

Egyetemi doktori értekezés

Horváth László:

AZ ANALÓGIÁK ÉS MODELLEK SZEREPE AZ INTEGRÁLT
OKTATÁS SORÁN MEGVALÓSULÓ VILÁGNÉZETI NEVELÉSBEN.

Szeged 1979.

szegedi közgazdasági egyetem

1988. május 11.



1988. május 11.

B e v e z e t é s

Az MSZMP Központi Bizottsága 1972-ben széles körű felmérés és előkészítő munka után áttekintette az oktatás- és nevelésügy terén elért eredményeket, megvitatta az időszerű problémákat és határozatban rögzítette az oktatásügy előtt álló feladatokat.

Aczél György előadói beszédében egyik aktuális teendőként többször is felhívta a figyelmet az oktatás és nevelés egységének megteremtésére. Külön hangsúlyozta a világnézeti nevelés fontosságát.

A tudomány és technika felgyorsult fejlődése, a tömegkommunikációs eszközök széles körű elterjedése, a segítségükkel gyakorlatilag mindenki felé közvetítődő hatalmas és egyre növekvő információtömeg, a jelenségek bonyolultabbá és összetettebbé válása megnöveli a rendezés és összefüggésteremtés követelményét.

Az emberek széles tömegei nap mint nap egyre több olyan problémával kerülnek szembe, amelyeknek megválaszolásához nem elégséges a megfelelő szakmai képzettség; a megértéshez, a helyes állásfoglalás kialakításához jól megalapozott világnézeti szemléletre van szükség.

A szocialista oktatás- és nevelésügy célja olyan széles látókörű, az életben tájékozódni tudó, a köz dolgai iránt fogékony, azzal törődő, felelősséget érző és felelősséget vállaló embertípus kialakítása, aki jövőjének tudatos alakítója.

A világnézeti nevelés kérdése az elmúlt években előtérbe került. Jelzi ezt az a tény is, hogy a középiskolában az elmúlt években bevezetésre került a Világnézetünk alapjai c. tantárgy. Ez a tárgy a középfoku oktatás záróakkordjaként



az eddigi tanulmányok általános világnézeti tartalmának kiemelése, összegezése.

Az általános iskolában önálló tantárgy formájában megvalósított világnézeti nevelés nincs. Ennek az a magyarázata, hogy a tanulók szaktárgyi ismeretei nem megfelelő mélységűek, továbbá az életkori sajátosságokból adódóan elvonatkoztató képességük sem olyan foku, hogy filozófiai általánosságú absztrakciókat megérthessenek.

Ez a körülmény természetesen nem menthet fel a világnézeti nevelés feladata alól az általános iskolában sem, ellenkezőleg inkább növeli az általános iskolai nevelők ez irányú felelősségét.

Különösen fontos a leginkább világnézeti töltésű és világnézeti tartalmat hordozó tantárgyak tanításában a világnézeti mondanivalók tudatos kiemelése. Nagyon sok lehetőséget kínál e vonatkozásban a fizika tantárgya. A fizika tanításában arra kell törekednünk, hogy a világnézeti mondanivaló közlése ne esetleges és alkalomszerű, hanem tudatos és rendszeres legyen, hogy a fizikai fogalmak kialakításával, az összefüggések és törvényszerűségek bemutatásával megalapozzuk tanulóink dialektikus materialista világszemléletét.

A fizika világnézeti nevelőerejét akkor tudjuk hatékonyan kialakítani, ha a konkrét tananyag kapcsán levonjuk a belőle adódó világnézeti következtetéseket is.

Akkor járunk el helyesen, ha a tantárgy kínálta dialektikus törvények feltárásával jutunk el a világnézeti mondanivalóhoz, nem pedig dogmaként megfogalmazott explicit világnézeti következtetés illusztrálására használjuk fel csupán a természeti jelenségeket, illetve a bennük érvényesülő szükségszerűségeket.

A Magyar Tudományos Akadémia szakcsoportja foglalkozott a természettudományos tárgyak integrációs oktatásával a felnőttoktatásban.

Az Országos Pedagógiai Intézet megbízott a "Változó világ törvényszerűségei" című témakör első magyarországi tanítási kísérletével, melynek célja a természettudományok egybehangolt oktatása volt.

A "Változó világ törvényszerűségei" című témakör tantervtervezetének tengelyében a kölcsönhatási energia áll. Az energiamegmaradás mint keret törvény feltárja a változó világ törvényszerűségeit, ok-, okozati összefüggéseit és egybehangolja a természettudományokat.

A kvantummechanika alapjainak modellek, analógiák és gondolati kísérletek alkalmazásával történő tanítása lehetőséget teremtett a természettudományos tárgyak közötti kapcsolatok megmutatására, egybehangolására, az integrált oktatás megvalósítására.

A természettudományos tárgyak integrált oktatása eredményesebb ha jól értelmezett modell szemléletére épül és a jelenségeket a matematika, a fizika és a filozófia törvényszerűségeivel magyarázza.

A hallgatók mindenkor mindenre ott kapnak választ, ahol az felmerül. A tanulóknak többsikuvá vált a gondolkodásuk, ez az oktatási forma szinte filozófiai gondolkodásra készítette őket.

A megismerő tevékenység szélesebb tantárgyi koncentrációval, analógiák segítségével jobban megoldható. Az integrált oktatásban lejátszódó információs folyamatok kialakítása modell módszerek alkalmazásával sokkal eredményesebb.

Az integrált oktatás során az analógiák és modellek igen jelentős szerepet játszottak mind a valóság gyakorlati átalakításának, mind pedig elméleti elsajátításának területén megvalósuló előrelátások folyamatában, fizikai jelenségek, objektumok még ismeretlen tulajdonságainak, kölcsönhatásainak, törvényszerűségeinek vizsgálatában, a tudományos megismerésben és ismeretátadásban.

Három témakörben törekedtem bemutatni a fizika oktatásban a világnézeti nevelés tudatos kiaknázásának néhány lehetőségét. Ezen belül az első két témakör - A világ anyagiséga és a Megmaradási törvények első-sorban általános iskolai, a harmadik a Mozgásformák középiskolai tananyagra vonatkozik.

I. Az analógia és a modell fizikai /természettudományi/ és filozófiai fogalma.

Az első modellt mindenekelőtt a fizikában alkalmazták. A modell kifejezés azonban csak a XIX. században vált általánossá és csakhamar széles körben elterjedt. Galileinél már talákoztunk gondolati modellek alkalmazásával. A modellek gondolati idealizált rendszerek, amelyekben visszatükröződnek a reális objektumok és teljesülnek a kiinduló elvek, valamint a törvényszerűségeikből levont következtetések /a tehetetlenség elve, a gyorsuló mozgás, vagy a szabadesés törvénye stb./

Galilei szerint a modell elvont képmás, az elmélet és

a valóság közötti összekötő kapocs. Ő fogalmazta meg elsőnek a hasonlóságelméletnek a fizikai modellezés ezen kvantitatív alapjának az elveit.

Newton csak az egzakt módon bebizonyított az elvek-ből deduktív úton levezetett törvényeket tekintette meggyőzően igaznak.

Amikor kísérletet tett az elmélet tartalmi integrációjára, nem kerülhette el a modellek alkalmazását. /pl. fény, elektromosság, tömegvonzás/

A klasszikus fizikában a mechanikai modell elsősorban a szemléletességgel összekapcsolt idealizáló absztrakció feladatát látta el, később azonban felismerik a modellanalógiák alkalmazásának hatékonyságát és hasznosságát.

Maxwell élettörténete bizonyítja például, hogy a szemléletnek és az analógiáknak milyen fontos szerepük lehet még az elvont elméleti kutatásokban is. Maxwell elméletének kidolgozásakor igen sokszor mechanikai analógiákhoz nyult, hogy képzeletét segítse. Ő pontosan megfogalmazta a fizikai hasonlóság módszerét, amelyet később a matematikai modellezés módszerévé általánosítottak.

Elektromágneses folyamatok magyarázatát elősegítő mechanikai modellek megalkotói voltak többek között Thomson, Kelvin, Lorentz, Maxwell, Hertz.

A XX. század kezdetén uralkodó formalizációs tendenciák modellelles reakciót váltottak ki, ami része volt az ismeretelmélet terén megnyilvánuló materializmus elleni általános támadásnak.

A fizikai idealisták nem látták, hogy a matematikai

formalizmus mögött reális tartalom van, ami az objektív világ strukturáját, törvényszerűségeit fejezi ki. Fizikai értelemben nem tudták mechanikus módon értelmezni a nem mechanikai jelenségeket.

A modern tudomány vívmányai más eredményeivel /mint például a relativitáselmélet, a molekuláris biológia megteremtése, az elektronikus számológépek megjelenése, a kozmosz meghódításának kezdete stb./ együtt nagy hatást gyakoroltak a modell-módszer teljes érvényű elismerésére, fejlődésére.

Ma már a modellek egyre szélesebb körű alkalmazása összefügg a tudományos ismeretek közvetett és absztrakt jellegének fokozódásával.

A tudományok differenciálódásával párhuzamosan végbemelegy integrációjuk is. A tudományok integrációja elősegíti a modellezés egyre szélesebb körű elterjedését.

Ebből következik, hogy a modell az emberi megismerésnek, a külvilág emberi visszatükrözésének módszereihez, eszközeihez és formáihoz kapcsolódik, tehát modellen olyan eszmeileg elképzelt, vagy anyagilag realizált rendszert értünk, amely visszatükrözve vagy reprodukálva a kutatás objektumát képes azt helyettesíteni úgy, hogy tanulmányozására új információt ad az objektumról.

II. A világnézeti nevelés lehetőségei az integrált
oktatásban.

1. Az anyag fogalma

Az anyag fogalmának kialakítását a fizika-tanítás egészének perspektívája szempontjából kell értékelnünk. Ez az általános fogalom u.i. az egész fizika tanításon végigvonul. A világnézeti nevelés egyik legdöntőbb feltevétele, hogy tanításunk során következetesen ragaszkodjunk a dialektikus materialista anyagfogalomhoz. Mindenekelőtt különböző megközelítésben más-más tartalmat takar.

A hétköznapi életben használt anyagfogalom tulságosan szűkre szabott, mert az anyag kézzelfoghatóan megnyilvánuló formáit, mint szükségszerű tulajdonságokat tekintti. Számolnunk kell azzal, hogy tanulóink a fizika-tanulás kezdetén ezt az egyoldalú anyagfogalmat hozzák magukkal. Ezt a szűkreszabott fogalmat kell, éppen a fizikai törvények megismerése alapján a valósághoz hűen tágabbra vonni. Ilymódon eljutunk az anyag természettudományos fogalmához. A természettudományok azt kutatják, hogy milyen konkrét anyagok vannak /elektronok, protonok, atomok, molekulák, égitestek stb./, milyen a szerkezetük, milyenek az anyag e formáinak tulajdonságai, alkotórészei, állapotai, hogyan hatnak egymásra, stb.

A természettudományok haladásával folyton mélyül ismeretünk az anyagról anélkül, hogy valaha is remélhetnénk, hogy kimerítjük mindazt, ami az anyagról megismerhető.



Az anyag természettudományos fogalma tehát folyton változik aszerint, hogy milyen mélyen hatolt be értelmünk az anyag ismeretébe.

/Szemléletes példa erre az "atom" fogalmának változása daltoni szinttől napjainkig/.

Felfogásunk a fizikai realitásról sohasem lehet végleges. Mindig készen kell lennünk arra, hogy felfogásainkat, vagyis a fizika axiomatikus alapzatát megváltoztassuk, hogy az észlelés tényeinek a lehető leglogikusabb módon megfeleljenek. Valóban, a fizika történetére vetett pillantás azt mutatja, hogy ez az alap az idők folyamán mélyreható változásokon ment keresztül.

A természettudományok fejlődése azt eredményezte, hogy a hétköznapi anyagfogalomnál tágabb tudományos anyagfogalom alakuljon ki. Anyag a kézzel nem fogható elektromágneses erőter is, mert mozgásra képes és energiát hordoz.

A mechanikai makro ill. a mikrotest, valamint az erőter az anyagnak két, minőségileg különböző megjelenési formája. Lényeges megláttatnunk tanulóinkkal, hogy tudományellenes és lehetetlen követelés lenne a természettudományoktól azt várni, hogy lezárt anyagfogalom kialakítására törekedjen. Tudásunk növelésével a világ és az anyag végtelen gazdagságának és változatosságának feltérásával egyszersmind hatalmunk is növekszik a természet erői felett, mindig jobban befogjuk a természetet szolgálatunkba és megvalósíthatjuk a természeti erők segítségével saját céljainkat. A természettudomány azonban akármilyen mélyre hatol is majd az anyag ismeretében, sohasem fog találkozni az "anyaggal" annak általános értelmében, hanem mindig csak az anyag konkrét formáival.

Engels meghatározása szerint:

"Az anyag, mint olyan, tisztán gondolati teremtmény és elvonatkoztatás. Eltekintünk a dolgok minőségi különbözőségeitől azáltal, hogy mint testileg létezőket az anyag fogalma alá összefoglaljuk őket. Az anyag mint olyan, megkülönböztetve a meghatározott, létező anyagoktól, tehát nem érzékileg létező valami." +

Ezzel eljutottunk az anyag legáltalánosabb filozófiai értelmezéséhez. A fogalmat élesen meg kell különböztetnünk az anyag természettudományos fogalmától. Míg ez utóbbi folyton változik, kifejezve a természet megismerésének mindenkor elért fokát, addig az anyag filozófiai fogalmát természettudományos ismereteink semmilyen elmélyítése meg nem változtathatja. Lenin klasszikussá vált meghatározása az anyagról:

"Az anyag filozófiai kategória, mely az érzeteinkben feltáruló, érzeteinkkel lemásolt, lefényképezett, visszaturózott, érzeteinktől függetlenül létező objektív valóság megjelölésére szolgál." ++

Az anyag fogalmának kialakításához szorosan kapcsolódik a mozgás fogalma:

"A mozgás az anyag létezési módja. Soha és sehol anyag mozgás nélkül nem volt és nem lehet... Anyag mozgás nélkül éppoly elgondolhatatlan, mint mozgás anyag nélkül. A mozgás tehát éppugy megteremthetetlen és elpusztíthatatlan, mint maga az anyag..."+++

+/ F.Engels: A természet dialektikája MEM 20.Bp. 1963., 524. old.

++/ V.I.Lenin: Materializmus és empirikriticizmus. Összes művei 18. Kossuth, Bp. 1964. 116 old.

+++/ F.Engels: Anti-Dühring MEM 20. Kossuth, Bp. 1963., 60-61. old.

A dialektikus materializmus nem szakítja szét azt, ami létezik /az anyagot/ attól, ahogyan létezik, a mozgástól, vagyis a létezőt létezési módjától. A dialektikus materializmus nem keresi a mozgás okát, u.i. a mozgásnak éppúgy nincs és nem lehet oka, mint az anyag létezésének.

Vizsgáljuk meg, hogyan járul hozzá a fizika tananyag a fizikai jelenségvilág összefüggéseiben tulmenő, világnézeti jellegű fogalmak folyamatos és fokozatos kialakításához. Mikor és milyen szintű világnézeti következtetések vonhatók le a fizika tanítása során?

Mivel a filozófiai fogalmak legáltalánosabb fogalmaink, nem törekedhetünk arra, hogy egy tantárgyban szerzett ismeretek alapján alakítsuk ki azokat. Nem definiálhatunk filozófiai fogalmakat a fizikában sem, mert bármilyen általános is valamely fizikai fogalom, nem érheti el a filozófiai fogalmak általánosságát. Eppen ezért csupán a filozófiai fogalmaknak a fizika tanításában való megközelítésről beszélhetünk. Minden adatot, amelyre a filozófiának szüksége van, a különböző szaktudományoktól, mindenekelőtt a természettudományoktól kell kapnia.

A fizika tanítása során olyan képet kell tanulóinkban kialakítani az anyagi világról, hogy az életben eléjük kerülő valamennyi jelenséget be tudják ebbe a képbe illeszteni. E törekvésünknek nemcsak az adott szinten elsajátított ismeretanyag értelmezésére kell szorítkoznia, hanem ki kell alakítanunk a képességet a gyorsuló tudományos fejlődés sokasodó új ismereteinek helyes és önálló világnézeti értelmezésére is. A törekvés az általános iskolában nem vezethet teljességre, de nagyon sok eleme megvalósítható ezen a szinten is.

A teljességre való törekvés igénye nélkül kövessünk nyomon néhány lehetőséget.

A világ anyagiságát a testek, jelenségek fizikai jellemzése oldaláról közelítjük meg. A legkülönbözőbb tulajdonságu testek sokasága vesz körül bennünket, ezek közös jellemzője, hogy tőlünk függetlenül léteznek. Az anyagi testek különböző fajtáinak megkülönböztetésére bevezetjük és értelmezzük a térfogat és a tömeg fogalmát.

Ugyanazon test a körülmények megváltozásával megváltoztathatja megjelenési formáját, pl. más alakot vehet fel erő hatására /ha megváltozik az erő iránya - az ok - az alakváltozás is más jellegű lesz: az okozat is megváltozik./

Minden testre hat a nehézségi erő.

Az erő - mint a testek kölcsönös egymásrahatása - fogalmát itt lényeges tartalmi jegyekkel bővítjük. A Föld, mint test és egy adott test kölcsönhatása is erő, a nehézségi erő. E fogalomnak általánosításával előkészítjük a későbbi tanulmányok során matematika-ilag is megfogalmazandó Newton-féle gravitációs törvényt. Ezzel nagy lépést teszünk a világ anyagi egységének beláttatása érdekében.

A fénytan tanítása során tovább bővithető a természettudományos anyagfogalom. A fényforrások, a fényt visszaverő, törő közegek anyagi testek, a fényjelenségek anyagi természetűek.

Ha az anyag konkrét megjelenési formája érzékelhető, nem probléma a megértés. Ha nem tudjuk közvetlenül érzékelni anyagi voltát, létezését igazolni kell, első-sorban hatásai alapján /pl.: elektromos áram hő, vegyi mágneses hatása./

Végül: ha az anyag tárgyunkhoz tartozó ismérvein következetesen végigvezetjük tanulóinkat, nem okoz nehézséget az inverz eljárás sem: ha a megismert tulajdonságokkal rendelkezik egy jelenség, annak anyagi alapja van, ha azt közvetlenül nem is érzékeljük /pl: erőterek, Föld mágneses tere./

Igaz ugyan, hogy az anyag sokfélesége legmeggyőzőbben a modern fizikában tárul fel, ez azonban nem ment fel bennünket a kötelezettség alól, hogy már az alapfoku fizika tanításában is megmutassuk az anyag sokféleségét, tulajdonságainak és megjelenési formájának végte-
len változatosságát.

2. Megmaradási törvények

A fizika tantárgyon belül a világnézeti nevelés vonatkozásában a megmaradási törvényeké a leglényegesebb szerep.

A megmaradási törvények azok az alapvető fizikai mennyiségekre vonatkozó törvények, amelyek azt fejezik ki, hogy e mennyiségek zárt /a környezettel kölcsönhatásban nem levő/ anyagi rendszerre vonatkoztatott értéke időben változatlan marad akkor is, ha e rendszerben folyamatok mennek végbe.

A megmaradás a fizikában nem valamiféle statikus állandóság, hanem a kölcsönhatások dinamizmusa révén nyer jelentőséget. Így érthető, hogy a megmaradási tételeket kifejező mérlegek éppen a mozgást alapvetően jellemző törvényekként jelentkeznek.

Az anyag filozófiai kategória a tudatunktól független objektív valóság megjelölésére. Ebből következik, hogy nem beszélhetünk a fizikán belül anyagmegmaradás törvényéről. Az anyagmegmaradás törvénye: "Az anyagot megsemmisíteni, ill. semmiből teremteni nem lehet" - megfogalmazásában olyan általános, hogy filozófiai tételnek kell tekintenünk. E törvény az anyagra mint "olyanra", mint filozófiai kategóriára vonatkozik és nem az anyag egyes, konkrét megjelenési formáira.

Ugyanakkor kétségtelen, hogy az anyag megmaradását bizonyító konkrét tényanyag nagyrészt a fizikából származik, a fizika megmaradási törvényeiből. Ha sikerül kialakítanunk a tanulóknak a dialektikus-materialista anyagszemléletet, amely szerint a tömeg, az

energia, a mozgásmennyiség, a töltés stb. az egységes anyag különböző tulajdonságai, akkor valamennyi megmaradási tétel alapján joggal levonhatjuk az anyagmegmaradás törvényét a szó filozófiai értelmében is.⁺/
Az anyagmegmaradás törvénye tehát a tömeg, a mozgásmennyiség, az energia... stb. megmaradási törvényeinek szintézise.

Lássuk az anyagmegmaradás törvényét különböző konkrét megjelenési formájában, a maga sokrétűségében, ahogy az a fizika oktatásában jelentkezik. /A törvények tárgyalásánál nem törekedtem teljességre, inkább az általános iskolai világnézeti nevelést segítő lényeges törvények részletesebb kifejtését próbáltam megvalósítani./

A tömeg, mint az anyag megmaradó tulajdonsága. Köznapi értelemben az anyagot és tömeget igen gyakran azonosítják, szinonimaként kezelik. A tömeg fogalom bevezetésével világossá kell tennünk tanulóink számára az anyag és a tömeg különbözőségét. Rá kell mutatnunk arra, hogy a tömeg az tudatunktól függetlenül létező, öntevékeny anyagnak csupán egy tulajdonsága. Vagyis: a tömegmegmaradás tétele nem azonos az anyagmegmaradás elvével, hanem annak csupán egyik speciális megnyilvánulása.

A tömegmegmaradás törvénye azt jelenti, hogy az anyagi testek kölcsönhatásában résztvevő anyagi partnerek mindegyikét figyelembe véve a rendszer össztömege állandó.

Az egyes testek tömege változhat, de egy bizonyos helyen jelentkező hiány máshol mint többlet jelentkezik és viszont.

E problémát - kiegészítő anyagként - a 6. osztályos fizika tömeg fogalmának kialakítása után vethetjük fel.

⁺/ Erre azonban legkorábban csak a középfokú fizikaoktatásban kerülhet sor.



Ismét találkozhatnak a törvénnyel tanulóink a halmaz-állapotváltozások - párolgás, lecsapódás - tanítása során.

A 8. osztályos kémia anyagban a probléma - a kémiai átalakulások vonatkozásában - ismét tárgyalásra kerül. Jó alkalom a fizika és kémia közötti koncentráció elmélyítésére világnézeti vonatkozásaiban. Megjegyzendő, hogy mivel e téma az "Anyagmegmaradás törvénye" címszó alatt szerepel, fentiek alapján pontosításra és kiegészítésre szorul.

Az impulzus megmaradás törvénye

Ez a törvény tudománytörténetileg is jelentős, mivel az ezzel kapcsolatos, Galilei által felismert tehetetlenségi törvény adta meg az indítóerőt a klasszikus fizika fejlődéséhez. Az m tömegű v sebességű, haladó mozgásban levő testnek fontos tulajdonsága az impulzus, melynek számszerű mértéke

$$I = m \cdot v$$

Azért fontos ez a tulajdonság, mert az anyag mozgásállapotának mennyiségi jellemzéséül szolgál és egyuttal megmaradó tulajdonság is.

A kölcsönhatásban résztvevő összes partnerek összimpulzusa állandó.

Az impulzus megmaradás törvényes magában foglalja a tehetetlenségi törvényt, t.i. egy önmagában zárt, tehát mással kölcsönhatásban nem lévő testre nézve az $m \cdot v$ megmarad és mivel a tömeg állandó, a magára hagyott test sebessége állandó.

Vagyis

Minden test megtartja nyugalmi állapotát, vagy

egyenes vonalú egyenletes mozgását, míg külső tényezők nem kényszerítik e mozgásállapot megváltoztatására.

E törvény szélesebb spektrumu meghatározása a testek kölcsönhatására is rámutat.

A kölcsönhatás ez esetben abban áll, hogy a testek egymásnak bizonyos mozgásmennyiséget adnak át, úgy hogy az összimpulzus változatlan marad. Az impulzuscseré éppen a kölcsönhatás mértékét adja meg, amelynek egyértelmű meghatározásához az időtartam rögzítése is kívánalom, hogy t.i. bizonyos mennyiségű impulzus átadása mekkora idő alatt történt. Megállapodásszerűen éppen az időegység alatti impulzusátadást tekinthetjük, ez az erő.

Az erőhatás tehát a kölcsönhatásnak az a módja, amely a testek közötti impulzus átadásban nyilvánul meg.

Az impulzus megmaradás elve a fizika területén éppen azt a dialektikus törvényt fejezi ki, hogy anyag és mozgás egymástól elválaszthatatlan.

Mozgásmennyiséget /mozgást/ a semmiből teremteni ill. megsemmisíteni nem lehet.

E megmaradási elvben a kölcsönhatások örökös volta is megnyilvánul.

Amennyi mozgásmennyiséget nyer az egyik partner, annyit veszít a másik; az össz mennyiség változatlan.

Tanulóinkban tudatosítanunk kell, hogy mindezek végső fokon azt igazolják, hogy:

Az anyagi rendszerek állapotváltozásának oka mindig valami anyagi, anyagtól független erőhatás nem lehetséges.

Másként: anyagtól független tényező nem tud erővel anyagra hatni, nem tudja azt mozgásba hozni.

A mozgás és anyag tehát nem teremthető.

E törvény kifejtése kapcsán a valóság megismerésének két fontos sajátosságára utalhatunk.

Az első a Galilei által felfedezett és alkalmazott tudományos módszer, amely az egyik legfontosabb vívmány az emberi gondolkodás történetében. Egyuttal a fizika tulajdonképpen kezdete is, mélt megtanított arra, hogy ne adjunk mindig hitelt a közvetlen megfigyelésre támaszkodó intuitív következtetéseknek.

Például megfigyelés szerint:

- nagyobb hatás nagyobb sebességgel jár, tehát a sebesség megmutatja, hatnak-e vagy sem külső erők a testre.

A Galilei által felfedezett új vezérfonal szerint:

- ha egy testre nem hat külső erő, akkor az egyenletesen mozog, azaz ugyanakkora sebességgel és egyenesvonal mentén, tehát a sebesség nem mutatja meg, hatnak-e külső erők a testre, vagy sem.

A másik igen fontos sajátosság a gondolati vagy ideális kísérlet alkalmazásának jelentősége a valóság összefüggéseinek kutatásában.

Igen lényeges e törvény tanításánál hangsúlyozni, hogy az egy, a természetben tökéletesen meg nem valósítható idealizált esetre vonatkozik /egyenletes mozgás surlódásmentes közegben./

Az energiamegmaradás törvénye

Az energiaátalakulás és megmaradás témaköre az általános iskolai fizika anyagban az életkori sajátosságoknak megfelelő érthetőségi szinten is rendkívül sokoldalúan felhasználható a világnézeti nevelés érdekében.

Az általános iskola fizika tananyag rendkívül nehéz - és ezideig sem egészen megoldott - problémája, hogy az okok és összefüggések keresésében nem hatolhatunk a tudományos igényességnek megfelelő mélységre. Másrészt: időben eléggé elszakítva vagyunk kénytelenek tárgyalni olyan jelenségeket, amelyek a valóságban igen szorosan összefüggenek /pl.: surlódás-hőfejlődés, hőfogalom-hőterjedés módja/. Így történhet meg, hogy a tanulók az általános iskolát olyan fizika tudással hagyják el, amely nemcsak a többi tárgyak, hanem még önmagán belül sem egészen összefüggő.

A probléma eredménye enyhítését célozza az a vezérelv, hogy a fizika-anyagot az energia átalakulásokkal és a bennük megnyilvánuló megmaradási törvényekkel egységes egészzé fogjuk egybe.

A törvény - univerzális jellege miatt - az általános iskolai fizika tananyag vezérfonalának "kerettörvényének" tekinthető.

A 6. osztályban a jelenlegi tanterv szerint az energetikai összefüggések tervszerű előkészítését valósítjuk meg. "A testek felmelegedésével és lehülésével járó fizikai változások" c. anyagrész helyes, tiszta fogalmainak kialakítása összefüggéseinek megértetése azonban többet kívánna az energetikai összefüggések pusztá előkészítésénél.

A hő /hőmennyiség/ fogalmának tárgyalása az energia átalakulások bevezetése nélkül pontatlan, felszínes ismereteket alakíthat ki a tanulóknál. Gondolok itt konkrétan arra, hogy a hőmérséklet és a hő közti alapvető különbség a fogalomkialakítás elnagyoltsága miatt összekeverhető a tanulók számára. Ld. tankönyv 55. old.

"A tüzhelyre tett hideg víz felmelegszik, hőmérséklete emelkedik. A tüzes vas lehül a hideg vízben, a víz pedig felmelegszik, hőmérsékletük kiegyenlítődik. A vas hőt adott le, a víz hőt vett fel."

Az általános iskolában nem tanítunk a szó tudományos értelmében vett hőtant, de az itt kialakított fogalmakra a közép- és a felsőfoku oktatásban építenünk kell.

Nem szabad engednünk, hogy tanulóink olyan fogalmakkal hagyják el az általános iskolát, amelyeket nem csupán rinomitani, mélységében pontosítani kell, hanem gyökeresen újra kelljen értékelni. /Gondolnunk kell azokra a tanulókra is, akik az általános iskola befejezése után nem tanulnak tovább!/
 Milyen hőtani fogalmak kialakítását kell megalapoznunk az általános iskolában, amely fogalmak megfelelő tartalmi jegyekkel való kibővítése és pontosítását a későbbi tanulmányok során válik lehetővé, de alapja szemléletesen alsófokon is közölhetők:

1. A belső energia fogalma, amely a részecskék hőmozgásából származó energiatartalom;
2. A hőmennyiség a belső energia megváltozásának mértéke, a belső energiát növeli, ha hőfelvétel, csökkenti, ha hőleadás történik;
3. A hőmérséklet fogalom kialakításának többoldali megközelítése szükséges:

- a test hőmérsékletére jellemző, a hőmozgást végzés és a gáz részecskék átlagsebessége, ill. a szilárd testek részecskéi rezgőmozgásának erőssége.

- A hőmérséklet fogalom kialakításának másik eleme a hőtani kölcsönhatások/energiaváltozásával/ építhető ki.

Két test termikus kölcsönhatása általában azzal jár, hogy az egyik test belső energiája csökken /hőt ad le/ a másik test belső energiája növekszik /hőt vesz fel/.

A hőátadás iránya jellemző a testek hőmérsékletére, mindig a kapott hőmérsékleti testnek csökken az energiája, a kisebb hőmérsékletű testé növekszik. Ha az energiaátadás nem következik be, a testek hőmérséklete azonos.

A hőmérséklet tehát a testek jellemző adata, amely a test részecskéinek hőmozgásával kapcsolatos és két test kölcsönhatásában az energiaváltozás irányára jellemző.

A hőmérséklet mérése c. anyagrész csak a hőmérséklet fogalom tiszta kialakítása után következhet. Ha a test belső energiáját növeljük, akkor a hőmérsékleten kívül sok más jellemző adata /pl. hőm., térfogat, halmazállapot, elektromos ellenállás, stb./ megváltozhat. Ez teszi lehetővé, hogy e tulajdonságok megváltozásától a test hőmérsékletváltozására következtessünk.

Hangsúlyozni kell a Celsius skálánál az önkényes léptékválasztást és 0 pont választást /az absz. hőmérséklet skálánál csak a léptékválasztás önkényes!/.

Az energiamegmaradás törvényes a hőtani folyamatokra is érvényes, azaz ha egy test belső energiája változik akkor ez a változás összefügg:

- a./ vagy egy másik test energiájának megváltozásával
- b./ vagy mechanikai munkavégzéssel

c./ kémiai energiaváltozással /égéshő, reakcióhő/

d./ elektromos energiának a test belső energiájá-
vá alakulásával /pl. áram hőhatása/.

A felsorolt energiák közötti kapcsolatok /felsőbb fo-
kon matematikai egyenletekbe sűrithető összefüggések/
mint azt fejezik ki, hogy az energia nem keletkezik,
nemvész el, csak egyik formájából a másikba átalakul.

Az előzőekben kifejtett hőtani fogalmak tiszta kiala-
kitásával - amely ilyen fokon természetesen csak a kö-
zépiskolai oktatás feladata lehet - lehetővé válik a
hőtannal összefüggő világnézeti következtetések markáns
megfogalmazása.

Az általános iskolában az erre vonatkozó szűkös ismer-
étanyag ilyen színvonalu világnézeti következtetése-
ket nem tesz lehetővé. Azonban az általános iskolai ta-
nulók ismereteinek és értelmi színvonalának megfelelő
szinten a szükséges és lehetséges világnézeti következtetéseket a hőtan tanításánál is ki kell aknáznunk.

Ehhez elengedhetetlen, hogy a hőmérséklet és a hőmennyi-
ség fogalmát tisztán alakítsuk ki; hogy a hő mint az
energia egyik fajtája és a hőmérséklet mint a hőener-
gia változásával összefüggő tulajdonság tudatosuljon
tanulóinkban. Hasonlóképpen igényesebben tárgyalható
lenne a "Hőmérséklet mérése" és a "HŐMÉRSÉKLET-vál-
tozások a gyakorlatban" c. anyagrész. Ehhez szükséges,
hogy az energia-fogalmat a 6. osztályban ne csak elő-
készítsük, hanem mint az egész fizikaoktatás vezérfo-
nalát elsődleges megközelítésben - a tartalmi jegyek
későbbi kibővítésének perspektívájára utalva - beve-
zessük.

Véleményem szerint e módosítás nem jelentene túlterhelést a tanulók számára. A 6. osztályos fizikatananyag - főként az említett hőtani fejezet - elsősorban leíró jellegű, nagyrészt a 3-4. osztályos környezetismeret anyagában már elhangzott és a tanulók számára igen könnyen érthető szoros gyakorlati vonatkozásai miatt. Ilymódon módot lehetne találni - esetleges anyagrészek összevonásával - fontos világnézeti jelentősége miatt - az energiafogalom beiktatására.

Ilyen strukturális változtatás erősítené tanulóink fizikai világképének szemléleti egységét és a fizikatanítás világnézeti nevelőerejét, mivel már indulóra - ha elnagyoltan is - de megfogalmazást nyerne az a természetszemléleti alaptétel /az energia megmaradása/, amelynek tudatosítása már az általános iskolában is kívánalom.

A 7. osztályban eljutnak tanulóink arra a fokra, hogy az egyes energiaátalakulásokra érvényes megmaradási törvényt nemcsak a minőségi, hanem a mennyiségi összefüggések szintjén is megfogalmazhatják. A hő, a mechanikai és az elektroenergia mértékegységei közötti összefüggések megadásával tudatosíthatjuk, hogy az energiafajták lényege egy: a munkavégzőképesség. Eltérés csak a szokások mértékegységeiben mutatkozik. Ez az eltérés azonban külsődleges, a mértékegységek megválasztásának önkényessége miatt. Igen lényeges rámutatnunk, hogy a gyakorlatban azért nem használunk azonos mértékegységet minden energiafajta mérésére, mert esetenként mások azok a mennyiségek, amelyek könnyen és közvetlenül mérhetők, pl. mech.energia - mkp; hőenergia - kcal.



A 7. osztályos tananyagban teljeseedik ki a tanulók számára is tudatosítható szinten az energiafogalom vezérelv jellege, amely átköti és keretbe foglalja az egyes anyagrészeket.

Igen tervszerűen és tudatosan ki kell ezt használnunk mindenütt, ahol csak mód nyílik rá /pl. surlódás-hőfejlődés, mech. energiák, egyszerű gépek, energia árán való munkavégzés gyakorlati alkalmazása/.

Az év végi ismétlést is célszerű az energia vezérelv keretében feldolgozni, sőt a 6. és a 7. osztályos tananyagot is egységbe foglalni. A fénytant is bekapcsolhatjuk az energia-átalakulásokban megnyilvánuló megmaradási törvények körébe azzal a gondolatmenettel, hogy a fényforrás izzásban levő test, tehát a fény hőenergia árán keletkezik. A fényenergia más energiává /pl. elektromos/ is átalakulhat. Ezzel, - mint energiaátalakulási problémát - előrevezítettük a fényelektromos jelenséget, amellyel későbbi tanulmányaik vagy olvasmányaik során fognak találkozni a tanulók.

A 8. osztályban tanult elektromosságban jellegénél fogva igen sok lehetőséget kínál az energia-vezérfonal továbbvitelére és alkalmazására. Annál is inkább, mert ekkor már az elsajátított ismeretanyag mennyisége és a tanulók értelmi szintje ezt sokkal inkább lehetővé teszi, mint az előző két évben.

Az "Elektromos áram" c. témakör egyik első bevezető órája "Az elektromos áram felismerése hatásaiból" maradéktalanul az energiaátalakulásokra építhető, amikor is kvalitatíve bemutatjuk az elektromos áram /energia! / hő-, mágneses és vegyi energiává alakulását.

Utóbbi esetben rámutathatunk a fizika és kémia közötti koncentrációra és arra, hogy e két tudománynak bizonyos vonatkozásokban közös érintkezési területei vannak. Ugyanitt - az áram élettani hatásának megbeszélésekor - önként adódik a fizikának a biológiával való kapcsolata. A két példán bevezethető a modern tudományos élet oly jelentős u.n. határtudományok - példánkban a fizikai-kémia és a bio-fizika - fogalma.

A kémiai energia elektromos energiává alakulásán alapul a galvánelemek és az akkumulátorok működése. Utóbbit csak kiegészítő anyagként tárgyaljuk, de az energiaelv elmélyítése szempontjából igen hasznos megbeszélni. Az akkumulátoroknál a feltöltés hatására u.n. "másodlagos galvánelem" alakul ki, és a keletkezett /polarizációs/ áram iránya ellentétes a felkeltési áramiránnyal. Az energiaátalakulás 2 fokozatban történik: /feltöltési/ elektromosenergia — kémiai energia; kémiai energia — /polarizációs/ elektromos energia.

"Az elektromos áram hőhatása, teljesítménye és munkája" c. egység tárgyalásakor kvantitatíve és meghatározzuk az elektromos energia teljes egészében hőenergiává való alakulását, vagyis hogy 1 kWh elektromos energia 860 kcal hővel egyenértékű. Hasznos bemutatni, hogy ez az összefüggés miként következik a 7. osztályban tanult energia mértékegységek átszámítási összefüggéseiből. Ezzel ismét az energiamegmaradás törvénye tudatosításának teszünk szolgálatot.

Az "Elektromos áram hatásai" c. anyagrészben gyakorlati jelentősége miatt kiemelten oktatott elektromotor

és az "Elektromágneses indukció" témakör hasonló okokból középponti része a váltakozó áramu generátor - a főtémakörök összefoglalásánál - szerkezetbeli azonosságuk és az energiaátalakulások szempontjából különbözőségük alapján való összehasonlítása igen hasznos lehet a világnézeti nevelés érdekében.

A 8.oszt. fizikatananyag záróakkordja a gyakorlati szempontból igen fontos transzformátor tárgyalása.

Ugy érzem, hogy az energiaátalakulások vezérfonalának 3 éven át történő következetes végigvezetése lehetővé teszi, hogy ezt az anyagrészt - az eddigi jobbra empirikus és induktív ismeretszerzési módszerek után - az energiamegmaradás törvényéből mint általános, már sokoldaluan ismert törvényből deduktív úton vezessük le.

A transzformátor szerkezeti ismertetése után kísérletileg /empirikus ut/ meghatározzuk a feszültség-átvételi törvényszerűséget. Ezután alkalmazzuk az energiamegmaradás törvényét a transzformátor esetére. Eszerint - veszteségmentességet feltételezve - a primer tekercsbe betáplált energia egyenlő a szekunder tekercsből kivett energiával. Tehát:

$$I_p \cdot U_p = I_s \cdot U_s$$

Figyelembe véve a feszültségátvételi törvényt, adódik az

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{U_s}{U_p}$$

vagyis az áramáttételi törvény. Ilymódon ez a lépés ill. az ennek során szerzett ismeret - teljesen deduktív lesz, hiszen az általános jellegű energiamegmaradási törvény alkalmazását jelenti egyedi esetre és a meglévő ismeretekkel végzett logikai műveletek során jutottunk új ismeretekhez. Ilymódon a tanulók megismerik a kísérleteken alapuló induktív ismeretszerzés mellett a tudományos ismeretszerzés másik fontos módszerét is.

Az egész eljárásban a legfontosabb, hogy gyakorlati alkalmazást nyer az energiamegmaradás törvénye. Ez pedig igen lényeges, mert a fizikai megmaradási törvények kísérleti igazolása egyben a belőlük általánosításként adódó anyagmegmaradási törvény igazságának alátámasztását is szolgálja.

3. Mozgásformák

A megmaradási törvényekkel szorosan összefüggő természetszemléleteti probléma a mozgásformák /vagy mozgásszintek/ kérdése. A legtöbb energiaátalakulás során u.i. nemcsak a különböző energiafajták, hanem az anyag mozgásformái közötti átmenetről is szó van, továbbá minden egyes mozgásformát sajátos, rá jellemző megmaradási törvények írnak le.

Az anyag minden konkrét formájának megvan a maga mozgásformája: az elektronok létezési módja más, mint az atomoké, ez utóbbiaké más, mint a molekuláké, ezeké megint más, mint a mikroszkópikus testeké:

A természet végtelenül sokféle mozgását végtelen számú struktura⁺ hordozza. A végtelen változatosságban azonban meg kell láttatnunk a belső rendet, az anyag struktúrák hierarchikus egymásraépülését. Az anyagi struktúrák egymásraépülő szintjei egy-egy mozgásformát képviselnek.

+/ A struktúrában kifejezésre jut, hogy az adott anyagi rendszer milyen alkotórészekből tevődik össze, alkotórészei között milyen kölcsönhatási folyamatok zajlanak le és e kölcsönhatások viszonyokat alakítanak ki az alkotórészek között.

A fizikatanulás folyamatában megismert anyagfajták, rendszerek az alábbi csoportok valamelyikébe tartoznak.

Mozgás szint	Struktura		A rendszer	Jellemző megmaradási törvény
	alkotórésze	jellegzetes kölcsönhatás		
Mechanikai	Makroszkópikus testek	impulzus - csere	Makroszkópikus testek rendszerei	impulzus megm. törv.
Molekuláris	Molekulák	kohéziós és adhéziós erők	Mikroszkópikus testek halmozai	energiamegm. törvény
Atomfizika	Atommag elektrok	Coulomb erőhatások	Atom	elektromos töltésmegmaradási törv.
Magfizika	Proton Neutron	Magerők	Atommag	Barion töltés megm-i törvény

A mozgásszintek lényegének és összefüggéseinek mélyrehatóbb vizsgálata fontos világnézeti következtetések levonását teszi lehetővé a fizikatanítás megfelelő fázisában.

Elmélyíthetjük az alkotórészek és a rendszer - a részek és az egész - fogalmát és dialektikus kölcsönhatását. Mivel a tárgyalt rendszerek nem egymástól független strukturák, hanem egymásba épülő szintek, közvetlenül



adódik, hogy az egyszerűbb rendszerek a bonyolultabbak strukturális elemei.

Az atom, mint egész nem azonos az azt felépítő részecskék mechanikus összegével, hanem sajátos, a részekről minőségileg különböző, önálló mozgástörvényekkel rendelkező egység. Az egész másként viselkedik, mint alkotóelemei.

A rendszerek közötti átmenetektől kiolvasható az a következtetés, hogy akármit vizsgáljunk, mindenütt dialektikus kölcsönhatást észlelünk valamely "dolog" és "alkotórészei" között. A részek feltételei az új egész keletkezésének, de az új létrejöttével megszűnnek egyszerű részek lenni, amelyekből az egész összetevődik. Ellenkezőleg: az egészen belüli szerepük az, hogy folytatva saját, sajátos mozgásukat, elveszítik önállóságukat és mozgásuk az új egység összmozgásának alárendelt mozzanatává lesz.

A bonyolultabb anyagfajták jellegzetes, minden más rendszertől elkülönülő kölcsönhatási rendszerükbe az egyszerűbb sturkturák kölcsönhatásait is belefoglalják, csak-hogy változott, alárendelt formában /pl. az elektronok átléphetnek pályájukról egy, a magtól távolabbi pályára, ha a két pályához tartozó energiák különbségét közöljük velük. Az a változás azonban nem érinti az atommag egyensúlyi viszonyait./

Ismeretelméleti szempontból igen tanulságos annak a felismertetése, hogy a mozgásszintek rendszerének bonyolultsági fokozatai megegyeznek a fizika tudomány megismerési fokozatainak történeti sorrendjével.

Ugyanakkor ennek bemutatásával párhuzamosan bemutatatható az - a világnézetileg ugyancsak lényeges - tudománytörténeti jellegzetesség, hogy a tudomány fejlődése

igen szoros kapcsolatban van a gyakorlat szükségleteivel.

A tőkés termelési viszonyok kialakulása rohamos fejlődésnek indítja a természettudományokat. A termelés energiabázisa ez időszakban a mechanikai mozgás volt /viz és szél energiája/. Ennek minél tökéletesebb kihasználása elsősorban a mechanikai mozgás törvényeinek megismerését igényelte. A hajózás kiterjedése a nyílt óceánokra a csillagászat továbbfejlesztését sürgette, a hadviselés a puskaapor elterjedésével kapcsolatban a ballisztika alapjainak kidolgozását tette szükségessé. Mindez elsősorban a földi és égi mechanika viszonylag önálló tudománnyá alakulását idézte elő, amely mint a makroszkópikusan legegyszerűbb mozgásformát tanulmányozó tudomány számottevő más előzmények nélkül is fejlődésnek indulhatott. A jelenségek mechanikai szintje megérthető volt anélkül, hogy a mélyebb rétegeket meg kellett volna bolygatnunk. /A Föld egészének mozgására belső erők nem képesek befolyást gyakorolni, ezért ezeket nem kell első megközelítésben figyelembe venni/.

A korszak tudományos vezéralakjainak, Galileinek és Newtonnak munkássága alapján a klasszikus mechanika olyan nagy eredményeket ért el, hogy általánosult az a felfogás, hogy a mechanikai nézőpont a fizika minden ágára következetesen alkalmazható. Csaknem két évszázadon keresztül ilyen törekvés hatotta át a fizika tudományát. Utal erre, hogy a XIX. szd. közepén olyan kiváló fizikus, mint Helmholtz így írt:

"Végül is rájövünk arra, hogy a fizika anyagi tudományának problémája abban áll, hogy a jelenségeket olyan változatlan vonzó és taszítóerőkre

vezessük vissza, amelyeknek erőssége csak a távolságtól függ,... és az az egyedül lehetséges mód, amely a jelenségekre alkalmazható."

A mechanikai tárgyalásmód, amely a maga idejében haladó volt, és a belső tulajdonságoktól elvonatkoztatva helyes és járható, bonyolultabb /más mozgásformába tartozó/, rendszerek jelenségeinek leírására nem használható.

A mechanikus szemlélet nem elégithet ki bennünket a fizika oktatási folyamatában sem, bár könnyen érthetősége és bizonyos didaktikai szempontok mellette szólnak. Nevezetesen az, hogy a fizikai alapfogalmakat a mechanikában alakítjuk ki és ezekkel dolgozunk részben változatlanul, részben analógiaként a fizika más területein is.

Mint ahogy a mechanikai szemlélet kialakulására és általánosítására, éppugy annak meghaladására is a gyakorlat fejlődése készített. Az ipari forradalom kibontakozásával a fizika tudománya rohamos fejlődésnek indult. A hatalmassá nőtt gyárpar energiabázisa a gőz, ill. a hőenergia lett. A mechanikai mozgás mellett az anyag mozgásának más fajtáit is tanulmányozni kezdték: fejlődésnek indult a hőtan, később az elektromosság.

A termelés tapasztalatainak általánosítása és a természet törvényszerűségeinek mind mélyebb feltárása révén fontos tudományos elméleteket dolgoztak ki, melyek a korábbi nézeteknél szélesebb körben, mélyebben és hitebben tükröztek az objektív valóságot.

Ha tanításunkban a hőtani és az elektromos jelenségeket a molekulák, ill. az elektromos töltéshordozók egyszerű mechanikai mozgásaként értelmezzük, akkor tanulóinkban a mozgás fogalma is végig mechanisztikus marad. Ennek

elkerülésére rá kell mutatnunk a különböző mozgásszintek viszonyain keresztül a kölcsönhatások minőségi különbözőségére.

Itt kerülünk szembe a mozgás és a nyugalom kérdésével. A mechanikában a nyugalom és a mozgás fizikailag egyenrangúak. Ebből következik, hogy a mechanikai nyugalom relativitása nem jelenti általában a nyugalom relativitását. Az új mozgásszint, a molekuláris mozgásforma megismerésénél látható, hogy a makroszkópikus szinten tapasztalt nyugalom a molekuláris szinten zajló szakadatlan /de a molekulák nagy száma miatt/ összességében kiközepelődő mozgások, egyedi folyamatok megkülönböztetlenségét jelenti.

Itt beszélünk először általánosságban a nyugalom viszonylatosságáról.

A molekuláris fizika mikroszkópikus testek halmazainak mozgástörvényeivel foglalkozik. A törvények statisztikus jellegűek egy-egyértelmű meghatározottságu determinizmus tételével.

/Ha egy adott pillanatban ismerjük a rendszer állapotát, ebből tetszőleges időbeli állapot meghatározható./

A hőtán az anyagban végbemenő minőségi változásokat már tudomásul veszi és azokat mennyiségi változásokra vezeti vissza.

A mennyiségi változások egy pontra minőségi átalakulásba csapnak át /pl.: hőmérséklet változás --- halmazállapot-változás/.

A mechanikai és a molekuláris mozgástípust egyaránt a mechanika mozgástörvényei írják le, de a két jelenségcsoport vizsgálati módszerei különböznek. A molekuláris mozgásforma vizsgálatának világnézeti szempontból az ad jelentőséget, hogy közelebb visz a mozgás egyetemes értelmezéséhez.

A mechanikai mozgás pusztán helyváltoztatás. A molekuláris mozgásforma szerint a makrotestek molekulái állandó mozgásban vannak, akár változtatja a helyét a test, akár nem. A makroszkopikus nyugalom /állandóság/ a mikromozgások dinamikus egyensúlyának eredménye.

A XIX. sz. második felében új és forradalmi eszmék jutottak be a fizikába, ezek utat nyitottak olyan új elméleti álláspont felé, amely teljes elfordulást jelent a mechanikától. "Majdnem minden haladás a tudomány területén régi elméletek válságából indul ki..." /Einstein/

Az elektron felfedezésével megindult vizsgálatok olyan kísérleti eredményekhez vezettek, amelyek csak az atomon belüli mozgásokkal voltak értelmezhetők. Feltárult a fizikusok előtt a minőségileg új atomfizikai mozgásforma. Ennek a mozgékony világnak a megismerése során alakult ki az elektromosság, elektronika, kvantummechanika. Legközvetlenebbül az elektromágneses sugárzás és a fény kettős természetét bizonyító kísérleti tapasztalatok és a Planck-tól származó alapfeltevés - a sugárzó energia kvantumokban terjed - alapozta meg a kvantummechanikát.

Mozgási törvénye a determinizmus egy sokértelmű meghatározottság tétele, mely szerint ha egy adott pillanatban ismerjük egy rendszer állapotát, ebből nem határozható meg egyértelműen egy tetszőleges korábbi vagy későbbi állapot.

/Heisenberg bizonytalansági relációja megfogalmazásában az elektron helye és impulzusa nem határozható meg egyidejűleg./ A kvantummechanikában az egyes jelenségeket leíró állapotjelzők közötti kapcsolatok valószínűségi jellegűek /pl. az atomhoz rendelt hullámfüggvény megadja, hogy az elektronok legnagyobb valószínűséggel a Bohr-féle elektron-pályákon tartózkodhatnak./



A Planckáltali - elméleti uton levezetett- feltevés: a fizikai mennyiségek diszkrét jellege, az energia kvantumos változása teljesen új, forradalmi lépés volt a fizikában. Felfedezése valóban lényeges ismeretet tárt fel a természetről, melynek révén több, a klasszikus fizika által nem megmagyarázható jelenség értelmezhetővé lett.

A magfizikai mozgásformát tárgyaló tudomány az elemi részek fizikája, amely tulmutat a kvantummechanika eredeti formáin.

Becyuerel, Marie Curie, Rutherford, Chadwide kísérleti tapasztalatai során szédületes fejlődésnek induló tudomány eredményeként az anyag jelenleg ismert legkisebb részecskéinek, a magrészecskéknak hosszú sorát fedezték fel. A részecskék átalakulási folyamatai az anyag mindeddig tapasztalt legváltozatosabb minőségi formáit hozzák létre.

A tudományos eredmények kétséget kizáróan bizonyítják, hogy az atommag sem változatlan. A nem radioaktív elemek magjának nagy stabilitása a magerők dinamikus egyensúlyából származik. Az elemi részecskék kölcsönhatási törvényei igen bonyolultak. A bonyolultságot rendszerbe foglalják a különböző részecskékre vonatkozó megmaradási alaptörvények, amelyek - a világ anyagi egységének bizonyítékaként e mozgásszinten is érvényesek.

Napjainkban az elemi részecskék egyre további egyedeit és törvényszerűségeit tárják fel. A modern fizikának ez az ága fejlődő és korántsem lezárt.

A modern fizika filozófiai vetületeként új, modern fizikai világkép van kialakulóban, amely gyökeresen különbözik a klasszikustól. Számos filozófiai kérdés fontos szerephez jutott a fizikában és nemegyszer heves

harcok és szenvedélyes viták jelezték a születő új tudomány nehézségeit.

A mozgásformák tárgyalása során levonható világnézeti következtetések áttekintése

1. A természetben nincsenek végső építőelemek, az anyag oszthatóságának nincs határa. A világ nemcsak a nagy méretek felé, hanem a kis méretek felé is végtelen. A világegyetem anyaga méreteiben és mélységében is végtelen.

2. Az anyag korlátlan oszthatóságából nem következik, hogy eközben folytonosan változnak sajátosságai és minden méretben azonosak a mozgástörvényei. Ellenkezőleg, a feldarabolás folyamán megfelelő "csomópontokon" /minőségi változás/ új mozgásformákhoz, új anyagfajtákhoz jutunk, amelyeknek minőségileg mások a törvényei, mint az előzőknek. A mennyiségi végtelenség tehát elválaszthatatlan egységben áll a minőségi végtelenséggel.

3. Az új mozgásformán belül a rész és egész /szerkezeti elem és összetett szerkezet/ fogalmai is minőségi átalakításra szorulnak.

4. Egy adott mozgásszinten tapasztalt nyugalom mindig a magasabb mozgásszinten már kimutatható mozgások dinamikus egyensúlyát jelenti.

5. Az anyag létezését minden mozgásszinten a megmaradási törvények tükrözik, amelyek mint általános törvények dialektikus egységbe foglalják a különböző

mozgásformákat. A magasabb mozgásszinthez tartozó megmaradási törvények mindig általánosabbak az alacsonyabb szintekhez tartozóknál, tehát hierarchikusan épülnek fel. Minél általánosabb egy törvény, annál szélesebb területét fogja át a valóságnak, annál többet tartalmaz az objektív valóságból.

6. A világ anyagi egysége a minőségileg különböző anyagfajták és mozgásformák egysége oly módon, hogy mindezek átalakulhatnak egymássá: ebben áll egységük; de a változások, ill. eredményeik minőségileg különbözők lehetnek: ellenáll különbözőségük.

7. Az anyagi világ végtelenségéből következik, hogy a megismerési folyamat soha nem lezárt. A tudomány fejlődésével bővülnek ismereteink, tudásunk relatív igazsága mind többet ölel fel az abszolút igazságból, noha teljességében soha el nem éri azt.

|||. Az analógiák szerepe a fizika tanításában

A világ fizikai jelenségeinek törvényszerűségeit, ok okozati összefüggéseit, az objektív valóság egészét megismerni még a kutató számára sem egyszerű dolog. Mennyivel nagyobb feladatot jelent ez a munka a kezdőre, az iskola padjaiban ülő tanulóra. Ezért igyekszik a nevelő a pedagógia, a didaktika számos segédeszközével a segítségére sietni.

Az alábbiakban a segédeszközök közül az egyik, érdemtelesen elhanyagolttal, az analógiák területével kívánok foglalkozni. Csak szűkebb körben, az elektromosságtan körében mutatom meg, hogy segítségükkel még a látszólag bonyolult jelenségeket, összefüggéseket is szemléletesebbekké tehetjük, azok sokkal könnyebben érthetőkké válnak.

Mit akarunk elérni az oktatásban az analógiák alkalmazásával?

Ha valamilyen jelenség közvetlenül nem szemléletes, mert lefolyása rejtve van a szemünk előtt, a jelenségben szerepet játszó dolgok nem érzékelhetők, vagy túl gyors lefolyásuak, akkor ezt a jelenséget olyan hozzá hasonló jelenséggel utánozzuk, akár képzeletben, akár modellkísérlettel, amelyben jól megfigyelhető elemek szerepelnek. /pl. a villamos áramot üvegcsőben folyó vízzel utánozzuk/

Szeretném megjegyezni, hogy az analógiák tulzásbavitt alkalmazását kerüljük. Sohase feledjük, hogy az analógiák alkalmazása a tanításban nem öncélú dolog, hanem csupán a könnyebb megértést szolgálja. Nem lehet a modern szaktudományok jelenlegi állapotára hivatkozva azt állítani, hogy a tudományban /pl. kvantummechanikában/ ma már a szemléletnek nincs jelentősége, tehát igyekezzünk növénydeinkben is az un. belső logikai szemléletet kialakítani. Belátható, hogy ez az álláspont részben hibás. Az a körülmény, hogy a modern fizika eltávolodott a szemlélettől, az ember számára kényelmetlen, kellemetlen

dolog, de nem jelenti azt, hogy ebbe bele is kell nyugodnunk. Ne feledjük, hogy a fizikában minden időben voltak olyan újonnan felfedezett jelenségek, amelyek a felfedezés utáni első években, vagy évtizedekben nem voltak "szemléletesek", később azonban, amikor részletesebben megismerték őket, elméletük is kialakult, didaktikai szemmel is kezdték nézni a jelenséget, és lassan bár, de kialakult a jelenséghez fűződő szemléleti kép. Ma még a kvantummechanika sok részlete távol esik a szemlélettől. Ez azonban nem jelenti azt, hogy annak így is kell maradnia. Remélhetően ki fog alakulni az idők folyamán ezekre a jelenségekre is valamilyen szemléleti kép, amely hozzáférhetőbbé teszi a jelenségeket azok számára, - legyenek azok csak passzív szemlélői a tudománynak, vagy akár tudosjelöltek - akik inkább külső szemléleti típusú egyének.

Természetesen nem vitás, hogy a belső, logikai szemlélet kialakításának nagy fontossága van. Az analógiák alkalmazása, ha nem esünk a fentebb említett túlzásokba ezt a folyamatot is segíti. Az analógiák módszerét a tudományok legszélesebb területein alkalmazzák kísérleti feladatok feldolgozására és általánosítására, összekapcsolva megfelelő modellek alkalmazásával. A tudományos kutatás területén alkalmazott analógiák kérdése már Newtonnál is szerepel: "A természetfilozófia matematikai alapjai" c. művében azonban közel 200 évnek kellett eltelnie, hogy az analógiák területével újra kezdjenek foglalkozni. A XIX. szd. közepétől kezdve már sok mű foglalkozik az analógiák elméletével.

Jelenleg az analógiák területén a múlt századbelivel összehasonlítva fordított a helyzet. Akkor az elektromosság megértéséhez kerestek analógiákat a mechanika, hidraulika, hőtan köréből: ma pedig éppen fordítva az elektromos jelenségek köréből keresnek analógiákat és szerkesztenek a megoldás gyakorlati kiviteléhez elektromos modelleket.

E megváltozott helyzetnek az az oka, hogy az elektromos analógián alapuló modellek, melyek az ismert áramköri elemek /tekercsek, kondenzátorok, ellenállások stb./ összekapcsolásából állnak, könnyen kezelhetők és az eredmények a precíz elektromos mérőműszerek segítségével könnyen megállapíthatók.

Az analógiás módszer alkalmazásának az a feltétele, hogy a két hasonló jelenségre azonos szerkezetű egyenletek legyenek felírhatók. Ezt a módszert alkalmazzuk az alábbiakban mi is annak eldöntésére, hogy valamely hidromechanikai analógia alkalmazható-e a kérdéses elektromos jelenség megvilágítására. Az egyenleteket, levezetéseket azonban már elhagyjuk a tanítás során, azokra nem lesz szükség, tekintettel arra, hogy kvalitatív képpel is megelégszünk.

Igen hasznos lenne a legtöbb esetben modellkísérletet is bemutatni az analógiára való hivatkozás mellett, vagy helyett. Erre különösen alsó fokon lenne szükség, amikor a megfelelő hidromechanikai jelenség elképzeltetése nagyobb nehézséget jelent. Éppen ezért néhány helyen a megfelelő modell összeállítására is hivatkoztam.

A fémek "szabad elektron" elméletéről

Tulnyomórészt a fémes vezetéssel kapcsolatos elektromos jelenségekről tanítunk, ezzel foglalkozom részletesebben.

A tudomány jelenlegi állása szerint a kvantummechanikán alapuló sáv-elmélet kielégítő magyarázatot ad a fémekben végbemenő legtöbb elektromos jelenségre. Ma még azonban az általános- és középiskolákban nem taníthatunk a sáv-elmületről, még csak vázlatosan sem. Ezzel szemben az elmélet néhány egyszerű szemléletes eredményét a szükségletnek megfelelően közölhetjük.

A sáv-elmületnél szemléletesebb és egyszerűbb a fémek

"szabad elektron" elmélete, amely a fémek megismerése terén első közelítésnek tekinthető. Ennek alapján a fémeket kristályos szerkezetűnek tekintjük. Az elektromosság alsó fokán való tanítása során megelégedhetünk a jelenségek közelítő pontosságú, csak bizonyos leegyszerűsítések után végezhető tárgyalásából származó eredményekkel.

A későbbiek során az elmélet néhány részletkérdését érinteni fogom, mint olyat amely az analógiákkal kapcsolatban, vagy csak az analógiákkal megvilágítva kaphat helyet a tanításban.

A feszültség és nyomás kapcsolata az elektromos áramban

Az elektromos jelenségek megértése céljából folyadék - analógiákat alkalmazunk.

Vizsgáljuk meg az alkalmazások lehetőségét.

Induljunk ki abból, hogy egy l hosszúságú, a hossza mentén mindenütt q keresztmetszetű vezető két végpontja között $U_1 - U_2 = U$ feszültségkülönbség van. /1. ábra/

E feszültségkülönbség hatására I erősségű áram folyik a vezetőkben.

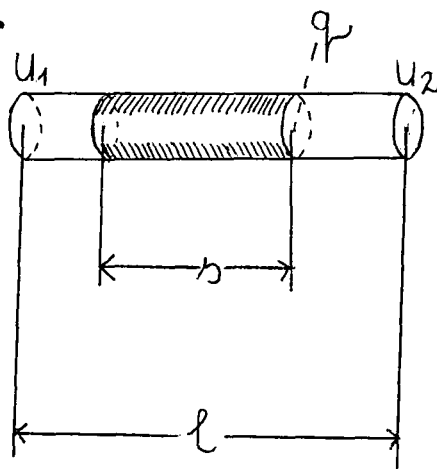
Az áram munkája t idő alatt a már ismert összefüggés szerint

$L = U \cdot I \cdot t$ vagy $L = U \cdot Q$, a teljesítménye pedig:

$$N = \frac{L}{t} = U \cdot I$$

Kérdés, nem lehetne-e a feszültségkülönbség helyett valamilyen nyomás, vagy ehhez hasonló fogalmat bevezetni, hogy a folyadék áramokhoz hasonló módon lehessen pl. a munkát, vagy a teljesítményt kifejezni.

Tartsuk minden esetben szem előtt, hogy a szabad elektronok állandó feszültségkülönbség hatására egyenletes közép-



1. ábra

sebességgel tolódnak el a vezető fém ionjai között, mert az ütközések miatt ugyanannyi energiát adnak le, amennyit mp-enként felvettek az elektromos térből. Ezért nem növekszik az átlagos kinetikus energiájuk és ezzel kapcsolatban a sebességük.

Természetesen, ha nő az elektromos tér erőssége, több energiát vesznek fel, így nagyobb állandó átlagos sebességnél tart egyensúlyt a mp-ként felvett és leadott energia. Ebben az esetben az előbbinél erősebb áram folyik a vezetőben.

Ezek előrebocsájtása után számítsuk ki az áram munkáját úgy, hogy az elektromos térnek az egyes elektronokra kifejtett hatását vesszük figyelembe.

Az elektron töltése legyen e és a vezető minden egységnyi térfogatában $/\text{cm}^3\text{-ében}/$ legyen n szabad elektron, azaz $N \cdot e$ szabad töltés. Ha az l hosszúságu vezetők végpontjai között U a feszültségkülönbség, akkor az elektronok $E = \frac{U}{l}$ erősségű tér hatására mozognak. Egy elektronra $e \cdot E$ erő, az l hosszúságu, q keresztmetszetű vezetőben lévő $l \cdot q \cdot n$ számú elektronra

$P = l \cdot q \cdot n \cdot e \cdot E$ erő hat. Az E térerősséget az U feszültségkülönbséggel kifejezve:

$$P = q \cdot n \cdot e \cdot U \quad 1/$$

Ekkora állandó erő hatására mozog egyenletesen minden szabad elektron abban a q keresztmetszetű vezető darabban, melynek két végpontja között U a feszültségkülönbsége. Tétélezzük fel, hogy t ideig történik az áramlás. Kérdés, mekkora a P erő munkája? Tudnunk kell, hogy t idő alatt mekkora s uttal tolódott el az összes elektron. Ha az elektronok középsebessége v , akkor $s = v \cdot t$. Így az áram által t idő alatt végzett munka az ismert mechanikai munkaképlet alapján: $L = P \cdot s$. Irjuk be P értékét az 1/ egyenletből:

$$L = q \cdot n \cdot e \cdot U \cdot s \quad 2/$$

A későbbiekben majd látni fogjuk, hogy a csőben áramló víz által t idő alatt végzett munkát így számíthatjuk ki:

$$L = p \cdot V \quad 3/$$

Ahol a p a cső két vége közötti nyomáskülönbség és V a cső egy adott keresztmetszetén t idő alatt átáramlott víz térfogata. Kiséreljük meg a 2/ képletet a 3/ képlet mintájára átalakítani.

Az 1/ ábra alapján a 2/ képletben levő $q \cdot s$ az a vezető térfogat, amelyben levő elektronok t idő alatt a vezeték bármely adott keresztmetszetén átáramlanak. Jelöljük ezt a térfogatot V' -vel, azaz

$$V' = q \cdot s \quad 4/$$

Vizsgáljuk meg a 2/ képlet jobb oldalán levő $n \cdot e \cdot U$ -t. Ha az 1/ egyenletet q -val osztjuk, $\frac{P}{q} = n \cdot e \cdot U$, ami a 2/ képlet jobb oldalán lévő $q \cdot s$ tényezője. Viszont a bal oldal, - erő osztva felülettel -, nyomás jellegű kifejezés.

Jelöljük ezt p' -vel, akkor

$$p' = \frac{P}{q} = n \cdot e \cdot U \quad 5/$$

E szerint az elektromos áramra vonatkozó 2/ így írható:

$$L = p' \cdot V'$$

A 6/ és 3/ képletek közötti hasonlóság meglepő. Figyelembe kell venni, hogy p' nem a mechanikában definiált nyomás, vagyis erő osztva felülettel, hanem egy adott térfogatban levő elektronokra ható erők eredőjének a részecskék haladási irányára merőlegesen vett keresztmetszettel alkotott hányadosa.

Vizsgáljuk meg a p' és V' dimenzióját. Ehhez jelöljük a távolság dimenzióját L -lel, a tömegét M -el, az időt T -vel.

Az 5/ formulából

$$\begin{aligned} /p = /n \cdot e \cdot U/ &= L^{+3} \cdot L^{\frac{3}{2}} \cdot M^{\frac{1}{2}} \cdot T^{-1} \cdot L^{\frac{1}{2}} \cdot M^{\frac{1}{2}} \cdot T^{-1} = \\ &= L^{-1} \cdot M \cdot T^{-2} = \frac{L \cdot M \cdot T^{-2}}{L^2} \end{aligned}$$

azaz nyomás dimenziója.

A 4/ formulából

$$/V' / = /q \cdot s/ = L^2 \cdot L = L^3 \quad \text{azaz térfogat dimenziója.}$$

Természetes, hogy a szorzatukból:

$$/L / = /p' \cdot V' / = L^{-1} \cdot M \cdot T^{-2} \cdot L^3 = L^2 \cdot M \cdot T^{-2}$$

energia dimenziója adódik.

Megmutatjuk még, hogy az $L = p' \cdot V'$ formulából az áram munkájának ismert $L = U \cdot I \cdot t$ kifejezése egyszerűen adódik.

Ugyanis a 2/ egyenletből : $L = q \cdot n \cdot e \cdot U \cdot s$.

Az $s \cdot q$ térfogatrészben /1. ábra/ $Q = s \cdot q \cdot n \cdot e$ töltés áramlik át t idő alatt a q keresztmetszeten. Ezért az áramerősség:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{sqne}{t} = vqne = \frac{V' \cdot ne}{t}, \quad \text{ahol } v = \frac{s}{t} \quad \text{és } V' = sq$$

E szerint az áram munkája: $L = q \cdot n \cdot e \cdot U \cdot s = q \cdot n \cdot e \cdot U \cdot v \cdot t = U \cdot I \cdot t$, vagyis az ismert formulát kaptuk. Emeljük még ki az áramerősség

$$I = \frac{V' \cdot n \cdot e}{t} \quad \text{kifejezést.}$$

Mint már láttuk, V' az a vezető térfogat, amelyben levő

elektronok t idő alatt a vezető bármely adott keresztmetszetén átáramlanak. $n \cdot e$ az egységnyi térfogatban levő töltés, tehát a $V' \cdot n \cdot e$ a vezető tetszőleges keresztmetszetén t idő alatt átfolyt töltés.

Azaz $Q = V' \cdot n \cdot e$

Az áram munkáját, vagy az

$$L = U \cdot I \cdot t = U \cdot Q \text{ vagy az}$$

$$L = p' \cdot V' \text{ formulával fejezhetjük ki. 7/}$$

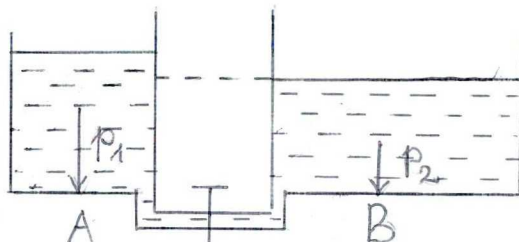
Vagyis, ha feltételezzük azt a nem létező esetet, hogy az elektromos áramnál valami módon könnyebb az U helyett a p' -t, vagy a Q helyett a V' -t meghatározni, akkor az áram munkáját a $p' \cdot V'$ szorzattal ugyanugy kiszámíthatjuk, mint az $U \cdot Q$ szorzattal.

Fentiekből tehát az látszik, hogy az elektromos áram munkáját kifejező $L = p' \cdot V'$ formula és az áramló folyadék munkáját megadó $L = p \cdot V$ formula nemcsak formálisan, de majdnem lényegileg is megegyezik egymással, mint hogy a p és p' valamint a V és V' dimenziókban is megegyeznek.

Az analógia szempontjából jelentős 6/ és 7/ képlet formulák alapján a következőkben a vezetőben áramló elektromosságot a csőben áramló vízzel fogjuk képzeletben vagy analógiát kísérleteinkben helyettesíteni. Ezért vizsgáljuk meg közelebbről a csőben áramló víz néhány jelenségét és hasonlítsuk össze a vezetőben áramló elektromos töltés jelenségeivel.

Csőben áramló víz munkája

Két, vizet tartalmazó nagy-
méretű kádát kössünk össze
a második ábra szerint csap-
pal ellátott csővezetékekkel.
Legyen a két kádban a víz
szintje különböző magasságu.
Ha a csapot megnyitnánk, ter-
mészetesen a nagyobb szint-
magasságu A kádból víz foly-
nék a másik B kádba. A cső-
ben áramló vizet nyilvánva-
lóan a két kád fenekén ural-

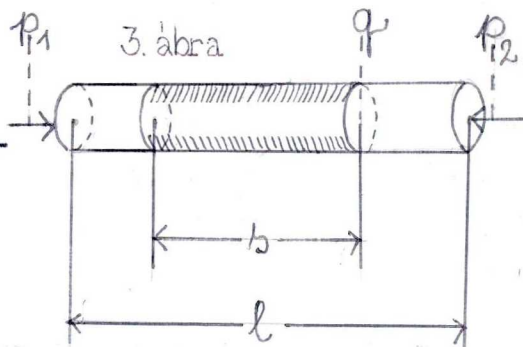


2. ábra

kodó nyomások különbsége mozgatja. A cső belsejében ha-
nyagoljuk el a víz hidrosztatikai nyomását. Jelöljük az
A kád fenekén mérhető hidrosztatikai nyomást p_1 -el, a B
kád fenekén levőt p_2 -vel, akkor a csőben $p = p_1 - p_2$
nyomáskülönbség mozgatja a vizet. A víz a belső surlódás
következtében egyenletesen áramlik.

Jó megközelítéssel - nem túl nagy áramlási sebességek
tartományában - az áramlási sebesség arányosnak vehető
a nyomáskülönbséggel, az elektromos áram esetéhez hason-
lóan.

Az elektromos árammal kapcsola-
tos analógia kiépítése érde-
kében számítsuk ki a csőben
áramló víz munkáját /3. ábra/.
Legyen a cső belső kereszt-
metszete q , egy l hosszúságu
vizoszlop két vége között, legyen a nyomáskülönbség
 $p = p_1 - p_2$. Ekkor a vizoszlopot $P = p \cdot q$ nyomóerő
mozgatja. Mozduljon el a vizoszlop t , idő alatt s -sel.



A $p \cdot q$ erőnek a t idő alatti munkáját e szerint így kapjuk: $L = P \cdot s = p \cdot q \cdot s$. De $q \cdot s = V$, az a víztérfogat, mely t idő alatt a cső bármely keresztmetszetén átfolyik. Tehát a munka:

$$L = p \cdot V$$

8/

Mint már előbb hivatkoztunk rá ez a képlet nemcsak formálisan, de majdnem tartalmilag is megegyezik az elektromos áramra kapott 6/ képlettel. Különbség csak az elektromos áramnál szereplő p' -nél van, mely ugyan szintén nyomás dimenzióju mennyiség, azonban jelentése más, mint a közönséges nyomásé. E különbség abból származik, hogy az elektromos áramnál tér, és ennek potenciája szerepel, ami a folyadékánál a nyomás vonatkozásában nem állítható.

Ez a csaknem teljes egyezés az elektromos áram és folyadék áram energia - formulája között ismét alátámasztja, hogy folyadék áramot használjunk az elektromos áram analógiájaként. Ezért a következőkben még azt is megmutatjuk, hogy a folyadék áramnál is be lehet vezetni az elektromos áramnál megismert $L = U \cdot I \cdot t$ formulához hasonló összefüggést.

A folyadék áramnál is bevezetjük az áramlás erősségének, röviden az áramerősségnek a fogalmát. Ha ugyanis t idő alatt V térfogatrész áramlik át a csővezeték bármely keresztmetszetén, akkor az áram erősségén a villamos áram erősségéhez hasonlóan az

$$I = \frac{V}{t} \quad 8/a$$

mennyiséget értjük.

Ebből $V = I \cdot t$, mely szerint 8/ formula így alakul:

$$L = p \cdot I \cdot t \quad 9/$$

Összehasonlítva ezt az elektromos áram ismert $L = U \cdot I \cdot t$ formulájával azt látjuk, hogy a folyadék áramot mozgató p nyomáskülönbségnek az elektromos áramnál az U feszültségkülönbség felel meg.

Nézzük meg, hogy a 9/ formula megadja-e a munka dimenzióját.

Mivel p nyomás

$$/ p / = \frac{L \cdot M \cdot T^{-2}}{L^2} \quad \text{a folyadék áram erősségét így}$$

definiáltuk: $I = \frac{V}{t}$, tehát $/ I / = L^3 \cdot T^{-1}$ és $/ t / = T$,

$$\text{tehát } / L / = \frac{L \cdot M \cdot T^{-2}}{L^2} \cdot L^3 \cdot T^{-1} \cdot T = L^2 \cdot M \cdot T^{-2}$$

azaz munka dimenzióju.

Az eddigieket áttekintve, az elektromos áram és a folyadék áram között fellelhető nagyfokú hasonlóság felbátoríthat bennünket arra, hogy nemcsak az áram egyszerű áramlási jelenségeinek megvilágítására használhatunk folyadék - analógiákat, hanem az eddigiek szerint az árammunka, feszültségkülönbség, áramerősség fogalmakba is mélyebben tekinthetünk be a segítségükkel.

Célszerű lesz a folyadéokra, pl. vízre felírt 9/ formula:

$$L = p \cdot I \cdot t \quad \text{és az elektromos áramra felírt}$$

$L = U \cdot I \cdot t$ formula összehasonlítása alapján az alábbi analógia ekvivalenciákat felírni:

Folyadék áram

Elektromos áram

Energia /munka/, L	Energia /munka/. L
Nyomás /nyomáskülönbség/ p	Feszültség/feszültségkülönbs./ U
Áramerősség I	Áramerősség. I
Idő t	Idő. t

A szemléletesség céljából több esetben célszerűnek látszik a folyadék áramot a sebességgel helyettesíteni. Ezt akkor tehetjük meg, ha az összehasonlítandó folyadék áramokat vezető csövek azonos keresztmetszetűek. Ugyanis a 8/a formula szerint $I = \frac{V}{t}$, de értelmezés szerint $V = s \cdot q$ /lásd. pl. a 3. ábra/ így $I = \frac{s \cdot q}{t} = V \cdot q$ 10/a

ahol $\frac{s}{t} = v$, a folyadék áram sebessége. Tehát ha q több csővezetékben ugyanakkora, akkor az I arányos a v-vel.

A mágneses tér energiájának analógiás megvilágítása

Eddig már néhány esetben igazolódott az az állításunk, hogy több elektrodinamikai jelenség megvilágítására hidromechanikai analógiát alkalmazhatunk. Lássuk, igazolható-e ez a címben megjelölt esetben is.

Legyen előttünk egy L önindukció-tényezőjű tekercs, melyben I áramerősség folyik. A mágneses tér energiáját az

$$E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \quad \text{elektrokinetikai energia}$$

11/

összefüggés adja.

Az elektrokinetikai energiát a következő differenciál egyenlet adja:

$$dW = L \frac{di}{dt} \cdot i \cdot dt = L \cdot i \cdot di$$

$$W = \int_0^I L \cdot i \cdot di = L \int_0^I i \cdot di = \frac{LI^2}{2}$$

W-t joule-ban, L-t henry-ben, I-t amper-ban mérjük. Így W nem más mint az I áram által létrehozott mágneses tér energiája.

Vizsgáljuk meg, hogy ehhez hasonló jelenséget találhatunk-e a folyadékok körében. A 11/ formula alakja formailag a mozgási energia kifejezésével egyezik; ha egy csőszakaszban m tömegű víz v sebességgel áramlik, akkor

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad 12/$$

Ha tehát az önindukciós tényezőt tömegjellegűnek, az áramerősséget sebességjellegűnek tekintjük, a hasonlóság a két jelenség között kielégítőnek látszik. Kérdés azonban, mennyire mehetünk el a két jelenség közötti analógia területén.

A 10/a formula alapján a folyadék áram erőssége a sebességének és a csővezeték keresztmetszetének a szorzatával egyenlő. Röviden azt is mondhatjuk, a folyadék áramerősség és a folyadék sebesség adott keresztmetszet mellett egymással arányosak. Ezek előre bocsájtása után számítsuk ki a 12/ formula felhasználásával az l hosszúságú, q keresztmetszetű csőben a v sebességű folyadék áram mozgási energiáját: /3. ábra./

A v sebességű folyadékoszlop térfogata az ábra szerint $l \cdot q$, a folyadék fajsúlya legyen $d \cdot g$, sűrűsége d, ekkor $= d \cdot g$ /ahol g a nehézségi gyorsulás/ és így a folyadékoszlop tömege $m = l \cdot q \cdot d$ Tehát mozgási energiája

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} l \cdot q \cdot d \cdot v^2 \quad 13/$$

vagy a 10/a felhasználásával v helyett $\frac{I}{q}$ írva:

$$E = \frac{1}{2} l \cdot q \cdot d \frac{I^2}{q^2} = \frac{1}{2} \frac{l \cdot d}{q} I^2$$

Ha folyadékként állandóan vizet veszünk, akkor $d = l$

és így $E = \frac{1}{2} \frac{l}{q} I^2$ 14/

lesz a mozgási energia. Itt $\frac{l}{q}$ hasonló szerepet tölt be mint a 11/ formulában az L .

A 14/ képletnek az elektromosságban ismert 11/ képlethez való hasonlósága alapján ebben az esetben is alkalmazhatunk folyadékanalógiát. A szemléletesség céljából azonban vizáram helyett helyesebbnek látszik azt az előzőekben levezetett 13/ képlet részleteredményt felhasználni, mely a vizáram sebességét és tömegét tartalmazza, azaz

$$E = \frac{1}{2} l q d v^2 \quad \text{Ha } d=l, \text{ azaz kizárólag vizáramra}$$

szorítkozunk, az egyszerűbb

$$E = \frac{1}{2} l q v^2 \quad \text{képlethez jutunk.}$$

Ha ezt az elektromos áramra vonatkozó

$$E = \frac{1}{2} L I^2 \quad \text{formulával összehasonlítjuk, látnunk kell, hogy}$$

L -nek $l q$ folyadéktömeg, I -nek v folyadéksebesség felel meg.

Ezek alapján viz esetében felírhatjuk az analógia-ekvivalenseket:

Folyadékáram:

Elektromos áram

E

E

m

L

v

I

15/

E szerint az L önindukciós tényezőjü tekercset vizcső modellel helyettesíthetjük, a benne folyó vízáram energiája és energia-változása megfelel a tekercs mágneses tere energiájának, illetve energiaváltozásának. Ez analógia felhasználásában érzékeltetni lehet pl. a következőket:

1. Hosszabb, egyenes vezetéknek /vagy tekercsnek/ nagyobb az önindukciós tényezője /hosszabb, egyenes csőben nagyobb tömegű víz van/.
2. Két sorba kapcsolt önindukciós tekercs önindukciós tényezői összeadódnak. /Előbbihez hasonlóan magyarázható a folyadékmodellel./

Ohm törvénye és az ellenállás folyadék-analógiája

A 2. ábra szerinti elképzelt /esetleg megvalósított/ összeállításnál, ha a két edényben különböző magasságu a víz szintje, a csap megnyitásakor az összekötő csővezetékben a víz áramlásnak indul. Amíg a $p = p_1 - p_2$ nyomáskülönbség állandónak tekinthető /nagy alapterületű edényeket, vagy gyenge áramot képzeljünk/, a vízáram erőssége is állandó, illetve a lO formula szerint az áramlás sebessége állandó. Kisérletileg is megmutatható, de könnyen el is tudjuk képzelni és ezen az alapon belátni, hogy nagyobb nyomáskülönbség alkalmazásával a folyadék áram erőssége nő, a víz nagyobb sebességgel folyik a csőben.

Elképzelt az az ideális eset is, hogy a folyadék áram erőssége /vagy sebessége/ egyenesen arányos a p nyomáskülönbséggel:

$$I = Ap$$

ahol az A arányossági tényező nyilván részben a cső adataitól /hossz, keresztmetszet, fal simasága stb./ függ.

Ha egy adott csővezetéknel A nagyobb mint egy másiknál, amit úgy észlelhetünk, hogy ugyanakkora p nyomáskülönbséget létesítve, az alábbi esetben az áram erőssége /vagy sebessége/ nagyobb, mint az utóbbi esetben, akkor ezt úgy is kifejezhetjük, hogy az alábbi esetben jobb volt, pontosabban nagyobb volt a cső "vezetőképessége". Az A -t tehát vezetőképességnek nevezhetjük.

Miért nagyobb egyik esetben a vezetőképesség? Nyilvánvalóan azért, mert kisebb ellenállást kell legyőznie a víz áramoltatásakor a p nyomáskülönbségnek. Így kialakíthatjuk az ellenállás fogalmát is, melyet mint a vezetőképesség reciprokát vehetünk be: $\frac{1}{R} = A$ és így a 16/ képlet a következő alakban megy át:

$$I = \frac{D}{R} \text{ ami, ha a } p \longrightarrow U$$

ekvivalenciát vesszük, a villamos áramra vonatkozó Ohm törvény egyik alakját jelenti:

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

Ha üres cső helyett olyan csövet képzelhetünk el, vagy a valóságban is elkészítettjük, melyben apró szemű kavicsstörmelék vagy hasonló anyag van, a valóságos áramvezetőt jobban megközelítő modellhez jutunk. Ezzel jobb szemléletű képet kapunk pl. a fémes vezetőkről, és könnyen belátható a fémes vezető ellenállásának elsősorban a három mennyiségtől, azaz a hosszúságtól l , a keresztmetszettől q és az anyagi minőségtől ρ való függése /ha egyelőre a hőmérséklettől eltekintünk./ Ugyanis könnyen belátható, hogy ha a cső hossza valahányszor

nagyobb, nyilvánvalóan annyiszor nagyobb ellenállást fejt ki: ha pedig a keresztmetszetét vesszük valahányszor akkorának, ugyanakkora p nyomáskülönbség mellett, ugyanannyiszor több víz tud átpréselődni rajta, tehát az \underline{I} /vagy \underline{v} / ugyanannyiszor nagyobb és így az \underline{R} ugyanannyiszor kisebb lesz.

Végül is beláttatható, hogy kisebb - vagy nagyobb darabokból álló kavicsstörmeléssel töltött, azonos hosszúságú és keresztmetszetű cső "ellenállása" különböző, tehát valóban van anyagi minőségtől való függés.

Az áramelágazások folyadékanalógiája és modellkísérlete

Áramforrás modell

Az előző pontban leírt kavicsstörmeléssel töltött cső, mint elektromos ellenállás utánzó folyadékellenállás, jól felhasználható az áramelágazásoknál fellépő jelenségeknek elsősorban kvalitatív szemléltetésére /4.ábra/ \underline{G} és \underline{H} Deville palackok, \underline{E} és \underline{F} kavicsstörmeléssel töltött csövek, \underline{I} a közbeiktatott gumicsőre alkalmazott szorító, \underline{A} , \underline{B} , \underline{C} és \underline{D} a csővezetékbe kapcsolt manométer csövecskét /egyszerű \underline{T} alakú csőelágazások/, bennük a víz szintje az illető helyen uralkodó nyomással arányos magasságban van.

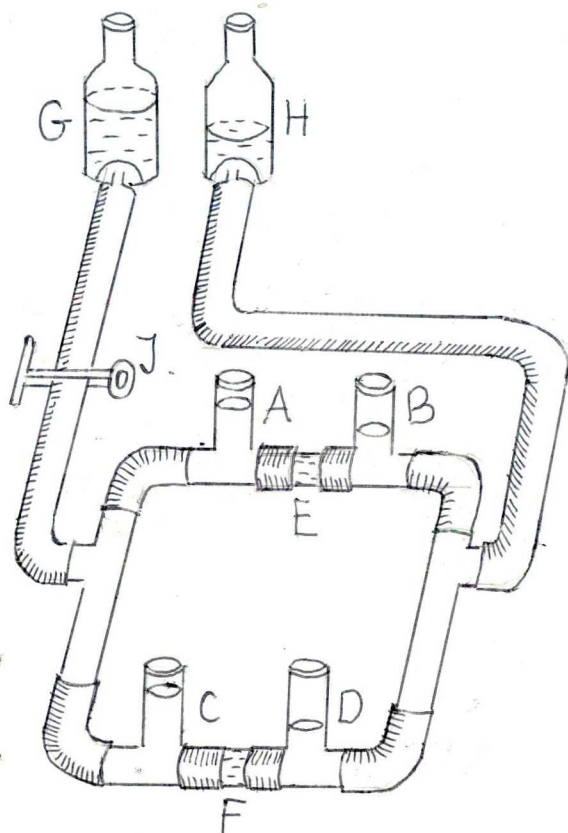
A főágban és a csőelágazásokban folyó áramok erősségére az

illető csőrészek vízében uszó parányi légbuborékok sebességeinek összehasonlításából következtethetünk. A modell összeállítására fordított fáradság és idő megéri azt a pontos eredményt, hogy a tanulóknak szemléletes kép alakul ki a megfelelő elektromos jelenségről.

Az egymás mellé állított Deville-palackok az áramforrást modellizálják. A szintkülönbségből származó nyomáskülönbség az elektromos feszültségkülönbségnek felel meg.

A valóságnak megfelelő hűséggel az áramforrást két egymás mellé állított, különböző szintmagasságig töltött, nagyméretű káddal utánozhatjuk, amelyeknek a szintkülönbsége hosszú ideig tartó áramoltatás esetén sem csökken észrevehetően. Vagy a Deville-palackokkal oly módon utánozhatjuk, hogy időnként az alacsonyabb szintükből vizet merünk át a magasabb szintübe. /Az átmerítés jelképezi a kémiai energiát./

Természetesen e modellkísérlettel párhuzamosan mindent megmutatjuk valódi elektromos kapcsolással is, mert csak így válik kiaknázhatóvá a modellkísérletre fordított munka és eredményessé a tanításunk.



4. ábra

Az áram hőhatása és a vele kapcsolatos folyadék-analógia.

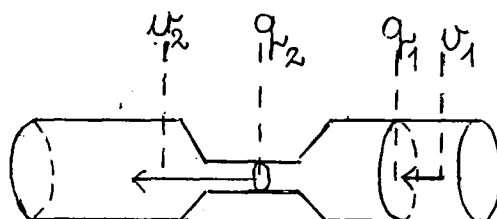
Az elektromos áram hőhatásával kapcsolatos jelenségeket a szabad elektron elmélettel igen vázlatosan úgy magyarázzuk, hogy a fémionok között tovasodródó elektronok közepes sebességüktől függő időegységenkénti számban kölcsönhatásba lépnek, "ütköznek" a fémionokkal, velük energiát közölnek, miközben természetesen az elektromos térből felvett energiájuk, mint mozgási energiájuk csökken. Az energia-felvétel és ütközéssel való energialeadás egyensúlyban van, éppen ebből származik, hogy mozgásuk középértékben egyenletes, ha a tér erőssége állandó. Az ionok által felvett energia mikroszkópiusan mint hőenergia észlelhető. Valójában azonban nem egyéb, mint első közelítésben az ionok rezgési amplitudóinak növekedése, ami az elektron ütközésének következménye.

A hőhatás szempontjából tehát elsősorban az elektronok átlagos eltolódási sebessége a lényeges, amelynek négyzetével arányos az átlagos mozgási energiájuk. Ha a sebességük nő, vagyis az áramerősség nő, akkor nő az időegységenként fejlődött hőmennyiség is. Tekintettel arra, hogy a mozgási energia a test sebességének négyzetével arányos és itt az elektronoknak az elektromos térből felvett mozgási energiája szerepel, elképzelhető, hogy az időegységenként fejlődött hőenergia is az elektronok eltolódási sebességének négyzetével arányos. Minthogy a fentiekből azt látjuk, hogy az áramerősség adott keresztmetszetű vezetékben a sebességgel arányos, elképzelhető, hogy az időegységenként fejlődő hőmennyiség az áramerősség négyzetével arányos, ami az ismert formulában kifejezésre is jut:

$$Q = C \cdot I^2 \cdot R \cdot t,$$

ahol Q az R ellenállású vezetőben t idő alatt fejlődött hőmennyiség, I az áramerősség és C arányossági tényező $C = 0.239$, ha I -t amperben, R -t Ohm-ban t -t mp-ben és Q -t grammkalóriában adjuk meg/. E jelenségek tanítása során a folyadékanalógiának elsősorban annak megmutatásában van szerepe, hogy az elektronok eltolódási sebessége fordítva arányos a vezető keresztmetszetével /5.ábra/

Ha q_1 keresztmetszetű csőben v_1 a folyadékáram sebessége, a q_2 keresztmetszetű csőben v_2 , akkor az adott t idő alatt eltolódott víztérfogat mindkét cső részben ugyanakkora kell hogy legyen; azaz $q_1 v_1 t = q_2 v_2 t$ és t -vel való osztással némi átalakítás után a



5. ábra

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{q_2}{q_1}$$

17/

összefüggést nyerjük. Tehát az egymásután következő /"sorbakapcsolt"/ cső részekben a folyadékáram sebessége a keresztmetszettel fordítva arányos. Ezért minél vékonyabb egy cső, annál nagyobb benne a folyadékáram sebessége. Szóról-szóra így van ez az elektromos áramnál is.

Felvetődhet a kérdés: hogyan magyarázható a szabad elektron elmélettel, hogy az elvékonyodó vezető-részben időegységenként több hő fejlődik, mint a vele egyenlő hosszúságú vastagabb vezetőrészben?

Konkretizáljuk feladatunkat úgy, hogy az elvékonyodó vezetők-rész keresztmetszete a vastagénak legyen n -edrésze.

A vezetők ellenállására vonatkozó $R = \int \frac{l}{q}$

összefüggés szerint / l fajlagos ellenállás
 l a vezető hossza
 q a keresztmetszete/,

mivel a q keresztmetszet n -edrészére csökken, az R ellenállás az n -szeresére nő.

Tehát a

$Q = CI^2Rt$ összefüggés szerint a vékonyabb huzalrész azonos hosszúságú szakaszán n -szer akkora hőnek kell fejlődnie adott t idő alatt, mint a vastagabb vezetőrészben. Mivel sorbakapcsolt vezetőrészekről van szó, azért az I áramerősség mindkettőben ugyanakkora. Hogyan egyeztethető ez össze azzal, hogy az elektronok sebessége a keskenyebb vezetőrészben a $1/v$ formulának megfelelően n -szeresére növekedett, míg az áramerősség változatlan maradt. Itt látszólag ellentmondásban vagyunk a fejezet elején olvasható megállapításokkal.

A probléma részletesebb átgondolása után belátható, hogy semmi ellentmondás nincs. Mert igaz ugyan, hogy az elektronok sebessége a vékonyabb vezetőrészben n -szeresére nőtt, ennek következtében az egyes elektronok által leadott energia középértékben n^2 -szeres lett az l hosszúságú, vastagabb vezetőrészben leadotthoz képest. Az l hosszúságú, de csak n -edrésznyi vastagságú vezetőrészben az ütköző és így energiát leadó elektronok száma azonban n -edrésze a vastag vezetőben levők számának, tehát az összes elektron által leadott energia, és

ennek következtében a fejlődött hő sem n^2 -szeres, hanem ennek $\frac{n^2}{n}$ -edrésze, azaz

$$\frac{n^2}{n} = n\text{-szeres. Tehát ugyanannyiszoros,}$$

mint már előbb a $Q = CI^2Rt$ formula alapján megállapítottuk.

Hogy mindezekből mit adjunk át a tanítás során tanulóinknak, sok helyi körülménytől, tényezőtől függ. A tanár szempontjából azonban jó, ha benne a tanítandó anyagrészeiről több oldalról is kialakul a valóságot megközelítő szemléleti kép.

Az elektromosan töltött test folyadékanalógiája

Ismeretes, hogy ha egy C kapacitású testre Q töltést viszünk és a töltés a testen U feszültségű állapotba kerül, akkor e három mennyiség kapcsolatát a

$$Q = C U \qquad 18/$$

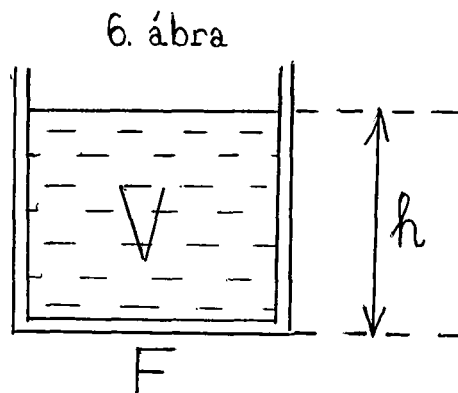
összefüggés fejezi ki.

Keressünk olyan hidromechanikai egyenletet, mely ehhez hasonló szerkezetű. Vegyünk például egy edényt /6.ábra/, amelynek alapterülete F és benne h magasságú folyadék van.

Ha a folyadék térfogatát V vel jelöljük, felírható a következő összefüggés:

$$V = Fh \qquad 19/$$

Ez már a 18/-hoz hasonló szerkezetű egyenlet ugyan, mégis célszerű lesz a valóság jobb megközelítése érdekében h -t a fenéknnyomással kifejezni, mivel az elektromos feszültség nyomásjellegű mennyiség, ahogy azt az első fejezetekben láttuk. Viszont a h , mint egyszerűen mérhető, szemléletes fogalom, jellemezheti a p fenéknnyomást.



A következőkben mindkét fogalom szerepet kap.

Ismeretes a hidromechanikából a fenéknnyomásra vonatkozó

$$p = h \gamma$$

20/

képlet, amelyben γ a folyadék fajszulya. Ebből $h = \frac{p}{\gamma}$, és így 19/-ből ezt kapjuk:

$$V = F \frac{p}{\gamma} = \frac{F}{\gamma} p$$

Ha folyadékként vizet veszünk: $\gamma = 1$ és így $V = Fp$, vagy ugyanekkor $h = \frac{p}{\gamma}$ -ből $h = p$, azaz $V = Fh$. Az előbbi csak vízre, az utóbbi pedig minden folyadékra igaz. Ha figyelembe vesszük, hogy a h folyadékmagasság mindenkor arányos a nyomással, akkor szemléletes-ségéért az eredeti 19/ formulát használhatjuk.

A 18/ és 19/ formulák összehasonlítása alapján felírhatjuk az analógia-ekvivalenciákat:

Hidrosztatika

V
F
h

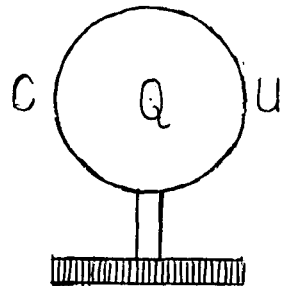
Elektrosztatika

Q
C
U

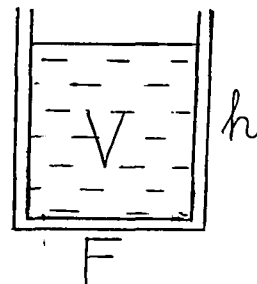
Ezek szerint a C kapacitású vezetőnek a hidrosztatikában az F alapterületű hasábalaku edény, a vezetőn levő Q elektromos töltésnek az edényben lévő V térfogatú víz, a töltés U potenciáljának /feszültségének/ pedig a víz h szintmagassága felel meg.

Az analógiát rajzban is ábrázoljuk /7.ábra/

Példaképpen vegyük a 7.ábrán feltüntetett esetet. Ilyenkor már előzőleg meg kell állapodnunk abban, hogy az elektromosságtani mennyiségek adott számok egységének milyen és hány egység feleljen meg a hidrosztatikában. Állapodjunk meg tehát az analógia-ekvivalensek alapján a következőkben:



7. ábra



Elektrosztatika

1 coulomb /Q/
1 farad /C/
1 volt /U/

Hidrosztatika

10.000 cm³ /V/
10.000 cm² /F/
1 cm /h/

Tételezzük fel, hogy a következő feladatot kell megoldanunk kísérletileg.

0.0001 F kapacitású testen 0,003 coulomb elektromos

töltés van. Mekkora^a töltés feszültsége?

Az előbbi megfelelések szerint a 19/ hidrosztatikai egyenletet alkalmazzuk, kifejezve belőle a keresett h-t. $h = \frac{V}{F} = \frac{30 \text{ cm}^3}{1 \text{ cm}^2} = 30 \text{ cm}.$

Mivel 1 cm-nek 1 volt felel meg, az eredmény 30 volt. Közvetlenül a 18/ elektrosztatikai egyenlet alkalmazásával ugyanezt kaptuk volna.

Ha csak ilyen formában használnák a gyakorlatban az analógiákat, nem sok értelmük volna. Legnagyobb jelentőségük abban van, - és az előbbi példa segítségével éppen arra akartunk rámutatni - hogy az analógiának megfelelő modellel, ebben az esetben pl. hidrosztatikai kísérlettel, méréssel lehet az elektrosztatikai feladatot megoldani. Ha ugyanis az előbbi megfelelések alapján olyan edényt vennénk, melynek alapterülete 1 cm^2 /ez felel meg a $0,0001 \text{ F}$ kapacitásnak/, és ebbe 30 cm^3 vizet töltenénk /ez felel meg a $0,003 \text{ Cb}$ elektromos töltésnek/, a vízszint fenéktől számított magasságának cm-ekben kifejezett számértéke adja meg a feszültséget voltokban. Ezt egyszerűen leolvashatjuk az edény faláról minden számítás nélkül. Ime tehát egy elektrosztatikai feladatot analógián alapuló méréssel oldottunk meg. Vizes edényünk, a kimért vízzel lényegében egy igen egyszerű analógiás számológép volt.

E kitéréssel egyben azt is meg akartuk mutatni, hogy a hidromechanikai analógiák alkalmazása a tanításban többet jelent mint csupán egyszerű hasonlatok felhasználását, mert sokkal bensőbb, mélyebbrenyulóbb kapcsolat van a hidraulika és az elektromosságban jelenségei között. Hangsúlyozzuk azonban, hogy a hasonlóság nem jelent egyben azonosságot is.

A bevezető sorok között már érintettük azt a kérdést, hogy jelentőségükhöz képest viszonylag kevés analógiát alkalmazunk a tanításban. Ebben a dolgozatban szerettem volna megmutatni, hogy pl. elektromosságban számos, szemléletet nélkülöző jelensége folyadékanalógia alkalmazásával mennyire szemléletessé tehető. Kiderült az is, hogy a szemléletességen túlmenően még kvantitatív viszonyok elemzésére is kiválóan felhasználhatjuk az analógiákat. Ez utóbbi mélyebbre ható elemzésekre azonban az általános és részben a középiskolákban nincs szükség, ott megelégedhetünk az elektromos jelenségek kvalitatív analógiás képének alkalmazásával. E tanulmány részletekbe vágó elemzése azonban az utóbbi esetben is megerősítheti a szaktanárt abban, hogy a tárgyak, folyadékanalógiák alkalmazásával nem sérteti meg a tanítás tudományosságának elvét.

Végezetül ismét hangsúlyozni kívánom, hogy az analógiák alkalmazásával mértékkel kell bánni, és csak akkor és olyan fokban alkalmazzuk azokat a tanításban, amennyiben ésszerűnek és szükségesnek látszik. Ne feledjük, hogy bármennyire is messzemenő hasonlóság van az elektromosságban és a hidraulika sok jelensége között, lényegüket tekintve azonban mégis különböznek egymástól, - gondoljunk csak az elektromos és mágneses terekre.

Ha az analógiákat nem mint mankókat akarjuk mindenáron felhasználni, hanem körültekintően és mértéktartóan alkalmazzuk tanításunk során, segítségükkel bizonyára jobban megalapozott, értékesebb eredményt érünk el.

IRODALOMJEGYZÉK

F. Engels: A természet dialektikája

MEM 20 Budapest, Kossuth Kiadó 1963

V.I. Lenin: Materializmus és empiriokriticizmus

Összes Műve: 18. Kossuth Kiadó Budapest 1964

F. Engels: Anti-Dühring

MEM 20 Kossuth Kiadó, Budapest, 1963

V.Stoff: Modell és filozófia

Kossuth Kiadó, Budapest, 1973

Kocsondi András: Modell - módszer

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1976

W.Heisenberg: A rész és az egész

Gondolat Kiadó, Budapest, 1975

L.N Dobrecov: Atomfizika

Műszaki Kiadó, Budapest 1964

Modern fizikai kisenciklopédia

Szerkesztette: Fényes Imre

Gondolat Kiadó Budapest, 1971



TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	1 old.
I. Az analógia és a modell fizikai /természettudományi / és filozófiai fogalma	4 old.
II. A világnézeti nevelés lehetőségei az integrált okta- tásban	
Az anyag fogalma	7 old.
Megmaradási törvények	13 old.
Mozgásformák	27 old.
III. Az analógiák szerepe a fizika tanításában	37 old.
Néhány befejező megjegyzés	61 old.