D/23

"József Attila" Tudomány Egyetem. Szeged

A mérték-rendszerek néhány kérdése a fizika oktatásban – különös tekintettel a gimnáziumi oktatásra.

/ D o k t o r i é r t e k e z é s /

Irta:

V Á R Y B É L A

A mértékrendszerek és a velük összefüggő egység,dimenzio stb.problémák sajátos helyzetet töltenek be mind a fizikában,mind a technikában,de különösképen az oktatásban.Ez a sajátos helyzet a tudományok fejlődésében leli magyarázatát.A fizikának u.is legelső feladatai közé tartozott a tapasztalatilag talált összefüggések számszerü rögzitése.E feladat megoldása csak mérés által lehetséges,ami viszont mérőegységek használatát teszi szükségessé. A mérő eljárás során a kérdéses mennyiséget vagy mennyiségeket ezekkel az önkényesen választott,nagyságában rögzitett mennyiségekkel hasonlitjuk össze és az összehasonlitás eredményét mérőszámmal fejezzük ki.

Egy fizikai fogalomhoz és a vele való dolgozáshoz tehát hozzátartozik az az eljárás is,amelynek segitségével ehhez a fogalomhoz /mennyiséghez/ egy számértéket hozzárendelhetünk.Ez a számérték az egyes mérték-rendszerekben más és más.Az oktatásban, a technikai alkalmazásban,de az elméleti fizikában is kivánatos, hogy bármelyik mennyiséggel kapcsolatosan adva legyen az az utasitás is,amelynek segitségével e mennyiség mérhető.Ez közelebbről azt jelenti,hogy tankönyveinkben valamelyik mérték-rendszerhez ragaszkodni kell. Az egyenleteknek mérték-független irásmódja ugyan lehetséges,de csak azok számára hasznos,akik már kellő jártassággal és áttekintéssel rendelkeznek.

A mérőszámok - és nem kevésbbé a köztük lévő összefüggések különösen a technika számára voltak fontosak,mivel a gyakorlati alkalmazás szempontjából a nagyság-viszonyoknak döntő szerepük van. Elannyira, hogy magára a mérőegységekre sokáig nem is forditottak kellő figyelmet,hanem azt esetről esetre "alkalmasan" választották meg.Csak később derült azután ki,hogy ez az önkény nehézségek kiinduló pontja lehet,mert az egységek közöt összefüggések vannak.

A fizika és a technika haladása egyre kényszeritőbben irta elő,hogy necsak a mérőszámok közti összefüggést kutássuk,hanem hogy a jelenségek lényegébe is behatoljunk.E követelés egyben az addigi ábrázolásmód revizio alá vételét is jelentette.A revizio során sok ismeretelméleti hiány,sőt hiba is felszinre került.Mind a hiányok,mind a hibák kiküszöbölésére tervek serege készült,de ezeknek közös hibája az volt,hogy nem ismerték fel, hogy az ismert összefüggéseknek a mérték-rendszerekkel összhangban kell állniok.Az összefüggések nemzedékről nemzedékre szálltak használták őket,csak arra nem gondoltak,hogy az összefüggések előfeltevéseket is tartalmaznak,amennyiben azokat már megfogalmazásukkor egy meghatározott mérték-rendszerhez kötötték.

A fejlődés következő állomását az jelentette,hogy olyan törekvések születtek,hogy az egyenleteket mérték-rendszertől független alakban adják meg.Ha u.is egy törvény különböző matematikai alakban nyerhet megfogalmazást,elmosódhat annak lényege jelesül az,hogy egy és u.azon jelenségről van szó.Nem értelem nélkül valók tehát az olyan elgondolások,hogy vissza kell nyulni egészen a fizika kiinduló pontjáig,a tapasztalati törvények ujra megragadásáig.E törvények megfelelő reviziojára,"felülről" való szemlélésére és áttekintésére a mai fizika fejlettsége lehetőséget nyujt.Ehhez természetszerüleg nélkülözhetetlen a leiráshoz szükséges fogalmak ellenmondásmentes definicioja.

A fizika épületének korszerü "rekonstrukcioja" hatalmas léptekkel valósult meg.Ebben a munkában az épitmény "állványzatául" a CGS-mértékrendszer szolgált.Ámde bármilyen nagyok is e rendszer érdemei, a villamosságtan felépitéséhez mégsem bizonyult alkalmasnak.Nem szabad u.is elfelejteni,hogy egy mérték-rendszer mindig a kor fejlettségének,igényeinek,szemléletének hü képe is. A CGS-rendszer a XVIII-XIX.század szemléletét tükrözi.Ezt a szemléletmódot pedig nagyon nehéz a villamosságtanra ráerőszakolni.Ezért a CGS-rendszer gyenge pontjai,sőt ellenmondásos vonásai miatt a fizika fejlődésével egyre nehézkesebbé kezdett válni.A fizika fejlődése,a villamosságtan felzárkózása,nem kevésbbé a technika hatalmas előretörése parancsolóan irta elő az elavult,a fizika fejletlenebb állapotát,newtoni szemléletét tükröző mérték-rendszer helyett,korszerü,az uj szemléletet magáévá tevő mérték-rendszer megalkotását.Különösen sürgetőek voltak a villamosságtan igényei,amely számára az elektrotechnika megalkotta ugyan a maga szükségletei számára a szükséges mérőegységeket,de a fizikának e fejezete - talán utóbbi ok miatt is - a fizika többi területétől továbbra is elszigetelve maradt. A követelések teljesitésére a XX.szd.elején került sor,amikor is Giorgi megalkotta a róla elnevezett uj rendszert.E mérték-rendszerben a kor szemléletének megfelelően a tér kerül központba. Háttérbe szorulnak a Coulomb-féle egyenletek s a vezető szerepet a Maxwell-egyenletek veszik át.A racionalizált Giorgi-rendszer mentes a Gauss-rendszer minden hibájától,jobban kielégiti a fizika,de különösképen a villamosságtan igényeit; a gyakorlathoz való igazodás pedig legfőbb felépitési elve.Az oktatómunka számára fentieken kivül egyszerüsége,szemléletessége,dimenziokoherens volta teszi minden más rendszernél alkalmasabbá.Későbbiek során kimutatjuk,hogy e rendszerrel olyan mérték-rendszert sikerült megalkotni,amely a fizika minden területén jól alkalmazható.E körülményből,didaktikai szempontból az az ujabb előny származik,hogy a fizika részterületeinek összefüggéseit ezzel is erőteljesen hangsulyozhatjuk oktató munkánkban.

A gimnáziumi és egyetemi oktatásban a CGS-rendszer év-százados uralomra tekinthet vissza.Szinte napjainkig egyeduralkodó volt.Czógler,Mattyasovszky,Öveges klasszikusnak számitó köz.iskolai tankönyvein egész nemzedékek nőttek fel s egészen a felszabadulásig más mérték-rendszer iskolai használatának lehetősége még csak fel sem merült.Legfeljebb a gyakorlati egységekről /Joule,Watt/ emlités történik.A Giorgi-féle erőegység /Newton/ megjelenése viszont az 50-es évek végéig várat magára.Ámde a főterület a villamosságtan még mindig a hagyományos mértékrendszerrel dolgozik,és közel 20 évnek kell eltelnie,hogy a legujabb 20223/I.sz.IV.osztályos tankönyv megtegye az első lépéseket a Giorgi-rendszernek a villamosságtanban való általánosabb alkalmazására.Annak ellenére,hogy e lépés /vagy inkább a vele együtt járó müszaki szemlélet/ ellenkezést váltott ki elég széles körben /Irod.30/ e kezdeményezésben az uj idők friss szelét kell üdvözölni.

Amikor a Giorgi-rendszer általános oktatása mellett szállunk sikra /ált.iskolától-egyetemig/ rá kell mutatnunk,hogy e rendszer a fizika összes területén jól használható./Későbbiek során részletesen kimutatjuk/E megállapitásnak azokkal a véleményekkel szemben adunk hangot,amelyek ugy vélik,hogy a fizika egyes területeinek leirására a kérdéses részterülethez adekvát rendszer használata előnyösebb.Sőt - folytatódik a vélemény - nem is szükséges feltétlenül egy mérték-rendszerben dolgozni még u.azon területen sem.

Vizsgáljuk meg az egy vagy több mérték-rendszer oktatásának kérdését.Pontosabb megfogalmazásban arról van ~~tehát~~ szó, hogy a fizika összes területén u.azt a mérték-rendszert használ-juk-e vagy fenntartás nélkül fogadjuk el az előbbi véleményt.

Adott tény,hogy mind a fizika,mind a technika az egyes rész-területek tárgyalásához saját mérték-rendszert használ.Ennek oka ~~történelmi~~ elsősorban történelmi,mert az egyes területek egymástól meglehetősen függetlenül,más-más elméleti vagy gyakorlati igények követelésére,különböző időpontokban alakultak ki./Pl. mechanika,villamosságtan,elemi részek fizikája vagy a technikában géptan,elektrotechnika/ Az egyes tudományágak elszigetelt területe-tek voltak,mert egyes ~~terü~~ jelenségeknek más terület jelenségeivel való összefüggését sokáig nem ismerték.Mérték-rendszer kérdések - épen az összefüggések nem-ismerése miatt - fel sem merültek.Minden terület ~~megterentette~~ megteremtette a maga számára szükséges egyenleteket,megformulázta az egyenleteket /megtüzdelve a területre jellenző állandókkal/ Ami az egyetemes állandókat illeti,mint pl. c; fénysebesség, h; Planck-féle hatáskvantum, f: gravitácios állandó - ha fel is merültek az egyenletekben,de az egyes részterületeken nem együtt léptek fel.Igy az önkényes egységék felvevését nem korlátozták más részterület szempontjai. Magától értődő,hogy a más területekkel való összefüggések a fejlődés során szükségszerüen előbukkantak.Gauss korában már annak szükségessége is jelentkezett, hogy egy-egy terület~~ek~~ mérőegységei összhangba kerüljenek; Gauss megalkotta az első mérték-rendszert, a CGS-rendszert.E rendszer azonban még mindig csak egy részterület /mechanika/ "saját" mérték-rendszere volt.A villamosságtanban való alkalmazása pl. csak nehézségek,ellenmondások árán lehetséges

A történelmi fejlődés során kialakult saját rendszerek és saját önkényes egységek /pl.caloria,Celsius fok/ teljesen begyökeresedtek a közhasználatba.Ezek a megszokás és kényelem miatt azután is nehezen szorithatók ki,miután a mértékrendszer kérdések tisztázástn nyertek és rámutattak az összefüggéseket elködösitő arányossági szorzók felesleges voltára vagy a használt rendszer,egység fogyatékosságaira,időszerütlenségére.Mértékrendszer kérdésben akár a fizika,akár a technika meglehetősen konzervativ álláspontra helyezkedik.Különösen kirivó a helyzet a müszaki oktatásban,ahol a saját rendszerek /géptan,mechanika technikai mérték-rendszere/ saját egységek arányossági és átszámitási tényezők légioit csempészik a mennyiség-egyenletekbe. Kirivó e helyzet azért is,mert a villamos jelenségeket minden részterületen mind felső,mind középfokon Giorgi-rendszerben tárgyalják.

Összefoglalva tehát: főként történelmi okok miatt mind a fizika,mind a technika egyes részterületein saját mértékrendszerek ~~alakul~~ és minden rendszertől független saját egységek alakultak ki.A kutató munka és a müszaki gyakorlat számára a területek szükitése kivánatos.Minél jobban szükitjük érdeklődési körünket,annál több önkényes egység vehető fel.Az önkény más területek felé konstansok,átszámitási tényezők formájában jelentkezik.

A fizika és a technika törekvéseivel szemben a szakdidaktika - az oktatás céljából fakadóan - épen ellentétes kivánalmakat ir elő: nem leszükiteni az egyes területeket,hanem minél szélesebb régiokat fogni át és szemlélni egységben. Végső oktatási cél: áttekintés a fizika egésze felett,az anyagvilág egészének megértése,harmonikus világkép kialakitása.E célkitüzés a fizika összes területeinek egységben való látását kivánja.A mértékrendszerek vetületében ez azt jelenti,hogy az átszámitási tényezők és konstansok számát minimálisra csökkentsük.Igyekezzünk szabadulni az ilyeneket eredményező saját mérték-rendszerektől, minden rendszertől független egységektől.U.is a mennyiség-egyenletek lehető legegyszerübb alakja biztositja legjobban a fent részletezett oktatási célok elérését,mert az átszámitó,de különösképen a tulzott önkény miatti parazita faktorok elmossák a fizikai mennyiségek közti összefüggéseket.Az oktatás szemszögéből tehát feltétlen~~ten~~ül az egy mérték-rendszerhez való ragaszkodás indokolt. E végkövetkeztetés természetesen nem jelenti azt,hogy más,nem a használt mérték-rendszerbe tartozó egységekemlités nélkül maradjanak.Erre ma még nem vállalkozhatunk,mert a való élet figyelmen kivül hagyása hiba volna.A szükségtelen és a tanulót vagy egyetemi hallgatót feleslegesen terhelő kettősség felszámolására azonban erőfeszitéseket kell tennünk.

A dolgozat cimében megadottak kifejtése érdekében szükségesnek tartjuk,hogy mondani valónkat a mérték-rendszerek néhány logikai kérdésével kezdjük el.Hangsulyozni szeretnénk azonban,hogy e fejezet nem tart igényt a teljességre.De nem is tarthat,mert rendeltetése,és célja nem az,hogy a kérdést ismertesse vagy épenséggel kimeritse,hanem az,hogy felhivja a figyelmet a mérték-rendszer kérdésekből fakadó vagy azzal összefüggő oktatási problémákra.

I. A MÉRTÉK-RENDSZEREK NÉHÁNY LOGIKAI ÉS DIDAKTIKAI KÉRDÉSE.

1. A fizika egyenletei

A fizikai megismerés lényege abban foglalható össze, hogy mérhető mennyiségek közt a tapasztalatnak megfelelő, számszerü összefüggéseket létesitünk. Számszerü összefüggés létesitését az teszi lehetővé, hogy a fizikai fogalmak mennyiségi jellegüek s mint ilyenek mérhetők. A fizika fogalmainak ismerete voltaképen mérésmódjuk ismeretét jelenti.

Mérni annyit jelent, mint a kérdéses mennyiséget u. olyan jellegü és nagyságában rögzitett mennyiséggel összehasonlitani. A mérő eljárásnak ezért meg kell adnia a/ az összehasonlitásalapjául szolgáló mennyiséget /pl. méter, lóerő, volt/ és b/ az összehasonlitás számszerü eredményét. /3 LE, 22^0 Volt/ Az összehasonlitás alapját ~~kép~~ képező mennyiséget, a <u>mértékegységet</u> tetszőlegesen lehet megválasztani; legfeljebb bizonyos észszerü megfontolások szabhatnak korlátokat vagy feltételeket. A mennyiség másik része a <u>mérőszám</u> azt mutatja meg, hogy a kérdéses mennyiség az alapul vettnek hányszorosa. Ha tehát a kérdéses mennyiség "A" , a mérőszám $\{A\}$ és a mérőegység (A) akkor

$$A = \{A\} \; (A) \qquad \ldots\ldots\ldots \quad 1/$$

Egyenletünk tehát azt fejezi ki, hogy

mennyiség = mérőszám. egység

Az olyan egyenleteket, amelyekben csupán a mennyiségek szerepelnek <u>mennyiség-egyenletnek</u> nevezzük. Pl. $F = ma$ vagy $W = mgh$. 1/ alapján minden mennyiség-egyenlet a következő módon irható fel:

$$\{F\} \, (F) = \{m\} \, (m) \cdot \{a\} \, (a)$$

azaz minden mennyiség-egyenletet két részre lehet bontani:

$$\{F\} = \zeta \{m\} \{a\} \quad \ldots\ldots \text{ mérőszám-egynlet}$$

$$(F) = \frac{1}{\zeta} (m) (a) \quad \ldots\ldots \text{ egység-egyenlet}$$

nyilvánvalóan a mérték-egységek megválasztásától függ és természetszerüen $\zeta = 1$ iş lehetséges.

Legyen valamely mennyiség-egyenlet általában

$$U = k.A.B.C \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2/$$

Mérőszám és egység-egyenletre bontva:

$$\{U\} (U) = k . \{A\} (A) \{B\} (B) \{C\} (C)$$

$$\{U\} = \zeta k \{A\}\{B\}\{C\}$$

$$(U) = \frac{1}{\zeta} (A) (B) (C)$$

/ k bizonyos feltételekkel megadható konstans, amely általában integrálásból származik/ Tegyük fel, hogy a mérőszám-egyenletet ismerjük /pl.mérésből/ Ekkor a mennyiség-egyenlet az alábbiak szerint adódik:

$$\frac{U}{(U)} = \frac{kABC}{\frac{1}{\zeta}(A)(B)(C)} = k\zeta \frac{A}{(A)} \frac{B}{(B)} \frac{C}{(C)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3/$$

3/-ból a mennyiség-egyenlet közvetlenül kiadódik ha az egységeket ugy válasszuk, hogy azokkal az egyenlet "egyszerüsithető" legyen.

Pl. méréseink alapján azt kaptuk, hogy

$$R = 10^3 \{\rho\} \frac{\{\ell\}}{\{A\}} \qquad (R) = \Omega$$

$$(\ell) = \text{km}$$

$$(A) = \text{mm}^2$$

$$\frac{R}{\Omega} = 10^3 \frac{\rho\, \text{m}}{\Omega\, \text{mm}^2} \frac{\ell}{\text{Km}} \frac{\text{mm}^2}{A} = 10^3 \rho \frac{\ell}{A} \cdot \frac{10^{-3}\,\text{km.}\ \text{mm}^2}{\Omega\ \text{mm}^2 .\text{km}}$$

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

Tartalmi szempontból a fizika egyenleteit két csoportba lehet osztani. Az elsőbe az u.n.<u>definiáló</u> egyenleteket sorolhatjuk, amelyek jellenzője az,hogy uj ismeretet,uj törvényt nem tartalmaznak illetve nem jelentenek,hanem egy fogalmat /mennyiséget/ egyértelmüen meghatároznak. A definicio ennélfogva lehet önkényes is, de ésszerü korlátozásokat célszerü tenni.Definiáló egynlet pl. $v = \frac{ds}{dt}$, $F = ma$, $U = \int^{1} Eds$ stb.stb. A definiáló egyenletekben minden mennyiséget ismernünk kell /mérési módja meghatározott!/ Valamely mennyiséget azután e mennyiségek valamilyen függvénye adja meg. A függést tetszólegesen irhatjuk elő,mert e függvények -mint már megjegyeztük - az anyagra vonatkozólag uj ismeretet nem tartalmaznak,hanem csupán a törvények leirását lehetővé tevő szimbolumok. Igaz,hogy sok esetben a fizikai kifejezés-mód kényelmesebbé tétele végett valamely mennyiséget e definiciokkal helyettesitünk,de azért világosan kell látnunk - és az oktatás során nyomatékosan hangsulyoznunk,hogy pl. az erő mégsem "ma" vagy a kapacitás nem $\frac{Q}{U}$ hanem meghatározott tartalommal,fogalmi jegyekkel biró fizikai realitás.

Másik csoportba a <u>törvény-egyenleteket</u> soroljuk. Ezek a tapasztalati uton talált természeti törvények kifejezésére szolgálnak.Itt tehát önkényességről szó sem lehet; a kérdéses mennyiségeknek a tapasztalattal szoros kapcsolatban kell állniok.A mennyiségek közti kapcsolat pedig csak meghatározott,az anyag immanens sajátságai által előirt lehet.

A törvény-egyenletek a bennük szereplő mennyiségek valamilyen hatványának /legtöbbször első/ szorzata.Pl. $F = f.m.M.r^{-2}$ Legyen u.is valamely U mennyiségre a talált összefüggés:

$$U = f\left(A,B,\ldots Z\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4/$$

ahol A,B,... Z a kérdéses mennyiséget meghatározó fizikai mennyiségek."U" értékeit mérések alapján számithatjuk ki.A mért értékek közül ragadjunk ki tetszőlegesen kettőt:

$$U_1 = f\left(A_1 B_1 \dots Z_1\right)$$
$$U_2 = f\left(A_2 B_2 \dots Z_2\right) \qquad \dots\dots\dots\dots \; 5/$$

Mérjük valamelyik mennyiséget x-szer kisebb egységgel; pl.

$$\left(A^{x}\right) = \frac{1}{x}\left(A\right) \quad \text{és}$$
$$\left\{A^{x}\right\} = x\left\{A\right\}$$

Ekkor 5/ alatti egyenleteink - mint mérőszám egyenletek

$$\left\{U_1\right\} = f\left[x\left\{A_1^{x}\right\}\left\{B_1\right\} \dots \left\{Z_1\right\}\right]$$
$$\left\{U_2\right\} = f\left[x\left\{A_2^{x}\right\}\left\{B_2\right\} \dots \left\{Z_2\right\}\right]$$

vagy a kényelmetlen kapcsos zárójeleket mellőzve - de nem felejtve el,hogy mérőszám-egyenletekről van szó:

$$U_1 = f\left(xA_1^{x} B_1 \dots Z_1\right)$$
$$U_2 = f\left(xA_2^{x} B_2 \dots Z_2\right) \qquad \dots\dots\dots\dots \; 6/$$

6/-ot összehasonlitva 5/-tel

$$\frac{f\left(A_1 B_1 \dots Z_1\right)}{f\left(A_2\, B_2 \dots Z_2\right)} = \frac{f\left(xA_1^{x}\, B_1 \dots Z_1\right)}{f\left(xA_2^{x}\, B_2 \dots Z_2\right)}$$

Avagy

$$f\left(xA_1^{x}\, B_1 \dots Z_1\right) = f\left(xA_2^{x}\, B_2 \dots Z_2\right) \cdot \frac{f\left(A_1 B_1 \dots Z_1\right)}{f\left(A_2 B_2 \dots Z_2\right)} \dots\dots \; 7/$$

Tekintsük x-et változónak és differenciáljuk 7/-et x-szerint

$$\frac{\partial}{\partial\left(xA_1^{x}\right)} f\left[xA_1^{x}\, B_1 \dots Z_1\right] = f_A'\left[xA_1^{x}\, B_1 \dots Z_1\right]$$
$$\frac{\partial}{\partial xA_2^{x}} f\left[xA_2^{x}\, B_2 \dots Z_2\right] = f_A'\left[xA_2^{x}\, B_2 \dots Z_2\right]$$

Felhasználva még a következő azonosságot

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial (xA^x)} \frac{\partial (xA^x)}{\partial x} = f' . A^x$$

7/ alatti egyenleteink igy alakulnak

$$A_1^x . f_A' \left[xA_1^x B_1 \ldots Z_1 \right] = \frac{f(A_1 B_1 \ldots Z_1)}{f(A_2 B_2 \ldots Z_2)} . A_2^x . f_A' \left[xA_2^x B_2 \ldots Z_2 \right]$$

x = 1 esetben $A_1^x = A_1$ illetve $A_2^x = A_2$ tehát

$$\frac{A_1 f_A'(A_1 B_1 \ldots Z_1)}{f(A_1 B_1 \ldots Z_1)} = \frac{A_2 f_A'(A_2 B_2 \ldots Z_2)}{f(A_2 B_2 \ldots Z_2)} = \alpha = \text{const} \ldots 8/$$

8/ alatti egyenlőség bármely indexre felirható s igy általában

$$\frac{A}{f(A B \ldots Z)} \frac{\partial}{\partial A} . f(A B \ldots Z) = \frac{A}{U} \frac{\partial U}{\partial A} = \alpha$$

Másképen

$$\frac{\partial U}{U} = \alpha \frac{\partial A}{A}$$

Integrálva

$$\ln U = \alpha \ln A + C_A$$

Az integrácios konstanst célszerü

$$C_A = \ln g(B,C \ldots Z)$$

alakban irni.Ezzel

$$U = A^{\alpha} . g(B,C \ldots Z)$$

$g(B,C \ldots Z)$ függvényre megismételve fenti gondolatmenetünket

$$U = A^{\alpha} . B^{\beta} . h(C,D \ldots Z)$$

és végeredményben

$$U = k A^{\alpha} B^{\beta} C^{\gamma} \ldots Z^{\zeta} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots 9/$$

Vagy visszatérve a kényelmetlenebb jelölésre a mérőszám egyenletet a következő alakban kapjuk

$$\{U\} = \{k\} \{A\}^{\alpha} \{B\}^{\beta} \{C\}^{\gamma} \dots \{Z\}^{\zeta}$$

A mennyiség-egyenlet ebből 3/ alapján a 9/ alatti egyenlet. Ezzel bebizonyitottuk, hogy a fizika törvény-egyenletei hatvány-szorzat alakban irhatók fel.

"k" arányossági szorzó mérőegységgel és mérőszámmal rendelkező állandó, a törvényegyenletekre jellemző paraméter. Értéke mindig a mérőegységek megválasztásától függ, és természetszerüleg k=1 is lehetséges. Oktató munkánk megkönnyitését jelentené, ha a mértékegységek ugy lennének megválaszthatók, hogy a k=1 könnyitéssel élhessünk. Igy a fizika törvényeit a lehető legegyszerübb alakban tanithatnánk. Hogy erre milyen mértékben van lehetőség: a mérték-rendszer kérdésnek egyik legfontosabb problémája. Ezért erre a későbbiek során még visszatérünk.

Akár definiáló, akár törvényegyenletet irunk fel, legtöbb esetben csak a mennyiségek közti összefüggésekre szoritkozunk. Az igy felirt egyenletek nehézkessége nyilvánvaló és akár a müszaki gyakorlatban, akár oktató munkánkban való használhatósága korlátozott. Tekintsük pl. a teljesitmény $N = Pv$ egyenletét /most k=1/. P, v és N egységeitől függően a mennyiség-egyenlet igy alakulhat

$$N = \frac{Pv}{75} \quad \begin{matrix} (P) = kp \\ (v) = msec^{-1} \\ (N) = LE \end{matrix} \quad \text{illetve} \quad N = \frac{Pv}{75.1{,}36} \quad \begin{matrix} (P) = kp \\ (v) = msec^{-1} \\ (N) = Kw \end{matrix}$$

A szükségszerüen megjelenő konstansokkal kapcsolatosan nemcsak a törvény megtanittatása jelent problémát, hanem az is, hogy ezek az állandók <u>elmossák a fizikai fogalmak összefüggéseit</u>. Emiatt didaktikai szempontból az a rendszer volna legmegfelelőbb, amelyben a törvényegyenletek paramétereinek száma lehető legkevesebb.

A k=1 lehetőséggel való élés általában nem lehetséges,mert a fizika mennyiségei nemcsak egy hanem több összefüggésben is szerepelnek.Ilymódon szinte minden törvényben valemely mennyiség számára "saját" egységet kellene definiálni.Egyetlen lehetőség marad tehát: a konstansok számának minimálisra való csökkentése.

Láttuk,hogy a fizika egyenletei U = k A B ... Z alakuak. Tekintsük csupán a mérőegység egyenletet:

$$(U) = (k)(A)^{\alpha}(B)^{\beta}\ldots(Z)^{\zeta} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 10/$$

A,B, ... Z egysége önkényesen választható, U egysége azonban az önkényesen választottakból leszármaztatható. Az egység-egyenletek 10/ alattihoz hasonló felirásából következik,hogy a mérőegységek közt összefüggések vannak. Az összefüggések lehetővé teszik <u>összefüggő egység-rendszer kialakitását</u> . A rendszer alkotás lényege az hogy a fizika mennyiségeiből önkényesen kiválasztunk "n" számut – 10/ alatti példánkban A,B,...Z mennyiségeket/ Ezeket <u>alapmennyiségekeknek</u> nevezzük. Az alapmennyiségek megválasztásában kezünk nincs megkötve,de bizonyos szempontok ésszerü korlátokat szabhatnak.Ésszerü kivánság lehet pl.hogy az alapmennyiségek egységei étalonnal vagy más módon egyértelmüen és kényelmesen megadhatók legyenek.

<u>2. A dimenzio fogalma</u>

Az egység-egyenletekben az egységek értéke ,konkrét megnevezése nincs megadva.A mennyiségeknek általános,csupán csak jellegét és minőségét jelző egyenleteket <u>dimenzio-egyenletnek</u> nevezzük.Pl. a munkának ilyen értelemben vett "határozatlan egysége ML^2T^2,amivel azt akarjuk feltüntetni,hogy a munkát valamilyen mérési lehetőség alapján egyelőre határozatlan tömeg,hosszuság és időegységgel akarjuk kifejezni.Ez a határozatlan megjelölés a <u>dimenzio</u>. A dimenziokkal felirt – tehát az egység konkrét választásától független – egyenletekben voltaképen a fizikai mennyiségek egymástól való függése <u>szimbolikusan</u> nyer kifejezést.

A fizikai mennyiségek dimenzios alakban felirt kifejezései sem az elméleti,sem a müszaki tudományokban nem használatosak.A dimenzio-egyenletek klasszikus területe az iskolai oktató munka.Oktató munkánkban jelentőségük és didaktikai értékük azért nagy,mert a dimenzio-egyenletek lehetőséget nyujtanak arra,hogy segitségükkel a tanuló valamely összefüggés helyességét eldöntse.Ennek alapja az a törvény,hogy egyenleteinkben a jobb és baloldal dimenziojának meg kell egyeznie.Pl. a $v = \sqrt{2gh}$ egyenletre igaznak kell lennie,hogy $\dim v = \dim \sqrt{2gh}$. A dimenzio egyenletek emlitett előnyeit különösen élvezzük feladatok megoldása során amikor is a a kapott eredmény helyes dimenzioja: a helyes munka egyik biztositéka.

A dimenzio fogalom bevezetésével a mérték-rendszerek kialakitásának főkérdése ugy fogalmazható át,hogy hány dimenzionális alapmennyiséget kell választani, hogy a fizika egyenletei a lehető legegyszerübb alakban legyenek felirhatók

3. A dimenzionális alapmennyiségek száma.

Egy jelenség vagy akár a fizika egy-egy részterületének leirásához nem használjuk valamennyi fizikai mennyiséget. Legyen a szereplő mennyiségek száma : n és legyen k ama egyenletek száma, amely egy-egy részterületet /pl. kinematika/ teljes mértékben leir. Tételezzük még fel, hogy a k számu egyenlet egyike sem tartalmaz önkényes követelményt. Az igy adódó k számu egyenletben n-k olyan mennyiség szerepel, amelyek dimenzionálisan függetlenek egymástól. Ez a szám a geometriában : 1 a kinematikában: 2 , a dinamikában: 3 , a villamosságtanban 4. A kinematika alapmennyiségei hosszuság /L/ és idő /T/ ; a dinamikában ehhez a tömeg /M/ járul. A mechanika minden egyenlete e hármat tartalmazza illetve ezekkel fejezhető ki vagy ezekre vezethető vissza.

Ami a villamosságtant illeti induljunk ki a Maxwell-egyenletek integrál alakjából. /Az ismertebb differenciális alakot azért mellőzzük, mert a bennük szereplő Hamilton-operator nem dimenziomentes/

$$\oint \bar{H}\, dl = \int_A \bar{J}\, dA = \int \left(\varepsilon \frac{\partial \bar{E}}{\partial t} + \gamma \bar{E} \right) dA \qquad \mathrm{div}\, B = 0 \qquad B = \mu H$$

$$\int E\, dl = \int_A - \frac{\partial B}{\partial t}\, dA \qquad \mathrm{div}\, D = \rho \qquad D = \varepsilon E$$

$$J = \gamma / \bar{E} + \bar{E}_i /$$

A villamosságtan összes egyenletei ezekből levezethetők, tehát $k = 7$ Összeszámolva a különböző dimenzioju mennyiségeket $n = 11$ adódik. A szabadon választható alpmennyiségek száma

$$n - k = 4$$

Ehhez a gondolatmenethez még annyit kell hozzáfűzni, hogy a négy választható mennyiségnek egymástól függetlennek kell lennie. Ezért e mennyiség-négyesben sem E és H, sem ε és μ egyidejüleg nem szerepelhet, mivel

$$\frac{H}{E} = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} \qquad \text{és} \qquad v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$$

Az alábbi táblázat a négy alapmennyiség megválasztására néhány lehetőséget mutat:

LMTε ill LMTμ	CGS-rendszerek
LMTR	Giorgi eredeti rendszere
LMTQ	Giorgi-Sommerfeld rsz.
LMTI	Giorgi-MKSA rendszer
LTUI	Giorgi-MVAS " elektrotechnikai rsz.
LTQϕ	Kalantaroff-rendszer

Az alapmennyiségek száma önkényes feltevésekkel megnövelhető. Igy számtalan mérték-rendszer lehetősége adódik. Az önkény ára azonban egyenleteink irásmódjának megváltozása, emennyiben "kompenzáló" konstansok jelennek meg bennük. Ilyen tulajdonságu pl. a Gauss-rendszer. Ha pl. a mechanikában az alapmennyiségek számát 4-re akarnánk emelni és a hosszuság, tömeg, idő mellé még az erőt vennénk és egységéül a pondot választanánk,akkor $ma = cF$ alapján $c = \frac{1}{981}$ g cm $sec^{-2} p^{-1}$ állandó megjelenése nem volna elkerülhető.Ez az állandó szükségtelen és megtanittatása indokolatlanul terhelné a tanulókat.

Ámde csökkenthető is a dimenzionális alpmennyiségek száma.Még pedig ugy,hogy egyes egységeket önkényesen dimenziotlannak veszünk. /Pl.a CGS-rendszerben ε_0 és μ_0/ Ez az eljárás akár egy alapmennyiségig is folytatható.Célszerünek azobban nem lehet nevezni. Ugyanis a csökkentés nemcsak egyes fizikai mennyiségek önálló jellegét szünteti meg,hanem olyan támponttis megfosztja a gyakorlati számolást,hogy azok hiánya miatt az alapmennyiség csökkenéséből származó más előnyök semmivé válhatnak.Az alapmennyiségek csökkentése csak akkor bir értelemmel,ha a csökkentést azáltal hajtjuk végre,hogy felismerjük két különbözőnek tartott mennyiségről,hogy azok egyértéküek /Pl.tömeg és energia/ Marx György egyik tanulmányában felvetett két és egydimenzios rendszerek igy valóban termékenyen járulhatnak hozzá a természet törvényeinek minél egyszerübb leirásához. /Irod. 28/

Gyakorlati és didaktikai szempontból legcélszerübb, legszemléletesebb és legtöbb számolási előnyt biztosit a 4-alapdimenzios rendszerek használata.

A ma használatos mérték-rendszerek mindegyike az un. metrikus mérték-rendszerre épül, amelyet még a francia forradalom alkotmányozó nemzetgyülése 1790-ben hozott létre. E rendszer alapelveit a Francia Tudományos Akadémia a következőkben szögezte le:

1. Az alapegységeket a természetből kell választani /méter, kilogramm, secundum/
2. Minden más egységet a m kg sec egységekre kell visszavezetni
3. Az egységek többszörösei illetve részei /időt kivéve/ tiz hatványai szerint származtatandók le

Noha a " m kg sec" egységekre épült tizes mérték-rendszert Franciaország 1797-ben törvényerőre emelte, nemzetközi megbeszélésekre csak 1875-ben került sor. Ennek eredményeként jött létre a nemzetközi méter-konvencio és a Nemzetközi Mérték-és Sulyügyi Hivatal. /Comité International des Mésures et Poids = CIMP / A CIMP által készitett és Sévres-ben őrzött ősmétert és őskilogrammot tekintjük a méterrendszer alap mértékeinek. A valóságban létrejött nemzetközi mérték-rendszer tehát MKS-rendszer volt.

A méter-konvencioval - ha nem is szabatosan - meg volt adva a lehetőség a fizika jelenségeinek egységes leirására. Ámde az akkori fizika fogalom rendszerének fogyatékosságai és a mennyiségek közti összefüggések hiányos ismerete miatt, olyan korlátok ütköztek elő, amelyeket a konvencio megalkotásakor -épen azok ismerete hijján nem lehetett figyelembe venni. Valamely mérték-rendszer megválasztásának és kidolgozásának helyességét u.is az dönti el,hogy a fizika kérdéses területeinek eredményei eléggé tisztázottak-e ahhoz,hogy ilyen feladatra válalkozni lehessen. A gyakorlat igényei viszont már előbb megteremtik a maguk számára szükséges mérőegységeket; legtöbb esetben anélkül,hogy más terület mérőegységeit figyelembe vennék.A mértékegységek megválasztásának szabadsága azután odavezethet,hogy a kisérleti fizika fejlődésével az eredmények egyöntetü és szabatos kifejezése,ugyszintén a különböző kutatók eredményeinek egybehangolása egyre nehezebbé válik. Ez a helyzet alakult ki a mult század első harmadában.Csak sulyosabbá vált a kérdés,amikor kezdetét vette az elektromos és mágneses jelenségek mennyiségi leirása.Rendkivül nagy tehát Gauss érdeme,aki munkatársával Weberrel kidolgozta az első mérték-rendszert. Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata c. közleményében megalapozta a mérték-egységek racionális,általa absolutnak nevezett rendszerét.

4. CGS-mértékrendszer

A Gauss-féle mérték-rendszer megalkotásában jellegzetesen tükröződik korának szemlélete.Megmutatkozik egy ez egyrészt az alapul vett mennyiségekben,másfelől pedig abban a gondolatban,hogy valamennyi fizikai jelenséget mozgásokra és mozgásokat létrehozó erőkre lehet visszavezetni.Érthető tehát,hogy rendszerében az alapmennyiségek a mechanika mennyiségei. /Hosszuság,tömeg,idő/ A rendszer keletkezése még a méter-konvencio előtti időkre nyulik vissza. A dimenzionális alapmennyiségek száma : 3 , s mint láttuk a mechanika leirásához épen ennyi szükséges.Emiatt a CGS-rendszer a mechanika jelenségeinek leirásához egyszerü, világos, ellenmondásmentes rendszer. Gauss saját rendszerét <u>abszolutnak</u> nevezi, mert az összes egységek a hossz, tömeg és idő egységéből van leszármaztatva, tehát a rendszer mentes "minden önkénytől".

A CGS-rendszer fejlődése kezdettől fogva szorosan kapcsolódik az elektromágneses jelenségek leirásához. Nyilvánvaló u.is hogy az elektromágneses jelenségeket sem lehet teljesen önkényesen - pl. a mechanikától függetlenül - választani, hacsak el akarjuk kerülni a szükségtelen állandók megjelenését. Ésszerü korlátokat szabhatnak az elektromágneses térnek olyan sajátságai, hogy benne erőhatások észlelhetők. Emiatt az <u>erő</u> csatlakozási pont lehet a mechanikai és az elektromágneses jelenségek közt. Igy az erő és a tér jellemzők / q és E/ közt fennálló

$$F = q\,E$$

mennyiség-egyenlet alapján E egysége - q egységének ismeretében - leszármaztatható.

A töltésegység meghatározása végett Gauss-tételéből indulhatunk ki. Valamely zárt felületre u.is:

$$\oint_A E\,dA = \frac{1}{k}\,Q$$

Pontszerü töltés esetén koncentrikus gömbfelületen E = const

Ekkor

$$\oint_A E\,dA = E\oint dA = E.\,4\pi r^2 = \frac{1}{k}\,Q \qquad \text{azaz}$$

$$E = \frac{1}{4\pi k}\,\frac{Q}{r^2}$$

Az erő pedig

$$F = \frac{1}{4\pi k}\,\frac{Q\,q}{r^2}$$

A töltésegység rögzitésére tehát a Coulomb-törvény nyujt lehetőséget. Ha a villamosságtan tanitását a statikus terekből kiibdulólag épitjük fel - amint azt a müszaki felső oktatást kivéve általában tesszük - célszerü a Coulomb-törvényeknek legegyszerübb alakot adni,azaz $k = \frac{1}{4\pi}$ megszoritással élni. k értékének ilyen választásával a töltésegység: $(Q) = 1\ cm^{\frac{3}{2}}\ g^{\frac{1}{2}}\ sec^{-1} = 1\ Fr$

A Coulomb-törvény központba állitásában jellegzetesen tükröződik a XIX.század szemlélete.Főszerepet - mint a törvényből is látszik - a vezetőkön elhelyezkedő töltések játsszák,amelyek a vezetők távolságától függő erővel hatnak egymásra.Erő,energia kifejezésében csupán a töltések,vezetők vagy vezetékek geometriai méretei,azok távolsága található és a köztük lévő térnek semmilyen vagy lényegtelen /formai leirást megkönnyitő/ szerep jut: a töltések mintegy távolról hatnak egymásra.A Coulomb-törvények az ilyen távolhatási törvények jellegzetes ~~törvénye~~ típusa. Az idealista koncepcioból fakadó szemléletet a statikus térből való kiindulással,a Coulomb törvényekkel akarva,nem akarva becsempészhetjük iskoláinkba. A gimnáziumokban használt 1963-ban kézreadott /!/ fizika könyvben - bár a térszemléleti tárgyalásmódra épen ez a könyv tesz első izben erőfeszitéseket - még mindig kisért az idealista távolhatási szemlélet. Igy pl. a dielektromos állandóval tankönyvünk nem foglalkozik! Kárbavész tehát minden dicséretes szándék,mert a Coulomb-törvény ~~is~~ továbbra is gömbök,bodzabélgolyók távolhatási törvényeként kerül a tanuló elé. Sehol a térre való utalás,sehol annak legfontosabb anyag-állandója,legfeljebb a "k" arányossági szorzóról emlitik meg a szerzők,hogy annak értéke a vezetők közti anyagtól függ. Hasonlóan sikkad el emlitett tankönyvünkben a mágneses tér anyag-állandója a permeabilitás. Utóbbival bár a szerzők foglalkoznak,a $B = \mu H$ törvényt meg is fogalmazzák,de az áramok egymásra hatásának törvényében pl. eme alapvető térállandót ujra csak elnyeli egy "k" arányossági szorzó.

A villamos és mágneses mennyiségek közt a Maxwell-egyenle-teremtenek kapcsolatot a következő szkéma szerint:

$$F_e=\frac{1}{K}\,\frac{Q_1Q_2}{r^2}$$

$$\nabla\times\bar{H}=K_1\bar{J}+K_2\frac{\partial D}{\partial t}$$

$$\nabla\times\bar{E}=-K_3\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$F_m=\frac{1}{K}\,\frac{m_1m_2}{r^2}$$

1. ábra

A vázlat nem tartalmazza a Coulomb-és Maxwell egyenletek közti valamennyi összefüggést,hanem csak a kiinduló és végső formulákat.

Sem az elektrostatikai - ahol a vákum dielektromos állandója $\varepsilon_o = 1$ - sem pedig a magnetostatikai rendszer - ahol a vákum per-meabilitása $\mu_o = 1$ - általánosan nem használatos.Sokkal elterjedtebb a Gauss-féle rendszer,amely a kettő keverékének" tekinthető,mivel egyszerre halad az 1.ábrán feltüntetett nyilak irányába,egyfelől a villamos,másfelől a mágneses Coulomb-törvényekből kiindulólag. A vákumállandókat e rendszer szintén egységnyinek és dimenzio-nélkülinek veszi.Ilyen módon a Maxwell-egyenleteknek mind bal,mind jobb oldalára meghatározott egységekkel érkezünk. Ez pedig azt jelenti,hogy az ott szereplő állandóknak sem értékével,sem dimen-ziojával nem rendelkezünk szabadon. / $k = \frac{4\pi}{c}$ $k_2 = k_3 = \frac{1}{c}$

A CGS-rendszerben a dimenzionális alapmennyiségek száma látszólag: 3 /LMT/ de valójában: 5 mert a $\mu_o = 1$ és $\varepsilon_o = 1$ kikötésekkel a negyedik illetve ötödik mennyiség háttérben marad. Megállapithatjuk,hogy az alapmennyiségek számának ilyenmódon való csökkentése didaktikailag kétes értékü. A jellegtelenné és egységnyivé tett vákumállandók uis semmit mondókká válnak, fizikai tartalmuk elsikkad. Ezzel együtt maga a tér is háttérbe szorul, noha a materialista nevelés érdekében épen a tér anyagi realitását kell erőteljesen kidomboritanunk és hangsulyoznunk! De ugyancsak az elsikkadás veszélye fenyeget minden olyan fogalmat vagy összefüggést is, ahol eme állandóknak meg kellene jelenniök, de egységnyi és dimenziotlan voltuk miatt rejtve maradnak. Igy pl. a $\bar{B} = \mu \bar{H}$ vagy $\bar{D} = \varepsilon \bar{E}$ összefüggésekben. Az elméleti fizika értelmetlennek látja ε és μ állandók dimenzioval és egységtől különböző értékkel való bevezetését, következésképen $\bar{E}$ és $\bar{D}$ továbbá $\bar{B}$ és $\bar{H}$ megkülönböztetését. Számára a tér jellemzésére <u>egyetlen vektor</u> is is elegendő. Ez az érvelés azonban <u>csak módszertanilag</u> helytálló, amennyiben a térnek egyszerübb leirását eredményezi. E módszertani fogás azonban az "egyszerüség" álarcában az idealista távolhatási koncepcio szószólója, azért el nem fogadható. A vákumállandók valóságos fizikai mennyiségek, a térnek mint objektiv anyagformának alapvető állandói. Elkendőzésük ~~veszélyes~~ ideologiailag veszélyes területre vezethet.

Ha a jelenségek egyszerübb leirásáról beszélünk: sok esetben épen a tér e fontos állandóinak homályban hagyása akadálya a jelenségek egyszerübb leirásának. A müszaki villamosságtanban pl. az indukciot /B/ tekintjük a tér legfontosabb jellemzőjének, mert mágneses tér és áramvezető kölcsönhatása e fogalommal irható le legegyszerübben. Az elmosott jelentésü és tartalmu ε és μ mennyiségek ennek az oktatási szempontból alapvető fontosságu jelenségnek leirásában zavaros helyzetek, tévedések forrása lehet, amint azt a közelmultban kirobbant és jelenleg is folyó didaktikai viták mutatják. /Irod.30,31,32 és a szerző cikkei/ Egy azonban nem vitatható: e kérdésben az elméleti fizika és a müszaki gyakorlat szemben áll egymással; a $\mu_0 = 1$ és $\varepsilon_0 = 1$ önkény a gyakorlattól való elszakadást jelenti.Oktató munkánkban e kettősség nem engedhető meg.Az elmélet és gyakorlat igényeit feltétlen közös nevezőre kell hozni.Miként a materialista nevelés szemszögéből az előbbiekben,akként most az elmélet és gyakorlat egységének kérdésében arra az álláspontra kell helyezkednünk, hogy a CGS-rendszer javára nem tehetünk engedményeket.

A Maxwell-egyenletekből való kiindulás a villamosságtannak egsézen más koncepcioju felépitését eredményezi.A Maxwell-egyenletekben u.is közvetlenül a villamos illetve mágneses tér van egymással kapcsolatba hozva /és nem a töltések/ ,továbbá -és ez a közelhatási mechanizmus jellemzése szempontjából a leglényegesebb - a tér azonos pontjában,azonos időpillanatokban létező mennyiségek közt állapitanak meg összefüggéseket.Igy tehát főszerepe az elektromágneses térnek van,mig a töltés másodlagos csak mint a számolást egyszerübbé tevő fogalom /pl.a villamos tér divergenciája vagy a mágneses tér örvénye/ jut szerephez.

A Maxwell-egyenletek ~~CGS-rendszerbeli~~ alapvető szerepe indokolttá teszi,hogy ennek az egyenletnek adjuk a lehető legegyszerübb alakot vagyis a bennük szereplő arányossági szorzókat egységnyinek és dimenziotlannak vegyük /Giorgi-rendszerek/ A CGS-rendszerben természetszerüen a Maxwell-egyenletekben nem egységnyi és nem dimenziotlan konstansok lépnek fel; igy pl $c = 3.10^{10}$ m.sec^{-1}.Bármekkora is e faktor "történelmi" érdeme az állandó parazita-jellegü. Megjelenése nem a rendszer inkoherens voltában gyökerezik - hiszen ha egyszerü átszámitási tényező volna nem rendelkeznék dimenzioval - hanem abban,hogy a dimenzionális alapmennyiségek száma a megengedett 4 helyett: 5 .Ebből az az ellenmondás származik,hogy a Gauss-féle rendszerben ugyan-arra a mennyiségre két egymástól független egység - mégpedig egy elektrosztatikus és egy magnetosztatikus egység adódik, amelyek hányadosul sebesség-jellegü mennyiséget eredményeznek. Ez nyilvánvalóan <u>ellenmondásos</u> ,mert két,lényegében azonos egység hányadosának dimenziotlan számot kell eredményeznie. A fizikailag értelmetlen "c" faktor feltétlenül nehézségek forrása lehet az egyetemi vagy főiskolai hallgató számára.

A ~~u~~-+ $\mu_0 = 1$ és $\varepsilon_0 = 1$ megkötöttségekből származó legsulyosabb nehézség azonban az,hogy e rendszerben a leszármaztatott egységek az alapegységek <u>tört kitevőivel</u> vannak kifejezve. A tört kitevők méréstechnikai szempontból azt jelentik,hogy az elektromágneses mennyiségek mérő müszereink számára nem hozzáférhetők. Magától értődő,hogy a tört kitevős egységek nem étalonozhatók. E körülmények a CGS-rendszert elvonttá,nehézkessé,kevésbbé szmléletessé teszik. E nehézségek miatt az elektromágneses jelenségek tárgyalását a Giorgi-mértékrendszerben végezzük. A gimnáziumokban azonban hosszu volt az ut idáig,mert a Giorgi rendszer általános használatára / a villamosságtanban/ csak 1963-ban kerülhetett sor,azzal hogy e lépés heves szakdidaktikai viták kiinduló pontja lett. A felső oktatásban azonban még vannak a CGS-rendszernek "hadállásai" és nem egy tankönyv,jegyzet a villamosságtant továbbra is ebben a rendszerben dolgozza fel./Köztük egészen kirivó a Müszaki Egyetem Villamoskari "Fizika" jegyzete/

A Gauss-rendszer feltétlen hivei a tört kitevőkből adódó nehézségeket azzal vélik kikerülni, hogy magukat az egységeket mint alapegység-komplexumokat mellőzik és a mérőegységeknek csak elnevezéseit /Franklin, Biot stb/ használják. Eltekintve attól, hogy a CGS-egységek nagy része névtelen a szemléletességen, megfoghatóságon, az étalonozás lehetősén e módszertani "fogás" mit sem segit. Igy ezek az egységek akár ilyen, akár tört kitevős formában kerülnek az oktatásban alkalmazásra továbbra is csak nehézkes, bonyolult definiciókkal adhatók meg.

Miért ragaszkodunk mégis a Gauss rendszerhez ? Mi az, ami miatt - a felsorolt didaktikai nehézségek ellenére - e rendszert még ma sem sikerült az oktatásból kiszoritani? A válasz paradoxonszerü: a villamosságtan tanitása ! A villamosságtan u.is - amint már rámutattunk két uton épithető fel. 1/ vagy a villamos töltésből illetve a statikus térből kiindulólag 2/ vagy a gyakorlat számára fontosabb elektromágneses térből kiindulólag. Első esetben a villamos illetve mágneses Coulomb-törvény a villamosságtan alapegyenlete. Igy nagyon is indokoltnak látszik az a törekvés, hogy ezeknek a legegyszerübb alakot adjuk, tehát a vákumállandókat egységnyinek és dimenziotlannak válasszuk. Gimnáziumainkban didaktikai kényszer folytán ezt az utat kellett követnünk - hiszen a Maxwell-egyenletek felől nem indulhatunk.E koncepcio ideologiai veszélyeire már rámutattunk és hangsulyoztuk,hogy a vákumállandókat e veszéylek miatt nem tanácsos elkendőzni.Ugyanez áll a felső oktatásban is fokozottabb mértékben.A veszélyek elkerülése végett a Coulomb-törvényeket is vákumállandókkal kell tárgyalnunk,azaz Giorgi-rendszerbeli alakjukban .Végeredményben tehát: a CGS-rendszer tanitása még akkor is zsákutcába vezet,ha a villamosságtant a Coulomb-törvények felől épitjük fel.

A CGS-rendszer érdeme azonban - akár tudományos,akár didaktikai szempontból - az emlitett nehézségek ellenére sem tagadhatók. A köznapi fizika törvényeiből eltüntette a szükségtelen állandókat,amivel igen határozottan rámutatott a fizikai mennyiségek sokirányu összefüggéseire.Ennek előnyét különösen élvezzük a mechanika tanitásában. Tény azonban,hogy a rendszer felett "eljárt az idő" . Nehézkessége egyre nagyobb teher a korszerü szakdidaktikai törekvések utjában.Mindezekből pedig a konzekvenciák levonása nem halogatható sokáig.

5. Gyakorlati mérték-rendszerek.

Az általános iskolai és gimnáziumi fizika oktatásban a villamosságtant sztatikus terekből kiindulólag épitjük fel.E didaktikai kötöttség azonban nem szükségképen irja elő a CGS rendszer használatát. A mechanika egységei u.is nemcsak az erőn keresztül csatlakozhatnak a villamos egységekhez /Coulomb törvény/ hanem energián, teljesitményen, hatáson stb. keresztül is, hiszen az erőtér mint anyagforma az anyag ismert tulajdonságaival általában rendelkezik. Az erőtérben pl. nemcsak erőhatások mérhetők, hanem az energia-hordozó is. / Az energia sürüség $w = \frac{1}{2}\int_V (\vec{D}\vec{E} + \vec{B}\vec{H})\, dw$ - elektromágneses térben !/ A csatlakozó mennyiség megválasztása szerint különböző mértékrendszerek adódhatnak.

a/ Giorgi-féle mértékrendszer.

Giorgi a XX. század szemléletének megfelelően a töltéssel szemben a térnek juttatja a főszerepet és a hangsulyt a Maxwell-egyenletekre teszi át. Törekvése tehát az, hogy az alapvető Maxwell-egyenleteknek adja a lehető legegyszerübb alakot. Ezt azzal érte el, hogy a benne szereplő konstansokat egyrészt egységnyinek másrészt dimenziotlannak vette. Az igy felirt egyenletekből ~~egyenletekből~~ indulva ki és határozva meg az elektromágneses egységeket, most ezek kész eredményeivel jutunk el a villamos illetve mágneses Coulomb-törvényekhez. /1. ábra/ Magától értődően a vákumállandók értékéül igy sem egységet, sem dimenziotlan mennyiséget nem kaphatunk - $\varepsilon_o = 8{,}855\ \frac{As}{Vm}$ és $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{Vs}{Am}$ ^E_e rendszerben a villamos Coulomb-törv. alakja $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\ \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ A szükségképen megjelenő arányossági szorzó problémákat okozhat.

A gyakorlati rendszerek a mértékrendszerekkel szemben különös, a gyakorlat igényeinek megfelelő követelményeket is támasztanak. Ezek közül csak a legfontosabbakat emlitjük meg:

1. Az egységek lehetőleg a CGS-egységekből 10-nek egész hatványai szerint legyenek leszármaztathatók.

2. A rendszer teljes legyen; minden mennyiség egységét tartalmazza.

3. A nagyságrendek a gyakorlat igényeihez alkalmazkodjanak.

4. A rendszer megalkotásakor már meglévő egységeket - számszerint kilencet meg kell tartani. Ezek: Joule, Watt, Volt, Ampére Henry, Farad, Weber, Ohm, Coulomb/ A rendszer alkotás feltételeit Ascoli egyetlen egyenletbe foglalta össze. Kimutatta, hogy ha a hosszuság egységét 10^{ℓ} cm-nek, a tömeg egységét 10^{m} g-nak vesszük; továbbá a joule és secundum egységeket megtartjuk: teljesülnie kell a

$$2\ell + m = 7 \qquad \text{..........} \ 11/$$

egyenletnek. Egyenletünknek megfelelően többféle gyakorlati rendszer lehetséges.

Az első gyakorlati rendszert Maxwell alkotta meg. / $\ell = 9$ és $m = -11$ / Kimutatta, hogy a már akkor /1881/ is használt mértéegységek teljes rendszerré fejleszthetők. E rendszer azonban kényelmetlen nagyságrendü alapegységei miatt a gyakorlatba nem ment át és csupán tudománytörténeti érdekesség maradt. $\left(L = 10^{9}\ \text{cm} \quad \text{és} \quad M = 10^{-11}\ \text{g} \right)$

A második rendszerre 1904-ben Giorgi tett javaslatot Javaslatának lényege az volt, hogy a vákum permeabilitását egység helyett $4\pi \cdot 10^{-7}$ kell venni ha a rendszer raciona-

(x)

lizálva van és 10^{-7} értéknek ha a rendszer nem racionalizált. Igy szintén a feltételeknek eleget tevő rendszert kapunk, amelyben a hosszuságra 10^2 cm = 1 m ; a tömegre pedig 10^3 g = 1 kg adódik. / Az Ascoli egyenlet~~ek~~ben $l = 2$ és $m = 3$ A rendszer tehát a méter-konvenciora épül és alapegységei és alapegységei a gyakorlat számára rendkivül kedvező nagyságrendüek. Több, más előny mellett e két előnynek is köszönheti a Giorgi-rendszer minden más rendszerrel szemben fölényét és fontosságát.

A Giorgi rendszer a három mechanikai mennyiséget, mint dimenzionális alapmennyiséget megtartja, éspedig a fentebb már emlitett egységekkel: (L) = méter , (M) = kg és (T) = sec

---

(x)

A mértékrendszerek racionalizálásának kérdését az vetette fel, hogy a régebben használatos u.n. nem-racionalizált irásmód mellett 4π olyan helyeken is megjelenik, ahol az nem indokolt nem ésszerü - pl. sikkondenzátorok kapacitás kifejezésében, és olyan helyen ahol megjelenése indokolt volna nem jelenik meg - pl. gömbkondenzátornál. A racionalizálás kérdését elsőnek Heaviside vetette fel, majd Lorentz azt javasolta, hogy a 4π tényezőt irjuk be a kivánt helyre, de kiegyenlitésül változtassuk meg az érintett egységeket. Pl. a Coulomb-egyenletben:

$$F_e = \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi \cdot r^2}$$

Ez az ut azonban járhatatlannak mivel a nem-racionalizált CGS-egységek és a belőlük leszármaztatott elektrotechnikai egységek /Cb, A, V Wb stb/ tulságosan begyökereedtek ahhoz, hogy rajtuk változtatni lehetett volna. Giorgi viszont ugy végezte el a racionalizálást, hogy μ_0 ill. ε_0 mérőszámába a 4π tényezőt mintegy "bedolgozta" /Totális racionalizálás!/ Igy a gyakorlatban használt legfontosabb mérőegységek / Cb. Wb, F, A, V stb/ nem változtak s igy a racionalizálás eme utja semmi különösebb nehézséget nem támasztott.

A három mechanikai mennyiség mellé egyetlen villamos mennyiség választható,amint ~~a~~ azt dolgozatunk más helyén már kimutattuk. Az egyetlen villamos mennyiséget különböző módon lehet választani.Maga Giorgi - méréstechnikai okokból - a nemzetközi ohmot javasolta.Negyedik egység tehát egy önkényesen választott étalon lett volna.Figyelembe véve azonban azt a kivánalmat,hogy a gyakorlati egységeke~~t~~ a CGS-egységekből 10-nek egész hatványkitevőivel legyenek előállithatók: a negyedik egység nem lehet önkényesen választott étalon,hanem az ellenállás egységét is "absolut" mérésekkel kell megállapitani. A szükséges méréseket ~~ma~~ jó pontossággal tudjuk elvégezni. Ezért 1933-ban határozat született,hogy az <u>absolut</u> <u>egységre</u> kell áttérni. Az ellenállás egységét az $\Omega_{abs} = \frac{V_{abs}}{A_{abs}}$ egyenlettel definiáljuk.

A Giorgi-rendszer előnyeire már több helyen történt utalás. A rendszer előnyét most az alábbiakban foglaljuk össze

1/ Az alapegységek megválasztása után minden mennyiség egysége egyértelmüen, a <u>koherencia-elv</u> megsértése nélkül származtatható le. A dimenzio-koherencia elve azt kivánja meg, hogy a mennyiségi egyenletek és a hozzátartozó egység-egyenletek alakja azaonos legyen. Pl. a mágneses tér energiasürüsége $w = \frac{1}{2}$ B.H Az ehhez tartozó egység-egyenlet

$$\frac{\text{joule}}{m^3} = \frac{V\ A\ S}{m^3} = \frac{Vs}{m^2}\ \frac{A}{m} \qquad \text{azaz}$$

$$\{w\} = \{B\}\ \{H\}$$

az egység-egyenlet alakja megegyezik a mennyiség-egynlet alakjával. Nem koherens: valamennyi CGS-rendszer, a nem-racionalizált Giorgi rendszer.Koherensek: a mechanika minden rendszere, a racionalizált Giorgi-rendszer összes variánsaival egyetemben, a Kalantaroff-rendszer.

A /racionalizált/ Giorgi-rendszer koherens volta nagy előny az oktatás szempontjából. Koherens rendszerben u.is nem kell a tanulókat átszámitási tényezőkkel terhelni. A villamosságtanban a Gauss-rendszerek használata a koherencia hiánya miatt sem nevezhető előnyösnek.Pl. az áramvezető terének másik mágneses térre való kölcsönhatását leiró $F = B I \ell$ alapvetőnek mondható egyenletben "k" arányossági szorzó,mint átszámitási tényező az 1963-as kiadásu legujabb IV.osztályos tankönyv bevezetéséig mindenütt szerepelt. A CGS-rendszer inkoherens ~~mennyis~~ egységei /A,V,F Gauss stb/ sok didaktikai nehézség okozói lehetnek.

2/ A leszármaztatott egységek az alapmennyiségek egész kitevőivel vannak előállitva.Ez méréstechnikai szempontból azt jelenti,hogy eme egységek a mechanika elvein alapuló mérőmüszerek számára hozzáférhetők és természetszerüleg étalonozhatók is. Didaktikai szempontból pedig azt jelenti,hogy az értelmetlen,törtkitevős "egység-szörnyek" helyett szemléletes,áttekinthető egységekkel dolgozhatunk.

3/ A hosszuság és tömeg "szerencsés" választása révén a Giorgi-egységek a CGS-egységekből 10-nek egész hatványaival származtathatók le.

4/ A joule és sec - már korábban definiált - egységek megtartása minden gyakorlati rendszer alapkövetelménye.Ennek következménye,hogy a villamos és mechanikai egységek a "joule" -on keresztül csatlakoznak.Igy a

joule = Volt . Ampére.sec

egyenlet a Giorgi-rendszer jellemző egyenlete. Watt = V.A magától értődő.

5/ A Giorgi-rendszer megtartja a gyakorlatba akkorra begyökeresedett,a fizika nagyjairól elnevezett egységeket. /Volt,Ampére,Coulomb,Farad stb/ Nem kerülhető el azonban uj egységnevek bevezetése sem,mint pl. Newton,Leibnitz,Planck és a nyomásra Giorgi. Ezek az uj nevek az IEC 1938-ban Torquay-ban hozott határozata nyomán kerültek bevezetésre. Az uj egységnevek kényelmesebb kifejezés-módot tesznek lehetővé,mint a CGS-rendszer nagyrészt névtelen egységei. Ezek közül a 9 megtartott egység már régebben, a Newton pedig az ötvenes évek vége óta polgárjogot nyertek az oktatásban is.Semmi különösebb nehézséget nem okozna az impulzus egység /Leibnitz/ és hatás egység /Planck/ bevezetése - de különösképen nem a nyomás Giorgi = New. m^{-2} használata.

6/ A Giorgi- /nemkevébbé a Kalantaroff/ rendszer minden egysége a mindennapi igényekhez van méretezve. Emiatt a müszaki gyakorlat számára is igen jól használható. Ezzel magyarázható,hogy MVAs változatát a gyakorlat igényei már 1886-ban életre hivták. Az atomfizikában és az asztronomiában a magas pozitiv illetve negativ hatványok miatt természetszerüleg sem a gyakorlati,sem a Gauss-féle rendszert nem célszerü használni.

7/ A rendszer egységei étalonozhatók - sőt a már korábban választott méter, kilogramm és secundum egységekkel adva is vannak.A villamos egységek egységei pedig nem csupán definiciokkal vannak adva,hanem e definiciok egyben végre is hajtható mérési utasitások.

A fentiekben elősorolt előnyök az oktatás szempontjából sem közömbösek.A rendszert egyszerü,világos felépitése,szemléletessége,elméleti és gyakorlati igényeket egyaránt kielégitő volta oktatási célra ideálisan alkalmassá teszi. Az oktatás szempontjait tartva szem előtt a Giorgi rendszernek illetve MVAs változatának még egy igen jelentős előnyére kell rámutatnunk: a villamos és mágneses egységek analogiájára. E tulajdonságot - többek közt Pohl használja következetesen. Az analogia lényege az,hogy a villamos és a neki megfelelő mágneses egységek csak abban különböznek egymástól,hogy ahol az egyikben Ampére szerepel,a neki megfelelő másikban oda Volt kerül; és megforditva. A Giorgi-MVAS rendszer analogiáit az alábbi táblázatban mutatjuk be / csak néhány egység-párt!/

Villamos tér		Mágneses tér	
Mennyiség	egység	Mennyiség	egység
Töltés /Q/	A.s	Fluxus / / ...	V.s
Potenciál..........	V	Mágn.feszültség ..	A
$U = E\,ds$		$U_m = H\,ds$	
Vill.térerő /E/	$\frac{V}{m}$	Mágn.térerő /H/ ...	$\frac{A}{m}$
Eltolás /D/	$\frac{As}{m^2}$	Indukcio /B/	$\frac{Vs}{m^2}$
Diel,állandó / / ..	$\frac{As}{Vm}$	Permeabilitás / u/	$\frac{Vs}{Am}$

2. ábra

Sajnálatosnak kell tartanunk,hogy különböző,de kellően nem indokolt okok miatt / megszokás,kényelem/ nem élhetünk teljes mértékben a Giorgi-rendszer didaktikai előnyeivel. Gimnáziumainkban még az oktatási reform után sem egyetértőek a vélemények /irodalom 3o./ Elannyira,hogy a rendszer általános bevezetése mind gimnáziumainkban,mind a felső oktatásban ma még a próbálkozásoknál tart.

A fejlődés tendenciája azonban a Giorgi-rendszer felé ~~mutat~~ és vele együtt a villamosságtan oktatási koncepciojának meg-megváltoztatása felé mutat. A változtatásra és nyomán a Giorgi-rendszer általános használatára /egyetemen is!/ nemcsak a külföldi példák hatnak ösztönzőleg, hanem a közép-és általános iskola szerves kapcsolatának tovább nem odázható kérdése is.

A Giorgi-rendszer felépitését tekintve 4-alapdimenzios rendszer. E négyből három mechanikai mennyiség /L M T /. A negyedik villamos mennyiség, és ennek megválasztása szerint különböző <u>variáns-rendszerek</u> adódhatnak.

<u>1. Giorgi-Sommerfeld rendszer</u>. negyedik alapmennyiségül a villamos töltést /Q/ választaja. /MKSQ-rendszer/ Ez a rendszer képezi általános és köv. iskoláinkban a villamos jelenségek tanításának alapját. E variáns egyesiteni akarja a Giorgi- és a Gauss-rendszerek előnyeit, mert a villamos jelenségeket egyrészt a tanuló számára kétségtelen szemléletes töltés, távolhatás oldaláról ragadja meg, másfelől kiutat keres a törtkitevős egységek megközelithetetlen ingoványából. A töltés kidomboritásával a sztatikus jelenségek tárgyalása ugyan egyszerüvé szemléletessé válik, de épen e szemléletesség ára a tér háttérbe szorulása, és a távolhatási mechanizmus - akart vagy nem-akart elsőbbségben részesitése. Véleményünk az, hogy az idealista koncepciot az ált. iskolában sem szabad megengedni - még didaktikai előnyök kedvéért sem. Az is gyengeéje e rendszernek, hogy a töltésnek, mint alapmennyiségnek a definicioja kissé "diplomatikus, bár az igazságon nagyobb sérelem nem esik; a didaktikai nyereség viszont sokkal nagyobb ahhoz, hogy ~~mai~~ miatta a nyugalmat érdemes lenne feláldozni. / A probléma a következő:

ha 1 Cb = 6,25 . 10^{18} elemi töltés akkor a vákumállandók nem lesznek "kerek" értékek,sőt még állandók sem lesznek,mert eme értékek az elemi töltés meghatározásának pontosságától függenek,tehát végeredményben empirikus értékek./

Ebből a rendszerből egyszerü számolással lehet akár az MKSA,akár az elektrotechnikai rendszerbe áttérni.

2. Elektrotechnikai vagy MVAS-rendszer. Ez a rendszer teljesen a gyakorlat, az elektrotechnika igényeinek megfelelően épült ki. Ezért "lemond" az egyik mechanikai ala~~l~~pmennyiségről és helyébe számára fontosabb villamos mennyiséget tesz. /Kg helyett Voltot/ A müszaki technikumok, a felső oktatási müszaki könyvek,jegyzetek és maga az egész müszaki irodalom is a villamos jelenségek tárgyalására ezt a rendszert használja.Gimnáziumainkban az érvényben lévő 20223/I. sz.tankönyv is - először a gimnáziumi fizika-oktatás történetében - az elektromágneses jelenségeket ebben a rendszerben tanitja.

Ez a variáns is rendkivül világos felépitésü,szemléletes; az áttérés pedig a Giorgi rendszernek más változatába ugyancsak egyszerü, a tanulók által jól megérthető.

3. M K S A - rendszer. A negyedik,villamos mennyiség szabad megválasztása miatt a Giorgi-rendszerekben egészen anarchikus helyzet alakult ki.Ennek megszüntetésre a CIMP 1955.illetve 1960-ban tartott ülésein olyan egyezmény született,hogy a három mechanikai alapmennyiség mellett negyediknek az Ampére-t kell elfogadni.Az Ampére definiciója: egy egyenes vezetőpárban akkor folyik 1 A-es áram,ha a vezetők egymástól 1 m távol huzódó, 1 m hosszu darabjai közt 2.10^{-7} newton erő müködik. Noha az MKSA-rendszernek a használatát a tagállamok - köztük

Magyarország is - törvényerőre emelték,köz.iskolai használata mégis nehézségekbe ütközik,mert az Ampére definiciojához szükséges fogalmak sorrendje nem egyezik meg azzal a sorrenddel amelyet a villamosságtan tanitásában didaktikailag követnünk kell. Ami pedig egyetemeinket,főiskoláinkat illeti: a mérésügyről szóló 50/1960.sz.korm.rendelet illetve annak végrehajtási utasitásához füzött rendelkezés megengedi,hogy ezek az intézmények a törvényes mérték-rendszertől eltérő,más mérték-rendszert is használhatnak.

4. Uj Nemzetközi Egységrendszer. 1956-ban a CIMP uj,nemzetközi mérték-rendszert fogadott el, a Systéme Internationale -t /S I /,amelyet alapmennyiségeiről MKSA°KC rendszernek is neveznek.A rendszer 6 alapmennyiséget tartalmaz:

Hosszuság .... méter ... m
Tömeg .... kilogrammm ... kg
Idő .... secundum ..... s
Áram .... Ampére .... A
Abs.hőmérséklet .. Kelvin fok .. K°
Fényerősség ...... candela ..... cd

A SI jelentősége nem lebecsülendő,sem a gyakorlat,sem az oktatás szempontjából. Annak ellenére,hogy a CIMP határozat heves vitákat váltott ki az NDK már 1958-ban törvényerőre emelte /elsőnek!/ azzal,hogy más nem koherens egységek használatát is megengedik. A szovjet szabvány GOSZT 9867/61.sz.a. 1963-tól ugyancsak kötelezővé teszi használatát.Franciaország 1962-től vezeti be. Hazánkban a viták még nem értek véget.Meglepőnek hangzik,de az ellenállás a müszakiak részéről a legnagyobb. Érvelés: a SI megoldja a fizika régóta vajudó mérték-rendszer gondjait,de ennek terhét a müszaki tudományoknak kell viselni, mert a SI hasznavehetetlenné tesz a forgalomban lévő müszaki táblázatokat.Az elektrotechnika számára a méter nem megfelelő egység; tul nagy. A gépszerkesztők számára a tömeg helyett a szemléletesebb erő volna alkalmasabb.Mindeme érvelésekben komoly ellenvetés aligha van.Fenti érvekben,ellenvetésekben a sokat emlegetett megszokás és kényelem szólal meg.

A SI bevezetésétől hivei sokat várnak - oktatási szempontból is.Nem vitatható,hogy az egyetemi oktatás számára a CGS-rendszerrel szemben előrelépést jelentene a korszerü didaktikai törekvések felé. Az ellnvetések közül azonban véleményünk szerint, épen a egyetemi oktatók ellenérvei az igazán helytállóak.Ellenvetéseink a következők:

a/ a hőtan és fotometria egységei nem a Giorgi-rendszer egységei s igy a Giorgi-rendszer pl. a thermodinamikában elveszti legfőbb előnyét a koherenciát.Oktatás szempontjából pedig egy mérték-rendszer koherenciája a legbecsesebb tulajdonság.

b/ A SI nincs tekintettel az atomfizika oktatására.

Bárminő előnyökkel is kecsegtet tehát a kiegészitett - de ezzel inkoherenssé tett - Giorgi rendszer a gyakorlat számára: az oktató munkában való <u>alkalmazása</u> legalább is <u>problematikus</u> . Ha pedig megggondoljuk,hogy a Giorgi-rendzser kiegészités nélkül is átvihető a fentebbi területekre /hőtan/ - aminek megmutatása a következő fejezet feladata - arra az álláspontra kell helyezkednünk,hogy a SI használata az oktatás egyik fokán sem oldja meg a mérték-rendszer kérdésekből fakadó didaktikai problémákat.Jelentősége csupán annyi,hogy a didaktikai szempontból tovább nem tartható CGS-rendszer helyett egy ugyan elrontott,de korszerübb rendszert nyujt.

5. Giorgi-Kalantaroff rendszer. E rendszer a gyakorlatban rendkivüli előnyei ellenére sem nyert polgárjogot. Mivel azonban az oktatás szempontjából olyan előnyokkel rendelkezik, amely miatt érdemes volna rá felfigyelni, ezzel a rendszerrel foglalkozni kivánunk.

A gyakorlati rendszerek felépitési elve a joule és a sec egységek - tehát lényegében a $[W][T]$ = hatás - megtartása. Kalantaroff e követelményt olyan módon elégiti ki, hogy magát a $[H] = [W][T]$ dimenzio-egyenlettel definiált hatást veszi dimenzionális alapmennyiségnek. Giorgi-rendszeréből a hosszuságot és tömeget tartja meg, mégpedig azok egységeivel ugy, hogy az Ascoli-féle $2\ell + m = 7$ egyenlet ugyancsak a $m = 3$ ill. $\ell = 2$ értékpárral elégüljön ki. Felépitési elve szerint tehát ez a rendszer is Giorgi-variáns rendszer.

A hatás alapmennyiségül választása igen sikerült meglátás, amely az oktatás szemszögéből igen nagy előnyök forrása. E választás ~~az oktatás számára is~~ mechanika számára is szerencsés, mert e terület mennyiségei a hatással általában összefüggésben vannak. Igy pl. egy zárt rendszer energia-tartalmát megadó $L = W - W_0$ /Lagrange-függvény/ integrálja a hatás: $H = \int L\, dt$. Vagy egy rendszer impulzusának és és összenergia tartalmának összefüggése : $mv = \text{grad}\, H$ stb. Legfrappánsabb szerepe azonban a villamosságtanban és az elemi részek fizikájában / L. ott! / ~~mutatja fel~~ van.

Amig a hatás a mechanikában munka és idő komponensekből tevődik össze a villamosságtanban

$$(H) = \text{joule.sec} = \text{VAs. s} = \text{As. Vs} \qquad \text{azaz}$$

$$[H] = [Q][\Phi]$$

egyenlet alapján: e mennyiség most egy villamos /töltés/ és egy mágneses /fluxus/ komponensre bomlik. A rendszer ilymódon hatáson keresztül kapcsolja egybe a mechanikai és elektromágn. egységeket. A Giorgi-MVAs-rendszer ugyane feladatot a teljesitményen keresztül oldja meg,amely mennyiség a villamosságtanban $[P] = [U][I]$ dimenzio-egyenlet szerint két villamos összetevőre bomlik.Amig utóbbi rendszer a villamos és mágneses egységek egybekapcsolását /formailag!/ nem oldja meg,a Kalantaroff-rendszer ezt a kapcsolatot is megtaremti.

A rendzs zer bár 4-alapdimenzios, 3-as rendszerré redukálható azzal a termékeny,és a fizikai gondolkodásmóddal egyezésben álló elgondolással,hogy az elektromágneses jelenségek szétválaszthatatlanok,egységesek. E koncepcio miatt is nagyon jól szolgálná a mágnesség gimnáziumi tanitását,ahol is a nehézségek forrása épen a villamos és mágnessés jelenségek didaktitikai okokból való szétszaggatása..De annak a didaktikai kényszerüségnek a nehézségeit is kisebbitené,hogy a villamosságtan felépitését a töltésből kiindulólag kell megoldanunk,hiszen ebben a rendszerben a töltés dimenzionális alapmennyiség. Sajnálatos,hogy a megszokotthoz való ragaszkodás miatt e rendszer nyujtotta páratlan didaktikai előnyökről le kell mondanunk.

A Kalantaroff-rendszer rendelkezik a Giorgi-rendszer minden előnyös tulajdonságával.Ezeken tul még az alábbiakat emlithetjük meg:

1/ A rendszer alapmennyiségeihez egység-étalonokat maga a természet szolgáltat. / méter,kg,elektron,magneton /

2/ A villamosságtannak töltésből való felépitéséhez a rendszer igen alkalmas. /Q alapmennyiség!/

3. Előzőkben már érintettük a rendszer didaktikailag igen értékes <u>analogiáit</u>. Ezekt most részletesebben is áttekintjük:

Vill.mennyiség		Mágn.mennyiség		Mechanikai mennyiség	
Töltés	Q	Fluxus		Hatás	H
Áram	QT^{-1}	Feszültség	T^{-1}	Energia	HT^{-1}
Mágn.térerő	$QL^{-1}T^{-1}$	Vill.térerő	$T^{-1}L^{-1}$	Erő	$H\,L^{-1}T^{-1}$
Diel.áll.	QTL	Mág.permeab.	$Q\quad TL$	Hatás koeff.	HTL^{-1}

3. ábra

Szembetünő,hogy $\bar{E}$ mágneses,és $\bar{H}$ ~~mint~~ villamos villamos mennyiségként is megjelenik.Ez egészen más oldalról vet fényt $\bar{B}$ és $\bar{H}$ illetve $\bar{E}$ és $\bar{D}$ vektorok különbözőségének már előbb felvetett kérdésére. $\bar{H}$ helyett $\bar{B}$, illetve $\bar{E}$ helyett $\bar{D}$ soha nem lép fel.Ez is mutatja,hogy $\bar{H} \neq \bar{B}$ és $\bar{E} \neq \bar{D}$; egymástól lényegileg különböző mennyiségek. A $\bar{B} = \mu_0 H$ illetve $D = \varepsilon_0 E$ egyenletekből az is nyilvánvaló,hogy μ_0 és ε_0 dimenzioval és egységtől különböző értékkel rendelkezik.

III. A gyakorlati rendszerek általános használatának kérdései.

A Giorgi-rendszernek az oktatás minden fokán való általános használata mellett dolgozatunk több helyén már állást foglaltunk. Ez az állásfoglalás ma még távolról sem tekinthető általánosnak,mert a korszerü didaktikai törekvéseknek utjában a megszokotthoz való ragaszkodás igen nagy akadály.Jellemző példánakk emlitjük meg a gimnáziumokban az elektromágneses jelenségek uj koncepcioju tanitására,és vele együtt a Giorgi-rendszer alkalmazására tett kisérletet,amely azóta is heves viták és támadások gyujtópontjában áll. Ma még az a helyzet, hogy nagytekintélyü szerzők is a régi "bevált" módszer és mérték-rendszer megtartásáért szállnak sikra. /Irod.30./

Egyértelmünek tekinthető az általános iskola állásfoglaláda. Itt a Giorgi /Sommerfeld/ rendszer általános bevezetést nyert.E fokon ugyan a mérték-rendszer problémák kisebb jelentőségüek,de pl. a gyakorlati mérték-rendszer használata feltétlenül "életszerübbé",megfoghatóbbá teszi a fizika fogalmait ami ezen a fokon alapvető fontosságu.

Gimnáziumainkban az uj IV,osztályos fizika tankönyv szivós harcot folytat a korszerübb mérték-rendszerért is. A reform célkitüzései,az élet és iskola helyes kapcsolatának megtermtése,az általános müveltség fogalmának müszaki ismeretekkel való bővülése,másik oldalról a CGS-rendszerek lényegéből fakadó oktatási nehézségek a Giorgi-rendszer általános használatát sürgetik. Mindezek uj szemléletü oktatás megteremtését kivánják. Makai Lajos nagyon világosan fogalmazza meg az uj szemléletnek mind lényegét,mind szükségességét. /Irod. 33/ :

"Az általános gimnázium nem szakiskola,hanem korszerü értelemben vett általános müveltséget adó iskola,amely ezt a feladatát az egyes tantárgyak keretében oldja meg.Mivel az általános müvelődési anyaghoz müszaki-technikai ismeretek is hozzátartoznak : a fizika-tanitás feladatai közt szükségszerüen szerepel a müszaki szemlélet kialakitására vonatkozó törekvés is. "
Az uj szemlélet a mérték-rendszerek kérédésének vetületében azt jelenti,hogy a gyakorlati rendszer használatát általánossá kell tenni.

Természetszerüleg problémákkal a gyakorlati rendszer használata esetén is szembe kell nézni.- főképen a villamosságtanban.E problémák azonban nem a Giorgi-rendszer lényegéből fakadnak,hanem egy a gimnáziumban meg nem oldható kérédésből. Jelesül abból,hogy a villamosságtan felépitése nem járható végig következetesen egy uton,Mint már rámutattunk az elektromágneses jelenségekhez két uton közelithetünk: 1/ vagy a statikus térből kiindulólag 2/ vagy az elektromágneses térből /Maxwell-egyenletekből/ kiindulólag.Az első ut számára a CGS-rendszer előnyösebb - vagy legalábbi is ugy tünik; mig a másik utnak, a müszaki gyakorlatban követett utnak a Giorgi-rendszer kedvez. A nehézségek abból származnak,hogy egyrészt középiskolás fokon a Maxwell-egyenletekből indulni nem lehet,másrészt didaktikai okok miatt a CGS-rendszert nem használhatjuk.Vagyis didaktikai okok miatt a kedvezőtlenebb utat kell járnunk,de egy másik ut számára alkotott mérték-rendszert kell használnunk. Az ebből adódó didaktikai problémákra a következő fejezetben fogunk rámutatni.

A Giorgi-rendszer használata mellett szól még a gimnáziumnak az általános iskolával való szerves kapcsolat kiépitésének kérdése is. Az általános iskola figyelmen kivül hagyása gimnáziumainkban ma már tulhaladott álláspont. A megismerés folyamata u.is nemcsak lineáris,hanem koncentrikus folyamat is Oktató munkánkban ezt olyan értelemben kell tudomásul venni, hogy egy fogalmat - mint pl.erő,tömeg stb.- "egyszerre",teljes igénnyel nyujtani nem megvalósitható oktatási feladat. A fizika fogalmainak jó megértése,tartalmuk tiszta látása hosszabb idő eredménye. Ezért a fizika fogalom rendszerét nemcsak lineárisan hanem koncentrikusan is épiteni kell; elkezdve az általános iskolán és befejezve az egyetemen. Semmi indokot nem látunk arra,hogy az általános iskola fogalom- és mértékrendszerét ne vigyük feljebb kibővitésre,elmélyitésre,rendszerezésre.

A felsőfoku oktatási intézményekben a vonatkozó kormány rendelet szabad kezet enged a mérték-rendszer megválasztására. E szabadság azonban gyakorlatilag a CGS- és a Giorgi rendszer választására korlátozódik. A fizikus képzés szempontjaira gondolva,a CGS-rendszer hivei azzal érvelnek,hogy a természeti törvények tartalma akkor jut leghatározottabban kifejezésre,ha az egymással kapcsolatban álló mennyiségek azonos dimenziojuak.Rámutattunk már,hogy ez az előny csupán módszertani és azzal a veszéllyel jár,hogy fontos,és önálló fizikai tartalommal biró mennyiségek elsikkadnak,továbbá ezért a módszertani előnnyért ideologiai tévedések kockázatát vállaljuk. Felhozzák még azt is,hogy a CGS-rendszerben felirt egyenletek szimmetrikusak,mig a Giorgi-rendszerben ugyanez nem áll fenn. / ε_0 -ban u.is ha burkoltan is c^2 szerepel, μ_0-ban viszont nem./ Ezek véleményünk szerint nem lehetnek döntő érvek a CGS-rendszerek korábban már kifejtett didaktikai nehézségeivel szemben. A megszokáson kivül semmi okunk sincs arra,hogy a szemléletes,világos felépitésü Giorgi-rendszernek ne adjuk át a szerepet a fizikus képzésben is. A hallgatóság terhelésének csökkentése szempontjából is a gyakorlati rendszer használata kivánatosabb.

A hallgatóság felesleges terhelésének veszélye az előbbiekben emlitett kettőségben rejlik,tehát a CGS-rendszer,és Giorgi rendszer egyaránt való használatában. E kettősséggel kapcsolatban Horváth János mutat rá / irod.29/ hogy ez az állapot sajátos és nem kivánatos helyzetet teremt a tanárképző intézményekben. A hallgatók /többségében az 1963.óta érettségizettek/ általános és középiskolában hozzászoktak a gyakorlati rendszerek használatához.Az egyetemen vagy főiskolán viszont a fizika egyes fejezeteit CGS- más fejezeteit gyakorlati rendszerben tanulják. Sőt a használt mértékrendszer szinte jegyzetenként más és más. Mint tanár viszont mellőzni kénytelen - már tanitási gyakorlatain is - az egyetemen előnyben részesitett rendszert és azt kénytelen tanitani,ami tanárjelölt korában háttérbe szorult. Mérték-rendszer kérdésben tehát a "tudományosság" zászlaja alatt elszakadunk az élettől,az iskolától.

A CGS-rendszerhez való ragaszkodás azzal a következménnyel is járhat,hogy hallgatóink a villamosságtannak más szempontu felépitésével ismerkednek meg,mint alsóbb fokon.Erre is Horváth János hivja fel a figyelmet,azzal a nagyon is jogos kérdésnek a feltevésével, hogy vajjon nem okoz mindez felesleges nehézséget? Nem szolgálná-e a hallgatóság ~~er~~ terhelésének ésszerü csökkentését ha egész tanulmányi ideje alatt egységes szempontokkal és egységes mérték-rendszerrel találkoznék?

A Giorgi-rendszernek felső oktatási szinten való általános használata az egyetemi és főiskolai hallgatóság számára nemcsak tanulmányi könnyitést jelentene,hanem alkalmasabb lenne a fizika egyes fejezeteinek korszerübb,valamennyi területen koherens mértékrendszer-~~hass~~ ben való tárgyalására is. Itt elsősorban a villamosságtanra gondolunk,de nem kevésbbé lenne hasznos pl.az atomfizika területén is.

Az atomfizikáról külön kivánunk szólni.Megjegyezzük azonban, hogy e kérdésnek a felső oktatás szemszögéből van fontossága,mert középiskolában e terület anyagát és elmélyedtségi fokát tekintve a mérték-rendszer kérdés csekély jelentőségü.E területről általában ugy vélekednek,hogy ez a fizikának különleges birodalma, nem a mindennapos jelenségek világa,tehát e területre nem valók a közönséges méretü anyag-világ jelenségeinek tárgyalására konstruált mérték-rendszerek.Ennek az érvelésnek alapján helyesebbnek tartják ehhez a területhez igazodó,saját mérték-rendszer használatát.Kétségtelen,hogy az atomi méretek és jelenségek tárgyalására akár a CGS-akár a Giorgi rendszer használata kényelmetlen volna.De nem alkalmasak e rendszerek dimenzionális alapmennyiségeik miatt sem,ugyszintén felépitési elvükmiatt sem. Igy pl. az áram,mint dimenzionális alapmennyiség /Giorgi-rendszer/ vajmi kevés szerephez jut az elemi részek fizikájában. Felmerül a kérdés: vajjon le kell mondanunk e területen az egy rendszer nyujtotta didaktikai előnyökről és valóban más, a fizika többi területével összefüggést nem mutató rendszer használatára kell-e kényszerülnünk? Nem kell,mert van megoldás! Sőt kettő közt is választhatunk, az alábbiak szerint:

1/ Bővitsük ki a Giorgi-rendszert olyan értelemben,hogy az a speciális területek tárgyalására is alkalmas legyen.

2./ Alkossunk olyan speciális mértékrendszert,amely a Giorgi-rendszerre vezethető vissza.

Az első lehetőség kidolgozása nem jár különösebb előnyökkel, mivel ujabb dimenzionális alapmennyiség vagy mennyiségek a Giorgi-rendszer szemléletességét, egyszerüségét - sőt mint a SI példáján láttuk - még koherenciáját is veszélyeztethetik. Annál több sikerrel kecsegtet a másik lehetőség! Ennek az utnak a didolgozása E.Bodea nevéhez füződik. A koherens atomi egység-rendszer megalkotásának elveit, egységeit vázlatosan a következőkben mutatjuk be.

1. Atomi egység-rendszer. / D-rendszer/

Figyelembe véve azt a körülményt, hogy az elemi részek fizikája a kvantumos jelenségek területe, és hogy az elemi kvantumok egyben az anyag állandói is: nagyon logikusnak látszik az a törekvés, hogy az alapmennyiségek megválasztásakor a rendszer egységei e "természetes étalonok" közül kerüljenek ki. Másik fontos szempont, ami az alapmennyiségek választását eldönthetik az elektromágneses sugárzás alapvető szerepe. Az is nyilvánvaló, hogy e területen a vezetési áram meglehetősen másodrendü szerepet játszik. Központi szerepe itt a töltésnek van. Ha figyelembe veszszük még a villamos és mágneses jelenségek teljes egységét - amit egyébként az elketromágneses sugárzások alapvető fontossága is aláhuz - teljesen indokolt, hogy a rendszer a Kalantaroff rendszerre ép támaszkodva épüljön fel. A Kalantaroff-rendszer T L Q Φ dimenzioira támaszkodva az alábbi táblázatba foglalt mennyiségek választása látszik célszerünek:

Mennyiség	Menny.egyenlet	Számértéke Giorgi-rsz.	Kalantaroff dimenzio
Compton frekv	$\nu_c = \frac{m_{oe}c^2}{h}$	$1{,}24.\ 10^{-20} sec^{-1}$	T^{-1}
Fénysebesség	$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_o \mu_o}}$	$2{,}998.10^{8}\ \frac{m}{sec}$	LT^{-1}
Elemi töltés	$e = m_B \nu_c \varepsilon_o$	$1{,}6.10^{-19}$ As	Q
Bohr-féle magneton	$m_B = \frac{e h \mu_o}{m_{oe}}$	$1{,}456.10^{-28}$Vsm	L ϕ

Ezek alapján az alábbi alap-egységeket vesszük fel:

Alapmennyiség	Def.egyenlet	Számérték	Név	Dimenzio
Idő	$t_u = \frac{1}{\nu_c}$	$8{,}07\ .10^{-21}$sec	temp	T
Hosszuság	$\ell_u = \frac{c}{\nu_c}$	$2{,}417.10^{-12}$ m	long	L
Vill.töltés	e	$1{,}6\ .10^{-19}$ As	Millikan	Q
Mágn.fluxus	$\varphi_o = \frac{m_B}{\ell}$	$6{,}035.10^{-17}$	Dirac	ϕ

$\varphi_D = \frac{m_B}{\ell} = \frac{m_B \nu_c}{c}$ három természeti állandóból adódik.Neve: Dirac-féle elemi mágneses fluxus.Számszerint a Dirac-féle poluserősséggel egyenlő. A Bohr-féle magneton helyett dimenzionális alapmennyiségül ennek választása célszerübb,mert a Giorgi-Kalantaroff rendszer analogiái ezzel ~~azok~~ az atomi rendszerre is átvivődnek. Igy pl. "e" illetve φ_D által létesitett tér energia-sürüsége is u.az

$$w_e = \frac{1}{2}\frac{1}{\varepsilon_o}D^2 = \frac{1}{2\varepsilon_o}\left(\frac{e}{4\pi r}\right)^2 \quad \text{és}$$
$$w_m = \frac{1}{2}\frac{1}{\mu_o}B^2 = \frac{1}{2\mu_o}\left(\frac{\varphi_D}{4\pi r}\right)^2$$

Az energia-sürüségek kifejezéséből adódó $\frac{e^2}{\varepsilon_o} = \frac{\varphi_D^2}{\mu_o}$ ekvivalencia összefüggés is teljes analogiát mutat. E mennyiség választását indokolja végül az is,hogy $\left[e \cdot \varphi_D\right] = \left[Q\,\phi\right]$ vagyis hatás-jellegü kifejezés.

A dimenzio-koherencia elvének betartásával a teljes, rationalizált és a Giorgi-Kalantaroff rendszerre visszavezethető atomi mérték-rendszer kidolgozása ezek után a következőképen történhet: 1/ alapul vesszük Giorgi-Kalantaroff T L Q ϕ alapdimenzioju rendszert és abban 2/ konkrét egységekül sec,m As és Vs egységek helyett 3/ temp,long.Millikan és Dirac alapegységeket veszünk.Táblázatosan:

Kalantaroff alapdimenzio	T	L	Q	ϕ
Helyettesitendő G.egység	sec	m	As	Vs
Atomi dim.alapmennysiég	t_n	l_n	e	φ_D
Atomi alapegység	temp	long	Millikan	Dirac

A négy alapegységből bármely mikrofizikai mennyiség egysége leszármaztatható. Bár az egységek leszármaztatása nem lehet feladatunk, az energia-egység leszármaztatását és más egységekkel való összefüggését - anagyságrend szemléltetése végett - szükségesnek tartjuk bemutatni:

$$\text{Energia} = \text{hatás} \,.\, \text{idő} \quad \text{és} \quad \left[W\right] = \left[Q\right] \cdot \left[T^{-1}\right]$$

$$(w) = (e)(\varphi_D) \cdot \text{temp} = (e)(\varphi_D)(\nu_c) = \text{curie}$$

$$1 \text{ Curie} \cong 7{,}5 \text{ KeV} \sim 1{,}2 \cdot 10^{-15} \text{ joule}$$

Látható,hogy a természetes energiaegység mennyivel gazdagabb tartalmu,mint a semmilyen rendszerhez sem tartozó eV . A nagyságrend pedig igen jól megfelel a mikrofizika igényeinek,mert az e területen előforduló energiák nem eV, hanem KeV vagy annál nagyobb nagyságrendüek.

A Giorgi-rendszerbeli és az atomi egységek átszámitása különösebb nehézséget nem jelent. Legyen u.is K tetszőleges mennyiség, amelynek makrofizikai mérőegysége (U) és mérőszáma M; atomfizikai egysége pedig (u), mérőszáma m. Ekkor

$$K = M(U) = m(u) \qquad \text{ahonnan}$$

$$m = M\frac{(U)}{(u)}$$

A két rendszer dimenzio azonossága miatt $\frac{U}{u}$ dimenziotlan, ami azt jelenti, hogy az átszámitás a kérdéses mennyiségek mérőszámainak arányba állitásával történik. Pl. $\frac{T}{t}$ $\frac{L}{}$ $\frac{Q}{e}$ stb.

Az átszámitási tényezőt tehát ugy kapjuk, hogy a makrofizikai egység mérőszámát elosztjuk a mikrofizikai egység mérőszámával. Az átszámitási tényező kiszámitása azonban nem is szükséges. U.is bármely mennyiségi egyenletet is irjunk fel a Giorgi- rendszerben ugyanolyan alaku egyenletet kapunk akkor is, ha azt a atomi rendszer egységeivel irjuk fel. Az atomi rendszer szerkesztési elvei folytán kiegyenlitő tényező vagy átszámitási faktor ~~eo-ipso~~ nem léphet fel.

Az oktatás szempontjából e tulajdonság rendkivül előnyös. A Giorgi-rendszer felépitési elvének előnyeit most a fizika egy speciális területén látjuk viszont. Szinte hihetetlennek tünik, hogy a makrovilág és a mikrofizika egységei ilyen egyszerü és világos kapcsolatba hozhatók.

Az atomi D - rendszer előnyeit az alábbiakban foglaljuk össze:

a/ A Kalantaroff dimenzio formula segitségével bármely fizikai mennyiségre az egységek igen egyszerüen adódnak. E formula és annak atomi megfelelője

$$\left[T^{\alpha}\ L^{\beta}\ Q^{\gamma}\ \phi^{\delta}\right]$$

$$\left[\nu_c^{a}\ c^{b}\ e^{c}\ \varphi_0^{d}\right]$$

a, b, c, d, mindig egész számok éspedig $c = d = \pm 1$ $|a| \leqq 3$ és $|b| \leqq 3$

b/ A rendszer "örökli" a Kalantaroff-rendszer mechanikai, villamos és mágneses egységeinek analog felépitését.

c/ Nagyságrendileg valamennyi mennyiség egysége megfelelő.

d/ Az alapvető természeti állandók egyrésze <u>egységnyi</u> . Igy pl μ_0, ε_0 c, a vákum hullámellenállása , az elemi hatáskvantum. A vákumállandók mint természetes egységek jelennek meg, de fizikai tartalmuk nem sikkad el, mert bár egységnyiek ugyan, de nem dimenzio-nélküliek.

d/ A természeti állandók másik része két konstanssal fejezhetők ki: $f_a = 68,6$; és $g_a = 1,936 \cdot 10^{46}$. Az előbbi állandó a Sommerfeld-féle finomszerkezeti állandó; utóbbi pedig a Newton-féle gravitácios állandó D-egységben mért értékéből számitható ki.

A D-rendszer előnyei az elméleti fizikában, a gyakorlatban de különösen az oktatásban olyan jelentősek, hogy e rendszer valóban hivatott minden más rendszernek a kiszoritására.

A Giorgi-Kalantaroff-rendszer tehát a fizikának ezen a speciális területén is "kiállja a próbát". Jelentősen megkönnyithetnénk az egyetemi hallgatók munkáját ha bátran szakitanánk a hagyománnyal és a Giorgi rendszer általános, a fizika minden területét átfogó Giorgi-mértékrendszert oktatnánk.Az összes területen való alkalmazás azonban még néhány kérdés tisztázását teszi szükségessé. Közelebbről a photometria,akusztika és főként a hőtan jelenségeivel kapcsolatos egység-kérdésekről kell néhány szót szólnunk.

2. Photometria egységei

A fényerősség mérésére definiált Hefner-gyertya,nemzetközi gyertya,ill. az 1940-től bevezetett normálgyertya mind a CGS- mind a Giorgi-rendszertől független "igazi önkényes" egység. Ez a minden rendszertől való függetlenség meglehetősen nehézkessé teszi e részterület áttekintését. A középiskolai oktató munkában /amig tanitottuk/ pl.épen ennél az anyagrésznél mutatkozott meg legjobban,hogy milyen jelentős didaktikai támaszt jelent a mérőegységeknek valamilyen rendszerhez való tartozása, és hogy milyen nagy nehézséget jelentenek a tanuló számára az "égből pottyant" mérőegységek. A photometria egységeinek ez a különállósága a gyakorlat számára sem kivánatos.Épen azért merült fel az az óhaj,hogy a szokásos photometrikus egységeket egészen ujakkal helyettesitsük olymódon,hogy ezek az uj egységek a Giorgi-rendszer egységeiből leszármaztathatók legyenek.~~In~~

Induljunk ki pl. a fénymennyiségből: Q . Ez nyilvánvalóan energia-jellegü mennyiség,tehát (Q) = joule lehet. Akkor a fényáram $\phi = \frac{dQ}{dt}$ $\frac{joule}{sec}$ azaz (ϕ) = watt. A többi mennyiséget ezek alapján lehetne leszármaztatni. Felmerül azonban egy megoldhatatlan probléma: a photometriai egységek u.is nem tiszta fizikai mennyiségek,hanem <u>fiziologiai</u> egységek is,és mint ilyenek szubjektiv összetevőket is tartalmaznak. A photometriai 1 watt = 694 N.lumen pl. λ = 5550 Å hullámhosszuságu monokromatikus sugárzásra van definiálva,mivel a szem érzékenysége a hullámhossztól függ. Ezért a photometria egységei nem illeszthetők be a Giorgi-rendszerbe /sőt semilyen rendszerbe sem!/ mivel azok értékének meghatározásához még a normális szem fényérzékenységi görbéjét is figyelembe kell venni. Fehér fény esetén pl. a fényerősséget e görbe ~~mentén~~ alapján integrál számitással lehetne meghatározni. Végső következtetés: a photometria egységei sem a Giorgi,sem más rendszerbe nem illeszthetők be.Bevezetésük voltaképen a fizika és fiziologia határjelenségeinek leirására történt.Mint nem fizikai mennyiségek illetve egységek,nem is tartoznak vizsgálódási területünkhöz.

3. Akusztikai egységek

Előbbi pontban tett megállapitások erre a területre is értelemszerüen érvényesek. Az akusztika egységei /pl.phon/ részben élettani jelenségek mennyiségi megragadására szolgálnak. Mint nem tiszta fizikai egységekkel,ezkkel sem foglalkozhatunk.

4. A hőtan egységei.

A fizikának ez a fejezete mai napig is mentes maradt azoktól az erőfeszitésektől,amelyek célja az oktató munkában a mérték-rendszerek korszerüsitése volt. A hőtan az oktatás minden fokán megőrizte hagyományos,évszazados egységeit és ezeket a kérdéseket bolygatni,a kialakult helyzeten változtatni jelenleg a legnagyobb értetlenséggel találkozó didaktikai törekvés volna. Pedig a Giorgi-rendszernek a hőjelenségek leirására való alkalmazása épen olyan szemléletessé,egyszerüvé ~~tenné~~ gazdagabb tartalmuvá tenné a tárgyalást mint mechanikában vagy villamosságtanban.

Az alábbiakban a Giorgi-rendszer hőtani alkalmazásának lehetőségeit vizsgáljuk meg.

A/ A mechanika egységei közül a hőtan az erő és a nyomás egységet használja. Előbbi egysége 1 Newton ; utóbbié 1 Giorgi = $1 \frac{New}{m^2}$. A koherencia biztositása végett nyomás-egységül MG /megagiorgi/ használata kivánatos.

$$1 \text{ MG} = 10^6 \text{ G} = 10 \text{ Bar} = 10{,}19 \text{ at} = 9{,}87 \text{ atm}$$

A Giorgi-féle nyomásegységek jól helyettesitik a CGS-rendszerbeli atmoszféra egységet is,mert

$$1 \text{ Bar} = 10^6 \frac{\text{din}}{\text{cm}^2} = 10^5 \text{ Giorgi} = 1 \text{ pentagiorgi} = 1 \text{ peg}$$

E nyomásegységek a mechanikába is,minden különösebb zökkenő nélkül bevezethetők lennének - akár már a reform tankönyvekkel is,mert a bar semmivel sem ismerősebb vagy idegenebb ~~min~~ a tanulók számára,mint a peg. A CGS-rendszer kiszoritására ezt az alkalmat is fel kell használnunk.

A müszaki technikumikban,müszaki egyetemen az erő és nyomás-egységek a technikai mérték-rendszerből valók. A kp - sőt kg, atm = 10 330 kp/m^2 illetve a ténylegesen használt 1 at = 10000 kp/ uralma legyőzhetetlennek látszik,noha külföldi irodalomban már találkozni lehet a Giorgi-egységekkel is. Igaz,hogy a müszaki táblázatok átirása jelentős munkát jelentene,de épen a külföldi példák mutatják,hogy e feladat megoldását nem lehet sokáig halogatni.Szakitani kell a géptan speciális egység-rendszerével és át kell adni a helyet az általánosan használható Giorgi-rendszernek,hiszen e rendszer épen a müszaki gyakorlat számára nyujtja a legtöbb előnyt.

B/ A thermodinamikában,mint a statisztikus mechanikában általában az egyedi részek száma igen nagy.Ezért célszerü e területen különleges részecske-mennyiségegységet megállapitani. A dekados Giorgi-rendszer / D - rendszer/ minden további nélkül átveheti az Ulich által, a modern fiziko-kémiában már használt tizedes részecske-mennyiségegységet az u.n. Ulich-molt ; ez

$$N_D = 10^{24} \text{ részecske}$$

E szám dimenzio nélküli,puszta szám. A nagyságrend választása is megfelelőnek tekinthető,mert az egyes molekulák tényleges tömege 10^{-24} g nagyságrendben mozog. Az Ulich-féle,tizedes mol keveset különbözik a fizikában és kémiában ma általánosan használt Avogadro-Loschmidt moltól,mert ez utóbbi : $N_L = 6{,}026 . 10^{23}$ A tizedes-mol előnye a "klasszikus" mollal szemben az,hogy egyrészt kerek szám,másfelől az,hogy értéke pontosan rögzitve van. Ez az előny természetszerüleg továbbadódik a kémiában,thermodinamikában általánosan használt speciális tömegegységekre is, mint pl. gramm-mol, kg-mol. Igy $M_D = N_D . m \text{ gr } = 10^{24} m$ Figyelemre méltó előny az is,hogy 1 D-gramm-mol = a molekula /grammban mért/ tényleges tömegének 10^{24}-rese, mig a klasszikus g-mol az 1 g-~~malnak~~ szorzott molekulasuly. A modern kémia és thermodinamika számára nyilvánképen a tizedes mol használata célszerübb,mivel a mérési pontosság növekedésével a részecskemennyiség egysége nem változik - 10^{24} marad - hanem csupán a kérdéses tömeg számértéke nyer pontosabb kifejezést.

C/ A hőmennyiség egysége . A jelenleg használatos cal, K.cal egységek még a fluidális hőelmélet idejéből valók s megválasztásuk teljesen önkényesen /pl.a mechanikától függetlenül/ történt. Mihelyt azonban a kinetikus hőelmélet megfogalmazást nyert és R.Meyer meghatározta a hő munka-egyenértékét a hőmennyiségre már adva is volt a dimenzio-koherens,Giorgi-egység:

$$[Q] = [W] = [M\ L^2\ T^{-2}]$$
$$\{Q\} = 1\ \text{joule}$$

A Giorgi-egység előnye szembetünő. Alkalmazása nagy könnyitést jelentene oktató munkánkban is,mivel igy a hőtan összes egyenleteiből eltünnék a mechanikai hőegyenérték . $A = 427\ \frac{mkp}{Kcal}$ illete $A = 4{,}2\ \frac{joule}{cal}$ A hőegyenérték nagysága mint látható, a mértékegységek megválasztásától függ. Van olyan mértékrendszer, amelyben ennek értéke egységnyi és dimenziotlan, s ez a rendszer maga a Giorgi-mértékrendszer.

Legértékesebb didaktikai előnye azonban az,hogy a Giorgi-egység igen erőteljesen domboritja ki a hő mibenlétét..

D/ A hőmérséklet egysége . A klasszikus hőtan a hőmérsékletben minden más fizikai mennyiségtől lényegileg különböző minőséget lát. Ezzel magyarázható,hogy a hőmérsékletet dimenzionális alapmennyiségnek tekinti és mérésére önkényes,semiféle rendszerbe nem tartozó egységet ad. Ámde a hőjelenségeknek a mechanikai vagy elektromágneses jelenségekkel való lényegi azonosságából szükségszerüen következik,hogy a hőmérséklet egységnek vagy a mechanikai vagy az elktromágneses egységekből leszármaztathatónak kell lennie. A leszármaztatáshoz a dimenzio-koherencia szabályt nem lehet alkalmazni,mert a hőmérsékletre nem lehet olyan egyenletet felirni, amelyben a mechanikai mennyiségek mellett ne szerepelne még egy ismeretlen dimenzioju termodinamikai mennyiség is - mint pl. entropia,Boltzmann állandó /k/, gázak fajhői /c_v c_p / egyetemes gázállandó /R/ stb. Emiatt más módszerhez kell folyamodni.

A Boltzmann-állandó és az egyetemes gázállandó nem fizikai mennyiségek,mert értékük nem fizikai mennyiségektől függ,hanem a hanem a használt mérték-egységektől. Ebből az következik, hogy a jelenleg használt termodinamikai mérték-rendszer tulhatározott, több alapmennyiséget tartalmaz,mint amennyire szükség van, "R" és "k" tehát kiegyenlitő faktorok és épen olyan parazita-jellegüek,mint a Gauss-rendszerbeli $c = 3.10^8 \frac{m}{sec}$ avagy az előbb emlitett $A = 427 \frac{mkp}{sec}$ tényező. Dimenzio-koherens rendszer használata esetén fenti tényezők egyike sem szerepelhet.

Az általános gáztörvény fenomenologiai alakjából /pV=RnT/

$$R = \frac{p\,V}{nT} = 8{,}32\ \frac{joule}{mol\ K}$$

Ha a hőmérséklet egységének $1\ \frac{joule}{mol}$ értéket választunk,akkor R dimenziotlan,puszta szám,tehát már nem tekinthető kiegyenlitő faktornak. Ez azt jelenti,hogy a $\frac{joule}{mol}$ hőmérséklet-egység dimenzio-koherens. / A mol természetszerüleg tizedes mol/

$$1\ \frac{joule}{mol} = 1\ \frac{joule}{10^{24}\,rész} = 1\ \text{Clausius}$$

A kinetikus gázelmélet a gázak hőtartalmát a molekulák kinetikai energiájára vezeti vissza. E hőmennyiség a hőmérséklettel arányos. Igy tehát a $\frac{joule}{mol}$ egységgel mért hőmérséklet azt fejezi ki,hogy a kérdéses gáz molonként hány joule energiával rendelkezik. Az egyetemes gáztörvény alakja e dimenzio-koherens rendszerben

$$p\,V = n\,T \qquad \text{/ n a molok száma/}$$

/"R" valóban szükségtelen!/ A hőmérséklet fenti értelmezésü mérőegysége - csak ugy,mint a hőmennyiség Giorgi-egysége - rendkivül határozottan ~~muatt-rá~~ mutat rá a hő fizikai lényegére. Ennek elméleti,de különösképen didaktikai jelentősége azért nagy,mert kitünő példát mutat az anyagvilág összefüggő,egységes leirására. Amig a caloria vagy Celsius-fok, sem más mennyiségekkel való összefüggésre, még kevésbbé a mért mennyiség fizikai lényegére vonatkozólag semmit sem tudnak mondani, addig a Giorgi-egységek épen ezekre vonatkozólag nyujtanak világos, határozott támpontot.

A "Clausius" az elemi részek fizikájában is jól használható, mert

$$1 \text{ Clausius} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ mol}} = \frac{1 \text{ joule}}{10^{24} \text{ rész}} = \frac{10^{-24} \text{ joule}}{\text{részecske}} = \frac{1 \text{ V} . 1 \text{ C}}{\text{rész}} \, 10^{-24} =$$

$$= \frac{1 \text{ V} . 1 \text{ e}}{1{,}6 . 10^{5} \text{ rész}} = \frac{6{,}24 . 10^{-6} \text{ eV}}{\text{részecske}}$$

$$1 \text{ Clausius} = 6{,}24 . 10^{-6} \frac{\text{eV}}{\text{részecske}}$$

ami épen a szokásos nagyságrendben mozog.

A Giorgi-rendszer a hőtanban is megőrzi egyszerüségét és szemléletességét. Rendkivül határozottan domboritja ki a leirt mennyiség fizikai lényegét. A koherenciából következikaz a didaktikai előny, hogy a termodinamika parazita faktorai mind eltünnek, aminek következménye az egyenletek egyszerübb alakja, tartalmuk határozottabb kifejezésre juttatása, a fizika törvényeinek szorosabb egységbe füződése és a törvények áttekintő megfogalmazása.

Mindeme páratlan didaktikai előnyök ellenére is ma még megoldhatatlannak tünik a gyakorlatban elterjedt, sőt "begyökeresedett "caloria" "Celsius fok" egységek kiszoritása. Annál is inkább, mert a hőtan ma még érintetlen terület a korszerübb mértékegységek számára. A müszaki gyakorlat "jól megvan" régi, bevált egységeivel, egyszerüen "nincs szüksége" a fizikailag jobban megalapozott, többet mondó egységekre. Elannyira, hogy a dimenziokoherens Giorgi-egységeknek akár a gyakorlatba, akár az oktató munkába való bevezetésére tett javaslat /ma még!/ illuzorikusnak tünik.

Összefoglalva a Giorgi-rendszernek a fizika összes területein való használhatóságáról kifejtett gondolatainkat megállapitható, hogy a Giorgi-Kalantaroff és az atomi rendszer egyetemes u.n. D - rendszerré olvasztható össze. E rendszer előnyei:

a/ ...... Egyszerü, világos egység-kifejezései egész kitevős hatványszorzatok. / A CGS-rendszer tört kitevőivel szemben/

b/ ...... Didaktikailag értékes analogiákkal rendelkezik a mechanikai, villamos és mágneses jelenségek között.

c/ ...... A dimenzio-koherencia automatikusan racionális mérőszám-egyenletekhez vezet, azaz a 4π tényező szükségszerüen a megfelelő helyre kerül / Szemben a CGS-rendszer nem-racionális és inkoherens voltával/

d/ ...... Csak gyakorlati, fizikában, technikában már meghonosodott egységeket foglal magában. /A CGS-rendszerben rosszul kezelhető, névtelen, gyakorlatban használhatatlan egységek vannak/

e/ ...... A fizika minden területén alkalmazható.

f/ ...... Alapmennyiségeinek étalonjai természetes étalonok. Különösen sikeresnek mondható a ν_c c, e, m_B alapmennyiségekül való választása.

h/ ...... Legkiválóbb, didaktikailag is igen értékes tulajdonsága a dimenzio-koherencia az összes mechanikai, elektromágneses, atomi, hőtani mennyiségekre. Ez a tulajdonság az összes D-rendszerbeli mérőszám-egyenletek ~~formai-azonosságát~~ és mennyiségi egyenletek formai azonosságát eredményezi. A Giorgi egységekből az atomi egységekre való átszámitás - vagy megforditva - átszámitó, kiegyenlitő tényezők nélkül hajtható végre. Ennek megfelelően oktató munkánk során /de a müszaki gyakorlatban is/ összes ~~szmi-~~ számitásainkat mennyiség szimbolumokkal végezhetjük, mintha azok csupán algebrai jelek volnának. Végül pedig a szimbolumokat M V A S vagy ν, c, e, φ, hatványszorzatokkal helyettesitjük mivel átszámitási tényezők fellépése elvileg lehetetlen.

A D -rendszer a jövő rendszere . A fizika egyes területeit maradéktalanul meghóditotta nemzetközi vonatkozásban is.Igy pl. a müszaki villamosságtan minden részterületén,irodalomban, gyakorlatban, oktatásban általános bevezetést nyert. Ugyanakkor más, területen /pl. atomfizika / csak az óhaj van meg bevezetésére Ismét más területen /thermodinamika/ pedig még igen sok munka szükséges,hogy a korszerü törekvések akár csak ösvényt is tapossanak.

IV. A villamosságtan tanitásának problémái a gimnáziumban .

A villamosságtan - különösképen az elektromágneses jelenségek tanitása gimnáziumainkban több olyan problémával terhes, amelynek megnyugtató megoldása nélkül az oktatás sikere nem mondható biztositottnak. E krdések lényege legtöbb esetben vagy közvetlenül a mérték-rendszer megválasztása vagy pedig olyan problémák, amelyek igy vagy amugy, de szintén a mérték-rendszerbe torkollnak vagy azzal összefüggenek.

A villamosságtan felépitésének tankönyvi koncepcioja nagyon hosszu multra tekinthet vissza. A hagyományos szemlélet lényege, hogy a villamosságtant a statikus térből kiindulólag épitik fel. E felfogásban jellegzetesen tükröződik a XIX, századnak, a villamosságtan "gyermekkorának" hézagos ismeretanyaga s nem kevésbbé a klasszikus fizika mechanisztikus szemléletmódja. Előbbi következménye a villamos és mágneses ~~tér~~ jelenségek önálló, egymástól elszigetelt leirása; a mechanisztikus szemléleté pedig a tér erőhatásainak távolhatással való értelmezése. E helyzetnek megfelelően alakult a anyag tankönyvi elrendezése és tárgyalásmódja is. A klasszikusnak nevezhető gimnáziumi tankönyvekben /Czógler, Mattyasovszky, Öveges könyvei/ a mágnesség, villamosság, majd az áramló villamosság jelenségei sorrend, kivételt nem ismerően általános volt. A mágneses és villamos jelenségek ~~szétt~~ széttagoltságának megszüntetésére első kisérletet az 1952-es kiadásu tankönyvben találunk. Lényegesebb és nem csupán sorrendi változtatást az 1963-as kiadásu IV. osztályos tankönyv tesz, ahol e jelenségeknek a <u>tér oldaláról</u> való megragadása és az árammal való szoros egység kidomboritása már az uj szemlélet felé mutat utat.

Az egymástól mereven elszigetelt két jelenség-csoport központjában a Coulomb-törvények álltak $F_e = k_e \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ illetőleg $F_m = k_m \frac{m_1 m_2}{r^2}$ alakban. Az arányossági szorzókat "egyszerüség kedvéért" /Mattyasovszky/ egységnyinek veszik, ami egyértelmü a elektrostatikai illetve a magnetosztatikai CGS-rendszer alkalmazásával. A legujabb IV. osztályos tankönyv a villamos Coulomb-törvénnyel indul ugyancsak, de az arányossági szorzót $9.10^9 \frac{new.m^2}{Cb}$ értéknek veszi. Ez a különösnek tünő arányossági szorzó voltaképen a CGS-rendszerrel való szakitást jelenti s mintegy bevezetője annak az ujszerü törekvésnek, amely az elektromágneses jelenségek tárgyalásánál bontakozik ki erőteljesebben és a Giorgi-rendszer általános alkalmazására első kisérletnek tekinthető.

Amig a villamosságtan felépitésének koncepcioját illetően szinte napjainkig semmi lényeges változás nem történt, addig a müszaki fejlődés óriási léptekkel haladt. A fejlődő technika igényeit csak a villamosságtan ujszerü szemlélete volt képes kielégiteni. A fizika "elméleti" célokat szolgáló fogalmai az elektrotechnika számára kevésbbé bizonyultak használhatónak s igy magától értődő, hogy a technika uj szemlélet kialakitására kényszerült. Számára a töltés központba helyezése két okból sem volt termékeny. 1/ Nyugvó villamosságnak a müszaki gyakorlatban kisebb a jelentősége. Az elektrotechnika számára sokkal jelentősebb a mozgó töltés, az áram. 2/ Az áram központba helyezése szükségszerüen maga után vonja a mágneses jelenségek uj koncepcioju értékelését. E szemlélet a figyelmet az elktromágneses térre irányitotta, mivel a gyakorlati feladatok megoldása szempontjából a tér ismerete döntő fontosságunak bizonyult.

Természetszerüleg tulzás volna azt állitani,hogy a tér-szemléleti tárgyalás-mód kialakitása a müszaki villamosságtan érdeme. Nem szabad elflejteni,hogy a modern térelmélet megterem-téséért, a közelhatási mechanizmus kidolgozásáért a fizika is komoly erőfeszitéseket tett. Csupán az a helyzet állt elő,hogy a fizika fejlődésének utjában a régi fogalmak nem jelentettek akadályt,viszont a müszaki gyakorlat ezekkel nem tudott mit kez-~~deEzzel-magyarázható~~ deni. Ezzel magyarázható,hogy az elméleti fizika és az elktrotechnika utjai szétváltak. A technika teljesen szakitott a statikus terekből való kiindulás gondolatával; a fizikának erre nem volt szüksége. Ugyanez a folyamat a mérték-egységek vetületében ugy jelentkezett,hogy a gyakorlat saját igényeinek,koncepciojának megfelelő,uj mérték-rendszert alakitott ki. /Giorgi rendszer/, a fizika pedig mind a mai napig megtar-totta a CGS-rendszert - habár mostmár nem kizárólagos,egyedüli rendszernek.

Ami az oktatást illeti , a reform tanterv megszületéséig áttörhetetlen volt az az elv,hogy az iskolának az elméleti tudo-mány elveihez,igényeihez és módszereihez kell igazodni. Körülbelül ezt jelentette az u.n. "tudományosság" elve. Ennek az elvnek az eltulzásában leli magyarázatát a gyakorlatnak mellőzése,sőt oly-kor lekicsinylése. A szocialista országépités azonban a fenti elv reviziojat kényszeritette ki. E revizio során számunkra leg-lényegesebbnek az általános müveltség tartalmának olyan értelmü átértékelése bizonyult,hogy az általános müveltség fogalma bizo-nyos müszaki ismeretek birtoklását is tartalmazza. Ez pedig a fizika-oktatás számára uj célok kitüzését,uj feladatok megoldását irja elő. Ezzel a határozott állásfoglalással a müszaki szemléletü fizika-oktatás mostmár hivatalos állásponttá, tantervi célkitüzéssé vált. E megállapitásokkal kapcsolatosan hangsulyozni kell, hogy a müszaki szemléletü oktatás nem akar szakitani a tudományos igényü oktatással - amint arra a próbálkozások egyik eltülzott szakaszában sor is került. Makai Lajos megfogalmazásában: " Nincs szó és nem is volt szó a fizikai szemlélet feladásáról, de szó van annak hasznos kiegészitéséről" / Irodalom 31 /

A reform tanterv elgondolásait magáévá tevő 20223/I.sz. 1963-ban kézre adott tankönyv megteszi az első lépéseket a villamosságtan uj szemléletü feldolgozására. Noha e megoldás távolról sem tart igényt a véglegességre, és valóban csak próbálkozásnak tekinthető, mégis ellenkezést váltott ki elég széles körökben. Ezek az ellenvetések olykor egészen szélsőséges formában is napvilágot láttak. / Irodalom 30./

Vermes Miklós a tankönyvi elgondolással szemben a mágesség tanitására két utat is ajánl.

I.ut....... Kiindulunk a polus tapasztalatai fogalmából, foglalkozik a mágneses térrel s végül eljut az áramvezetők kölcsönhatásához, köráramokhoz, amiben feloldva látja a polus primitiv fogalmát. Ez nem vitásan a "klasszikus ut" !

II.ut ..... Az áramból indul~~unk~~ s ennek alapján foglalkozunk a a mágneses térrel. Polus fogalom nincs, mert nem is szükséges. Ez az ut a müszaki villamosságtan utja.

III.utnak Vermes a tankönyv utját jelöli meg, azzal, hogy ezt az utat feltétlen kerülni kell. A nagytekintélyü szerző ellenvetéseinek gerince: a müszaki szemlélettől való idegenkedés. Ennek bizonyitéka az is, hogy végkövetkeztetésként a problémák megoldását az I.utban látja,tehát a régi "bevált" tárgyalási módhoz való visszatérésben.

Véleményünk szerint a nehézségek forrása abban jelölhető meg,hogy didaktikai okok miatt a mágneses jelenségeket el kell választanunk természetes környezetétől a villamos jelenségektől. A természetes összefüggéseitől megfosztott jelenségnek önmagában való interpretálása szükségképen szüli a Vermes által is felvetett nehézségeket. /Pl.a polus kérédését is/ A három ut közös vonása, hogy mindegyik azzal küzd,hogy miként lehetne az elektromágneses jelenségek szétszaggatását elkerülni,de ugy hogy közönséges tapasztalati tények sem maradjanak figyelmen kivül. A tankönyvi megoldás igaz,hogy idegenkedik a polus tapasztalati fogalmától, de érdeme,hogy első pillanattól a mágneses és villamos jelenségek egységét hangsulyozza.Törekvése az is,hogy e jelenségeket a mágn. oldaláról ragadja meg, az áramot helyezi előtérbe,erőteljesen domboritva ki ezzel is azt,hogy a "mágnességtan" voltaképen a villamosságtan egyik fejezete. Ezek miatt pedig nemhogy kárhoztatni kell a tankönyv módszerét,de épenséggel a Vermes-féle megoldások fölé helyezni.

A Vermes-féle II.ut nagyon használható lenne,ha a Maxwell-egyenletek felől indulhatnánk ki.Ez nyilvánképen nem lehetséges, de a módszer gyakorlatias szemléletének hasznositásán a gimnázium lehetőségein belül gondolkozni kell. /Érdekes ellenmondása Vermes állásfoglalásának, egyrészt idegenkedik a müszaki szemlélet érvényesitésétől,másrészről maga ajánl a II.uttal müszaki szemléletü tárgyalás-módot./

A tankönyv nehézségei nem a követett ut "hibás" voltából erednek,hanem egy középiskolában meg nem oldaható kérdésből -

Jelesen abból,hogy a villamosságtan felépitését gimnáziumaikban nem lehet következetesen egy uton végigjárni.E kérdéssel az előbbi fejezetekben részletesen foglalkoztunk.Rámutattunk,hogy didaktikai okok miatt a statikus térből való indulásra vagyunk kényszeritve.Ehhez az uthoz a CGS-rendszer használata volna előnyösebb. E rendszer azonban tarthatatlan s ezért a másik ut számára alkotott Giorgi-rendszer vagyunk kénytelenek használni.

Problémáktól a Giorgi-rendszer használata sem mentes. Első probléma a tanuló számára a a Coulomb-törvény arányossági tényezője : $k = 9.10^9 \frac{new.m^2}{Cb^2}$ Ezt voltaképen $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ alakban kellene adni,de valószinü,hogy a szerzők az arányossági szorzóval járó nehézségeket akarják kisebbiteni,amikor e szorzó jelentését,tartalmát,fellépésének okát homályban hagyják. Fellépésének okát köz.iskolai fokon ugyan nem lehet kielégitően megmagyarázni,de a ~~vákumálla~~ dielektromos állandó homályban hagyásával nem lehet egyetérteni. / Ugyanakkor a másik vákumállandóval elég részletesen foglalkozik könyvünk/ A helytelenül alkalmazott "tananyag takarékosság" ~~s is~~ azzal a veszéllyel jár, hogy a Coulomb-törvény tankönyvi alakjával utat engedünk a távolhatási szemléletnek,mert épen az az anyagállandó marad homályban, amely a teret,mint objektiv realitást villamos szempontból jellemzi.Jóllehet a Coulomb-törvény a tér törvénye magát a teret jellemző mennyiség nincs is ilymódon benne, legfeljebb a "k" tényezőben elrejtve. Ilyen megfogalmazással a Coulomb-törvény a szerzők minden térszemélelti tárgyalásra való törekvése ellenére is a "töltött gömbök" és "bodzabél-golyók" törvénye marad . A következetes térszemléleti ábrázolásban a töltésnek háttérben kell maradnia.Tudomásul vesszük,hogy a teret a nyugvó töltés gerjeszti - ez az ok. De mindaz amit észlelünk,tapasztalunk /erő,vonzás,taszitás stb/ a térnek a tulajdonsága, a tér viselkedik igy vagy amugy.Hasonlóan a mágneses térhez.Itt is tudomásul vesszük,hogy mozgó töltés gerjeszti,de az áram csak annyiban érdekel bennünket tovább,hogy a térnek ilyen vagy olyan tulajdonsága,vagy jellemzői /B,H/ miként függenek az áramtól.

A Giorgi-rendszer a korszerü,térszemléletü ábrázolás-mód, a materialista közelhatási mechanizmus talaján nőtt. Ezt az előnyét épen a tér elektromángneses jellemzőinek a villamosságtan egyenleteiben és a rendszerben betöltött alapvető szerepe dokumentálja. /Magának a vákumnak a strukturájais ezekkel irható le/ A vákumállandók szerepe a müszaki villamosságtanban alapvető Ezek használata nélkül ~~meü~~ müszaki szemléletü oktatást nem lehet megvalósitani. A dielektromos állandó és a permeabilitás homályban hagyásával tankönyvünk végeredményben a CGS-rendszer szemléletét viszi tovább. μ_0 és ε_0 nem azért jelennek meg a Giorgi-rendszerben felirt egyenletekben , "hogy azok igazak maradjanak" /Vermes idézett cikke!/ hanem azért mert ezek az elektromágneses térnek anyagi állandói. CGS-rendszer használata esetén ezek maradhatnak rejtve,mert a rendszert megalkotó koncepcio számára a tér nem játszott alapvető szerepet.

E kérdések további taglalása nem lehet feladatunk,azért csupán vázlatát jelöljük meg egy korszerübb felépités lehetőségének:

1. Villamos tér,térjellemzők /E,Q)
2. Villamos fluxus.Erővonalas ábrázolás
3. Gauss-tétele Q = ε E .A alakban . Diel.állandó.
4. Térerő kiszámitása gömbszimmetrikus,hengerszimm.térben

5. Az erőtörvény. Coulomb-törvény Gauss tétele alapján
6. Potenciál. Tér energiája, energia-sürüség
7. Kapacitás

Az áramló villamosság jelenségeinek bevezetőjében is jelentkezik a térszemléleti tárgyalásmód fogyatékossága, mégpedig az alapvetően fontos <u>feszültség</u> fogalom nyujtásában. Hiányzik annak megmutatása, hogy a feszültséget is a tér hozza létre.

E fejezetben mérték-rendszer problémaként jelentkezik az <u>áram</u> kérdése. Ez a szintén alapvetően fontos mennyiség először $I = \frac{Q}{t}$ alakban kerül a tanuló elé. Egység Cb/sec. A töltés tehát dimenzionális alapmennyiség. /Giorgi-Sommerfeld rendszer/ A 113. lapon $H = c\,\frac{I\,N}{\ell}$ alakban felirt térerősség egysége: $\frac{A}{m}$ Itt már az áram alamennyiség /Giorgi-MVAS rendszer/. A 115. lapon $P = k\,\frac{I_1\,I_2}{r}\,\ell$ összefüggésben jelenik meg végre a használt rendszer áramerősség definiáló egyenlete. Ilymódon elég nehézkesen jutunk el a Ampére definiciojához, ami a tanuló munkájában nehézségeket okozhat. Ám ezen a nehézségen segiteni aligha lehet, mert az Ampére MKSA-rendszerbeli definiciojához szükséges fogalmak sorrendje nem egyezik azzal a sorrenddel, amelyet didaktikai okok miatt követnünk kell.

Ugyancsak nem problémamentes a gerjesztési törvény "c" faktorának egységnyinek és dimenziotlannak való felvevése - különösen az Ampére MKSA-rendszerbeli definicioja előtt. /E faktor u.i. csak akkor tünik el, ha az áramot MKSA-rendszerbeli definicio alapján mérjük.) Az erőtörvény $P = k\,\frac{I_1\,I_2}{r}\,\ell$ alakjának tanitását emiatt sem lehet mellőzni és meg nem követelendő anyagként irni elő. E törvény tanitását azonban azért sem lehet mellőzni, mert az erőtörvény mindenfajta erőtérre alapvető fontosságu.

Az erőtörvény fenti alakjában problematikus lehet a "k" szorzó $2.\,10^{-7}$-el való egyenlővé való tétele. E probléma - mint kisebb probléma - ismét csak a térállandó homályban hagyásának a következménye. Nem lehet helyeselni az olyan tananyag takarékosságot, amelynek ára bizonytalan ismeret vagy ideologiai eltévelyedés kockázata. Az erőtörvény arányossági szorzóját határozottan $k = \frac{\mu_0}{2\pi}$ alakban kell megadni. μ_0 értékéből ~~igy~~ a "rejtélyes" 2. 10^{87} igy nehézség nélkül adódik.

E fejezetnél ujra csak azt lehet észrevenni, hogy a térszemléleti ~~törek~~ tárgyalás-mód hiányos, nem következetes. Ismét az a fogyatékosság figyelhető meg, amelyre a villamos térnél már rámutattunk: kimarad illetve elmosódik a tér leglényegesebb jellemzője a permeabilitás. A teret leirni akaró erőtörvényből ismét épen a teret, mint anyagot jellemző mennyiség hiányzik. Igy a tankönyv egyébként nagyon dicséretes ama törekvése, hogy a polustól szabaduljon és a teret állitsa be a mágneses tulajdonságok hordozójául, értelmét veszti mert polus helyett most az áramhoz ragad és a tér szerepe háttérbe szorul.

A könyv szerzői a fejezet élére a gerjesztési törvényt teszik. Ezzel valószinüleg - a villamos tér analogiájára - a térerőnek, mint tér jellemzőnek a szerepét akarják kidomboritani. Ezt elvileg nem lehet kifogásolni, de ha a müszaki szemléletet akarják érvényre juttatni, akkor azt kell hangsulyozni, hogy a tér jellemzője az indukcio /B/. A müszaki gyakorlat számára u.is e mennyiséggel irható le a mágneses tér legegyszerübben. A tér és gerjesztésének oka közt fennálló erőtörvény /P = BIl / alapvető fontosságu, fontosabb a gerjesztési törvénynél is, mert a tér kimérése épen erőhatások alapján végezhető el legegyszerübben.

Ami a térerősséget és indukciot illeti: a tankönyv szerzője felveti a kérdést, hogy szükséges-e mindkettőt tanitani.

/Irod.32/ Erre nyomatékos igennel kell felelni ! Két okból is:

1/ ..... B = u H egyenlet gyakorlati fontossága miatt. /Mágnesezhetőség, ferromágneses anyagok, hiszterezis veszteség, mágnesezési görbe stb.)

2/ ..... A permeabilitás fogalma miatt. A permeabilitás a tér anyagi jellemzője, kézzel fogható bizonysága az erőtér anyagi mivoltának.

A mágneses tér jellemzőivel kapcsolatosan még neves szerzők részéről is felmerül a B = H egyenlőség, vagyis a két mennyiség azonosságának vagy különbözőségének kérdése. /Irod.30./ Ez ismét mérték-rendszer kérdés ! A CGS-rendszer megalkotásának alapja épen a vákumállandók egységnyinek és dimenzionélkülinek való felvétele. A B = H egyenlőség ezért itt eo ipso fennáll. E kikötés eredménye a térnek bizonyos értelemben vett egyszerübb leirása, amennyiben az egyetlen vektorral jellemezhető. Ez az egyszerüsítés - mint már rámutattunk - azért lehetséges, mert az az elgondolás a távolhatási szemléletben fogant, ahol a térnek valóban nincs alapvető szerepe. Nem igy a müszaki gyakorlatban! Itt a főszerep a térnek jut, tehát a tér elektromágneses anyagi állandói nem lényegtelenek, hanem alapvető fontosságuak. A Giorgi-rendszerben tehát ezek dimenzioval és egységtől különböző értékkel birnak $\bar{B} \neq \bar{H}$ hanem $\bar{B} = \mu \bar{H}$ /illetve $\bar{D} = \varepsilon \bar{E}$ / $\bar{B}$ és $\bar{H}$ különböző fizikai mennyiségek ! / E és D ugyanugy/

Mérték-rendszer kérdésben álláspontunk világos és egyértelmü: a fizika minden területén a Giorgi-rendszer általános használatát látjuk legcélszerübbnek az oktatás minden fokán. A villamosságtan gimnáziumi oktatásában minden más rendszerbeli egység már most kihagyható. A Giorgi-rendszer didaktikai előnyeinek kiaknázása végett szükséges azonban e rendszer következetes használata; mint pl. az egyenletek konstansainak pontos,határozott megjelölése.

A 20223/I.sz.gimnáziumi tankönyv uj koncepcioját örömmel kell üdvözölni - még akkor is,ha e munka végső megoldásnak nem tekinthető. A villamosságtan oktatási és világnézeti céljának, az ~~objektiv~~ erőtér objektiv,anyagi voltának megmutatása szempontjából nem vitathatóan lényeges előre-lépés történt. A térszemléleti koncepcio, a müszaki szemléletü tárgyalásmód /és vele a korszerü Giorgi mérték-rendszer/ bizonyára meg fogja oldani azokat a nehézségeket,amelyek e fejezet multszázadbeli szemléletmódjából és az idejét mult CGS-rendszer használatából eredtek. A siker biztositása érdekében azonban szükségesnek tartjuk a térszemléleti tárgyalás-mód sokkal következetesebb megvalósitását / főként elektrostatikában!/ mint amely a szóban forgó kisérleti jellegü tankönyv megirásában érvényesült.

x x x

A mérték-rendszer oktatása sok problémával terhes.Annak ellenére,hogy a korszerü Giorgi-rendszerrel vagy annak páratlan didaktikai előnyöket rejtegető Kalantaroff-variánsával a problémák megoldásának utja adva van,mégsem tudjuk eme lehetőséget maradéktalanul valóra váltani. U.is az elméleti fizikában a mérték-rendszer kérdés másodrendü szerepet játszik. Nincs kényszeritve tehát semmi által,hogy "megszokott" rendszerét ujjal cserélje fel,sőt a CGS-rendszer bizonyos módszertani előnyt is jelent számára,amint arra már rámutatunk. A technika számára a valamilyen mérték-rendszerben való dolgozás nagyobb jelentőségü. Itt viszont az a törekvés, hogy az egyes speciális területek olyan saját mérték-rendszert használj~~ák~~anak, amely azon a területen a legcélravezetőbb. Itt a területek szükitése a legfőbb szempont, s a részterületek összefüggései kisebb jeletőségüek. A gépszerkesztő számára pl. az erő, a testek sulya lényegesebb, mint a tömeg. Ezért nem gondolva az erő és tömeg összefüggéseire megalkotja a maga saját igényeihez szabott mértékrendszert - az erőt dimenz. alapmennyiségnek teszi meg. Nem gondolnak a mennyiségek más területen betöltött szerepére, sem pl. arra, hogy a tömeg más területen központi jellegü mennyiség, és arra sem, hogy nehézkes tömegegységükkel való dolgozás ezeken a területeken egyáltalán nem könynyitik meg. a munkát

Az oktatás ilyenmódon ellentétes törekvések ütközőpontjába kerül. Egyrészt az elméleti tudományhoz kell igazodnia, másrészt a gyakorlat elől sem zárkózhat el. Valósággal két malom közt kell őrlődnie, amint azt a gimnáziumi fizika-oktatás példája is mutatja. Az elméleti tudományhoz való ragaszkodás jegyében türtük meg szinte napjainkig a CGS-rendszert, noha annak didaktikai szempontból való tarthatatlanságával régen tisztában vagyunk. És mégis micsoda ellenkezést váltott ki a gyakorlat igényei sze~~ri~~rint módositott, korszerübb koncepcioju oktatásra tett kisérlet. De természetszerüleg a gyakorlatiasság - különösen eltulzásai /fiziko-technicista irányzat, prakticizmus/ - is szülhet problémákat. Rámutattunk pl. hogy a technika számára kedvező a területszükités, és saját mérték-rendszerek. Didaktikailag viszont sem egyik, sem másik nem kivánatos, mert oktatási és nevelési végcél az anyagvilág harmonikus egészének megláttatása.

Az elméleti fizikának van külön utja. A technika szintén a maga utját járja mérték-rendszer kérdésben is. De az oktatásnak nem lehet külön utja: mindkettőhöz alkalmazkodni kell. A mi utunk az ellentétes tendenciák összehangolása lehet. A Giorgi-rendszer didaktikai előnyei is csak ugy juthatnak érvényre ha oktatása az elmélet és gyakorlat egységbe fogásával esik egybe. Ez az oktatási feladat megoldható! Mégpedig az elméleti fizikának is a Giorgi-rendszerben való oktatásával.Ebből probléma,nehézség az elméleti fizikában nem adódik; csupán a megszokáson,kényelmen kell urrá lenni.

Egyes területeken a korszerü mérték-rendszer teljes polgárjogot nyert /pl.villamosságtan/ Igy az oktató-munka stámára nincs más feladat,mint ezt tudomásul venni és az oktatásba is átvinni. Más területeken viszont még csak a CGS-rendszer kiszoritásának gondolata merült fel /atomfizika/ ; a termodinamikában még az sem. Igy tehát a szakdidaktikai törekvéseknek sulyos sziklákat kell az utból elgörgetni,ha a korszerü mérték-rendszer előnyeit a fizika mindenterületén valóra akarja váltani.

Dolgozatunkat azzal a konkluzioval zárjuk,hogy a mérték-rendszerek oktatásával kapcsolatos kérdések sokkal mélyebben érintik a fizika-tanitást az oktatás bármely szintjén,mint felületes szemlélet alapján gondolnánk.Problémák bőségesen adódnak,aminek leküzdése és megnyugtató megoldása még sok erőfeszitést kíván. E dolgozat nagy sikert könyvelhetne el,ha a problémák megoldásához - bármily kevéssel is - hozzájárulhatna.

I r o d a l o m

Könyvek

1. G.Oberdorfer: Die Maszsysteme in Physik u.Technik.Wien 1956.

2. " : Zur Maszsysteme-Frage in der Elektromagnetik. Wien 1932.

3. M.Landolt: Grösse,Maszzahl u.Einheit.Zürich Rascher 1943.

4. P.W.Bridgmann: Theorie der physikalischen Dimensionen.Teubner Leipzig 1932.

5. E.Bodea: Giorgis rationales MKS-Systeme.Basel.Birkhäuser 1949.

6. J.Wallot:Grössengleichungen,Einheiten u.Dimensionen.Leipzig 1953

7. Urbanek János: A mértékrendszerek kérdései.Müegyetemi Jegyz.1953

8. A.Sacklowski: Physikalische Grössen u.Einheiten.DEVA Verlag Stuttgart 196o.

9. H.Hecht: Betrachtungen zum physikalischen Masssysteme.Göttingen

10. Hennyei Zoltán: Mértékrendszerek.Akad.Kiadó.Budapest 1952.

11. E.Bradshaw: Electrical Units with Special Reference to the MKS-System.London Chapman and Hall 1952.

12. Bridgmann: Dimensional Analizis.Oxford,Univ.Press 1949.

M.H. Green: International and Metric Units of Measurements. New-York 1961.

14. Lukács Gyula: Méréstechnikai kézi könyv.Müszaki Kiadó Bpest 1963

15. Förster: Die gesetzlichen Einheiten u.ihre praktischen Anwendungen. Leipzig.Fachbuch Verlag 1961.

Közlemények

16. U.Stille: Drei-Vier-und Fünf-Grundgrössengleichungen in der Elektrotechnik.Abhandl.Wiss.Ges.Braunschweig Band I.

17. Landolt-Boer: Quelle est la signification de la rationalisation totale? Rev.Gen.de l'Electricité.1951.

18. 11th General Conference of Weight and Measures.Paris 196o.

19. M.H.Green: International and Metric Units.New-York 1961. Chemical Publications.

20. Giorgi: Unita rationali di elektromagnetismo.Atti Ass. Elettrotechn.Ital.5.1901. --- Il sistema assoluto MKS.u.o.1902. Memorandum sur les systémes d'unités MKS.IEC.London 1936.

21. J.Wallot: Zur Theorie der Dimensionen.Phys.Zeitschrift 1922.H5

22. U.Stille: Die Entwicklung der elektr.Einheiten in der letzten 100 Jahren.Arch.Elektrotechn.130./1948/

23. König-Krondt-Landolt: Zur Einführung des Giorgis Systems. Bull.der schweiz.Elektrotech.Ges.462. /1949/

24. Carr: The MKS or Giorgi System of Units.The Proc.of the Inst. of Electrotechn.Eng. Part I. /1959./

25. G.H.Rawcliff: The Rationalisation of Electrical Units.u.o.195o

26. E.Bradshaw: Rationalised MKS Units in Electrical Engineering Education. u.ott 1950.

27. A fizika egyenleteinek felhasználása mértékrendszer kérdésekben.Ép.ip.és Közl.Müsz.Egyetem Tud.Közl.V/6 1959.

28. Marx György: Mértékrendszerek - fizikus szemmel.Fiz.Szemle XI/6

29. Horváth János: Elektromágneses mértékrendszerek.uo.XI/10.1961.

3o. Vermes Miklós: A mágnességtan tanitása.Fiz.Szemle.XIV/3.1964.

31. Makai Lajos: A mágnességtan gimnáziumi tanitásának néhány kérdése.Fiz.Tanitása 1964/4.sz.

32. Bayer István: A mágneses tér gimnáziumi tanitásáról.uo.1964/5.

33. Czógler Alajos: Természettan.Budapest 1887.

34. Mattyasovszky Kasszián: Kisérlati természettan.Budapest 1921.

35. Öveges József: Fizika a köz.iskolák IV.o.számára.Budapest 1949

36. Bodó-Bor-Csada-Párkányi-Tamás : Fizika az ált.gimn.IV.o. számára.Budapest 1952.

37. Bayer-Csada-Hamza-Huszkáné: Fizika az ált.gimn.IV.o.számára Budapest 1957. --- Átdolgozta Bayer-Huszkáné 1963.

38. A szerző cikkei: Az elektromágn,jelenségek tanitásáról1964.
Mértékrendszerek tanári szemmel.Fiz.Szemle /sajtó alatt/
A mértékrendszerek néhány logikai és didaktikai prblémája.Acta Pedag.Pécs /sjató alatt/