amelynek x , y , és z komponensei az előbbiek alapján írhatók fel, és abszolút értéke egyenlő a Φ legnagyobb növekvő változásánál az egységnyi hosszra eső Φ változással. Iránya pedig Φ legnagyobb helyi változásának iránya.

A divergencia

Legyen $\vec{F} = \vec{F}(x, y, z) = \{F_x; F_y; F_z\}$ egy vektorteret leíró vektorfüggvény. Definíció szerint \vec{F} divergenciája

$$\text{div } \vec{F} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{\oint \vec{F} \cdot d\vec{A}}{V}$$

/ahol a zárt felület a V térfogatot határoló felület/. A $\text{div } \vec{F}$ meghatároz egy skalárfüggvényt, mely az \vec{F} vektortér minden pontjához hozzárendeli az adott pontbeli forráserősséget. Kiszámítva a Descartes-féle derékszögű koordinátarendszerben:

$$\operatorname{div} \vec{F} = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z}$$

Igy az \vec{F} vektortérhez a divergencia képzésével egy skalarteret rendelhetünk.

A rotáció

Legyen ismét az \vec{F} a teret leíró vektorfüggvény. Definíció szerint a térben levő \vec{n} normálisú síkra vonatkoztatva:

$$\operatorname{rot} \vec{F} / \vec{n} = \lim_{A \rightarrow 0} \frac{\oint \vec{F} \cdot d\vec{s}}{A}$$

/ahol A a síkon levő zárt görbe által határolt terület/.

Megadja az \vec{F} vektortérben egy \vec{n} normálisú síkon levő

P pont ezen síkra vonatkoztatott örvényerősségét. Végtelen sok síkra számíthatóak ezek a határértékek, közülük a maximális értékűt szokás a P pontbeli örvényerősség maximumának nevezni. Általában tehát $\operatorname{rot} \vec{F}$ az a vektor, amely a $\operatorname{rot} \vec{F} / \vec{n}$ -ek közül a maximális abszolút értékű, iránya pedig azon sík normálisának iránya, amelyen ezt a maximális értékű határértéket képeztük.

Kiszámítása Descartes-féle derékszögű koordinátarendszerben;

$$\operatorname{rot} \vec{F} = \left\{ \frac{\partial F_z}{\partial y} - \frac{\partial F_y}{\partial z} ; \frac{\partial F_x}{\partial z} - \frac{\partial F_z}{\partial x} ; \frac{\partial F_y}{\partial x} - \frac{\partial F_x}{\partial y} \right\}$$

A rotáció képzésével tehát egy vektortérhez egy másik vektorteret rendelhetünk.

Stokes-tétel

Az előbbi jelöléseket használva:

$$\int_A \operatorname{rot} \vec{F} \cdot d\vec{A} = \oint_G \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

Ahol a zárt G görbe által határolt felület nagysága A .

Gauss-Osztrogradszkij-tétel

$$\int_V \operatorname{div} \vec{F} \, dV = \oint_A \vec{F} \cdot d\vec{A}$$

Ahol a zárt A felület által határolt térrész térfogata V .

A Hamilton-operátor

/Nabla-operátor./ Jele: ∇ . Vektorként felfogható differenciál-operátor.

$$\nabla = \left\{ \frac{\partial}{\partial x} ; \frac{\partial}{\partial y} ; \frac{\partial}{\partial z} \right\}$$

Segítségével egyszerű formában felírható a gradiens, a divergencia és a rotáció:

$$\begin{aligned} \text{grad } \Phi &= \nabla \Phi \\ \text{div } \vec{F} &= \nabla \cdot \vec{F} \\ \text{rot } \vec{F} &= \nabla \times \vec{F} \end{aligned}$$

A Maxwell egyenletek differenciális alakja ezen matematikai műveletek segítségével írható fel. A végeredmény a következő. /Számítás nélkül./

$$\begin{aligned} \text{rot } \vec{H} &= \vec{J} + \dot{\vec{D}} & \nabla \times \vec{H} &= \vec{J} + \dot{\vec{D}} & /1/ \\ \text{rot } \vec{E} &= - \dot{\vec{B}} & \nabla \times \vec{E} &= - \dot{\vec{B}} & /2/ \\ \text{div } \vec{D} &= \rho & \nabla \cdot \vec{D} &= \rho & /3/ \\ \text{div } \vec{B} &= 0 & \nabla \cdot \vec{B} &= 0 & /4/ \\ \text{div } \vec{J} &= - \dot{\rho} & \nabla \cdot \vec{J} &= - \dot{\rho} & /5/ \\ \text{és } \vec{D} &= \epsilon \vec{E} & & & /6/ \\ \vec{B} &= \mu \vec{H} & & & /7/ \\ \vec{J} &= \sigma \vec{E} & & & /8/ \end{aligned}$$

Ezen egyenletrendszer 5, egymástól független egyenletet tartalmaz, így segítségével leírható az elektromágneses tér.

/Egy fontos kérdés például az /5/ egyenlet kapcsán: a kísérleti fizikából ismert Gauss-tételből adódik:

$$\int_A \vec{J} \cdot d\vec{A} = - \frac{dQ}{dt}$$

Az elektromosságban kontinuitási /folytonossági/ egyenlete.

Tulajdonképpen a töltésmegmaradás elvét tartalmazza./ Az egyenletek segítségével meghatározható az is, hogy a teret jellemző fizikai mennyiségek hogyan változnak két különböző közeg határfelületén. Így felírhatók az ún. "határfelté-
teli egyenletek". Ezek a következők:

$$E_{1t} = E_{2t} \quad H_{1t} = H_{2t}$$

$$D_{1n} = D_{2n} \quad B_{1n} = B_{2n}$$

/Az 1 index az első a 2 a második közegre vonatkozik./ Ezek alapján az elektromos és mágneses térerősség-vektor úgy változik egyik közegből a másikba való átlépésnél, hogy tangenciális /érintő/ irányú komponensének nagysága változatlan marad.

A mágneses indukció-vektornál ez a normális /merőleges/ irányú komponensre igaz. Az elektromos eltolódás-vektornál a normális irányú komponens változása éppen a σ^* felületi töltéssűrűség nagyságával egyenlő.



3. Az elektromosság tan felosztása a Maxwell-egyenlet-rendszer alapján

a/ Elektrosztatika, magnetosztatika

Sztatikus térről beszélünk akkor, ha a teret leíró fizikai mennyiségek az időben változatlanok. Ezen mennyiségek idő szerinti első differenciálhányadosa 0. Tehát

$$\dot{\vec{B}} = 0; \quad \dot{\vec{D}} = 0; \quad \dot{\rho} = 0 \quad \text{és} \quad \vec{J} = 0: \text{ áram nem folyik.}$$

Elektrosztatikus térben $\vec{H} = 0; \quad \vec{B} = 0$, így az egyenletek a következő formában írhatók fel:

$$\begin{aligned} \text{rot } \vec{E} &= 0 & \nabla \times \vec{E} &= 0 \\ \text{div } \vec{D} &= \rho & \nabla \cdot \vec{D} &= \rho \\ \vec{D} &= \varepsilon \vec{E} \end{aligned}$$

Az első egyenlet azt fejezi ki, hogy az elektrosztatikus tér örvénymentes vektortér. /Másképpen: konzervatív, vagy potenciálos vektortér./ Mivel az erőteret az ún. erővonalakkal / \vec{E} - vonalak: a tér adott helyén nagysága az \vec{E} abszolút értéke, iránya \vec{E} iránya/ is szemléltethetjük, ez azt jelenti, hogy ezek az erővonalak sohasem zártak, van kezdetük és végük. A második egyenlet azt fejezi ki, hogy az elektrosztatikus tér forrásos, forrásai a töltések. Az erővonalak tehát töltésekben kezdődnek és végződnek. /Meg-

állapodás szerint $\oplus \rightarrow \ominus$./

Az örvénymentes vektortérhez mindig található egy olyan skalártér, amelyet leíró skalárfüggvény negatív gradiense megadja a teret jellemző vektorfüggvényt:

$$\vec{E} = - \text{grad } \Phi,$$

ahol Φ az ún. skalárpotenciál, elektrosztatikában ez éppen a teret munkavégzés szempontjából jellemző potenciálfüggvény. Két pontban vett értékének különbsége pedig a két pont közötti feszültség

$$\Phi_A - \Phi_B = U_{AB}$$

Magnetosztatikus térben $\vec{E} = 0$; $\vec{H} = 0$, a teret leíró egyenletek a következők:

$$\text{rot } \vec{H} = 0 \qquad \nabla \times \vec{H} = 0$$

$$\text{div } \vec{B} = 0 \qquad \nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

A magnetosztatikus tér tehát örvény- és forrásmentes vektortér. A mágneses erő- és indukcióvonalak zártak, a mágneses pólusokban kezdődnek és végződnek. /Megállapodás szerint $\textcircled{E} \rightarrow \textcircled{D}$./ Önálló mágneses pólus nincs.

A téregyenletek segítségével mindkét sztatikus tér e-

setén levezethetők a kísérleti fizikából is ismeretes törvények és összefüggések.

b/ Stacionárius áram és magnetosztatikus tere

Stacionárius áramok esetén is igaz, hogy a teret leíró fizikai mennyiségek időben változatlanok, de a \vec{J} áramsűrűség-vektor nem mindenütt zérus.

A téregyenletek tehát:

$$\begin{array}{ll} \text{rot } \vec{H} = \vec{J} & \nabla \times \vec{H} = \vec{J} \\ \text{rot } \vec{E} = 0 & \nabla \times \vec{E} = 0 \\ \text{div } \vec{B} = 0 & \nabla \cdot \vec{B} = 0 \\ \text{div } \vec{J} = 0 & \nabla \cdot \vec{J} = 0 \\ \vec{J} = \sigma \vec{E}; \quad \vec{D} = \epsilon \vec{E}; \quad \vec{B} = \mu \vec{H} & \end{array}$$

c/ Kvázistacionárius áramok tere

Ezekre az a jellemző, hogy időben nem nagyon gyorsan változnak, ezeknél az eltolási áram áramsűrűsége elhanyagolható a vezetési áramsűrűséghez képest. Leírásukra tehát a b/ pontbeli egyenletek használhatók. /Például a hálózati váltakozó áram tere./

d/ A gyorsan változó áramok tere

Az időben gyorsan változó elektromágneses terek leírására a teljes Maxwell-egyenletrendszer szolgál.

4. Az elektromágneses tér energiaegyenlete

A III. 2. fejezetben szó került az elektromosságtan egyik fontos megmaradási tételéről, a töltésmegmaradás elvéről. Szólni kell tehát a másik, szintén átfogó érvényű megmaradási tételről is: hogyan érvényesül az energiamegmaradás törvénye az elektromágneses térben lejátszódó jelenségeknél.

Az energiamegmaradás elvét elektromágneses terek esetén a Poynting-féle egyenlet írja le.

$$\vec{H} \cdot \dot{\vec{B}} + \vec{E} \cdot \dot{\vec{D}} + \vec{J} \cdot \vec{E} + \nabla \cdot \vec{S} = 0$$

A tagok fizikai jelentése a következő:

$\vec{H} \cdot \dot{\vec{B}}$ = a mágneses tér energiasűrűségének időegységre eső változása $/w_m/$;

$\vec{E} \cdot \dot{\vec{D}}$: Az elektromos tér energiasűrűségének időegységre eső változása $/w_e/$;

$\vec{J} \cdot \vec{E}$: az egységnyi térfogatban egységnyi idő alatt keletkező Joule-féle hő $/w_J/$;

$\nabla \cdot \vec{S}$: az egységnyi felületen egységnyi idő alatt átáramló energia

$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ az úgynevezett Poynting-féle vektor.

Integrális alakban az egyenlet a következő:

$$-\frac{d}{dt} \int_V w dV = \int_V w_J dV + \oint_A \vec{S} \cdot d\vec{A} .$$

A fizikai tartalom ebből a formából könnyen leolvasható: egy adott V térfogatban az elektromágneses energia időegységre eső csökkenése $/w = w_e + w_m/$ egyenlő az adott térfogatban keletkező Joule-féle hővel és a térfogatot határoló zárt felületen át kiáramló elektromágneses energiának az összegével.

5. Az elektromágneses hullámokról

A hullám térbeli és időbeli periodicitást mutató jelenség. Valamilyen időben ismétlődő állapotváltozás térbeli tovaterjedése. Az állapotváltozást leíró fizikai mennyiség /például Ψ / kielégíti az úgynevezett hullámegyenletet:

$$\nabla^2 \Psi - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = 0$$

Ez azt jelenti, hogy a Ψ mennyiségnek a térbeli és időbeli második deriváltja csak egy konstansban különbözik egymástól. Ez a konstans pedig éppen a hullám terjedési sebesség-négyzetének reciproka.

A Maxwell-egyenletekből kiindulva kiszámítható, hogy

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \quad \text{illetve}$$

$$\nabla^2 \vec{H} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0$$

vagyis \vec{E} is \vec{H} is kielégíti a hullámeqyenletet. /A kiindulásnál feltételezzük, hogy a térben $\vec{J} = 0$; $\rho = 0$ és a térben levő közeg homogén, izotróp, szigetelő./

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} \quad \text{a számításokból adódik.}$$

Ezek az összefüggések tehát azt mutatják, hogy homogén szigetelőkben v sebességgel terjedő elektromágneses hullám formájában is létezik az elektromágneses tér. Mivel vákuum esetén:

$$v = c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2,997924562 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

ezért a Maxwell-egyenletek lényegében az optika fenomenoló-

giai részét is tartalmazzák.

/A témakörnél felhasznált irodalom: [16]; [19]; [20] /

6. A gravitációs tér

A gravitációs tér éppen sajátossága miatt problémája a mai fizikának. Mint ahogy a II. fejezetben is már utalás történt erre, oktatásunkban célszerű analógia alapján kezelni e témakört. Ezen gondolatmenet szerint definiálhatunk a gravitációs térre jellemző fizikai mennyiségeket: a gravitációs térerősséget és a gravitációs potenciált.

A gravitációs térerősség a teret erőhatás szempontjából jellemzi. Mértékegységtől eltekintve a tér adott pontjában levő egységnyi tömegű próbatestre ható erő mérőszámával egyezik meg. Kiszámításához a következőket kell tudni.

Minden test környezetében észlelhető a gravitációs kölcsönhatás /Cavendish-kísérlet/. Amennyiben a vonatkoztatási rendszer origójában / 0 / pontban levő M tömegű test gravitációs terében levő tetszés szerinti P pontban egy m tömegű próbatest van, a rá ható erő a Newton-féle gravitációs törvény értelmében:

$$\vec{F} = -\gamma \frac{M m}{r^2} \frac{\vec{r}}{r},$$

ahol $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ az úgynevezett gravitációs állandó /vagy más néven tömegvonzási állandó/, \vec{r} pedig a P pont helyvektora a kérdéses vonatkoztatási rendszerben.

A képletben szereplő negatív előjel a következőket jelenti: a gravitációs erőhatás mindig vonzásban nyilvánul meg, így \vec{r} és \vec{F} iránya éppen ellentétes.

Az egységnyi tömegű próbatestre ható erő nagyságát tehát a következőképpen határozhatjuk meg:

$$E' = \frac{F}{m} = \gamma \frac{M}{r^2}.$$

Vektori alakban írva:

$$\vec{E}' = -\gamma \frac{M}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}.$$

Mivel a földi gravitációs térben $\vec{F} = m \vec{g}$, így

$$\vec{E}' = \vec{g},$$

azaz megegyzik a nehézségi gyorsulás értékével.

A gravitációs potenciál meghatározásához ismernünk kell a gravitációs kölcsönhatási energiát. Ha a gravitációs

térben egy m tömegű testet a tér által kifejtett gravitációs erő mozgat az \vec{r} helyvektorú pontból az \vec{r}_0 helyvektorú pontba, akkor a tér által végzett munka:

$$U /r/ = \int_r^{r_0} \vec{F} \cdot d\vec{r} .$$

Az előző képletben \vec{F} a gravitációs erő, \vec{r}_0 pedig tetszés szerint választható. Leggyakrabban két "nullnivót" adnak meg: egyik esetben $r_0 = \infty$, vagy pedig $r_0 = R$, a Föld sugara. A potenciált a munkavégzés segítségével határozhatjuk meg a gravitációs térben is. Mérőszámát tekintve az egységnyi próbatöltésen végzett munkával egyezik meg, ha azt a tér az \vec{r} helyvektorú pontból a nullnivóra juttatja.

$$u/r/ = \frac{U/r/}{m} .$$

Mértékegysége J/kg.

Az analóg tárgyalásmód alapján a gravitációs tér jellemzésére is bevezethetők a következő fogalmak: erővonal és ekvipotenciális felület. Számításokkal igazolható, hogy a gravitációs térben /éppugy, mint az elektrosztatikus térben/ a térerősség-vektor és így az erővonalak is merőlegesek az ekvipotenciális felületekre.

Ezen gondolatok, összefüggések azon alapvető ismereteket gyűjtik össze, melyeket az általános iskolában oktató

pedagógusoknak ismernie kell. Mivel korántsem teljes ez a kép, további elmélyülésre éppen úgy lehetősége nyílik a tanárnak is, mint ahogyan tanulóinak az oktatás általános iskolát követő fázisaiban.



IV. A KÖLCSÖHATÁS ÉS MEZŐ TANÍTÁSÁNAK NÉHÁNY METODIKAI VONATKOZÁSA

Az előző fejezetekben szereplő gondolatok azokat a megállapításokat tartalmazzák, amelyeket szem előtt kell tartani általános iskolai tanításunk során. A "hogyan tanítsunk?" kérdés feltevése a következő lépés, a válaszadáshoz itt is nagyon sok szempontot kell figyelembe venni. Elsődleges meghatározó "Az általános iskolai nevelés és oktatás terve" [2] c. kiadvány, amely az előző tantervekre épült, és az új törekvéseket is tartalmazza. Részletezi többek között a törzsanyag és a kiegészítő anyag tematikáját. Osztályokra bontva felsorolja témánként a megtanulandó ismereteket. Igen fontos, hogy figyelembe veszi a tanulók életkori sajátosságait, s nagy gondot fordít a tantervi koncentrációra. Ebben a feldolgozásban szinte "szabad kezett" kap a pedagógus az órán kívüli munka, illetve a tehetséggondozás területén. Mindehhez ismernünk kell tanulóink képességeit, tudását, szorgalmát. Csak velük együtt lehet eredményt elérni, ez pedig a megtanult ismeretek biztos, alkalmazni kész tudása.

1. A tankönyvekről

A fizika tanítása az általános iskola hatodik osztályában kezdődik. Ez azonban nem jelenti azt, hogy tanítványaink nem rendelkeznek olyan alapvető ismeretekkel - az úgynevezett prefizikális ismeretekkel - amelyek a további előrehaladást segítik. Előzőleg ugyanis a Környezetismeret tantárgy keretében sok olyan jelenséget vizsgáltak, melyet a későbbiek során éppen a fizika tantárgy keretén belül jellemzünk, összefüggéseket, kvalitatív, vagy kvantitatív megállapításokat írunk le velük kapcsolatban. Nem hagyhatók figyelmen kívül azok a mindennapi tapasztalatok, amelyek a gyerekek számára természetesek, beleértve ebbe azt a széleskörű információ-hálózatot, amely rendelkezésünkre áll /televízió, rádió, folyóirat, könyv stb./.

A feladatunk tehát az, hogy ezen ismereteket rendszerezve ok-okozati kapcsolatokat, szabályokat, törvényeket ismertessünk meg a tanulóinkkal. Minden egyes jelenségnél ez nem lehet teljes, nem is ez a törekvés, a cél az, hogy a vizsgált változásoknál felismerjék és használják azokat a megismert fogalmakat, melyek az adott szinten a probléma megoldásához elvezetnek.

A tanítási-tanulási folyamatban nagymértékben számítunk a tanulói aktivitásra. Elvárjuk tehát, hogy "hozzák" korábbi ismereteiket, majd fokozott tudatossággal alkalmaz-

zák a megszerzetteket. E cél érdekében lett sajátos a fizika tankönyvcsalád minden tagja: munkatankönyvek.

A munkatankönyv olyan segítőeszköz, amely folyamatos felépítése miatt úgy foglalja magába a tankönyv, a munkafüzet és a gyakorlófüzet adta lehetőségeket, hogy az érdeklődés felkeltését, az új ismeretek megszerzésének, erősítésének, gyakorlásának és alkalmazásának fázisa egységes, megszakítás nélküli folyamattá teszi. Sem térben, sem időben, de még formailag sem szakítja szét ezt a minden szempontból egységet alkotó tevékenységi sort.

A munkatankönyv összefogja, irányítja a tanulók tevékenységét, biztosítva ezzel a közösségi munkát. Ugyanakkor lehetőséget ad a kísérletek, megfigyelések és az elemzés, következtetés azonnali, közvetlen, önálló összekapcsolására, elvégzésére, tehát ami a legfontosabb, az önálló ismeretszerzésre. Ezt követően itt is megvan a lehetőség mindarra, amit a hagyományos feldolgozás biztosított. Az otthoni munkában pedig a folyamatosan felépülő, egy helyen megtalálható egészből könnyen kiválaszthatja minden tanuló a neki szükségeseket.

A fizika tankönyvek minden egysége egy motiváló, figyelemfelkeltő, célrairányító, rövid bevezetéssel indul.

Az órai ismeretanyag feldolgozását szolgáló rész vagy a lap jobb oldalán, vagy a lap bal oldalán van aszerint, hogy mi a tankönyvi részleteknek a funkciója. Az egyértelmű megkülönböztetés értelmében tehát minden lap egy gondo-

latban meghúzott hosszirányú tengellyel két részre van osztva.

A bal oldali rész tartalmazza a megtanulandó anyagot /ez a tankönyv egész terjedelmének 20-22 %-a/. E rész feladata lényegében megegyezik a hagyományos tankönyv elsődleges feladatával. Ez a rész a törzsanyag.

A könyv lapjainak jobb oldalán található a lényegét kiemelő, szemléltető, magyarázó képi információhordozók: rajzok, fényképek, grafikonok. Ezek a baloldali szöveggel párhuzamosan a tartalmi összetartozásnak megfelelően helyezkednek el. Ugyancsak a jobb oldalon van a feladatában és terjedelmében is jelentős munkáltató rész, amely az önálló ismertszerzést segíti, irányítja. Minden feladat jól látható indító és befejező jel közé van zárva. Az egyes szám második személy, illetve a többes szám első személy utal a megfogalmazásban arra, hogy önálló tanulói, vagy közös munka árán jutnak a megoldáshoz. A munkáltató rész melletti bal oldal üres, hiszen a tanulói tevékenység vezet át az egyik részismeretből a következőbe. Az egyívű felépítés miatt a bal oldal csak akkor épülhet tovább, ha a tanulók a jobb oldali feladatot sikeresen elvégezték.

Jobb oldalra került még a kiegészítő anyag, a többi résztől jól megkülönböztethető szedéssel.

Fontos a lényeg néhány mondatos, szembetűnően kiemelendő szedése: ezek a baloldali részben fett betűkkel vannak szedve.

A gyakorlást, a gondolkodást, az ellenőrzést és mélyítést szolgálják egy-egy egység végén a "Kísérletezz!", "Gondolkozz és válaszolj!", "Számítsd ki!", "Ellenőrizd tudásod!" című részek.

A tanórai munkához a könyv lapjainak csak a jobb oldalára van szükség. A tanár irányító, meggyarázó tevékenysége teszi teljessé az órai munkát.

A munkatankönyvek tartalmi koncepciójukkal összhangban olyan módszertani lehetőségeket biztosítanak, amelyek a korszerű tudás megszerzését a tanulói aktivitásra, a tanulói tevékenységre alapozza. A tanulói tevékenységet már az ismeretek megszerzésekor felhasználja és a motiválás, ismeretszerzés, elmélyítés, gyakorlás, alkalmazás folyamatát lineáris felépítésével segíti.

2. Hatodik osztály

Elsődleges feladatunk a fizikaoktatás során a kölcsönhatás fogalomjegyeinek megismertetése tanítványainkkal. Ennél a problémakörnél építhetünk az úgynevezett prefizikális ismeretekre, melyeket a tanulók előző tanulmányaikból hoznak. Két kölcsönhatást vizsgálunk ekkor: a mozgásállapotváltozással, illetve a termikus állapotváltozással járó kölcsönhatást. Az első esetben "hétköznapi" példák említésével

jutunk el a mozgásállapot-változás fogalmához, majd egyszerű kísérletekkel /golyók, kocsik ütköztetése/ demonstráljuk, hogy ez a változás alkalmas körülmények között csak közvetlen érintkezés közben jöhet létre.

A termikus kölcsönhatás szintén nem ismeretlen a gyerekek előtt. Itt az egyszerű kísérletek /hőmérő higanytartályának kézben tartása, vagy két különböző hőmérsékletű test közvetlen érintkezése közben bekövetkező hőmérséklet-változás-méréssel történő vizsgálata/ szintén a kölcsönhatás fogalmának kialakítását segítik.

Ekkor válik azonban szükségessé a mező-fogalom bevezetése. Tudatosan és célszerűen épül fel a további órák sora. A mindennapi tapasztalatokból, egyszerű kísérletekből kiindulva, szinte természetesen adódik a fizikai mezők fogalmának bevezetése olyan szinten, hogy a velük kapcsolatos ismereteket a későbbi tanulmányok során bővíteni tudják. Ezen témakörben ugyanis csak járulékos szerepe van: a kölcsönhatás fogalmának minél biztosabb kialakítása.

Elsőként a mágneses kölcsönhatást vizsgáljuk: indításként a következő gondolatokat közöljük:

"Eddig azt tapasztaltuk, hogy csak az érintkező testek hozhatnak létre állapotváltozást egymáson. Környezetismereti órán megfigyelted, hogy a mágnes érintkezés nélkül is vonzza a vasat. Hogyan lehet ez?" [10]

Az indító, motiváló gondolatot két egyszerű kísérlet-sor követi /a mágnes apró vastárgyakat távolról is magához

vonz/, amelynek konklúziójaként látszólagos ellentmondásba kerülünk az eddig tanultakkal. Ezek után kell a tanárnak fokozott figyelmet fordítania a kérdésre, helyes irányba terelve a gyerekek érdeklődését. Vizsgáljuk meg tehát ezt a "különleges" mágnezt! Klasszikus kísérlet szintén a mágnesrúd, vagy patkómágnes köré szórt vasreszelék elrendeződésének bemutatása. Ez lehet közvetlen kísérlettel, viasszal rögzített kész lemezzel, diakép vetítésével - az eredmény mindig ugyanaz. Ugyanezt a kísérletet például vasrúddal végezve, semmiféle szabályosságot nem tapasztalunk. Így kísérletso-rozatunk alapján a következő megállapítást tehetjük: "A mágnesnek sajátos környezete van, amelyet mágneses mezőnek nevezünk." A vasdarabkákra közvetlenül nem a mágnes, hanem a körülötte levő mágneses mező hat." [10] Tehát nem a mágnes, hanem a mágneses mező változtatja meg az apró vastárgyak mozgásállapotát. Kölcsönös-e ez a változás? Erre ismét szemléletes kísérletet végezhetünk: helyezzünk a vasreszelékkel "szemléltetett" mágneses mezőbe vasdarabokat. A vasreszelék átrendeződése is mutatja, hogy a mező is megváltozott / \vec{B} az adott helyen/. Levonhatjuk a következtetést: "A vas és a vele érintkező mágneses mező között mágneses kölcsönhatás van." [10].

Ennek az órának tehát kettős feladata van: erősíti a kölcsönhatásról tanultakat, valamint elemi szinten bevezeti egy sajátos anyag, a mező fogalmát.

A következő tanítási egység a mágneses alapjelenségek-

kel foglalkozik. Célja az előző órai anyag ismétlése, erősítése, mágneses kölcsönhatások vizsgálata.

Hasonló gondolati ritmussal dolgozzuk fel "Az elektromos kölcsönhatás" című témakört. Itt talán már nem is okoz különösebb gondot az a szintén egyszerű kísérlet, hogy a szőrmével megdörzsölt ebonit rúd apró tárgyakat távolról is magához vonz. A könnyebb szóhasználat érdekében először "definiáljuk", mit jelent az elektromos állapot. /Azért nem használjuk a töltéssel rendelkező test elnevezést, mert a részecske-felépítettség tárgyalása csak később történik, így itt még zavaró lenne az elemi részecskékről beszélni./ Logikusan következik ezután, hogy megvizsgáljuk az elektromos állapotban levő testek környezetét /például párhuzamos, elektromos állapotban levő fémelektrodák között ricinusolajba helyezett búzadara elrendeződése/. Megállapításunk most is a következő: "Az elektromos állapotban levő testeknek tehát sajátos környezetük van, amelyet elektromos mezőnek nevezünk." [10]. Ha az előbbi kísérletnél az elektromos mezőbe például vasgyűrűt helyezünk, a búzadara-vonalak átrendeződnek, tehát a hatás ennél a jelenségnél is kölcsönös. Az óra további részében néhány egyszerű elektromos kölcsönhatást mutatunk be.

E három egység keretén belül tizenkét feladatot találunk a munkáltatói részben. Ebből hét tanulói kísérlet, amelyek az "Elektromosságtani tanuló-kísérleti egységcsomag" alkotóelemeivel megvalósíthatóak. A tanári demonstrációs



kísérletek a mezők "szemléltetésénél" fontosak, itt viszont fokozottan irányítva a tanulók figyelmét, a tapasztaltak önálló, rövid leírását kérjük.

Természetesen nemcsak a tankönyv, illetőleg a tanári segédkönyv által leírt kísérleteket mutathatjuk be. Házilag is készíthető, egyszerű, frappáns eszközök leírását megtalálhatjuk metodikai szakfolyóiratainkban is.

Az első témakör összefoglaló óráján még egy lépéssel továbbjutunk e két mezővel kapcsolatban: mégpedig, hogy a mágneses mező csak bizonyos anyagú testekkel, míg az elektromos mező bármely anyagú testtel képes kölcsönhatásba lépni.

Mint már a dolgozat több helyén említettem, a gravitációs mező problémáját a tanítási folyamatban is analógiás módon tárgyaljuk. Mindennapi tapasztalatainkból kiindulva, itt is a közelhatás elvét alkalmazva, a következőket mondhatjuk: "A szabadon eső testek mozgásállapotát a Földet körülvevő gravitációs mező változtatja meg." [10].

Ezzel a hat egységgel lezárul az I. témakör azon része, amely a kölcsönhatás fogalomjegyeinek kialakítására szolgál, és alapfokon megismerteti a tanulókat a fizikai mezőkkel. A továbbiakban célunk a vizsgált jelenségeknél ezen ismeretek biztos alkalmazása.

Az erőhatásokkal való ismerkedés kapcsán külön elnevezést adunk a mágneses, az elektromos és a gravitációs mező által kifejtett erőknek. Közvetlenül ugyan nem a témához tartozik, mégis érdemes megemlíteni, hogy ebben a fejezetben

teszünk különbséget a gravitációs erő és a súly között. Ez a további jelenségek magyarázatánál igen fontos tudnivaló. Az alapvető különbség észrevételéhez tanulókisérleti sorozatot végeztetünk a tanulókkal. Ezután a kiegészítő anyagban szó esik a súlytalanság állapotáról is.

Az energia fogalmának kialakításakor ismét előkerül a mező - hiszen itt sem lenne teljes a kép, éppúgy, mint a kölcsönhatások esetében - a mező energiájával kapcsolatban.

Mivel az energia a legegyszerűbb megfogalmazását tekintve az anyagi objektumok /test, mező/ változtató képességének mértéke, így a mezők esetében elsősorban a mozgásállapot-változással járó "test-mező" kölcsönhatásokról tanulmányt elevenítjük fel. Mivel ezen tanítási egység előtt már megismerték a tanulók az energiamegmaradás törvényét, így azt alkalmazni tudják a "test-mező" kölcsönhatások esetére is.

Az elektromos mezővel kapcsolatban még egy egyszerű, de érdekes kísérletet is bemutatathatunk, illetve tanulókisérletként elvégeztethetünk: egy megdörzsölt ebonitrúd közelében vigyünk végig egy ködfénylámpát úgy, hogy az ne érjen a rúdhoz. Ilyenkor másfajta változást figyelhetünk meg: a ködfénylámpa fel-felvillan. A felvillanások a rúd elektromos mezőjének hatására történnek. Kölcsönös-e a hatás? A tanultak alapján: igen. Vigyük végig ugyanis még egyszer a ködfénylámpát az ebonitrúd közelében úgy, hogy azt már másodszorra nem dörzsöljük meg. Ebben az esetben felvillanás-

sokat nem tapasztalunk, tehát a mező által okozott változás nem ismétlődik meg. Mivel a változások energiaváltozással járnak, ebből a kísérletből arra következtethetünk, hogy a második esetben a változtatóképesség nulla, azaz már nincs az elektromos mezőnek energiája. Ez pedig csak úgy lehet, hogy nincs elektromos mező az ebonitrúd körül, az első kísérletben energiáját teljes egészében "átadva" a ködfénylámpának, maga megszűnt. A hatás tehát itt is kölcsönös. Természetesen sok más jelenséget is felsorolhatnánk ezen témán belül, de az életkori sajátosságokat figyelembe véve, hatodik osztályban megelégszünk ezen ismert és egyszerű példákkal.

A gravitációs mező energiájáról szintén analógiás módon beszélünk. Jó segítséget nyújt ehhez a feldobott test mozgásállapot-változásának elemzése akár a tankönyvi ábra, akár sztroboszkópikus felvételek segítségével. Megállapításunk ezek után a következő: "Amikor a mezővel kölcsönhatásban levő test energiája nő, a mező energiája csökken, ha pedig a test energiája csökken, akkor a mező energiája nő." [10]. Ezt a megállapítást használjuk fel az emelési munka kiszámításához, ha a gravitációs mezőben egy testet egyenletesen emelünk.

Ezen ismertanyag az, amelyet a tanulók hatodik osztályban elsajátítanak, ismétlésre, további mélyítésre a következő osztályokban kerül sor.

3. Hetedik osztály

A hetedik osztályos fizika tananyagban folytatjuk a mezők vizsgálatát, elsősorban az elektromos mezővel foglalkozunk. Megszokott módszerként kell alkalmazni ebben az osztályban is a tanulói aktivitásra építést, a fogalmak hosszú érlelését és különböző szintű bevezetését.

A kémiai anyag korpuszkuláris felépítettségének és a mező létezésének, mint "katalizátornak" a felhasználása a hatodik osztályban fontos szerepet kapott. Tovább építünk ezekre, sőt előtérbe kerül az elektrosztatika, mivel alapvetően fontos részek megértését teszi lehetővé a tananyag egésze szempontjából.

A hetedikos tanulók egy évvel idősebbek, bizonyos gyakorlatuk van az önálló kísérletezésben és gondolkodásban, elkezdték a kémia tanulását, matematikai tudásuk is gyarapodott, jobban építhetünk mindennapi tapasztalataikra is. A munkáltató részben a nyitott mondatok mellett megjelenhetnek a teljes válaszmondatot igénylő kérdések is.

A hetedik osztályban a fizikatananyagnak közel a felét az elektromosság adja. Az elektromos jelenségek megértéséhez gyakran logikai úton jutunk el, mivel a valóban vizsgált kölcsönhatásoknak legtöbbször csak a másodlagos következményét észlelhetjük. A gyerekek számára a gondolati út biztos kiindulópontja viszont csak közvetlen tapasztalat lehet. Ezért az elektromosság eredményes tanításához különösen

fontos a kísérletezés és szemléltetés.

Első feladatunk a töltés fogalmának kialakítása: a töltés fizikai mennyiség; kérdés, hogy minek a jellemzéséhez szükséges. Ehhez viszont az elektron és a proton valóságú megismerése kell. Természetes azonban, hogy az elektromos jelenségek e két "főszereplőjéről" bármennyire is szeretnénk korszerű tudást kialakítani tanítványainkban, a kvantummechanika által leírt mélységig nem juthatunk el. Egy olyan képet kell kialakítanunk, amelyet könnyen formálhatunk. Meg kell elégednünk az atomi részecskék jelenlegi tudásunknak nem elmentmondó, elemi szintű bemutatásának előkészítésével. Az elektron és a proton anyagi valóság, hiszen rendelkeznek az anyag minden alapvető tulajdonságával /tehetetlenség, gravitáló képesség, kölcsönható képesség stb./ és van egy sajátos tulajdonságuk is, amit elektromos tulajdonságnak nevezünk. Ez a tulajdonság - ami legegyszerűbben az elektromos vonzásban vagy taszításban nyilvánul meg. Szemléletes tehát az a kép, mely szerint az elektromos mező nem az elektron, illetve a proton körül van, hanem a mező is része az elektronnak, illetve a protonnak.

Három olyan gondolatot emelhetünk ki az elmondottakból, amelyet a hetedik osztályos tanulóknak tudatosan kell ismerni, és ennyi elég is a továbbhaladáshoz:

- az elektron és a proton anyagi részecske;
- mindkettőnek elválaszthatatlan tulajdonsága az elektromos tulajdonság /vonzás, taszítás/;

- mindkettőt kívül elektromos mező alkotja /a közepén koncentrálódó részről csak annyit mondunk, hogy van/.

Miután tudjuk, hogy az elektron és a proton elektromos tulajdonságú, a töltés fogalmát nem nehéz úgy kialakítani, mint e tulajdonság mennyiségi jellemzőjét. Abból a tényből, hogy egy elektron és egy proton semlegesíti egymás hatását, következik, hogy elektromos tulajdonságukat ellentétesnek tekintjük és az elektronét önkényesen negatív, a protonét pedig pozitív jellel jelöljük. A két részecske elektromos tulajdonsága egyenlő mértékű, így egyenlő nagyságú töltéssel jellemezhető.

Meghatározhatjuk ezek után, hogy milyen esetben lehet egy test semleges; ha benne egyenlő számú proton és elektron van, s ezek eloszlása egyenletes. Ha e két feltétel közül legalább az egyik nem teljesül, a test elektromos állapotba kerül.

Hetedik osztályban három módját ismerik meg a tanulók, hogy a testeket elektromos állapotba hozzák: két különböző fajta anyag érintkezésekor; dörzsöléskor /itt célszerű megemlíteni, hogy a dörzsölésnek csak a minél jobb érintkezés szempontjából van jelentősége/; illetve az elektromos megosztás segítségével. Ennél a jelenségnél kiemelendő az a gondolat, hogy a semleges testben már eleve, egyenlő számban benne vannak az elektronok és protonok, és csak azok egyenletes eloszlása szűnik meg egy másik test elektromos mezőjének hatására. Itt a testek nem érintkeznek, tehát az elektro-

nok és a mező kölcsönhatásának kiemelésére jó lehetőség van. Mindhárom esetben tudatosítanunk kell azt is, hogy "új töltéshordozók" nem keletkeznek, csak az elektronok /ionok/ "elvándorlása" miatt kerülnek a makroszkópikus testek elektromos állapotba. Így könnyen eljuthatunk a töltésmegmaradás elvének kimondásáig. Ez valójában az elektronok és protonok megmaradását jelenti. Egyike a fizika oly fontos megmaradási tételeinek. /Az energiamegmaradás törvényét egyszerű példákon már hatodik osztályban megismerték./

A további előrelépés érdekében célszerű az elektromos vezető, illetve szigetelő fogalmát néhány könnyen elképzelhető lehetőség szemléletes bemutatásával bevezetni. Itt definiálhatjuk a "szabad elektron" fogalmát.

Tanítványaink tudják, hogy minden elektromos tulajdonságú részecskének elektromos mezője van, és az elektromos állapotban levő makroszkópikus test körüli elektromos mező a többletet okozó elektronok vagy protonok együttesen érvényesülő mezője.

A szerényebb képességű tanulók is könnyen megértik, hogy például a negatív töltésű testekből az elektronok az egymást taszító hatás következtében távoznak, az erre lehetőséget biztosító vezetón keresztül a földbe. Mivel minden elektron csak a mezőjével együtt mozoghat, így a test körüli elektromos mező egyre gyengül, hiszen egyre kevesebb elektron együttes mezője. /Hasonló gondolattal ez pozitív töltésű test esetében is végigvihető - csak itt a protonok és az elektronok mezőik

révén vonzzák egymást./ Ez a kép vezet el ahhoz a gondolathoz, hogy tartósan csak úgy áramolhatnak az elektronok, ha pótoljuk az eltávozókat. Valamilyen elektromos tulajdonságú részecskékből többletre van szükség, hogy azok együttes elektromos mezője áramoltassa az elektronokat.

Az elektromos áram hat óráját az előírt elméleti rész feldolgozásán túl használjuk fel az elektromos kapcsolások és az áramerősség mérésének begyakoroltatására. Ezek után térhetünk rá a feszültség fogalmának kialakítására.

A feszültség fogalma az általános iskolában tanított fizika talán legnehezebb fogalma. A tankönyv az előbbieken említett céltudatosan felépített előzmények után "Az elektromos mező munkája" című résszel kezdi a feszültség-fogalom tényleges kialakítását. Azt a kijelentést, hogy az elektronok egyirányú mozgásakor, áramoltatásakor /tehát nem a mindig meglevő "hómozgásnál"/ a mező munkát végez, a már meglevő ismeretek felelevenítésével, átrendezésével megtehetjük. A továbblépés érdekében azt kell megvizsgálni, hogy mennyiségileg mitől függ az elektromos mező által végzett munka. Elsőként ahhoz a felismeréshez kell eljutnunk, hogy az átáramló elektronok száma, és a mező által végzett munka egyenesen arányos, ha áramlás közben a mező nem változik. Ennek megértéséhez nélkülözhetetlen az úgynevezett "csilingelős kísérlet", mert ezzel jól szemléltethető a megváltozó mező változó munkája és a folyamatos újratöltéssel fenntartott változatlan mező egyenletes munkája. A kísérletsorozat a következő:

"Két függőleges helyzetű, szigetelő lábakon álló, párhuzamos fémlap közé függesztünk szigetelő szátra fémgolyócskát! Az egyik fémlapot kössük vezetékkel elektroszkóphoz, a másikat földeljük. Az elektroszkóppal összekötött lapon hozunk létre elektrontöbbletet. Az elektromos megosztás miatt a másik fémlap pozitív töltésű lesz. Így a két fémlap között elektromos mező jön létre.

Mi történik a fémgolyóval?

Minek a hatására?

Mi végez munkát a golyón? Indokold állításod!

Figyeld az elektroszkóp mutatóját és a golyó mozgását! Mit tapasztalsz?

Mi történik a lemezek közötti elektromos mezővel?" [11].

/A feladatban természetesen szerepel a kísérleti összeállítás fotója, illetve a részkérdések között ábrák segítik a tanulók megfigyelés utáni önálló válaszadását. Természetesen a válaszok helyét e felsorolásban nem tüntettem fel./

Ennél a kísérletnél "érlelődik" a megosztásról tanultak ismerete, hiszen a jelenség magyarázata egyszerűvé válik. A lapok közé függesztett fémgolyócska a mező hatására ide-odamozog /a lemezekhez érve "csilingel"/ és áthordja az elektrontöbbletet az egyik lapról a másikra. Mivel az eredetileg semleges fémgolyócska csak az elektromos mezővel van kölcsönhatásban /a gravitációs mező és a felfüggesztő szál kiegyenlíti egymás hatását/, kísérletünk eredménye tehát a következő: "Az elektronok áthordásához szükséges munkát az elektromos

mező végzi. Közben a lapok töltése csökken, a mező gyengül és végül megszűnik." [11].

Tovább lépésként a következő kísérletet végeztetjük el: "Ismételjük meg az előző kísérletet úgy, hogy az elektromos mező változatlan maradjon! Ezt úgy érhetjük el, hogy pótoljuk az elszállított elektronokat.

Milyen most a golyó lengése?" [11].

A kísérleti tapasztalatok megfigyelése alapján a következő kijelentést tehetjük: "Ahhoz, hogy a mező munkavégzés közben változatlan maradjon, pótolni kell az átszállított elektronokat. Ilyenkor az elektronok áthordása egyenletes." [11].

Már itt előkészíthetjük a következő óra nehezebb anyagát az energiaváltozások elemzésével. A munkát végző mező energiája csökken, hiszen maga a mező is "legyengül", hacsak nem állítjuk vissza folyamatosan a mező eredeti állapotát. Ilyenkor azonban legalább hárompartneres a kölcsönhatás. A töltéspótlás feladatát végzőnek csökken, az elektronoknak vagy a vezető velük ütköző részecskéinek nő, a mezőnek pedig változatlan marad az energiája. Azt kell elérni, hogy az óra összefoglalásának mindhárom mondata külön-külön és együttesen is biztos ismeretté váljon.

A harmadik kísérlet tulajdonképpen már ismert a tanulóknak előtt, hiszen az egyszerű áramkörök felépítése már nem okozhat gondot, csupán az elemzési szempontok mások - az elektromos mező által végzett munkák összehasonlítására szol-

gál. Ugyanazon áramforrásra kapcsoljunk először zsebizzót, majd karácsonyfaizzót. Az áramkörbe kapcsolt ampermérő a körben folyó áram erősségét méri. Tapasztalataink szerint a zsebizzó fényesebben világít, s áramkörében az áramerősség értéke is nagyobb. Így tehát a zsebizzón nagyobb az energiaátalakulás, az azon végzett munka is nagyobb. A további elemzésnél hangsúlyozzuk azt is, hogy az áramerősség mérése alapján az egyenlő idő alatt átáramlott töltések hasonlíthatók össze. Ugyanazon áramforrás esetén tehát az egyenlő idők alatt végzett munkák különbözőségére az áramerősségek különbözőségéből következtethetünk. Összefoglalva tehát: "Pontos mérésekből megállapították, hogy az elektromos mező által végzett munka egyenesen arányos az átáramlott töltéssel, ha közben a mező változatlan marad, azaz $W \sim Q$;" [1].

Ezek után "A feszültség" címet viselő tankönyvi fejezet bevezető kérdését így fogalmazhatjuk meg: csak az átáramlott töltésmennyiségtől függ a mező munkája? A válaszadáshoz az előző órai ismereteket jól felhasználhatjuk.

A feszültség fogalmának értelmezése alapvetően fontos. Általában hosszabb érési idő szükséges ahhoz, hogy jól használható fogalommá váljon. A fogalom általánosításához szükséges ismeretanyag, hogy az áramkörbe kapcsolt vezető bármely két pontja között van elektromos mező, így ezen két pont között az elektronok átáramoltatásához a mező munkavégzésére van szükség.

A feszültség fogalmának, mint a mezőt jellemző mennyiségnek a kialakítása a következő kísérletekre épül:

Elsőként két olyan kapcsolást állítunk össze, amelyben az áramköri elemek: áramforrás, izzólámpa, ampermérő, kapcsoló. Egyik esetben az áramforrás zsebtelep, a másik esetben a hálózati áramforrás. Az áramköri elemeket úgy választjuk meg, hogy mindkét ampermérő ugyanakkora áramot jelezzon, vagyis az izzólámpákon átáramlott elektronok mennyisége azonos idő alatt azonos legyen. A kísérlet alapján szemléletessé válik a tanulók számára, hogy ugyanolyan erősségű áram fenntartásakor a hálózati áramforráshoz kapcsolt izzón nagyobb mértékű energiaváltozás következett be, mint a zsebizzón. Tehát a zsebtelep és a hálózati áramforrás elektromos mezője - ugyanannyi átáramlott töltés mellett - különböző munkát végez. Az elektromos mező által végzett munka tehát nemcsak az átáramlott töltés mennyiségétől, hanem a munkát végző elektromos mezőtől is függ.

Egy másik elengedhetetlen gyakorlati lépést szolgál a sorba kapcsolt zsebizzó és karácsonyfaizzó fényének összehasonlítása. Ugyanannak a mezőnek a hatására ugyanannyi elektron áramlik át mind a két izzón. A karácsonyfaizzó mégis jobban világít. Tehát a karácsonyfaizzó két kivezetése között ugyanaz a mező több munkát végez ugyanannyi elektron átáramoltatása közben, mint a zsebizzó két kivezetése között. Ez a megállapítás teszi érthetővé, hogy miért a két pont kö-

zötti mezőt jellemezzük munkavégzés szempontjából.

Az elektromos mezőt munkavégzés szempontjából jellemző mennyiséget feszültségnek nevezzük. /Jele: U./

Mivel a mező munkája az átáramlott töltés nagyságától is függ, ezért csak a munka, csak az energiaváltozás nem jellemezheti két pont között a mezőt. Csak az egyenlő töltésmennyiségek átáramlásakor végzett munkából következtethetünk a két pont közötti mezőre.

A feszültség fogalmát úgy kell kialakítani, hogy tanítványaink számára a következőket jelentse:

- A feszültség fizikai mennyiség, tehát kölcsönhatásnak nem lehet résztvevője /ezért kerülendő a "feszültség hatására" kifejezés/.
- Az elektromos mező két pont közötti részének jellemzője.
- Két pont közötti feszültségből a mező által a két pontja között 1 C töltés átáramoltatásakor végzett munkára lehet következtetni. Tehát feszültség mindig csak két pont között lehet!

Egyszerű számításos feladat elvégzése után a következő megállapítást tehetjük: "Ha a különböző esetekben átáramlott töltés egyenlő, a mező által végzett munka és a feszültség egyenesen arányos" [11], azaz $W \sim U$.

A kiegészítő anyagban egyszerű számításos feladatok felhasználásával felírhatjuk az elektromos mező munkájára vonatkozó összefüggést is: $W = Q \cdot U$.

Ezen órát követi a feszültség mérésével kapcsolatos

tudnivalók összessége, majd a "Fizika gyakorlat", amely órában nemcsak a mérések és kapcsolások gyakoroltatása a cél, hanem a feszültség fogalmának elmélyítése és az ellenállás tanításának előkészítése is.

Az elektromos, majd a mágneses mező további vizsgálata a nyolcadik osztályos tananyagban folytatódik.

4. Nyolcadik osztály

Nyolcadik osztályban a II. témakör keretén belül - mely "Az elektromos áram hatásai. Az indukció" címet viseli - jutunk el a mezőfogalom általános iskolai szintű felépítéséig. Mint ahogy erre már utalás is történt, a fogalom további érlelésére a későbbi tanulmányok során lehetőség van, éppen a meglévő nyitottság miatt.

A fejezet első órája, az "Emlékeztető" óra megkönnyíti a témakörben a további előrehaladást. A hetedik osztályban közel féléves tananyag "Az elektromos áram" című témakör. Az óra feladata e témakör lényeges részeinek ismétlése. Vegyük figyelembe, hogy a témakör feldolgozása óta több mint egy év telt el, így természetes, hogy a tanulók aránylag sokat felejtnek. Az ismeretek, összefüggések felidézését a tankönyvi ábrák felhasználása mellett további rajzokkal,

transzparenszekkel, az eszközök bemutatásával, esetleg kísérletek elvégzésével segítsük!

Elsősorban az alapfogalmakat ismételjük részletesen, mint például az elektromos töltés, az elektromos áram, a feszültség, az ellenállás és az elektromos munka fogalmát. A fogyasztók soros és párhuzamos kapcsolásáról tanultak ismétlésekor az áramerősség, a feszültség és az ellenállás alakulása mellett térjünk ki az elektromos mező egyes fogyasztókon végzett munkájának nagyságrendi összehasonlítására is.

A témakör indítása az elektromos áram hatásainak elemzésével történik. Mivel a tanulók az elektromos áram hatásait részben fizikából, részben kémiából és főként a mindennapi életből már viszonylag jól ismerik, e témakör feldolgozása nagyszerű lehetőséget biztosít arra, hogy a gondolatok általánosítható része is előkerüljön tanítás közben.

Az általános iskola fizikaóráin - életkori és egyéb didaktikai szempontok miatt - majdnem mindig csak kétpartneres kölcsönhatásokat vizsgálunk, pedig a valóságban nagyon ritkán található ilyen. A jelenségek döntő többsége sokpartneres viszony eredménye. Ezek közül könnyen elemezhető az olyan folyamatot alkotó, összekapcsolódó kölcsönhatási sor, ahol minden résztvevő állapota állandóan változik. Az olyan gyakran előforduló eset, amikor a folyamatban résztvevő partnereknek csak egy részén észlelhető állapot-

változás, a tanulóknak nehezen érthető. Az ilyen folyamat külön figyelmet érdemel, és még az általános iskolában is legalább egy egyszerű esetben vizsgálat tárgyává kell tenni. Erre biztosít lehetőséget "Az elektromos áram hőhatása" című óra. Ennek keretében a már meglevő ismeretek rendszerezése mellett újat a hőhatás részletes elemzése, az egymáshoz kapcsolódó kölcsönhatások vizsgálata jelent.

Az egymáshoz kapcsolódó kölcsönhatások elemzésekor mutassunk rá, hogy azok eredményeként egyensúlyi állapot jön létre /ezen fogalom a hetedik osztályban már ismeretes/, mely azt jelenti, hogy az ellenálláshuzal energiája nem változik, de csökken az áramforrásé, és nő a huzal környezetéé. /Az elektromos áram hőhatásának részletes elemzése előtt ismételjük át a belső energiáról és a belsőenergia-változásról tanultakat./ Ezen ismeretanyag felhasználásával a kölcsönhatások elemzéséhez a következő gondolatmenet javasolható:

- Kölcsönhatás van az áramforrás által létesített elektromos mező és az ellenálláshuzal szabad elektronjai között.
- Kölcsönhatás van a huzal szabad elektronjai és helyhez kötött részecskéi között.
- Kölcsönhatás van a huzal és környezete között.

Összefoglalva tehát a következő megállapításokat tehetjük: "Az elektromos áram hőhatása több, egymáshoz kapcsolódó kölcsönhatás eredménye." ... "Az energiamegmaradás itt végeredményben azt jelenti, hogy az elektromos energia csökkenése egyenlő a belső energia növekedésével." [12],

Ezen az órán kerül szó az elektromos melegítő eszközökről, valamint az izzólámpa működési elvéről. Kiegészítő anyagban esik szó az elektromos áram vegyi hatásáról, bár éppen csak megemlítjük, hiszen a tantervi koncentráció keretén belül ezzel a témával elsősorban a kémia foglalkozik. Fontos viszont felhívni a figyelmet az elektromos áram élettani /szintén vegyi/ hatására, különösen kihangsúlyozva a lehetséges balesetek elkerülési módját.

A következő három tanítási egység az elektromos mező munkájával és a fogyasztók teljesítményével foglalkozik. A hetedik osztályban az elektromos mező munkájáról kísérletekre alapozottan megállapítottuk, hogy mind az átáramlott töltéssel, mind a feszültséggel egyenesen arányos. A mennyiségek közötti összefüggést - kiegészítő anyagként - képlet formájában is rögzítettük $W = Q \cdot U$. A tanulók életkori sajátosságai, logikus gondolkodásuk fejlettségi szintje lehetővé teszi, hogy a nyolcadik osztályban "elméleti" úton tanítsuk meg az új összefüggéseket. Ezen az órán ez történik, mivel a $W = Q \cdot U$ képletből behelyettesítéssel nyerjük a $W = U \cdot I \cdot t$ összefüggést. Ugyancsak behelyettesítéssel kapjuk meg a $P = U \cdot I$ összefüggést is.

A teljesítmény hetedik osztályban történt tanításakor említettük, hogy ez a mennyiség a munkavégzés folyamatára jellemző. Érvényes ez a megállapítás az elektromos fogyasztókkal kapcsolatban is, mivel azok teljesítménye is az elektromos munkavégzésre jellemző. A "Fizika gyakorlat" cí-

mű egység sem öncélú, hiszen a logikai út alkalmazásánál nélkülözhetetlen a kísérleti ellenőrzés. Tudatossá tehetjük ezt, ha a gondolati és tapasztalati eredmények között kapcsolatot teremtünk.

Mielőtt az elektromágneses indukció tárgyalását elkezdenénk, beszélnünk kell az elektromos áram mágneses hatásáról.

A mágneses mezővel kapcsolatban a tanulók figyelmét nem hívtuk fel a hatodik osztályban másra, csak arra, hogy az létezik, kölcsönhatásra képes, tehát energiája van. Ahhoz azonban, hogy az elektromágneses indukció lényegét megértsék, többre van szükség. Fel kell, hogy ismerjék a mező változását, ha az akár térben, akár időben következik is be. Ennek az órának a feladata a mágneses mező inhomogén voltának felismertetése. /Emlékezve a hatodik osztályban látott vasreszelékes ábrára - fényképe a tankönyben is megtalálható - a tanulók hajlamosak a leszórt vasreszelék elhelyezkedésének sűrűségéből következtetni a mező erősségére, pedig ez megtévesztő. A vasreszelék ott helyezkedik el sűrűn, ahova sokat szórtunk belőle. A kialakuló vonalak egymástól mért távolsága tehát nem a mező erősségétől, hanem a kezünk "remegésétől" függ. A mezőnek csak a vonalak kialakításában van szerepe./

A mágneses mező erősségének jelzésére alkalmas legegyszerűbb segédeszköz a könnyen mozgó iránytű. A tanulók már többször tapasztalták, hogy a mágneses mező hatása moz-

gásállapot-változást eredményezhet. A tankönyv 1-3. kísérletének keretében pontosítjuk a mágneses mezőről tanultakat annak megállapításával, hogy a tér különböző pontjaiban a mágneses mező nem egyenlő erősségű /a mágneses erőhatás különböző nagyságú és különféle irányú/, a könnyen mozgó mágnesű eltérő kitéréséből következtethetünk. A harmadik kísérlet az előző kettőhöz hasonló, csak permanens mágnes helyett áramjárta vezetőt /tekercset/ használunk, és azt is megállapíthatjuk, hogy "Az áramjárta tekercs mágneses mezője hasonló a rúd-mágnes mágneses mezőjéhez." [12]. Szintén egyszerű kísérlet eredményeképpen a következőt is mondhatjuk: "A tekercs mágneses pólusai felcserélődnek, ha a tekercsben folyó áram iránya ellentétesre változik." [12].

Az áramjárta tekercsnél megemlíthető, hogy a szabad elektronok rendezett mozgásakor a vezeték körül egy időben van jelen az elektromos és mágneses mező. Az, hogy a tér ugyanazon helyén egy időben többféle mező is jelen lehet, a mezők áthatolhatóságát jelenti. Utalhatunk arra is, hogy a mezők formájában megjelenő anyagok kísérletileg a korpuszkuláris felépítettségű anyagokkal mutathatók ki.

Még egy gondolat erejéig az erővonalakról: általuk igen szemléletes képet vetíthetünk tanulóink elé. Megoldást az jelent a pontosság érdekében, ha jól alakítjuk ki fogalmát, mert nélküle az általános iskolában nagyon keveset lehetne szemléltetni a mezőről. A tankönyv az erővonalak értelmezésére nagyon egyértelmű megoldást ad. Az erő-

vonaltól nem más, mint a sokféle ábrázolás-lehetőség közül az egyik praktikus változat, és erre az indukció tárgyalásánál van szükség. A következő óra anyaga inkább "gyakorlati" vonatkozású, az elektromágnesekkel foglalkozik. Igen lényeges megállapítást tesz egy egyszerű kísérlet alapján: "A tekercs körüli mágneses mező erősebb, ha a tekercsben folyó áram erőssége nagyobb, vagy ha a tekercsbe vasmagot helyezünk. Azonos körülmények között a nagyobb menetszámú tekercs körül erősebb a mágneses mező." [12].

Ezen előzmények után jutunk el általános iskolai szinten a "csúcshoz". Mint már említettem, ez a tulajdonképpeni "mező-mező" kölcsönhatás még nehezen megközelíthető a tanulóink számára, így az egyszerűsítés kedvéért "test-mező" kölcsönhatások láncolatára szorítkozunk.

Motiváló gondolatunk a következő: "A vezetőben az elektromos mező elektromos áramot hoz létre. Az áramjárta vezető körül mágneses mező van. Tehát elektromos mező segítségével mágneses mezőt hozhatunk létre. Lehet-e létrehozni a mágneses mező segítségével elektromos mezőt?" [12].

A válasz már is írható:

"Az elektromos mező változását mindig egy mágneses mező fellépése kíséri." Amennyiben az "elektromos" és "mágneses" szavakat felcseréljük, mondatunk így hangzik: "A mágneses mező változását mindig egy elektromos mező fellépése kíséri." Állításunk helyessége felől csak a kísérlet dönthet. Problémánk megfogalmazásának gondolata a mező nyelvének hasz-

nálata folytán merül fel.

Éppen száz évvel ezelőtt állított össze Faraday egy kísérletet, amelynek eredménye az indukált áram roppant jelentőségű felfedezése volt." [18] ; [9] .

Mivel a kísérletek elvégzése ennél a témakörnél is nagy fontosságú, természetesen a klasszikus indukációs kísérletek elvégeztetésével és elemzésével próbáljuk tanulóink számára megértetni a jelenség lényegét. A tapasztalatokat összefoglalva, a következő megállapításokig kell eljutnunk: "Amikor egy tekercs belsejében a mágneses mező változik, a tekercshez kapcsolt ampermérő áramot jelez. Ezt az áramot indukált áramnak, a jelenséget pedig elektromágneses indukciónak nevezzük. Az elektromágneses indukció az a jelenség, amikor a változó mágneses mező hatására indukált elektromos mező jön létre. ... Ha egy tekercs belsejében változik a mágneses mező, a tekercs áramforrásként használható." [12].

A következő órában az indukált áramot és indukált feszültséget vizsgáljuk, szintén kísérletek kapcsán. A lényeges megállapítások e két mennyiségre vonatkozóan: "Az indukált áram iránya attól függ, hogy a tekercs belsejében melyik pólus körüli mágneses mező erősödik, illetve gyengül." "Az indukált feszültség annál nagyobb, minél gyorsabban változik a tekercsben a mágneses mező, és minél nagyobb a tekercs menetszáma." [12].

Sajnos, a "Kiegészítő anyag" című részbe került az in-

dukció jelenségének energiával való kapcsolata, de remélhetőleg fizikatanáraink többsége nem kerüli el ennek tárgyalását, hiszen olyan szép és érthető gondolat, melyet kár lenne nem megismertetni tanítványainkkal. "Az indukált áram iránya mindig olyan, hogy mágneses hatásával akadályozza az indukciót létrehozó mozgást, változást. Ezt a törvényt Lenz német származású orosz fizikus ismerte fel, és tiszteletére Lenz-törvénynek nevezzük. A Lenz-törvényben az energiamegmaradás törvénye fejeződik ki." [12].

Az indukcióról tanultak alapján könnyen tárgyalhatjuk a váltakozó áramok témakörét. Hetedik osztályban "kegyesen" hallgattunk arról, hogy nemcsak egyenáram létezik /ez akkor még talán fogalom-zavart is okozott volna/. Megbeszéljük, hogy mit értünk a váltakozó áram fogalmán, valamint azt is, hogy a váltakozó áramnak is van hő-, mágneses-, és vegyi hatása is /az utóbbinál arra is kitérünk, hogy nincs olyan gyakorlati szerepe, mint az egyenáramnak/.

Az indukció másik fontos gyakorlati alkalmazásának tárgyalása a fejezet végén kerül sorra: a transzformátor és gyakorlati alkalmazásai. Ennek elsősorban célja az indukcióról tanultak elmélyítése, másik pedig az úgynevezett "energiaszállítás" problémájának tárgyalása. Mivel a "Technika" tárgyjal koordináltan tanítunk, itt elsősorban a fizika oldaláról közelítjük meg a témát. Az energiamegmaradás törvényének felhasználásával állapítunk meg összefüggéseket a primer és szekunder körök tekercseinek menetszámai és fe-

szültségei, illetőleg teljesítményeire vonatkozóan. /Itt éppen az életkori sajátosságok, s talán a rövid idő miatt is nem térhetünk ki a valóságban meglevő veszteségekre./ A tényleges összefüggések megállapítása után a transzformátorok néhány gyakorlati alkalmazását soroljuk fel.

A nyolcadik osztályos elektromosság-tananyag az "Összefoglalás" című óra előtt egy Olvasmány-nyal zárul, melyet jó képességű osztályban, szakkörön, vagy a tehetség-gondozás keretében eredményesen feldolgozhatunk, hiszen témái a mai gyerekektől nem idegenek. Ezek a következők:

1. Mikrofon, telefon, hangszóró;
2. Egyenirányító, erősítő;
3. Magnetofon;
4. Antenna, elektromágneses hullámok;
5. Jeltovábbítás elektromágneses hullámokkal.

Az általános iskolai fizikaoktatást lezáró Összefoglalásban pedig már nem osztályokra bontva, hanem logikai egységekre építve ismételjük át a mezőről tanultakat.

V. NÉHÁNY GONDOLAT - BEFEJEZÉSKÉNT

Az előző négy fejezet összefoglalja a főcímben említett két fogalom általános iskolában történő tanításának szükségességét, elméleti alapjait, metodikai vonatkozásait. Joggal kérdezhetjük, vajon eredményesen vezethetjük-e be e két fogalmat ilyen "korán"?

A kölcsönhatással kapcsolatban azt hiszem nincs különösebb ellenvetés, nehezebb kérdés a mező. Választ csak "egyvalakitől" kaphatunk: tanulóinktól. Ez a válasz lehet szóbeli, írásbeli, óra alatti, órán kívüli, szakköri stb. visszajelzés, de mindenképpen olyan információ, amely a további tanítási-tanulási folyamat hatékonyságát emelni tudja.

Kutatócsoportunk közel tíz éve dolgozik az általános iskolai fizikaoktatás terén. Ez alatt az idő alatt mi is számtalan felmérést készítettünk, begyűjtve a kísérleti osztályok által megírt témaközi, témazáró feladatlapokat, órákat látogattunk, és a gyakorló pedagógusokkal többször beszélgetve regisztráltuk a felmerülő problémákat, illetve keveset módosítottunk az egyszerűen, jól érthetően tanítható egységeknél. Ezen adatgyűjtésnek több célja is volt, hogy csak egy párat említsek: milyen volt az addigi munkánk, hol kell elsősorban javítani, milyen eltérések mutatkoznak első-

sorban a tizennégy kísérleti osztály dolgozataiban, illetve a kutatócsoport egyes tagjai a választott témájuknak megfelelően gyűjthettek munkájukhoz adatokat. Ezeknek az adatoknak a felhasználása igen sokat segített a már említett tankönyvi átdolgozásnál.

Készült azonban a tankönyvek megjelenése után egy olyan országos felmérés-sorozat az Országos Pedagógiai Intézet gondozásában, amely a már meglévő és országosan bevezetett tankönyvekre épült [29].

Hatodik osztályban az 1979/80; hetedikben az 1980/81; nyolcadikban pedig az 1981/82-es tanév adatait dolgozta fel. Az iskolák kiválasztása véletlenszerű volt, így városi, falusi iskola egyaránt szerepelt. A megosztás a következő: Budapest: 10 iskola. Vidéken a megyékben: Baranya: 3, Bács-Kiskun: 5, Békés: 2, Borsod-Abauj-Zemplén: 7, Csongrád: 3, Győr-Sopron: 3, Fejér: 2, Hajdu-Bihar: 3, Heves: 2, Komárom: 3, Nógrád: 2, Pest: 7, Somogy: 2, Szabolcs-Szatmár: 5, Szolnok: 3, Tolna: 3, Veszprém: 3, Zala: 2 iskolával vett részt. Összesen tehát 70 iskola, átlag 1785 tanulóval /a létszámbeli eltérések oka hiányzás, kimaradás stb./.

"Az eredményvizsgálattal a tananyag megértésének, alkalmazni képes tudásának a mértékéről kívántunk tájékozódni. Ezért a feladatok döntő többsége a tanult tények, jelenségek, fogalmak, összefüggések, törvények konkrét szituációban történő felismerését, alkalmazását, esetenként egészen újszerű, alkotó alkalmazását kívánta meg." [29].

Az eredményvizsgálat célja tehát: "... milyen mértékben teljesítik tanulóink a tantervben meghatározott követelményeket az adott körülmények között." [29].

A vizsgálatot a leírtak alapján három, egymást követő évben végezték /a tankönyvek második évében/ - így lehetőséget teremtett arra, hogy fejlődésében vizsgálják a tanulók fizikatanulásban elért eredményeit.

A vizsgálatok eredményeit több szempont szerint dolgozták fel /fővárosi, vagy vidéki iskola, képesített, szakos, vagy képesítés nélküli pedagógus tanít-e stb., még így sem teljes a sokirányú lehetőséget figyelembe véve/. Ezen szempontok egyike, hogy milyen különbség mutatkozik az optimum és minimum szintű követelmények teljesítésében, milyen eltérés van az ismeret, megértés, alkalmazás és magasabb rendű műveletek kategóriákba sorolható feladatok megoldásában.

Mit értünk optimum és minimum szinten? A tanári követelményrendszer egésze adja az optimum szintet, a minimumot pedig a továbbhaladáshoz szükséges elemi követelmények alkotják. Idézet a kiadványból: "Fizikából elsődlegesen olyan tananyagrészekkel kapcsolatos követelményeket soroltunk a minimum szintű követelmények közé, amelyek megalapozó jellegűek a további fizika tanulmányokhoz. A tanulók oldaláról közelítve: csak olyan követelmény szerepelhet minimum szintű követelményként, amelynek teljesítése valamennyi egészséges tanuló részéről elvárható. A minimum szintű követelmények meghatározásához a korábbi tanítási tapasztalatok, a

kísérleti tanítás eredményei és a további vizsgálatok adatai szolgáltatották az alapot.

A fentiekből kiindulva, minimum szintű követelmény minden alapvető fizikai fogalom, összefüggés és törvény ismerete, ezek egyszerű, gyakorlati alkalmazása. Megkivánjuk az alapösszefüggések, képletek ismeretét, és olyan számítási feladatok megoldását is, amelyek nem igénylik a képlet-átalakítást és a mértékegységek átváltását. Ez utóbbiak megoldása optimum szintű követelményként szerepelnek a tantervben, sok más követelmény mellett." [29].

A felsorolt szempontok szerinti értékelés nagyon sokirányú lenne, így most csak a mezőre vonatkozó feladatokat /számozás szerint, illetve egy-két idézettel kiegészítve/ sorolnám fel. A feltüntetett százalékos arányok a maximális pontszámhoz viszonyított teljesítési arányt mutatják. Összehasonlíthatnánk a többi fogalommal kapcsolatos feladatok megoldási arányával is, de most az elsődleges cél a három osztály teljesítményének fejlődése. Minden feladat leírása felesleges lenne, hiszen az említett kiadványban megtalálhatók. A felsorolás utáni idézetek egy-két tipikus, a témával kapcsolatos érdekesebb válaszadási arányra mutatnak rá.

A mezővel kapcsolatos feladatok tehát a következők /osztályonként A és B variáns van, a számozásnál a római szám a témakört jelenti/:

Feladatok	Szint	Pontszám	Százalék	Megjegyzés
6. osztály				
I.A.4.	optimum, megértés	1	37,6	
I.A.5.	minimum, ismeret	2	90,8	
I.A.6.	optimum, megértés	1	59,9	
I.B.4.	optimum, megértés	1	43,0	
I.B.5.	minimum, ismeret	2	89,7	
I.B.6.	optimum, megértés	1	59,0	
II.A.4.	minimum, alkalmazás	2	67,5	
II.B.5.	optimum, alkalmazás	3	39,6	

Feladatok	Szint	Pontszám	Százalék	Megjegyzés
7. osztály				
I.A.3.	optimum, megértés	1	35,8	⌘
I.A.7.	minimum, alkalmazás	3	47,2	mérés
I.A.8.	minimum, alkalmazás	3	55,0	Mérés
I.A.11.	minimum, alkalmazás	1	68,5	⌘
I.B.3.	optimum, megértés	1	54,0	⌘
I.B.8.	minimum, alkalmazás	3	60,6	mérés
I.B.11.	minimum, alkalmazás	1	67,8	⌘

Feladatok	Szint	Pontszám	Százalék	Megjegyzés
8.osztály				
III.A.8.	minimum, alkalmazás	3	55,6	
III.A.9.	Optimum, alkalmazás	1	84,4	
III.A.10.	optimum, megértés	2	73,3	Elektromág- nes gyak. alk.
III.A.11.	minimum, megértés	1	86,6	⌘
III.A.12.	optimum, alkalmazás	1	85,1	
III.A.13.	optimum, alkalmazás	2	44,9	Transzfor- mátor
III.B.8.	minimum, alkalmazás	3	60,1	
III.B.9.	optimum alkalmazás	1	78,4	
III.B.10.	optimum, megértés	2	71,7	
III.B.11.	minimum, megértés	1	86,8	
III.B.12.	optimum, alkalmazás	1	84,1	
III.B.13.	optimum, alkalmazás	2	33,4	Transzfor- mátor

A "megjegyzés" rovatban csillaggal jelölt feladatok a következők:

7.I.A.3. "Negatív töltésű elektroszkóp tányérjához pozitív töltésű rudat közelítünk. /A rúd nem ér 35,8 % az elektroszkóphoz./ Mit tapasztalunk? Az elektroszkóp mutatója" [29].

7.I.B.3. "Negatív töltésű elektroszkóp tányérjához negatív töltésű rudat közelítünk. /A rúd nem ér 54 % az elektroszkóp tányérjához./ Mit tapasztalunk? Az elektroszkóp mutatója" [29].

/A feladatok megoldásának alacsony százaléka, valamint a két feladat megoldási arányának nagy különbsége arra utal, hogy ezen a téren a pedagógusnak "erősítenie" kell./

7.I.A.11. "Ugyanazon fogyasztó kivezetései között először 8 V, másodszer 24 V feszültséget mérünk. Hasonlitsa össze a fogyasztón átfolyó áram erősségét e két esetben!

A második esetben a fogyasztón átfolyó áram erőssége, mint az első esetben." [29].

7.I.B.11. "Ugyanazon fogyasztó kivezetései között először 110 V, másodszer 220 V feszültséget mérünk. Hasonlitsd össze a fogyasztón átfolyó áram erősségét a két esetben!

A második esetben a fogyasztón átfolyó áram erőssége, mint az első esetben." [29].

/A százalékos megoszlás közel egyenlősége és viszonylagosan magas értéke azt mutatja, hogy a még oly nehéz feszültség-fogalom ilyen irányú megközelítése eredményesnek mondható./

8.III.A.11. "Egy tekercs közelében elektromágnes van. Nyitjuk és zárjuk az elektromágnes áramkört. Ezáltal változik a tekercs belsejében a mágneses mező. A tekercsben elektromos mező keletkezik. Hogyan nevezzük ezt a jelenséget?" [29].
86,6 %

8.III.B.11. "Egy tekercshez mágnesrudat közelítünk. Ezáltal változik a tekercs belsejében a mágneses mező. A tekercsben elektromos mező keletkezik. Hogyan nevezzük ezt a jelenséget?" [29].
86,8 %

/Bár a fekadat minimum szintű, de a magas teljesítmény azt mutatja, hogy a tanulók többsége felismerte az indukció jelenségét. Bár nem idéztem a két transzformátoros feladat szövegét, hiszen egyszerű számításokról van szó, elgondolkodtató az alacsony teljesítményszint. Igaz ugyan, hogy az eredményvizsgálat készítésekor ez az anyag-rész az utolsó témakör utolsó óráinak egyike, tehát a tanulók is fáradtak, készülnek a továbbtanulásra - éppen ezért került az elektromosságtani rész az átdolgozott kiadásban a II. témakörbe. Viszont a pedagógusoknak is többet

kell tenniük, gyakorlással, érdekes feladatok keresésével, s más egyéb metodikai módszerek segítségével, hogy ennek a fontos anyagrésznek a befogadása is eredményesebb legyen./

A kigyűjtött adatokból is látszik, hogy a tanulók néha a minimum szintű feladatoknál kevesebb pontszámot érnek el, mint a magasabb követelményt megkívánó optimum szintű feladatoknál. Ennek oka sokféle lehet: begyakorlás, megértés, érlelés, tanulás, tanári segítség, további anyagrészek feldolgozása, kísérletezés stb.

Biztató viszont a következő tény: nyolcadik osztályban a témával kapcsolatos válaszadások aránya lényegesen magasabb, mint az előző osztályokban. Ez a tény többféle ok alapján magyarázható: elsősorban annak köszönhető, hogy a tanulók már jól elsajátítják a fizikai ismeretszerzés módszereit, megismerik a kialakult szokásokat, fizikai szakkifejezéseket. Ezzel párhuzamosan biztonságosabbá, sokoldalúbbá válnak a matematikai alapok, fejlődik a tanulók gondolkodási képessége.

Most csak az eddig elért eredményeket ismertettem, szeretnék kitérni azonban egy következő gondolatra is: 1985-ben jelent meg egy könyv a tanulók számára [30]. Legközelebbi feladatunk olyan tanulók közreműködésével történő felmérés, akik önként vállalják, hogy feladatról-feladatra a három, fizikát tanuló évben megoldják a felsorolt feladatokat, illetve jelzik a nehézségeket, problémákat. Ezáltal információt nyerhetünk, hol és hogyan kell javíta-

nunk, hogy minél jobban "gyerekközelbe" hozzuk ezt a kiadványunkat is. Reméljük, az arány nem lesz rosszabb, mint az idézett.

Az eredményvizsgálat idézett feladatainak megoldási szintjéből arra következtethetünk, hogy nem "idegen", amit tanítani szeretnénk. A felsimerés, a minimum szint megfelelően magas, az optimum aránya pedig a fejlődőképességet mutatja. Így joggal mondhatjuk, hogy nem lehetetlen, sőt valóban szükségszerű a mező tanítása az általános iskolában.

Mezőnek nevezzük, vagy térnek, oly sok kapcsolatot lehet teremteni, még akkor is, ha egyes kérdések nyitottak maradnak nemcsak a tanulók, a tanítók számára is. Ha jól akarunk dolgozni, figyelemmel kell kísérni az eredményeket, be kell építeni a tanítási folyamatba.

Tíz év alatt egy generáció "nőtt fel" az új fizika-tankönyveken, úgy tapasztaljuk a felsőoktatásban is, hogy megállják a helyüket. Ha az "új fizika" hasznosságára kérdezünk, azt mondom: igen, a hatékonyságot pedig folytonos önképzéssel újra és újra fokozni lehet.

A befejezés nem befejezés - ezt a munkát tovább is szeretném folytatni - és akikért igen, remélem segítőtársaim lesznek - a GYEREKEK.

I R O D A L O M J E G Y Z É K

- [1] A Magyar Tudományos Akadémia állásfoglalásai és ajánlásai a távlati műveltség tartalmára és az iskolai nevelőtevékenység fejlesztésére. 1973-76. Budapest, 1976.
- [2] Az általános iskolai nevelés és oktatás terve Országos Pedagógiai Intézet /Zátonyi Sándor 629.p;/ Budapest, 1981.
- [3] Új Magyar Lexikon 4. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1961. 229.p.
- [4] Fizikai kislexikon Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977. 393.p.
- [5] Természettudományi Lexikon 3. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1966. 864.p.
- [6] Bor P. - Dr.Halász T. - Bonifertné - Molnárné:
Mit kell tudni a fizika tanításához a 6. osztályban?
Tankönyvkiadó, Budapest, 1978.
- [7] Dr.Halász T. - Kovács L. - Miskolcziné - Szántó L.:
Tanári kézikönyv, Általános Iskola. Fizika 6. osztály
Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- [8] Bor P. - Dr.Halász T. - Kovács L. - Miskolcziné -
- Szántó L.:
Hogyan tanítsuk a fizikát a 7. osztályban?
Tankönyvkiadó, Budapest, 1979.

- [9] Dr.Halász T. - Kovács L. - Dr.Kövesdi P. - Miskolcziné - Szántó L.:
Hogyan tanítsuk a fizikát a 8. osztályban?
Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.
- [10] Dr.Kövesdi P. - Bor P. - Dr.Halász T. - Kovács L. -
- Miskolcziné:
Fizika 6. Munkatankönyv az általános iskola
6. osztálya számára
Tankönyvkiadó, Budapest, 1983.
- [11] Dr.Kövesdi P. - Bor P. - Dr.Halász T. - Kovács L. -
Szántó L.:
Fizika 7. Munkatankönyv az általános iskola
7. osztálya számára
Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.
- [12] Dr.Kövesdi P. - Bonifertné - Dr.Halász T. - Miskolcziné - Szántó L.:
Fizika 8. Munkatankönyv az általános iskola
8. osztálya számára
Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- [13] Marx Gy.: Einstein születésének 100. évfordulójára
Népszabadság, Budapest, 1979. március 11. 11.p.
- [14] Károlyházy F.: A gravitációs erő száműzése
Élet és Tudomány, Budapest, 1979. 16.sz. 190.p.
- [15] Dr.Budó Á.: Kísérleti fizika I.
Tankönyvkiadó, Budapest, 1968.
- [16] Dr.Budó Á.: Kísérleti fizika II.
Tankönyvkiadó, Budapest, 1968.

- [17] Dr.Budó Á. - Dr.Halász T.: Kisérleti fizika III.
Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
- [18] Einstein - Infeld: Hogyan lett a fizika nagyhatalom?
Móra Könyvkiadó, Budapest, 1971.
- [19] J.Oreear: Modern fizika
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971.
- [20] R.P.Feynman - R.B.Leighton - M.Sands:
Mai fizika 5.
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1969.
- [21] Simonyi K.: A fizika kultúrtörténete
Gondolat Kiadó, Budapest, 1978.
- [22] Simonyi K.: Villamosságtan
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1983.
- [23] Nagy S.: Az oktatáselmélet alapkérdései
Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.
- [24] Pedagógiai kézikönyv
Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.
- [25] Horváth Gy.: A tananyag és a tankönyv struktúrája
Tankönyvkiadó, Budapest, 1972.
- [26] Lénárd F.: A problémamegoldó gondolkodás
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1984.
- [27] Holics L.: Feladatmegoldások és fizikai tartalom
Fizika Szemle, 1970/9. 275.p.

- [28] Zátonyi S.: A fizikai feladatok megoldása és a tanulók gondolkodása
Tankönyvkiadó, Budapest, 1983.
- [29] Zátonyi S.: Eredményvizsgálat témazáró feladatlapokkal /Fizika 6.-8. osztály/
Országos Pedagógiai Intézet, Budapest, 1982.
- [30] Bonifertné - Dr.Halász T. - Miskolcziné - Molnárné:
Fizikai kísérletek és feladatok általános iskolásoknak
Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- [31] Probaskova, Kularova: Fizika 8.
Bratislava, 1982.
- [32] Bagi M. - Bor P. - Dr.Halász T.: Kölcsönhatás,
mező az új általános iskolai 6. osztályos fizikatankönyvben
A fizika tanítása, 1977/3. 73-76.p.
- [33] W.J. Kaufmann III.: Relativitás és kozmológia
Gondolat Kiadó, Budapest, 1985.

Szeretnék végezetül köszönetet mondani mindazoknak a munkatársaknak, kutatócsoportunk tagjainak, akik hasznos tanácsaikkal, útmutatásaikkal, biztatásukkal segítettek munkám elkészítésében.

Külön köszönettel tartozom Dr. Dombi József egyetemi docensnek az értékes és sokoldalú irányításért, támogatásért.