

## ELMÉLETI SZEMPONTOK A FIZIKATANÍTÁS KÖRÉBEN.

Székfoglaló értekezés.\*

A fizikatanítás részletkérdéseinek tárgyalásában első sorban a középiskolákat tartom szem előtt, ezek lévén a középfokú oktatás élén haladó intézetek. Fejtegetéseim kellő módosításokkal alkalmazhatók lesznek egyéb iskolafajokra is; de ezen átvitelt azokra kell bíznom, akik azok érdekeit és sajátosságait közelebbről ismerik, mint a mennyire én ismerhetem.

A középiskolák új tantervei az 1899. évi 32,818. sz. rendelettel adattak ki, a hozzájuk kapcsolódó Utasítások közül a gimnáziumiak az 1903. évi 43,381. sz. rendelettel láttak napvilágot, míg a reáliskolaiakra még a mai napig is várunk. Az utóbbi körülmény a tárgyalandók tekintetéből mellékes, mert hiszen a fizika mindkét középiskolában egyformán szerepelvén, a gimnáziumi Utasítások a reáliskolákra is mértékadókul tekinthetők.

Öt évvel ezelőtt, a «Magyar Pædagogia» XIII. évfolyamában a gimnáziumi Utasításokkal részletesebben foglalkoztam, kiemelve azoknak a régiakkal szemben kétségtelenül megállapítható előnyeit, s rámutatva egyes, épen oly kétségtelenül megállapítható hiányaikra. Főlősleges volna, ha egyszer már közreadott nézeteimet fölújítanám, s így a következőkben, talán a megengedettnél behatóbb szakszerűséggel csupán oly kérdésekkel fogok foglalkozni, a melyek jelzett cikkeimbem nem érintettek, de a melyek a tanítás szempontjából mégis bővebb méltatást érdemelnek.

Arról, vajjon a fizika egyáltalán helyet foglaljon-e a középiskola tantárgyai között, ma már nem kell vitatkozni. Sőt talán ellenkezőleg, síkra kellene szállani azok ellen, akik készek levén minden történelmi hagyománnyal szakítani, a középiskolából a klasszikus ókort, a történelem és irodalomtörténet régebbi korszakait kiküszöbölni törek-szenek, s ezek helyett az ember sikeresebb boldogulásának tetszetős jelszavával a reális tárgyakat, s közöttük a fizikát is az eddiginél terjedelmesebb szerepkörrel kívánnák alkalmazni.

A fizikát a középiskolában az eddiginél nagyobb terjedelemben taníttatni nem kívánom, a mennyiben meg vagyok róla győződve, hogy normális viszonyok között alkalmas módszer, célszerű eljárás és a tanítás anyagának kellő megválogatása mellett a sikert a mai

\* Fölolvasta a szerző a M. Pædagogiai Társaság 1909 okt. 16-án tartott ülésén.

keretekben is egyelőre biztosítani lehet. Mert mit akarunk elérni? Azt, hogy a középiskolát végzett tanuló a fizika legfontosabb tárgyi köreiből oly mértékű tájékozódást szerezzen, hogy ismereteit a gyakorlati életben lépten-nyomon felötlő alkalmakkor képes legyen értékesíteni, s ha éppen az az eset forogna fön, hogy tanulmányainak folytatása közben a fizika a maga egészében ismét szerepet játszik, e tekintetben a kellő előkészület ne hiányozzék. Magasabb célt nem is igen lehet kitűzni; mert hiszen számolnunk kell a tanuló ifjúság korával, szellemi fejlettségével és a tárgyi nehézségekkel, melyek még akkor sem fognak lényegesen csökkenni, ha a matematikai tanítás óhajtott reformja az infinitezimális számítás elemeit adja a tanuló ifjúság kezeibe, ezzel is könnyíteni törekedvén a fizikában mellőzhetetlen dedukciókon.

A módszert illetően az Utasítások általánosságban a természettudomány módszereit ajánlják, tehát vagy a természetben végbemenő tünemények megfigyeléséből vagy kísérletek útján szerzett tapasztalatokból kell szerintük a tanításnak kiindulnia, szóval: az Utasítások azt kívánják, hogy a fizikatanítás kísérleti alapra helyezkedjék. Erről e helyütt a múlt évben már részletesen szó volt s így a kérdés így irányú fejtegetésével nem foglalkozom.

A tisztán kísérleti alapra való helyezkedés azonban lehetetlen. Erre az Utasítások is rámutatnak, amidőn a következőket mondják:

«A kísérleti tényekből az egyes mennyiségek kapcsolatát indukción révén igen gyakran vagy nehezen, vagy csak igen hosszadalmas úton tudjuk megállapítani. Vannak kísérletek, melyek terjedelmük, hosszadalmasságuknál, vagy néha igen költséges kísérleti eszközök hiányánál fogva be sem mutathatók. A pusztán induktív tanmenet nagyon egyoldalú volna, mert egyrészt nem nyújtana áttekintést a különböző tüneménycsoportokról, másrészt nem tüntetné föl azt a szoros kapcsolatot, amely az energia különböző nyilvánulásai között fennáll. Azért a már megállapított törvényekből igen gyakran következtetés útján újabb tételeket fogunk levezetni, amelyeket csak utólag, ha egyszerűen és röviden lehetséges, kísérletileg is beigazolunk. Ezzel az induktív úton nyert alaptörvényeknek nemcsak jelentőségüket emeljük, hanem igazi tartalmukat is kiderítjük, mert oly tételeket és vonatkozásokat vezetünk le, amelyek implicite benne foglaltatnak, de az alaptörvényen közvetlenül föl nem ismerhetők. Az induktív és deduktív módszer eme váltakozásában rejlik a természettani oktatás kiválóan értelemfejlesztő hatása.»

Az idézetekben bölcs mérséklettel odatik meg egy erősen kontroverz kérdés, t. i. a kísérleti és elméleti fizika szerepe az iskolában. A régi Utasítások kifejezetten az elméleti fizika felé hajlottak, s támo-

gatták azt a felfogást, mely végeredményben a fizikát a matematikának teljesen alárendelte, úgy annyira, hogy a fizika pusztán alkalmul szolgált arra, hogy rajta a matematikának a középiskolában elsajátított módszerét kipróbálják. Ez pedig annál fonákabb eljárás, mert hiszen a középiskolai matematika módszerei a fizikai kérdések helyes kezelését nagyrészt nem biztosítják.

A kétféle irány kölcsönös viszonyát igen találó módon *Henri Poincaré* jellemezte *Tudomány és hipotézis* című munkájában, melyből a következőkre hivatkozom.

A kísérlet az igazság egyedüli forrása, amennyiben egyedül a kísérlet nyújthat teljes bizonyosságot. Ebből a kísérleti fizika kizárólagos jogosultságára lehetne következtetni, ha a megfigyelések kihasználása nem követelné meg az általánosításokat, melyek nélkül igazi tudomány nincsen. A tudományt tényekből építik föl, úgy, mint a házat kövekből; de a tények halmazata épen oly kevéssé tudomány, mint a hogy egy kőrakás még nem tekinthető háznak.

A pusztá tények nem elegendők, rendezett ismeretekre, organizált tudományra van szükségünk. Az általánosítás révén minden megfigyelt tényből a tények nagy sokaságát előreláthatjuk, mi mellett azonban nem szabad elfelednünk azt, hogy csak az első tény bizonyos, az ennek alapján előrelátottak csupán valószínűek. Ennél fogva ez előrelátott tüneményeket kísérletileg igazolni kell, mi mellett soha sem bizonyos, vajjon a kísérlet nem fogja-e azokat meghazudtolni?

Ezt az előrelátást a matematikai dedukció teszi lehetségessé, minél fogva ennek épen oly erős a jogosultsága, mint a kísérleté.

*Poincaré* a tudományt könyvtárhoz hasonlítja, mely folyton gyarapodik; a könyvtárnoknak a beszerzésekre csak szűken áll pénz a rendelkezésére, tehát arra kell törekednie, hogy az átalányt el ne pocsékolja. A kísérleti fizika játssza a könyvtáros szerepét, egyedül ő vásárol, ő szaporítja a könyvtár állományát. Az elméleti fizika feladata a katalógus elkészítése. Ha ez a katalógus jól meg van csinálva, akkor a könyvtár még nem gazdagabb ugyan, de a kutató igénye nyert kielégítést, amennyiben neki szüksége van katalógusra, mert enélkül a könyvtár kincseit nem aknázhatná ki. Másrészt a jó katalógus a könyvtáros előtt földeríti a gyűjtemény hiányait, s őt arra képesíti, hogy az átalányt észszerűen fölhasználja, ami annál fontosabb, mert hiszen az átalány a szükségletek fődözésére különben is teljesen elégtelen.

Ez a szép hasonlat a szemben álló két irányzat kölcsönös szerepét találóan jellemzi, a hatásköröket szépen elkülöníti. Kérdés, vajjon a tanítás szűkebb körében, az iskolában is szembehelyezkednek-e ezek az irányok, vajjon nem lehetne-e itt teljesen a kísérleti

fizika álláspontjára helyezkedni, s az elméleti irányt teljesen mellőzni?

Az Utasításokból idézettek erre már részben megfelelnek ugyan, de azért nem lesz fölösleges a kérdéssel részletesebben foglalkoznunk.

A tudós, aki tudományát előbbre vinni szándékozik, kutatás-céljából kísérletezik. Ismerve a tünemények közötti kapcsolatosságokat, előre megfontolt és céltudatos kérdést intéz a természethez, tünemények közötti új kapcsolatokat keresvén. Sok esetben a természet nem felel a föltett kérdésre, s a tudós ezt a negatív eredményt is feleletnek veszi, amennyiben kénytelen kérdezőzködését most már másfelé irányítani. Kissé paradox egy híres fizikusnak az a mondása, hogy a sikertelen kísérletek tanulságosabbak, mint a sikerültek.

Az iskolában a tanár szintén kísérletezik; ő is tájékozva van a tünemények közötti kapcsolatok felől, uralkodik tárgya fölött. Ha kísérlet alakjában kérdést intéz a természethez, akkor előre tudja, mi lesz a felelet, s ha kísérleteit gondosan intézi, a helyes felelet soha sem fog elmaradni. A tanár a kísérletet azért végzi, hogy tanítványait a tünemények közötti törvényszerű kapcsolatosságokkal megismertesse, kísérletezése tehát didaktikai jellegű.

Azt kívánjuk, hogy a tanulók is kísérletezzenek. Ezek a kísérletek azonban pusztán reprodukciói lesznek azon kísérleteknek, melyeket tanáruk bemutatott. A tanuló nem rendelkezik mindazon ismeretekkel, melyek a kísérlet tudatosságához szükségesek, ő a részletekkel bibeledik, melyek néha figyelmét a földologról elterelik. A tanuló kísérlete annál értékesebb, mennél több benne az autodidaxis.

Nem ugyan a fizikusok között, hanem inkább az elmélet emberei között található sokan, a kik mindent a tanulók ezen kísérleteitől várnak. Azt hiszik, hogy az a valódi fizikatanítás, a mely csupa kísérletből áll, tanár és tanítvány együttesen mindent végig próbáljanak. Ezek valóban a kórákást már is épületnek tekintik.

A középiskola felső két osztályában nem lehet szó szétszórt és egymással összefüggésben nem álló ismeretek gyűjtéséről, itt némi rendszerességre is kell törekedni, ezt pedig csak az általánosítás, az elmélet adhatja meg. Erre utalnak Utasításainknak megelőzőleg idézett szavai is, anélkül, hogy az eszme általános fogalmazásán kívül a valóban szükséges részletesebb útmutatásokkal szolgálnának.

A fizikát kivéve alig van még egy másik természettudomány, melynek a hipotézisekre oly nagy szüksége lenne, mely a hipotéziseket oly sűrűn és oly nagy eredményekkel alkalmazná.

A megfigyelésen és kísérleten kívül ugyanis a fizikának van még egy harmadik feladata is: a tünemények magyarázata. Ez egyszerűen azt jelenti, hogy a kérdéses tüneménynek más, előttünk már ismer-

retes tüneményekkel való törvényszerű kapcsolatát kell kideríteni. A feladat súlypontja nem ott fekszik, hogy egy X tüneményt az előttünk már ismeretes Y tüneményre visszavezessük; mert a tüneményeknek így megállapított sorrendje véletlen, és ha ismereteink történeti fejlődésének más lenne a folyamata, megtörténhetnék, hogy az Y tüneményt kellene a már régóta ismeretes X tüneményre visszavezetni. Egyedül az a fontos, hogy az X és Y tünemények közt törvényszerű kapcsolatot találjunk. Ebben a törekvésben legerősebb támasztékunk az okozati összefüggés. Míg azonban az okból az okozatra meglehetősen biztossággal következtethetünk, addig a gyakoribb eset, az okozatból az okra való visszakövetkeztetés már csak a valószínűség jellegével bír.

Ugyanis, ha ismerjük az Y-féle tünemények azon sorozatát, amelyekből mint okozat az X tünemény következik, akkor viszont az X tüneménynek mint okozatnak az Y-féle tüneményeknek nem csak egy csoportja, hanem esetleg igen sok, sőt számtalan csoportja is lehet az oka, s itt már most az lesz feladatunk, hogy a sok Y-féle sorozatból a legvalószínűbbet kikeressük. Amikor ezt megtesszük, akkor hipotézist állítunk föl. Itt az okozatról az okra vonatkozólag felállított hipotézisről van szó, s az okról az okozat felé irányuló, néha szintén szükséges hipotézisek esetei mellőztettek.

Az okbéli Y tüneménycsoport kiválasztásában, vagyis a hipotézis megalkotásában szabályra nem támaszkodhatunk, s innét van az, hogy nem minden hipotézisnek egyenlő az értéke és egyenlő a létjogosultsága. Ismeretes, hogy a jó hipotézisnek a lehetőségek körében kell mozognia, kell, hogy a megfigyelt tüneményekkel megegyezésben álljon, lehetőleg összefoglalónak, egyszerűnek és igazolhatónak kell lennie.

A fizikai hipotézis azonnal elvetendő, amint az pl. akár az anyag megmaradásának, akár az energia megmaradásának elveibe ütközik; mert ekkor már nem mozog a lehetőségek körében. A fizika történeti fejlődése számos és igen tanulságos példákkal szolgál oly hipotéziseket illetőleg, melyek a tüneményekkel való összeütközések folytán tűntek le a napirendről.

Ami a hipotézisek összefoglaló természetét illeti, bátran azt vallhatjuk, hogy az a tudomány a fejlettebb, amelynek kevesebbek a hipotézisei. Itt ismét a fizika szolgálhat például, amikor a különböző tüneménycsoportok magyarázatául fölvetett különféle fluidumok száma az idők folyamán folyvást apadt, amikor most már az elektromosság nem szűk körű, önmagában befejezett része a fizikának, hanem magába olvasztotta a mágnességet, s újabban a fénytant is, ily módon minimumra csökkentvén az e téren szükséges hipotézisek számát.

A hipotézisnek egyszerűnek kell lennie; mert az emberi meggyőződésben mélyen gyökeret vert az a tudat, hogy a természeti tünetmények végső okai igen egyszerűek.

Végül a hipotézisnek igazolhatónak kell lennie, vagyis fenn kell állania azon lehetőségnek, hogy a belőle deduktív uton nyert összes következtetések kísérlet vagy megfigyelés útján igazságukat illetőleg elbírálhatók legyenek. A következtetések realizálásáról kötelességünk meggyőződni, ami annál gyümölcsözőbb, mert ily módon a hipotézis valószínűségének fokára nézve mértéket is szerezhethünk.

A jól megválasztott hipotézis — mondja *Chwolson* — a tudomány haladásának igen fontos eszköze. Az ilyen hipotézist munkálkodónak is lehet nevezni. Az a szerep, a melyet a hipotézisek játszanak, csak átmeneti, s mennél előbb megszűnik a hipotézis, annál jobb. A megfigyelés és kísérlet vezet egyedül az igazsághoz, s ezek vagy megdöntik a hipotézist, vagy azt kétségtelenné teszik. Ez a hipotézis megszűnésének két esete.

Bár egy jó hipotézis felállítása a tudományt nagyban gyámolíthatja, mégis a hipotézisek megdőltenek pillanatai a legnagyobb-szerű mozzanatok a tudomány fejlődésében. Épen ilyen jelentős mozzanatnak tekinthető az, ha két vagy több hipotézis egyesíttetik egyetlenegy hipotézissé, mint az elektromosságnak megelőzőleg említett példája igazolja. Helyesen mondja *Ostwald*, hogy a tudomány nem arra törekszik, hogy hipotéziseket fölállítson, hanem arra, hogy hipotéziseket megszüntessen. A tudomány akkor érné el eszményi magaslátát, ha csupán egyetlenegy hipotézist használna az összes kapcsolatok magyarázatában.

A fizika hipotéziseinek nemcsak a tudomány fejlődésében, hanem a tanítás körében is nagy szerep jut; mert nélkülök nincs rendszeres tudás, még abban a szűk körben sem, a melyben a középiskolai tanítás szükségképen mozogni kényszerül. A középiskolát végzett tanuló csak úgy fogja fizikai ismereteinek hasznát vehetni, ha föl bír emelkedni azokra a magasabb nézőpontokra, melyekről széttekintve, a tudomány legfőbb eredményeit használatra készen látja maga előtt. Újabbban egyes, épenséggel nem hivatott egyének abban lelik örömeiket, vagy üzleti boldogulásukat, hogy hangzatos című röpiratokban, melyeknek százezreivel árasztják el a könyvpiacot, megtámadják a fizikának legszilárdabban megalapozott tételeit. Szerintük *Newton* gravitációs elméleté hazugság, az *actio-reactio* egyenlőségének elve nem áll, a *thermodinamika* második alaptétele hitvány fictió. Az ilyen orvtámadások ellen csakis az alapos elméleti tudás nyújthat védelmet, a tájékozatlan könnyen megtéveszthető. Végül: az ismeretek gyakorlati alkalmazhatósága is félszeg marad alapos elméleti ismeretek nélkül.

A hipotézisek célszerű megválogatása elsősorban a tankönyv-írók feladata, de kötelességek háraamlanak belőle a tanárookra is. Szerencsére az elméletek igazolása révén körülbelül közmegállapodásokkal állunk szemben. Az éterhipotézis, a gravitáció elmélete, az anyag molekuláris szerkezetének föltevésői ma már annyira és oly általánosan elfogadottak, hogy felhasználásukat illetőleg habozásnak helye nincsen. Az elektromos potenciálkülömbésre vonatkozó kémiai elmélet újabban háttérbe szorul a *Volta* kontaktelméletével szemben, s a mechanikai hőelmélet hasznavehetőségében senki sem fog joggal kételkedhetni. Vannak azonban kiválóan fontos területek, amelyekén erős ingadozás tapasztalható, oly ingadozás, mely a tanítás érdekeit is közelebről érinti. Erre kívánok kissé részletesebben kiterjeszkedni.

Az ember talán sohasem fog biztos tudomására jutni annak, hogy az elektromos tűneményeknek mi a valódi okuk. A történeti fejlődés során egyik elmélet a másiknak lép a nyomába, s különösen az utolsó évtizedekben, amikor a legbámulatósabb fölfedezések váltak ismeretesekké, a hullámzás igen erőteljesnek mutatkozott. Ez a hullámzás a középiskolai oktatás csendes vizeit is megzavarja, s épen séggel fonák eljárás lenne, ha előle készakarva elzárkóznánk.

Amíg csupán elektrosztatikai tűnemények magyarázatáról volt szó, addig a fluidumos elméletek megtették szolgálatukat. A *Franklin*-féle egy fluidumos, vagy mint mondani szokás: unitárius elmélet épen úgy megfelel, mint a *Symmer*-féle két fluidumos vagy dualisztikus elmélet. Az első alapjában egyszerűbb, de a második könnyebben alkalmazható, tehát didaktikai okoknál fogva az elsőt háttérbe szorította. A kezdő fokon most is szíltében alkalmazzuk a *Symmer*-féle elméletet, bár az tudományos szempontból teljesen meghaladott, s mint valami ócskaság, a lomtárba való. Teljesen hasonló elbírálásban részesítendő a mágnességnek *Poisson*-tól származó két fluidumos elmélete is.

Ezek ugyanis csak látszólagos hipotézisek, mert magukba foglalják mindazt, amit segítségükkel meg kellene magyarázni. Egyedüli hasznuk, hogy a tűnemények rövid leírását adják, de megismerésüket mélyíteni nem képesek.

A *Symmer*-féle dualisztikus elméletet követte a *Coulomb-Weber*-féle elmélet, mely ugyancsak dualisztikus jellegű, s mely a *Coulomb* és *Ampère* vizsgálatainak betetőzését jelenti. Különösen az áramló elektromosság tűneményeinek magyarázatát kísérli meg a *Weber*-féle elmélet, föltételezvé azt, hogy a vezetékben a kétféle elektromosság ellenkező irányokban áramlik, s a relatív mozgásban levő részecskék egymásra más erőhatásokat fejtenek ki, mint a milyenekkel akkor hatnak, ha nyugalomban vannak. Az elmélet a legmagasabb fokra a

*Weber*-féle elektrodinamikai alaptörvény felállításával hágott, s körülbelül 1870-ig uralkodott. Ezt a törvényt egy ideig az energia megmaradásának törvényével egyenrangúnak tartották, bár az angol fizikusok ellene erőteljes támadásokat intéztek. Végre *Helmholtz* kimutatta, hogy fizikai lehetetlenségekre vezet, amennyiben belőle az elektromosság labil egyensúlyi állapotára lehet következtetni. Most már ezt az alaptörvényt nem tekintik ilyennek, hanem csupán oly közelítő formulának, amely meghatározott föltételek között érvényes, de helytelen eredményekre vezet, amint az érvényességi körön túl, különösen akkor alkalmazzuk, amikor az áramlás sebessége megközelíti a fény terjedési sebességét.

Az eddig ismertetett elméletek az *actio in distans* alapján állnak és különösen *Newton* tekintélyére támaszkodnak, dacára annak, hogy *Newton* határozottan tiltakozott a közvetítés nélküli távolbahatás elképzelhetősége ellen. Ezt a sajátságos körülményt az magyarázza meg, hogy a gravitáció terén minden eddigi kísérlet dacára még máig sem sikerült a másik felfogást, a közvetíteses távolbahatást érvényre juttatni. Az elmélet maradványai még megtalálhatók a tanításban, amennyiben az ellenkező irányokban végbemenő áramlás képét még most is felhasználjuk.

*Faraday* vizsgálatai és különösen *Maxwell* föllépése a közvetíteses távolbahatás (*vis a tergo*) felfogását teljes diadalra juttatták s ma már az *actio in distans* elmélete teljesen háttérbe szorult, s egyelőre, erős fentartásokkal a gravitáció terén húzódik meg.

*Faraday* felfogása szerint az erőhatások közvetítője a dielektrikumokban, a szigetelőekben helyet foglaló *éter*. Az *éter* nyugalmi állapotának, egyensúlyának megzavarásai részint elektromos, részint mágneses tűnemények alakjában válnak észrevehetőkké, s ezen tűnemények ismeretéből — anélkül, hogy az állapotváltozások lényegéről valamit is tudnánk — visszakövetkeztethetünk az állapotváltozások geometriai viszonyaira. Ugyanis kitűnik, hogy az elektromos és mágneses eltolódások egymástól függetlenül fenállhatnak; de a kétféle eltolódás egyikében sem mutatkozhatnak időbeli ingadozások, anélkül, hogy ezek következtében a másik fajtájú eltolódás be ne következzen. Ez az elmélet, melynek különösen *Hertz* volt a legértékesebb harcosa, s amely 1900-ig uralkodott, tisztán fenomenologikus jellegű, amennyiben csupán a tűnemények megfigyelésére szorítkozik, de a testek belsejében végbemenő változásokat illetőleg föltevésekbe nem bocsátkozik.

A *Maxwell-Hertz*-féle elmélet a fölépítés szimmetriáját, az alapvető vonatkozások egyszerűségét és a termékenységet illetőleg messze fölötte áll a *Coulomb-Weber*-féle elméletnek. A kettő között nagy az



ellentét, amennyiben a *Maxwell-Hertz*-féle elmélet ú. n. folytonossági elmélet, míg a *Coulomb-Weber*-féle tisztán atomisztikus jellegű. Ezen tulajdonságánál fogva ellentétben áll az 1900 óta fejlődésben levő *Lorentz*-féle elmélettel, mely a *Coulomb-Weber*-féle elmélet tökéletesítésül tekinthető, amennyiben azt a *Maxwell-Hertz*-féle elmélet eredményeivel kiegészíti és összhangzába hozza.

Bár a *Maxwell-Hertz*-féle elmélet pontosan elkülöníti azt, ami föltevések nélkül tárgyalható, attól, ami már hipotétikus jellegű, még sem felel meg minden követelménynek, amennyiben egyrészt nem szemléletes, másrészt az elektromos áramlás mechanizmusáról önkényes és igen speciális jellegű föltevésekből indulván ki, előbb-utóbb kénytelen oly fogalmakra támaszkodni, melyek helyüket fenomenologiai szempontból nem állják meg. Tárgyalását az elektromos és mágneses eltolódásokra alapítja. Hogy ilyenek előállhassanak, kell valaminek lennie, ami eltolódásokat szenvedhet. Ilyen közegül a mindent átható és betöltő étert veszi föl, anélkül, hogy az eltolódások természetéről közelebbi számot adna. Így azután az a nézet kapott lábra, hogy az éterben bekövetkező eltolódások ugyanolyan természetűek, mint azok az eltolódások, melyek mint elektromos polarizáció a szigetelőkben lépnek föl; a mágneses eltolódások pedig olyan természetűek, mint a mágneses gerjesztések az elektro-magnetikus tüneményekben. Ily módon ismét a fluidák elméletéhez térünk vissza, amennyiben most az éter veszi át azok szerepét, egy oly fluidum, mely minden testet folytonos módon betölt, s a testben olyan eltolódásokat szenvedhet, mint a milyenek az összenyomhatatlan folyadékokban lehetségesek.

A tanítás a *Maxwell-Hertz*-féle elméletet hasznosítván, az erővonalak bevezetésével igen termékeny és érdekkeltő elemmel gyarapodott. Az elmélet kövezetes keresztülvitele azonban nem a kezdő fokra való. Ezt az elméletet csak az értheti meg, a ki az egész anyagot a régi, szokásos módon már megismerte.

Egy eredmény azonban maradandó, s ez az eddig különálló tüneménycsoportoknak egységes felfogásba való egyesítése. A mágneség tana most már semmiesetre sem különíthető el az elektromosság tanától, annak ebbe bele kell szövődnie s vele egységessé kell válnia. Nem mellőzhető továbbá a fénytüneményeknek az elektromossággal való szoros kapcsolata sem, s a *Huygens-Fresnel*-féle undulációs elmélet tökéletesítendő az elektromos rezgések tanával, s a *Maxwell*-féle törvény, a polarizáció síkjának az elektromagnetikus térben való elfordulása, továbbá a *Zemann*-féle effektus lesznek azon erős kapcsolatok, amelyek az optikát az elektromosság tanával összekötik.

A *Crookes*-féle tünemények, a katód-, csatorna-, Röntgen- és

Becquerel-sugarak s általában az elektromos sugárzások tüneményei az elektromosság elméletének további kiépítését tették szükségessé. Az elektrolízis tüneményeivel való kapcsolatosság kihasználása az elektromosság elemi quantumának fogalmára vezetett, s így a felsorolt tünemények első következménye az elektromosság atomisztikus jellegének fölismerése volt.

*Lorentz* eleinte a *Franklin*-féle unitárius elméletre támaszkodott, egyedül a negatív elektromosság elemi quantumával dolgozván; de legutóbb ezt a felfogást elhagyva, egyenesen a *Symmer*-féle dualisztikus elméletre tér vissza. Megalkotja az *elektrón* fogalmát, s ezen az alapon fog hozzá az összes elektromos, mágneses és sugárzásbeli tünemények magyarázásához.

Mint azt legújabb könyvében (*Lehrbuch der Physik zum Gebrauche bei akademischen Vorlesungen, deutsch von Siebert, Leipzig, Barth 1907*) kifejti, az elektrón elmélet magában egyesíti a dualisztikus és a *Maxwell-Hertz*-féle elméletek összes előnyeit. Az elektrón rendkívül kicsiny, elektromos töltéssel ellátott anyagi részecske, melyből minden test természetes állapotában ugyanannyi pozitívot tartalmaz, mint negatívot. A kathódsugrakon észlelték alapján föl kell tételnie, hogy azon anyagi részecskék, melyek az elektromos töltések hordozói, az elektrónok esetében sokkalta kisebbek a ponderabilis anyag atómjainál, úgy hogy különösen a negatív elektrónok esetében a ponderabilis tömeg az elektromagnetikus tömeggel szemben teljesen elhanyagolható. Amelyik fajta elektrónból több van a testben, azon fajtnak megfelelőleg a test pozitív, ill. negatív töltéssel bír. Az elektrónok közötti erőhatások a *Coulomb*-féle törvényt követik, s a ponderomotorikus hatások a köztük föllépő erők eredőjének tulajdonítandók. Ily módon *Lorentz* mindent a *Symmer*-féle elmélet módjára magyarázhat, azzal a lényeges különbséggel, hogy a fluidák helyett az elektromosság atomisztikus természetét domborítja ki s a *Maxwell-Hertz*-féle elmélettel egyezőleg a puszta távolbahatás helyébe az éter közvetítésével végbemenő távolbahatás lép. Az egyik elektrón a másikra csak azért lehet hatással, mert minden elektrónt elektromos mező vesz körül, s ha az elektrónok egész rendszerének hatásairól van szó, akkor azokat arra az elektromos mezőre vezethetjük vissza, a mely a rendszer mezőinek egymáshelyezkedéséből származik.

A fémekben az elektrónok szabadon mozoghatnak, s a drótokban bekövetkező áramlások most már konvektív áramokul tekinthetők, amennyiben az elektromos töltéseket kivétel nélkül az elektrónok szállítják.

Az áramlást illetőleg *Lorentz* három eshetőséget különböztet meg, amennyiben az a tény, hogy egy test pl. pozitív töltést kap,

szerinte vagy azért következik be, mert a test felé pozitív elektrónok mozdulnak el, vagy azért, mert a testről negatív elektrónok távoznak, vagy végül azért, mert mindkét körülmény egyidejűleg következik be, de úgy, hogy végeredményben a testben a pozitív elektrónok maradnak többségben.

A *Maxwell-Hertz*-féle elmélet a szigetelőt, a dielektrikumot teszi az elektromos tünemények székhelyévé, s a vezetők szerepe alárendeltté válik. Ezt a gondolatot *Lorentz* is fölhasználja, a mennyiben szerinte egyedül az éterben nincsenek elektrónok, de minden egyéb testben, tehát a szigetelőkben is jelen vannak. Az utóbbiakban azonban az elektrónok nagyobb távolságokra szabadon nem mozdulhatnak el, hanem meghatározott egyensúlyi helyzetekhez vannak kötve, s ha azokból kissé kimozdítottatnak, akkor a ponderabilis anyagból kiinduló rugalmassági erők őket azokba ismét visszatéríteni törekszenek. Ily módon állanak elő a szigetelőkben azon eltolódások, amelyeket *Maxwell* dielektrikus eltolódásoknak nevez, s amelyekkel a dielektrikumnak hatásközvetítő szerepét magyarázza. Természetes módon magyarázza *Lorentz* a *Volta*-féle alapkísérletet is, összes következményeivel, s így az áramló elektromosság, a mágneses hatások, az elektrodinamikai és elektromagnetikus hatások magyarázata sem okoz nehézségeket, hanem egységes felfogásnak az eredménye. Nagy könnyűség mutatkozik az elektromos rezgések tárgyalásában, s a fényrezgések elektromos természetére vonatkozó *Maxwell*-féle felfogás mint a megelőző tárgyalások természetes következménye kapcsolódik az elméletbe. Az elméletnek ezen legszebb részleteivel tárgyi okoknál fogva e helyütt bővebben nem foglalkozhatom, s ezeket illetőleg utalnom kell *Lorentz* idézett munkájára, mely megérdemli, hogy tanáraink és tankönyviróink vele behatóbban foglalkozzanak, belőle bőséges okulást merítsenek. Bár ez az elmélet még új, még kialakulófélben levő, és vannak oly részletei, amelyeknek még át kell menniök a beható analízis rostáján, mégis azt már most meg lehet állapítani, hogy az imponderabiliák tanát egységes alapra helyezi, hogy önmagában következetes, hogy a tényekkel eddig ellentmondásban nincsen, s hogy tág perspektívát nyit a jövőben megejtendő vizsgálódások számára. Mindezeknél fogva a jelen és a jövő a *Lorentz*-féle elméleté, s a tanítás ezt az elméletet a maga köréből nem zárhatja ki, hallgatással nem mellőzheti.

Az előrebocsátottakból látható, hogy az elektromosság és mágnesség a fizikának oly fejezetei, melyeknek iskolai tárgyalása igen kényes feladat, nagy körültekintést és messzemenő jártasságot igénylő. Különben megtörténhetik, hogy más föltevések szerepelnek az elektrosztatikában, mások az elektrodinamikában és ismét mások a sugár-

zások tanában, úgy, hogy a tanuló teljesen elveszti az áttekintést, ismereteiben tájékozottságra szert nem tehet. Utasításaink ezekről e nehézségekről nem tesznek említést, azért érdemesnek tartottam a figyelmet rájuk felhívni.

A kedvező alkalmat fölhasználom arra, hogy Utasításainkra még egy más szempontból is visszatérjek. Ugyanis a tananyag részletezése, egymásutánja és csoportosítása ellen tehetők figyelemreméltó észrevételek.

A tárgy felosztása a régi csapáson halad, s a tárgyi köröknek az érzékszervek szerinti elkülönítésén alapszik, amely mai nap — bár általában szokásos — de tudományos szempontból elvetendő, s megtartása mellett még döntőknek tekinthető didaktikai szempontok sem érvényesíthetők. A természeti tűnemények tulajdonképen két nagy csoportba sorakoznak, a ponderabiliák és az imponderabiliák (éter) tűneményköreire. Szorosan ezek sem különíthetők el egymástól, amennyiben közöttük mindkettőre közös, széles határterület fekszik. A ponderabiliák körébe tartoznak a szilárd, folyós és légnemű testek mechanikája, a hang és hő tűneményei, míg a második csoport a tágabb értelemben vett elektromosság terét öleli föl, az utóbbihoz számítván a mágneses és fénytűneményeket is. Ennek megfelelőleg óhajtanám a tárgy tanítását is berendezni, ami mellett hathatós érvekre vélek támaszkodhatni. Itt a figyelmet különösen az éter tanára kell fordítanunk. Nagy területtel állunk itt szemben, tehát ismét részleteznünk kell. Erre nézve *Chwolson* rendszerét tartom követésre méltónak. Az ő beosztása szerint az elektromosságtan a következő öt fejezetre osztható: a) az elektromos mező, b) a mágneses mező, c) a változó mágneses mező, d) a gázokon keresztül végbemenő kísérések és e) az elektromos sugárzások.

Az erőmező és potenciál fogalmaival már a gravitáció tárgyalásakor foglalkozni kellene, hogy a legfontosabb segédeszközök az éter tanának tárgyalásakor már a rendelkezésre álljanak. Így aztán az elektromos mező tárgyalásakor, vagyis az elektrosztatikában könnyen megindulhatunk. Tárgyalni fogjuk a mező tulajdonságait, forrásait, befolyását a ponderabilis anyagra, a vele kapcsolatos méréseket és a földi elektromosságot. Hasonló és sokban az előbbire támaszkodó a tárgyalás a nyugvó mágneses mező esetében, mely a magnetizmus összes tűneményeit felöleli, s a földmágnesség tárgyalásával nyer befejezést. A változó mágneses mező tárgyi köre magában foglalja az elektrodinamikát és mindent, ami vele összefüggésben áll, a két utolsó fejezet pedig közelebbi magyarázatra nem szorul.

Ennélfogva a VII. osztályba helyezném a ponderabiliák tanát,

s így a fénytannak helyét itt a hőtan foglalná el, míg a VIII. osztályra az éter főntebb részletezett tana maradna, ide számítva a legvégül sorra kerülő optikát is.

A hőtannak megkívánt áthelyezése nemcsak rendszertani okokkal támogatható, hanem mellette még egy más, igen fontos körülményre is hivatkozhatni. Utasításaink a tárgyi körök felsorolásában végül a következő kitételt használják: «Az energia megmaradása elvének összefoglaló áttekintése».

Ebből arra lehet következtetni, hogy tanítás közben az energia megmaradásának elvét lépten-nyomon alkalmazva, végül az egész tárgy áttekintő összefoglalásakor az energia megmaradásának szempontjából kell az ismereteket új alapon csoportosítani. Kétségtelen, hogy Utasításaink ezt a felfogást nem domborítják ki eléggé, s velük szemben más, elfogadhatatlan magyarázat is lehetséges. Az energia megmaradásának elvét az egész tanításon keresztül állandóan hasznosítani kell, ez az elv legyen tanításunk gerince. A tárgy mai beosztása mellett ez a gondolat némi nehézségekbe ütközik, amelyek a javasolt új beosztás mellett elesnének.

Az energia megmaradásának elvét a kinetikai és potenciális energiákra vonatkozólag már a mechanikában megismertettjük, a rezgés-  
tanban és akusztikában alkalmazzuk. Az elv alkalmazása az optika tanítása közben szünetel, s az optikának azon részei, a hol a fény energiája kémiai és hő-energiára alakul át, a kellő alaposítással el sem intézhetők. Az elv csak a hőtan tárgyalásakor lép ismét előtérbe, itt is nagykésőn, körülbelül a tárgyi kör tárgyalásának a végén. Az ajánlott áthelyezés ezt az anomáliát megszüntetné s módot nyujtana arra, hogy az elv az összes energiafajokra esetről-esetre, mindig a kellő időben alkalmazható legyen, s tényleg a tanítás gerincét alkossa. Az ilyen szerteágazó tárgynál, mint a milyen a fizika, igen kívánatos, hogy az a hatalmas eszköz, mely a fizikai belátásnak leghathatósabb forrása, mindig a kezünk ügyében legyen.

A fénytannak a tárgyalás végére való helyezése a megelőzőkben eléggé megokoltnak látszik, már csak azért is, mert így módunkban fog állani a fényelméletet elektromos alapjaira helyezni, s hasznosítani abból a körülményből, mely a hipotézisek egyesítésével kapcsolatban kellő méltatásban részesült.

Ezekben bátorkodtam rámutatni azokra a körülményekre, amelyek a fizikatanítás körében a tudomány haladása, a felfogások változása, fejlődése következtében föllépnek, a melyek folytán elavultnak tekinthető az, ami 1903-ban látott napvilágot, s amelyek a tanítás modernsége és eredményessége szempontjából valóban figyelmet érdemelnek.

Dr. BOZÓKY ENDRE.