

A mérés tan néhány ismeretelméleti kérdése

KORACH MÓR

1. Bevezetés

Az 1961. évi IMEKO-kongresszuson munkatársaimmal egy tanulmányt közöltem (1) „A fizikai mérték- és egységrendszerek néhány problémájáról”, s előzőleg (2) „A matematika szerepe a technológiai (gyakorlati) tudományokban” címmel adtam közre egy dolgozatot; e munkák, különböző szempontokból, a mérés egyes ismeretelméleti kérdéseit vetik föl. Az elemzések jellege szóbeli és levélbeli vitára vezetett Egerváry, ill. Perucca* professzor és jelen dolgozat szerzője között; s a most idézett tanulmányok és a vita eredményeit az itt következőkben kívánom összefoglalni.

A mérés technika az ismeretelméleti problémák egész sorát vetette föl, de amennyire az irodalmat át tudtam tekinteni, azok összefüggő ismeretelméleti elemzése alig került sorra. Hiszen *Vaschy* (3), *Giorgi* (4), *Mie* (5), *Buckingham* (6), *Sommerfeld* (7) erre vonatkozó munkái, bár szintetikus szemléletet mutatnak, lényegükben éppen úgy nem általános ismeretelméleti jellegűek, mint *Wallot* átfogóbb (8) vagy *Esnault-Pelterie* néha zavaros, de elgondolkasztató könyve (9). A publikációk „általában az e téren uralkodó zavar miatt érzett sajnálat kifejezésével kezdődnek”, mint azt *Wallot* (8) írja. Ugyanő mutat rá azonban — nézetünk szerint helyesen — e tarkaság hátrányai mellett annak előnyeire, a különböző, gyakran egymásnak ellentmondó mérési követelmények kielégítésében. Ilyenek a *szemléltetőség*, a könnyű *gyakorlati felhasználhatóság*, a pontos *definíció*, s végül, a különböző nagyságrendek és alkalmazások terén a *kényelmesség*, amiről az (1) alatt idézett tanulmányban írtunk.

A teljesség ma még alig kielégíthető igénye nélkül, jelen dolgozatban főleg a metrológia *fizikai hátterének* s az ebből kiinduló *absztrakciósorozat spektrumának* ismeretelméleti vizsgálatával foglalkozunk.

2. Az anyagi valóság, a szilárd halmazállapot s az invariánsok metrológiai jelentősége

Tudvalevő dolog, mekkora fordulatot jelentett a tudomány fejlődésében a firenzei Accademia del Cimento kísérleti, ún. „provando e riprovando” elve, s mivé fejlődött Galilei kezében és agyában. Kevésbé ismeretes dolog, hogy az elv olasz kifejezése egyúttal raffinált szójáték is, mert kétféleképpen érthető: „Próbálva és újrapróbálva” (ill. magyarul: „próbálgatva”)

* Perucca professzor neves metrológus, a torinói műszaki egyetem fizikatanára, a Torinói Akadémia elnöke.

vagy „próbálva és elvetve”. „Riproverare” ugyanis kettőt jelent: „újra próbálni” és „elvetni, rosszalni”. Ugyancsak alig divatos újabban annak a marx–engelsi tételnek hangoztatása és elemzése, hogy a Cimento elvét a mesteremberek ősidőktől — tréfásan úgy mondhatnám, már Tubalkaintól kezdve — alkalmazták, csupán náluk ez, a Cimentoval ellentétben, nem volt tudatos: mint M. de la Palisse, ők is „prózában” beszéltek, anélkül, hogy tudták volna.

Mármost, véleményem szerint, a kísérlet jelentősége mind a technológiai praxison, mind a Cimento módszertani elvén keresztül élesen rávilágít a metrológia ismeretelméleti lényegére is: a „mennyi” eredetére és mivoltára. Úgy látom, az egész torzszalkodás itt is onnan ered, hogy a szemlélet egy része elszakad ettől a valóságtól, az objektív, előttünk és nélkülünk is, akár tetszik, akár nem, létező anyagi világtól, amelyben a metrológia gyökerezik, s magánvaló, elidealizált fogalomjátékká szublimálódik.

Ez a folyamat kialakult és szemléltető módon mutatkozik pl. mind a „pontosság-közelítés”, a „számláló és a folytonos mérés” s az ezzel összefüggő „diszkrét-folytonos”, a „konkrét-absztrakt” s az ezzel összefüggő „dimenzióselvont” ellentétpárok néha évezredes vitájában, mind a „közvetlenül és közvetve mérhető nagyságok”, a velük összefüggő „alap- és levezetett nagyságok”, az „egész kitevőjű és a nem egész kitevőjű mértékhatványok” stb. körül dúló civakodásban is.

Különösen jellemző, hogy, tudomásom szerint, senki sem hívta még fel az (1) alatt idézett tanulmány előtt a figyelmet a mérés legáltalánosabb természeti előfeltételére: a *szilárd halmazállapot létezésére*. E tanulmányban rámutattunk, hogy „a szilárd állapot különleges invarianciája nélkül a technika, a fizika, s talán maga az arisztotelészi logika alig képzelhető el” (12. o.). A mérés-technika előfeltétele a szilárd halmazállapot létezése volt, s nem véletlen, hogy a mérőeszközök kivétel nélkül szilárd szerkezetűek még akkor is, ha cseppfolyós vagy légnemű alkatrészeik is vannak, ill. akusztikai, optikai, elektromos vagy mágneses hatásokat vesznek igénybe. A mérés finomítása, egyre pontosabb közelítése aztán már fokozottabb invarianciát követelt meg a szilárd testektől is, és így jött létre a közelítőleg nulla hőtágulású *invar*, amely e tekintetben fölébe kerekedett a párizsi platina „metron étalon”-nak.

A fizika és a kémia fejlődése azután mindinkább elmélyítette az invariánsok szerepét, míg eljutott az ókorban nem is sejtett univerzális állandók egész sorához, amelyek messze túlmennek a szilárd halmazállapot viszonylagos geometriai állandóságán. Így vált lehetségessé olyan mértékegységek javaslása, mint pl. valamely elem spektrumának adott hullámhossza (10), vagy más fizikai állandó értéke. Az egyetemes konstansok, vi. az invariánsok diadala azonban a fizikusok jó részének figyelmét elterelte a *variánsok* egyre érdekesebb szerepéről, s így alig akadt valaki, akinek feltűnt volna, hogyan alakult ki a *pánta réin* és az invariancia dialektikus szintézise. Tudtommal az arisztotelészi logika hívei alig kérdezték, vajon általános érvényű-e a matematikai logika első axiómája: az $a = a$ tétele. Ha meggondoljuk, hogy *minden* fizikai tárgy állapota időfüggvény, akkor igazat kell adnunk Hérakleitosznak, hogy ugyanabban a folyóban kétszer nem lehet fürödni. Valóban, a Dunát csak azért mondják évezredek óta *ugyanannak* a folyónak, mert partjai s az azokat körülvevő kontinens *szilárd*, s ezért a folyó alakja hosszú időn át viszonylag alig változott. Egy felhőről azonban már lehetetlen azt mondani, hogy „önmagával egyenlő”, mert már miközben ezt kimondjuk, *más* lett.

Látni fogjuk, hogy a számlálhatóság kérdése mennyire összefügg az egyediség megkülönböztethetőségével, s ez viszont az invarianciával, a törtelem során pedig legelőször a szilárd halmazállapottal. Hogy e szempont ismeretelméleti jelentősége túlmegy a metrológia határain, azt talán fölösleges kiemelni.

Az anyagi valóságnak, ezen belül a szilárd halmazállapotnak s általában az invariánsoknak a mérés technika történelmi feltételeként való elismerése az ismeretelmélet első mérési tétele.

3. A valóság tükrözésének és a mérés pontosságának relativitása

Ha igaz, hogy minden elméleti vita döntőbírája mégis csak a valóság, sőt mi több, csak abból kiindulva és ahhoz visszatérve van egyáltalán értelme a valóság tükrözésének, akkor a mérés ismeretelméleti kérdéseit is csak ezzel a metodikai sémával lehet valóságértékükre nézve érdemlegesen megválaszolni. Ezt az apriorisztikus felfogású ismeretelmélet is megszimatolta, s ezért úgy fordította meg a tört, hogy előbb föltette a kérdést: „*Mi a valóság?*”, s csak azután adott szót a második, pilátusi, fogas kérdésnek: „*Quid est veritas?*” Mi az igazság? Mi azonban az érvelés törét nem engedjük megfordítani, s az igazság meghatározásával kezdjük. A valóság azután, mint az igazság reális háttere, önmagától adódik; s ez természetesen nem jelenti azt, hogy a valóság így kialakult fogalmából azután ne lehessen, fordítva, levezetni az igazság fogalmát.

Nos, már Engels rámutatott éleselméjűen, hogy az igazság történelmi és dialektikus — s hozzátehetjük, statisztikai — kategória. Csak esetről esetre, a tények halmozódásával, a nagy számok elve szerint, a mind nagyobb valószínűség irányában dönthetjük el egy állításról, elvi összefüggésről, elméletről, hogy „igaz”-e vagy sem. Az objektív valóság tőlünk független létezését mint általános érvényű igazságot szintén nem apriorisztikus, értelmi szükségsszerűség, hanem a fölfedezett tények egyre bővülő, immár adathegyekké tornyosult halmaza bizonyítja.

Erre, tudjuk, a nem-dialektikus, az abszolútum fetisizálói azt szokták mondani, hogy amely állítás nem teljesen, hanem csupán 99%-ban felel meg a tényeknek, nem mondható igaznak. Azt hiszem, ilyenkor a legtöbb kísérleti fizikus vagy mérnök azt fogja Reuterrel válaszolni: „*Dor lach ick över*”: ezen csak nevetek. De a másik végleten is lehet mosolyogni: mikor pl. Lombroso két házinyúlon kísérletezvé, az egyik elpusztulásakor azt publikálta, hogy a kísérletek „50%-a halállal végződött”. Látni fogjuk, hogy az igazság megállapítása, s így annak mennyiségi mutatói, az esetek számának növekedésével emelkedő valószínűséget adnak a megállapítás helyességének vagy helytelenségének.

Az egész technika és tudomány története, s így a mérés története is, a szabályosságok, vagy a projektív geometria nyelvén „invariánsok” megszilárdulásának, bizonyulásának, törvényekké válásának, ill. lefokozásuknak vagy elvetésüknek — *reprobációjuknak* — a története. Így nőtt az atomhipotézis atomténnyé, s így degradálódott tévedéssé a flogiszonhipotézis. Az ismeretek elmélyülése, a mértan elvont képzeletvilágával ellentétben, nem produkál abszolút, csak esetleg egy értékhez minden határon túl közeledő, relatív invariánst.

Az analízisből közismert dolog, hogy pl. a kör területének és átmérőjének viszonya véges számjegysorral, legalább az eddig ismert számrendszerekben, nem fejezhető ki. Ezt a ki nem fejezhető viszonyszámot tehát egy betűvel, a π -vel jelezzük, egy kiszámíthatatlan viszonyszám szimbólumával, amely számszerű számolásra hasznavehetetlen. Azt mondani ennél fogva, hogy a „pontos π létezik”, tulajdonképpen feltevés, vagyis teljes szigorral csak annyit mondhatunk róla, hogy tetszés szerinti pontossággal közelíthető. Az ilyen szám „létezése” tehát nemcsak „nookozmikus” (nem „exokozmikus”) létezés, hanem még hozzá a szám „pontosan” csak szimbólummal ábrázolható, ami azonban mit sem von le ezen szimbólum (és a vele összefüggő fogalom) óriási gyakorlati jelentőségéből. Az elvont számokra éppen az a jellemző, hogy *akármilyen* nagy pontossággal kiszámíthatjuk őket, de ha irracionális számokról van szó, ez a pontosság nem lehet abszolút, hanem csak relatív. Egyébként az irracionális, vagy még inkább az imaginárius számok „létezésének” értelme egy sor ismeretelméleti (és pszichológiai) problémát vet fel, ami jelen tanulmány kereteit meghaladja, s ezért arra nem térünk ki.

A fizikai eredetű számoknál* a pontosság távolról sem *tetszőleges*, de azoknál más magának a pontosságnak a fogalma is. Mit jelent például az, hogy egy fémrúd hossza nagyszámú mérések eredményeképpen $(a \pm \epsilon)$ m, ahol ϵ a mérés „abszolút hibája”? Annyit, hogy a rúd „valódi” vagy „pontos” hossza $(a + \epsilon)$ és $(a - \epsilon)$ m között van, s a legvalószínűbb érték, a Gauss-féle valószínűségelmélet szerint, éppen a . De ez a hossz vajon mire vonatkozik? Lehet-e egyáltalában egy rúd „pontos” hosszáról beszélnünk? Nyilván nem: a rúd mindkét vége, már goromba nagyítással is, hepe-hupásnak mutatkozik s így az a szám csupán a rúdhoz igen sokszor illesztett mérőkészülék segítségével kapott, s az egyenetlenségek átlagának megfelelő hosszúságot adja. Még ha egy atomnyi vékonyságú pálcát mérnénk is le, kiderülne, hogy a hosszát nem tudjuk „pontosan” definiálni, mert a szélső atomok elektronfelhője nem állandó átmérőjű. *Egerváry Jenő* e tekintetben joggal idézi *Bezikovics* véleményét (11), amely szerint „maga az a kérdés is, hogy egy általunk lemért hosszúság mennyivel egyenlő, értelmetlen, mivel minden mérési adat szükségképpen közelítő”. A „pontos” hossz a gyakorlatban tehát nemcsak *korlátolt* pontosságot, hanem *mindig* csupán *relatív* pontosságot jelent az elméleti számokhoz képest, amelyek pontossága sokszor *abszolút* jellegű, s amikor relatív, akkor nem korlátolt, hanem *tetszőlegesen nagy*. Más szavakkal, a gyakorlati mérőszámok pontossága és megbízhatósága a valószínűségi számításra alapszik — amely számítás ugyancsak tapasztalati eredetű —, s így azok csupán többé-kevésbé valószínű, de nem biztos számok: az átlagra engednek csupán következtetést, akár a születési vagy a halálozási statisztika, de egyes esetekben jelentős eltérések lehetségesek.

Általában minden, a kísérleti számadatokra vonatkozó matematikai értékelésben rendkívül fontos szerepe van a közelítésre vonatkozó helyes felfogásnak és tudományos praxisnak (12). De annak ellenére, hogy a közelítő számítás elmélete hosszú múltra tekint vissza, még mindig gyakori dolog, hogy e tekintetben a legelemibb óvatosságot is elhanyagolják. Előfordul, hogy — különösen műszaki folyóiratokban — olyan számokat olvasunk, amelyeknél nyilvánvalóan csak a számjegyek egy részéért vállalhatna kezességet a szerző. Mint a közelítő számításból ismeretes, teljesen hiábavaló az egyes

* A tárgyak számlálásából eredő számokat kivéve, amiről a 4. fejezetben lesz szó.

számműveleteket azon a határon túl folytatni, amelyen túl a számítási eredmény közelítése magasabbrendűvé válik, mint a mérések közelítése, amelyekből a számítások kiindultak. Mégis gyakran előfordul, hogy a kísérletezők számítás közben következetesen nem kerekítik le a közbülső számokat a közelítés szabályai szerint, bár ilyen módon nemcsak a rengeteg fölösleges munkát, hanem a felhalmozott számtömkelegben könnyen megbúvó hibákat is elkerülnék. Hogy a bizonytalan számjegyen túlmenő számadat feltüntetése már csak a tudományos szigor szempontjából is elítélendő, azt fölösleges hozzátenni.

Mégis ilyen hibába esett még a Bureau of Standards is. Egy 1945-ben ⁴ megjelent tanulmányban (13) a Boudouard-féle reakcióról például, a többi között, a következő egyenlettel fejezik ki az egyensúlyi konstans értékét az abszolút hőfok függvényében:

$$\log K_p B = 3,26730 - \frac{8820,690}{T} - 0,00208714 T + 0,153734 \times 10^{-6} T^2 + 2,295483 \times \log T$$

tehát hat-, sőt hétszámjegyű konstansokat szerepeltetnek egy olyan egyenletben, amelyre vonatkozólag ugyanazon szerzők saját kísérletei bizonyítják, hogy magasabb hőfokon az ötödik, de alacsonyabb hőfokon már a harmadik számjegy a kísérleti számokból nem egyezik a számított értékkel. Hogy még hozzá hatan fogtak össze, hogy ezt a legmagasabb fokú csillagászati pontosságot meghaladó számítási csodabogarat produkálják, az csak tetézi az ügy humorosságát.

A mérésnek számot kell vetnie a nem tetszőlegesen nagy és mindig csupán relatív pontossággal, s ez az ismeretelmélet második méréstani tétele.

4. Számláló és folytonos mérés

Amit a mérés relatív (közelítő) pontosságáról mond ki a második tétel, nem látszik érvényesnek a „mérés” ama válfajára, amelyet *számlálásnak* nevezünk, s amelyet nem mindenki sorol a mérés fogalmi körébe.

Mármost e tekintetben mindjárt a kezdetén jelentkezett a *diszkrét és a folytonos ellentéte és összefüggése is*. Juhokat (l. a „pecunia” szó eredetét), tojásokat, gyümölcsöket stb. darabszám, kötelet hosszal, földet felülettel, búzát és folyadékot térfogattal mérték. A számlálás pontos darabszámot adott, de ezáltal fölládozta a súly vagy térfogat elfogadható összehasonlítását: egy kisebb méretű tojásfajta darabszáma ugyanakkora lehet, mint egy nagyobb méretűé, de az összmenyiség súlya kisebb. Ezért ma már juhot, gyümölcsöt és néha tojást is súlyban, nem darabszám mérnek. A számlálás tehát a *reális* összmenyiségnek szintén nem adja pontos értékét.

A (szoros értelemben vett) mérés viszont jobb mennyiségi közelítést adott, de ott hiányzott a darabszám pontossága. Mindenképpen látható, hogy a szilárd halmazállapot mégis már kezdettől fogva lehetővé tette a nem folytonos jellegű paraméterek számláló „mérését”, mert olyan értelemben, ahogy mondani lehet, hogy 5 m hossz egyenlő 5 db. „métegegység” összegével, azt is lehet mondani, hogy 5 db tojásmennyiség egyenlő 5 db „tojásegység” összegével. Ez még érthetőbbnek tűnik, ha meggondoljuk, hogy a rőfös a szövet-hossz egységét éppúgy „kézben tartja” egy rúd alakjában, mint a kofa az

egységnyi tojást. Mégis, a kettő között van különbség, sőt sokan lényegbe-
vágó különbséget vélnek itt látni, s ez elemzést kíván.

Nevezhetjük-e a számlálást mérésnek? Más szóval, lehet-e a mérés fogal-
mát kiterjeszteni a számlálásra, s ha igen, van-e értelme kétféle — számláló
és nem számláló — mérés megkülönböztetésének? A kérdés annál lényegesebb-
nek látszik, mert elég gyakran hallani a nézetet, hogy — mint erről még szó
lesz (5. fejezet) — a számlálás pusztán számokat ad, amelyeknek tehát „dimen-
ziójuk” nincs, ellenben a (szoros értelemben vett) mérés dimenziós* számokra
vezet, s ennél az egyneműség feltételét, vi. az egyedi nagyság — az ún. mérték-
egység — és a mért nagyság azonos fizikai jellegét teljesítenünk kell: hiszen,
mondják, ugyanaz a darabszám vonatkozhatik egynemű vagy nem egynemű
tárgyhalmazokra [(1) 5.o.].

Tojásokat vagy elektronokat számlálni, jegyezhetné meg valaki, nem
ugyanaz, mint egy felületet vagy egy időtartamot mérni fel, s ez kétféle jellegű
mérést jelent.

„Nem látunk közöttük semmi fogalmi különbséget” — írja azonban
Perucca a számlálás és a mérés ellentétéről (14) — „a részecskék és a kvantu-
mok fizikájának mai uralma idején. Bizonyára nem fogalmi okokból nem mér-
rünk egy töltést elektronokban, de egy kosár tojást tojásokban (kielégítő
egyenlőségük határain belül). Bármely beosztott skálájú mérőeszköznél úgy
érezem, hogy megszámlálom a beosztás vonalait, amelyek a mértéket adják.”
Újabban pedig (15): „Egyre jobban meggyőződöm, hogy az elektron, a mag,
az atom, a molekula használhatók (és használtatnak is) mint mértékegységek.
És így a tojások is, még ha nem is tökéletesen egyenlők, kivéve, ha . . . töröt-
tek. Úgy vélem, megértettem az egészen eredeti különbséget számlálás és
mérés között; minden mérés, amennyiben egy mértéket ad, amely egy bizonyos
számú egységmennyiséget jelöl, „számlálással” kezdődik. Megszámoljuk,
hányszor foglaltatik a méter egy szoba hosszában, vagy egy két deciméteres
vonalzó centimétere egy papírlap szélességében. 1, 2, 3, 4 . . . n -et számlálunk
(ahol n , amely itt sorszám, az n -edik egy „sorba rakott egységsorozatban”).
De mikor hozzátesszük, hogy n az $1 + 1 + 1 + \dots + 1$ n számú egység
összege, n már nem sorszám, hanem egy bizonyos mennyiségű egység; ez a
mérték.”

Perucca nyilván nem tulajdonít fontosságot annak, hogy egy Geiger—
Müller-csőben a kisüléseket, vagy egy spektroszkópban a vonalakat *ugrás-
szerűen* számláljuk, míg egy mérlegen vagy egy árammérőn a mutató *folyto-
nosan* mozog el, még hogyha mi nem is olvassuk le, egyszerűen, a végső állás-
nak megfelelő számot, vagyis az összeget a skálán, hanem, ahogy *Perucca* írja
(14), a mutató elmozdulását követve *számoljuk* a beosztásokat. A folytonos és
a diszkrét mégis kétféleképpen látszanak szerepelni a mérésben, s valahogy
önkéntelenül a kvantumfizika és a hullámfizika egységére és ellentétére
kell gondolnunk. A magam részéről olyan értelemben látom feloldhatónak az
ellentétet, hogy nem ismerek el *abszolút* diszkrétiséget éppúgy, mint *abszolút*
folytonosságot sem, hanem mindig átmenetet látok a kettő közt. A szélső
eseteknek az összeadás, illetve az integráció felel meg, de minden közbenső
átmenettel, valahogy úgy, mint amikor egy Geiger—Müller-csőben mindig
több elektron fut át egészen a „folytonos” áramig, vagy mikor egy Berkel-

* Látni fogjuk — 6. fejezet —, hogy az ún. dimenzió nélküli („nevezetlen”) mérő-
számok 0 dimenziójúaknak tekinthetők.

mérlegre először egyenként, azután mindig nagyobb mennyiségben öntünk sörétet, úgy hogy a mutató először ugrásszerűen, aztán folytonosan mozdul el. Viszont ha meg tudnók számolni egy pálca mentén az egy vonalon elhelyezkedő molekulák számát, a hossz a számlálás szemszögéből „pontos” lenne.

A számláló és a folytonos mérésnek egymásba való átmenete az ismeretelmélet harmadik metrológiai tétele.

5. Konkrét és absztrakt

Úgy gondolom, hogy a „konkrét—absztrakt” sorozat kérdése a metrológiában ugyancsak alapvető jellegű.

Wallot úgy véli, hogy „a nagyságok . . . nem konkrét dolgok, hanem *minőségek*” [(8), 122. o.]. Mivel képletekben felhasználhatók, „képletnagyságoknak” (Formelgrößen) is nevezi őket; de nem mondja, hogy ezek a minőségek *absztrakciók*. Ugyanez érvényes az ő dimenzióelfogására, amelyet a nagyság fogalmából vezet le. Úgy véli mégis, hogy a dimenzióknak a dolgok „legbensőbb lényegéhez” kevés közük van, ami már csak abból is következik, hogy különböző fizikai nagyságok dimenziója azonos lehet. „A dimenzió a lényegnek csak egy csekély részét írja le”, mondja [(8), 141. o.]. Valóban, az atomfizika mai fejlődése korában Föppl 1894-ben hangoztatott nézete, hogy az elektromos nagyságoknak az LMT szentháromságra való visszavezetése „feltárja az elektromos tűnemények lényegét” (16), kissé nevetségesen hangzik. De azért a nagyságok s dimenzióik, ha minőségeknek vesszük is őket, véleményem szerint a fizikai valóság részei, bár *elvont* részei, nem pedig pusztán „látszat”, a szín vagy a szag démokritoszi értelmében.

Látni fogjuk, hogy a fokozatos absztrakció a reális tárgyat szinte lépésről lépésre degradálja egészen egy matematikai árnyig, a tárgy *egységi* jellegéig. De éppen ezért a „minőségek” elvonása konkrétumok elvonása, mert hiszen a tárgy éppen e minőségek összessége. Minden „elvont” minőség tehát egyúttal „konkrét” jellegű is, egyesíti magában a két ellentétet. Ezért abszolút konkrétum és abszolút elvontság nincs, csupán, mint azt a továbbiakban kifejtjük, egy konkrét—absztrakt spektrum létezik, az elvontság minden közbülső fokozatával.

„1 bes (kg m) víz és 1 bes bor a mérlegen egyenértékűek, de bizonynyal nem azonos minőségűek”, írja Perucca (14). Ez annyit jelent, hogy a tömeget mindkettőből absztraháltuk, „kivontuk” a többi, fizikai vagy kémiai paraméter közül, s csak ezt hasonlítottuk össze. Ha egy *nem homogén* tárgyhalmazt megszámlolok, s azt mondom pl.: „Ezen az asztalon 10 db tárgy van”, akkor még tovább viszem az absztrakciót, mert a halmaz egyedeinek csupán különállóságát, „egyediségét” veszem tekintetbe, míg Perucca víz és bor-példájában nem csupán két tárgy egyedi különállósága, hanem tömege is „egynemű”. Ha végül egy kosár *egyfajta* tojást — pl. tyúktojást — számlolok meg, s azt mondom: „Ebben a kosárban 10 db tyúktojás van”, nemcsak a halmaz egyedi kiterjedését (az egyedek összegét), hanem az egyedek úgyszólván *összes* fizikai és kémiai tulajdonságának homogén voltát jelentem ki. Vagyis 10 db „tárgy” elvontabb, mint 10 db „egyenlő tömegű tárgy”, s ez elvontabb, mint 10 db „egyenlő tárgy”. Az „egység” az első esetben a „*darabság*”, a második esetben a „*tömeg*”, a harmadik esetben maga az *egyedi tojás*, annak összes fizikai — sőt (ha véletlenül nincs záptojás a kosárban) kémiai és fiziológiai — paraméterei-

vel: a választott mértékegységek sorozata a legabsztraktabbtól a legkonkrét-
tebbig, úgy gondolom, világosan élénk tárul.

„Nature ignores the Mathematician, but the Physician cannot ignore nature”, véli *Esnault-Pelterie* [(9), 75. o.]. Ez az igazság a fizikai folyamatok matematikai kezelésében fokozatosan érvényesült. Már a múlt század végén rájöttek, hogy a fizikai valóság pusztán számszerű leképezése nagyon is szélső absztrakció, s így született meg a *vektor* fogalma, amelyben valamivel több a „fizikum”, mint a pusztán *szám* (sőt a *hossz*) fogalmában: a vektor egy *hossz és egy irány*. A pusztán hosszúságok tehát, amennyiben az iránytól eltekintünk, a vektorok halmazából elvont alcsoportnak tekinthetők” [(1), 6. o.].

„Minthogy jóval kevésbé merev szemléletnek vagyok a híve” — válaszoltam *Peruccának* fenn idézett (14) levelére — „mint az az „absztrakt — konkrét” ellentétben foglaltatik, vagyis a valóságban mindenütt néha hirteleb-
nebb, néha fokozatosabb átmeneteket látok, úgy vélem, hogy ez a finomabb ... alkalmazkodás a valósághoz a metrológiában is mindegyre inkább érvényesülni fog.” (17). Erre *Perucca* a következőképpen felel: „... tetszéssel olvastam a valóságra vonatkozó szavait, amely valóság, ha nincs is jól meghatározva, mégis meg tudja értetni velem, hogy Ön sem lelkesül a „konkrét” és az „absztrakt” egységekért, amely kérdésről egy több esztendő levelezés a SUN* kollégáival, és egy most folyó levelezés az NBS** tudósai-
val ... sem tudta tisztázni felfogásomat.” (15).

A kérdést az eddig kifejtettek valóban nem merítik ki. A szélső absztrakció egyedül üdvözítő voltát pl. az absztrakt számok zászlóvivői azzal igazolják, hogy *Wallot*

$$\text{Nagyság} = \text{Számérték szorozva Egységgel} \quad (1)$$

egyenletét elvetik, mert szerintük egyenletben csak tiszta számok szerepelhetnek. Sőt, mint azt *Esnault-Pelterie* is hangsúlyozza [(9) 26. o.], a mértéket egy nagyságnak az ugyanazon fajtához tartozó és egységül választott nagysághoz való viszonya adja, s így a számlálóban és a nevezőben egyformán szereplő mértékegység neve kiesik. Ha tehát az érthetőség érdekében egy fizikai egyenlet után a dimenziókat (egységeket) odaírjuk, azok még távolról sem „részei” az egyenletnek.

Ez a felfogás tulajdonképpen megfelel annak, amit a számlálásról mondtunk (4. fejezet), s már *Helmholtzra* megy vissza [(18), 42. o.], de, szerintem, elég naiv tévedésen alapszik. Ha egy algebrai egyenletben számok és betűk szerepelnek, s azt írjuk fel pl., hogy

$$b = 5a \quad (2)$$

ebből következik, hogy

$$\frac{b}{a} = 5 \quad (3)$$

Mármost, ha a (2)-ből behelyettesítünk, írhatom, hogy

$$\frac{5a}{a} = 5 \quad (4)$$

* Az International Standard Organization (ISO) Szimbólumok, Egységek, Mértékek Bizottsága.

** National Bureau of Standards.

és „kiküszöböltem” az a -t, mert az *számérték*. De ha b nem *szám*, hanem pl. *hosszúság*, vi. *nevezett szám*, akkor nincs jogom az *elnevezést* kiküszöbölni, annak ellenére, hogy az (1) egyenletben a *szorzás* szó szerepel. Egy egységet, vi. egy fizikai nagyságot számértékkel szorozni nem ugyanaz, mint számértéket — bár betűvel kifejezett — számértékkel szorozni, s így nincs is közös „tényező”, amit kiküszöbölhetünk. Ha tehát azt írom, hogy

$$b = 5 \text{ m (5 méter)} \quad (5)$$

ez az m nem *számérték*, hanem *hossz*, a reális tárgynak egy bár elvont, de nem a tiszta számok értelmében „tiszta” paramétere. Ugyanúgy b sem *számérték*, hanem *hossz*, s ebből a valóságból nincs mit „kiküszöbölni” mindaddig, amíg hosszakat és nem számokat hasonlítunk össze. A félreértés onnan származik, hogy a *hosszúságokat* ábrázoló betűket a *számértékeket* ábrázoló betűkkel azonosították, s egy pillanatig sem gondolkoztak el azon, mi történnék, ha, hasonló felfogás alapján, pl. a vektoranalízisben ugyanígy „kiküszöbölnék” a vektort ábrázoló betűből a hosszúságot és az irányt, s milyen következményekkel járna ez pl. két vektor „összegére”, ami, tudvalevőleg, nem egyenlő a vektorok hosszértékeinek összegével. Ilyen kísértésbe a vektoranalízis művelői csak azért nem eshetnek, mert annak algoritmusai nem hasonlít annyira a „tiszta” számok algoritmusához, mint az irány nélküli fizikai paraméterek algoritmusai, amelyeknél az összeadás valóban a hosszértékek összegével azonos hosszértéket ad, még ha az ilyen „összeg”, pl. több súly összeadása esetében, nem is *szám*, hanem *nevezett szám*, mégpedig *súly*. Hogy azután két hossz szorzata már nem hossz, hanem *felület*, tehát ellentétben a számokkal való szorzástól, minőségileg különbözik a „szorzás” tényezőitől, szerintem végképp felfedi a vitatott „kiküszöbölés” felületességét.*

Ezek után, úgy vélem, elég világos az itt képviselt felfogás lényege: az absztrakció folyamata, ha a tárgy konkrét valóságából indulunk ki, lehet fokozatos és lehet ugrásszerű, aszerint hogy először egyetlen paramétertől (pl. a súlytól) tekintünk csak el, de leképezzük a többbit (pl. a hosszat, a felületet, a térfogatot, a vegyi összetételt stb.), s azután *lépésről lépésre* egyre több paramétertől tekintünk el, vagy pedig, egyet-kettőt kivéve, *egyszerre* küszöbölünk ki több paramétert. Ha az *összes* fizikai paraméterektől eltekintünk, s pusztán a tárgy egyediségét vesszük számba, akkor eljutunk a szélső absztrakcióhoz, a számegységhez.

Az absztrakt és a konkrét szélső, átmenet nélkül való ellentéte helyettesítendő a konkrétól a szélső elvontsághoz, az egyediséghez, a *puszta számegységhez* vezető fokozatos absztrakcióval ; s ez az ismeretelmélet negyedik mérési tétele.

6. Tiszta és alkalmazott számok

A konkrét—absztrakt sorozat kérdése szorosan összefügg „a tiszta (precíziós) és alkalmazott (approximációs) matematika fogalmainak viszonyával és kölcsönhatásával” [(2) 1. o.]. A kétféle matematika viszont igen nagy ismeretelméleti szerepet játszik a metrológiában. A fenti idézet, amely *Eger-váry Jenő* (2) munkához írt előszavában szerepel, a tiszta és precíziós mate-

*A szöveghüvelyek mértani és algebrai meghatározása közt szerintünk fönnálló különbség elemzése is idetartoznék, de e dolgozat keretein messze túlvezetne, s ezért mellőzzük.

matikát, ill. az alkalmazott és a közelítő matematikát egyértelműnek mondja. De a metrológiában szerepet játszanak olyan „tisztá” (nem „nevezett”) számok is, amelyek közelítő jellegűek. „A matematikai szimbólumok azonban” — írtam (2) alatt idézett tanulmányomban (3. o.) — „bizonyos veszélyt rejtenek magukban, mert szélsőségesen elvontak... S mivel számokat körülátlanul lehet összeadni, szorozni, osztani, könnyen megesik az a matematikai zsonglőrködés, hogy a konkrét*, fizikai nagyságokat kifejező, „dimenziós” számokat úgy kezelik, mintha tiszta számok lennének, s összeadnak körtéket cseresznyékkel”. A matematikai lehetőségekkel való ilyen visszaélésekre sok példát lehetne felhozni, de legyen elég itt utalnunk arra, milyen zavart okozott az magában a dimenzióelméletben is” [(8) és (9); vö. azonkívül (2) 10. o. és 3. fejezetet].

A precíziós matematika valóban „tisztá” számokkal foglalkozik csupán. De vannak nem precíziós számok is, amelyek az első pillantásra hasonlóknak tűnnek. Ilyenek pl. az ún. dimenzió nélküli („nevezetlen”) számértékek [(8), 141. o.]. Feltehető a kérdés, mi a különbség a precíziós és a közelítő, de dimenzió nélküli számok közt? Azonkívül kérdezhetjük, van-e egyáltalán elvi különbség a kettő között? Wallot [(8), 195. o.] megjegyzi, hogy a „tisztá” számokkal és számértékekkel való számítást különösen Angliában és az Egyesült Államokban kedvelik, míg az európai kontinensen a „nagyságfelfogás” (Grössenauffassung) van előnyben: Ő tehát a metrológiában használt közelítő számokat is „tisztá” számoknak nevezi, amennyiben eltekintünk reális vonatkozásaiktól. Nyilvánvaló, hogy ha 5 cseresznyét és 8 körtét „összeadok”, az összeg 13 „tárgy” lesz, de sem 13 cseresznye, sem 13 körte. Cseresznyéket körtékkel tehát nem lehet összeadni; *de tárgyakat tárgyakkal igen*. Erről más összefüggésben már esett szó (l. a 4. fejezetet). Itt csupán azt tesszük hozzá, hogy mikor *Perucca* (14) megbírálja *Fleischmann*t, mondván: „Kár, hogy tiszta számokként kezeli ugyanúgy azokat, amelyek valóban ilyenek és a dimenzió nélküli nagyságokat mint a törésmutató...”, szerintünk igaza van. Ha a matematikus azt mondja: „Ez 6 *egység*”, akkor tiszta számot mond. Ha egy szilárd tárgyhalmazról azt mondjuk: „6 *darab*”, ez már kevésbé „tisztá” szám; ha egy átlátszó testről a fizikus azt mondja „ $n_D = 1,2$ ”, vagyis a Na spektrum D vonalára vonatkozó (dimenzió nélküli) törésmutatója egyenlő 1,2-vel, ez még konkrétabb vonatkozású; ha az asztalos egy gerendáról azt mondja: „Ez a gerenda 6 méter hosszú”, már *dimenziós* számot használt, s ha a kofa azt mondja: „Ez 6 tojás”, a legkonkrétabbhoz értünk: a *reális tárgy* egészéhez. Sőt, még egy adott fizikai halmazt is konkrétabb vagy elvontabb egységekkel mérhetünk, aszerint, hogy a halmaz melyik nagyságjellemzőjét választjuk a méréshez.**

A precíziós, tiszta, a nem precíziós, de dimenzió nélküli, s végül a dimenziós, „nevezett” számok közötti különbség kérdése, mondtuk, összefügg a konkrét—absztrakt különbség kérdésével. Valóban, egy dimenzió nélküli mérőszám, amely ennél fogva csak közelítő jellegű, nem konkrétabb-e, mint egy tiszta, precíziós szám? Vagy a fizikai munka dimenziója ugyanannyi és ugyanolyan konkrétumot tartalmaz-e, mint a nyomaték dimenziója, s nem téves-e a kettőnek dimenzióbeli egyenlővé tétele, mint azt az egyébként egyértelműen materialista Wallot is teszi [(8), 144 o. és (14)]? S van-e értelme annak, hogy

* Helyesebb lett volna így írni: „kevésbé elvont”.

** L. a 7. fejezetet.

sokan nem fogadják el *Perucca* „szteradiánsát” mint dimenziós térszögegységet [(1), 5. o., (19) és (14) passim]? Vagy, hogy egyszerűen törlik a dimenziós konstansok dimenzióit és dimenzió nélküli számokként kezelik azokat [(8), 141. o.]?

A CGS rendszernél „Az S. I.* teljesebb, s a negyedik dimenzió nagyon kényelmes az elektromágnességben”, írja *Perucca* (14). „De az ötödiknek is (*Duhem, Abraham, Perucca, Fleischmann*) megvan az értelme, bár az elektrotechnikusok, úgy látszik, nem vették ezt észre, s passzívan eltűrik, hogy a villamos tekercs $\frac{A}{m}$ dimenziójú elektromos nagysága a racionalizált mágneses mező mágneses nagyságával azonos dimenziójú legyen, holott ennek teljes dimenziója $\frac{A}{m \gamma_0}$, ahol γ_0 az elektromágneses konstans, amit az S.I. egyelőre

ignorál.” Ugyanígy nyilatkozik *Perucca* a munka és a nyomaték dimenziókülönbségéről, amit 1943-ban, úgy látszik, először hangsúlyozott. „Jelzésem világos és banális volta ellenére”, írja *Perucca*, „amely immár 20 esztendő, a legtöbbben még mindig hisznek a munka és a nyomaték dimenzióazonosságában... Bizonyos, hogy vannak egyenlő dimenziójú nagyságok, és helyes, hogy azok megzavarják *San Juan* (1945–46) és *Fleischmann* (1951) álmait, de ezek közé ne sorolják a szöveget, se a térszöveget, se a munkát és nyomatékot.”

Esnault-Pelterie [(9), 41. o.], *Wallot*tal ellentétben, egy véleményen van *Perucca*val a munka és a nyomaték dimenziókülönbsége dolgában, s azt javasolja, hogy a dimenzió nélküli számokat úgy különböztessük meg a dimenziósaktól, hogy 0 kitevőjű dimenziót tulajdonítunk nekik. A javaslatnak, az elvontság fokozatossága szempontjából, talán van értelme, különösen ha megfontoljuk, hogy „fordítva, bizonyos esetekben, nehéz elvitatni az egység vagy a zérus dimenziós voltát. Ha pl. egy lassuló mozgásról azt írjuk, hogy

$$\lim_{t \rightarrow t_1} \frac{ds}{dt} = \lim_{t \rightarrow t_1} v = 0$$

akkor a 0 dimenziója nyilván egy sebesség dimenziója” [(1), 4. o.], amely felfogással *Perucca* is egyetért (14). Ezek után még abszurdabbnak tűnik egyes konstansok dimenziós voltát letagadni, mint azt *Wallot* [(8), 141. o.] joggal bírálja meg. „Azt mondhatnók”, írja, „hogy a konstansok dimenzió nélkülivé tétele a kereszténység előtti filozófiában gyökerezik: hiszen Püthagorász a tiszta számot a világ alapelvének tekintette.” *Wallot* tehát elveti a fizikai egyenletekben szereplő nevezett számoknak tiszta számokként való megjelölését (18), de nem tesz különbséget, mint láttuk, a nem precíziós dimenzió nélküli s az ugyancsak nem precíziós nem nevezett számok közt.

Az elmondottakból, ha nem tévedek, kiderül a „tiszta” és a „nevezett” számok ugyancsak nem abszolút, hanem csupán fokozati különbsége, azok egyre csökkenő „tisztasági fokozatain” keresztül. A tiszta számok, a dimenzió nélküli nagyságok (pl. „darab” vagy „törésmutató”) s az egyre komplexebb dimenziós nagyságok (pl. hosszúságok, vektorok, tömegek, elektromos töltések stb.) mérőszámain keresztül egészen a konkrét egységig (pl. tyúktojás vagy elektron), ugyanúgy mint az absztrakt—konkrét sorozat, egy spektrumot adnak, s ennek két vége között nincs ugrásszerű úr. Aszerint, mi az elemzés

* „Sistema Internazionale”, vi. „Nemzetközi Rendszer”.

célja, bármelyik elvontsági fok vizsgálata adhat tudományos és gyakorlati értékű eredményt.

„Ennélfogva nem volna szükség annak a vitatására, a spektrum melyik lépcsőfokán tartózkodik egy kutató a legszívesebben, s éppolyan értelmetlen dolog azt állítani, hogy a fizikai egyenletek legelvontabb, pusztán számszerű kezelése hamis, és csupán a nagyság szerint való kezelésük igaz, vagy fordítva, mint amilyen értelmetlen volna azt állítani, hogy a fény infravörös spektrum-szárnnya ‚hamis’ és az ibolyántúli ‚igaz’. A fizikai nagyságok tisztán matematikai kezelése tehát — elvontsági fokuk határain belül — teljesen igazolt mindaddig, amíg ebből semmi következtetést nem vonunk olyan fizikai nagyságokra, amelyek a pusztá számoknál konkrétebbek. Ezen határokon belül a matematikai elemzés nagy szolgálatokat tehet.” [(1), 7. o., (20) 377—400. o. és (21), *passim*.]

A tiszta és precíziós s a nem precíziós — nevezetlen és nevezett (alkalmazott) — számok között fennálló átmenetek létezése és jogosultsága az ismeretelmélet ötödik méréstani tétele.

7. Az absztrakció-fokozat homogénitása

„Egy fizikus számára talán eretnek hangzású, ha azt mondom, hogy *ugyanazt* a fizikai valóságot — pl. egy kosár tojást — mennyiségileg többféleképpen lehet kifejezni, a választott egység szerint: pl. 50 tojás vagy X kg tojás, vagy akár Y dm³ tojás, anélkül, hogy a tojások akár eltörjenek, akár megszűnjenek tojások lenni; ugyanúgy, mint ahogy kifejezhetünk egy elektromos töltést elektronokban vagy Cb-okban, vagy, az einsteini energia-tömeg egyenértékűségét tekintetbe véve, g-okban is, anélkül, hogy megszűnnének elektronok lenni”, írtam Peruccának (17), aki egyetértőleg válaszolt (15). A mondottak azonban messzemenő ismeretelméleti következményekkel járnak metrológiai vonatkozásban, amit elemezni kívánunk.

Az eddig végzett elemzésből, véleményünk szerint, kibontakozott egy sajátos méréstani jelenség, amely, úgy látszik, eddig nem tűnt fel a metrológusoknak: *a tárgyak mennyiségi meghatározásának polivariáns jellege.*

Hogyan is alakult ki a mérés? Mi érdekelte az embereket, mikor elkezdtek juhokat számlálni, vetésterületet felmérni? Úgy gondoljuk, akkor nem egy elvont *szám* vagy *felület* állott az érdeklődés középpontjában, hanem *a konkrét tárgy mennyisége*; nem „fizikai paraméter”, hanem a nyáj, a termőföld *egésze* volt a fontos. Ezt a „mennyit” azután leképezni a legkülönbözőbb mérőszámokkal lehetett, amint azt az előbbi idézetben láttuk. Csak a későbbi fejlődés során kezdett nem mindegy lenni, hogy ugyanannak a tárgynak melyik fizikai paraméterét emeljük ki. Egy félvezetőben, pl. az elektromos paraméterek a fontosak, de a térfogatsúly közömbös, míg egy falazó-anyagnál az elektromos paraméterekkel nem törődünk, de annál inkább a térfogatsúllyal.

A paraméterek egyre élesebb szétválasztása, absztrahálása vagy csoportosítása azonban nemcsak gyakorlati lehetőség és szükségszerűség, mint azt az 5. fejezetben és itt fenn láttuk, hanem *történelmi kategória* is, s ezért a kérdést a fejlődés elemzése nélkül nem lehet tudományosan megválaszolni.

Mármost, nézetünk szerint, a metrológiában éppen az okozott sok zavart, hogy főleg a szélső absztrakció jogos, ill. jogosulatlan voltát vitatták, de nem foglalkoztak azzal a szerintünk lényegesebb kérdéssel, vajon *szabad-e* vagy

nem ugyanazon metrológiai levezetésben különböző elvontsági fokozatnak megfelelő paramétereket használni. Márpedig ez a mérés elvontsági fokának „homogenitási problémája”.

Nem a mérés technika azon ismert szabályáról van itt szó, hogy egy mérési egyenlet két oldalának dimenziói azonosak kell legyenek, hanem arról, hogy minden mérést az elvontság bizonyos szintjén, tehát egy bizonyos számú paraméter bevonásával kell-e lefolytatni, s menet közben nem engedhető-e meg egy-egy újabb paraméter — esetleg nem tudatos — becsempészése, vagy a kiindulási paraméterek valamelyikének kifejejtése.

Nézetünk szerint az elvont számokkal való mérés technikai számolásban ez igenis megtörténik, de hiba. Mikor pl. a gravitációról van szó, amelyben három dimenzió: a tömeg, a távolság és az erő játszik szerepet s a gravitációs állandót egyszerre csak az elvont, nem nevezett számok közé sorolják, akkor *ugyanazon fizikai folyamat mérés tani leképezésében az elvontság két különböző szintjén mozognak.* Márpedig ez az abszurdítások egész sorozatát produkálta. Így vált pl. lehetségessé, hogy egyes „lángelmék” minden dimenziót az időre és a hossza vélték visszavezethetőnek, amivel egy újfajta mérés tani misztikát hoztak létre [(8), 141. o.].

A mérés tanban az elvontság fokának homogenitása posztulátumnak tekinthető, s ez az ismeretelmélet hatodik metrológiai tétele.

8. Közvetlenül és közvetve mérhető nagyságok

A 2. fejezetben említettük a közvetlenül és a nem közvetlenül mérhető, s ezzel összefüggően az alapnagyságok és a levezetett nagyságok körül dúló vitát. *Esnault-Pelterie* szerint csak az elsők tekinthetők *alapnagyságoknak* [(9), 78. o.]: a *hossz*, a *súly* (vagy a *tömeg*) és az *idő*. *Wallot* és a legtöbb metrológus szerint ellenben közömbös, melyik nagyság csoportot választjuk alapnagyságul [(14) és (22), 44. o.].

A fizika és az ismeretelmélet történetéből tudjuk, mekkora szerepet játszott az említett három nagyság mind az idealista, mind a materialista világszemléletben egyrészt, a metrológiában másrészt. Ezért alig tartható fenn olyan nézet, hogy az alapegységek *történelmi* kialakulása szempontjából a hossz-, idő- és súlymértékek ugyanolyan elbírálás alá esnek, mint pl. az elektromos vagy a mágneses mértékek. *Metrológiai* szempontból viszont kimutatható, hogy a mértékegységek túlnyomórészt összefüggő rendszert képeznek, amelyben néhány tetszőleges kiválasztott kiindulási egységből a többi mértékegység levezethető. *Mérés technikai* szempontból megint mésképp állnak a dolgok: két hosszat, időtartamot vagy súlyt első pillantásra, valóban, közvetlenül hasonlíthatunk össze, míg más mértékeket, úgy látszik, csak közvetve, ezek segítségével. Nem véletlen tehát, hogy a mértékrendszerek ezekre az alapegységekre *kezdték* épülni. Ha azonban visszaemlékezünk arra, amit az elébb a számlálásról mondtunk, kiderül, hogy pl. elektronhalmazokat vagy akár sörét- vagy tojáshalmazokat is lehet *közve lenül* összemérni, pedig nem „alpnagyságok”. Láttuk azonkívül, hogy szükség van más alpnagyságra is, pl. a villamosság tanban. Mindez kihúzza a főérvet *Esnault-Pelterie* nézete alól.

A közvetlenül és a nem közvetlenül mérhető egységek csupán történelmi, nem pedig lényegbevágó különbsége az ismeretelmélet hetedik metrológiai tétele.

9. Az alapegységek és a fizika fejlődése

Nézetem szerint, ismeretelméleti szempontból az alapegységek minősége és száma azok fizikai jelentőségével és a fizika fejlődésével függ össze. A fejlődés a mechanikával kezdődött, egyszerűen azért, mert a szilárd halmazállapot kialakulása volt az élet, s ezzel a munka és a termelés előfeltétele. Így jelentek meg elsősorban a mechanikai alapegységek, amelyek közt azonban eleinte a felület és a térfogat is külön, nem a hosszegységből levezetve, szerepelt: hiszen az egységek s általában a természeti paraméterek összefüggéséről kezdetben vajmi keveset tudott az ember. Mikor kialakult az akusztika és az optika, s fölfedezték az elektromos és a mágneses tűneményeket, jöttek a megfelelő új egységek. Az összefüggések egyidejű felderítése azután ezen egységek egy részét visszavezette más egységekre, s a mérés ökonómiája szempontjából, érthetően, a tendencia a legkisebb alapegységszám irányába mutatott.

De ezzel megindult a leegyszerűsítés, az agyonsematizálás idealista irányzata is. A „mindennek egy alapoka *kell*, hogy legyen” ostoba előítélete igen gyakran elfeledtette, kiváló tudósokkal is, a bonyolult s az egyszerű dialektikus érvényesülését az egész valóságban. Hiába hangoztatta Lenin, ne képzeljék, hogy az elektronban megtalálták a világegyetem végső építőkövét, mivel annak tulajdonságai is, mint minden eddigi tudományos felfedezés tulajdonságai, *ki nem mérhetőek*. Az idealisztikus apriorizmus egyenlőségjelet tesz a természet *rendszeressége* és feltételezett *egyszerűsége* közé, s így az elemek korlátolt, azután az első felfedezett atomrészcsek még korlátozottabb száma olyan meggyőződést támasztott az ilyen hívőkben, hogy, mint *Bavink* is — aki egyébként a tudományos realizmus hívének mondható — 1944-ben még nem átalította azt írni [(22), 3. o.], hogy az arisztotelészi és alkimista felfogás minden anyag egységéről „ma valóban bebizonyosodott”. Azóta sok víz folyt le a Volgán, a Dunán és a Missisippin, a transzurán elemek és a részecskék létszáma egyre szaporodik, s a tudomány fejlődése újra bizonyítja a természet minden hipotézisnél bonyolultabb és meglepőbb voltának lenni tételeit.*

Egy másik megnyilatkozása ennek az idealisztikus apriorizmusnak az *invariants* azonosítása az *egyszerűvel*, mint azt Elek Tibor e tanulmányra adott lektori véleményében helyesen megjegyzi. „Olyan anyagi objektumokról”, írja Elek Tibor, „amelyek a viszonylag tartós és észlelhető dinamikus egyensúly állapotában vannak (mint pl. a szilárd testek), hosszú időn keresztül nem ismertük fel nagymérvű strukturális bonyolultságukat, ellentmondásosságukat. Az a körülmény, hogy a szilárd testeket nem ellentmondásos egységeknek, hanem pusztán kiterjedésükkel és egyéb egyszerű mechanikai állapotjelzőikkel jellemezhető differenciálatlan egységeknek tekintették, ismeretelméletileg azzal a veszéllyel járt és jár, hogy egyes paramétereik invarianciájának a felismeréséből elsikkad a viszonylagos jelleg felismerése és a *viszonylagos fizikai invariancia* helyét a fejekben az *abszolút matematikai invariancia* foglalja el. Ami pedig a legnagyobb veszély: a viszonylag invariáns paraméterek megismerését nem a megismerés *kezdeti* lépcsőfokának tekintik az egyszerűtől a bonyolult felé haladó folyamaton belül, amely lépcsőfokot az invarianciát előidéző materiális hatások és korlátaik feltárásának kell követnie, hanem az

* L. a 12. fejezetben Wilson erre vonatkozó megjegyzéseit.

invarianciát abszolút matematikai invarianciaként értelmezve, egyúttal a fizikai világ *végso eszmei lényegének* fogják fel. Ezt teszi pl. Einstein a fizikai törvények Lorentz-invarianciájával, és az ő hatása alatt ezt teszi ma már a pozitivizmustól elforduló Heisenberg és Bohr is, valamint a velük filozófiailag közös nevezőre jutott szovjet elméleti fizikusoknak és matematikusoknak V. A. Fok és A. D. Alekszandrov által vezetett csoportja. Hogy ez a hatás milyen torzulás veszélyét idézi elő a Szovjetunióban a kísérleti fizika fejlődésének az elméleti fizika mögötti súlyos lemaradás formájában, arra P. L. Kapica: „Elmélet, kísérlet, gyakorlat” c. cikkében nagyon komolyan felhívta a figyelmet (L. Ekonomicseszkaja Gazeta, 1962/13. sz.)”.

Így jutott el a metrológia egyes esetekben odáig, hogy, mint említettük (7. fejezet), megpróbálta az összes mértékegységeket csupán a tér és az idő-egységre vezetni vissza. Tudvalevő, hogy a kísérlet nevetségbe fulladt, s az említett két nagyság éppúgy nem bizonyult minden egység, mint az elektron és a proton minden elem „alapanyaga”-nak.

Az alapegységek minőségének és számának összefüggése a fizika fejlődésével az ismeretelmélet nyolcadik metrológiai tétele.

10. A metrológia sematikus jellege és korlátozottsága

A metrológia idealistái nem szeretik a dimenzióegyenletekben a törtkitevőket [(20), 377—400. o.], *Perucca* igen egyszerűen megcáfolja őket, mikor rámutat, hogy egy A hektárnyi négyzetes terület oldala egyenlő $\sqrt{A}$ -val (14).

„A mérésan egyenleteinek alakja körül sok vita folyik. Fennáll még egy extrém szemlélet is (amelyet *Federigo Enriquez*, a neves olasz matematikus számmisztikának nevezett), és ez abból az elvből indul ki, hogy a természet alapjában hajlamos az egyszerű egész számokra. *Einstein* is hitt benne egész életén át. Nos, mi úgy véljük, a hívők nem mindig üdvözlnek, ha hitüket a valóság próbára teszi. S nem lehetne-e ugyanannyi bizonyítékát adni a természet hajlamosságának a bonyolultra mint az egyszerűre? Szimmetriák, analógiák, minőségek stb. örvendeztetik az emberi szívet”, írja *Wallot* [(8), 141. o.] „de kétes, vajon a természet ugyanúgy örvend-e nekik? Feltűnő ugyan, hogy a legtöbb alapnagyságegyenlet egyszerű hatványszorzatok függvényeivel fejezhető ki. De még mindig feladata a jövő ismeretelméleti kutatásának megállapítani, vajon ezek az egyenletek nem azért annyira egyszerűek-e, mert mi a természetben először az egyszerűt és szabályosat vesszük szemügyre, s készsülékeinket igyekszünk a legegyszerűbb és legkezelhetőbb módon összeállítani, mert azok így a legkényelmesebbek” [(20), 7. o.]. „Tisztán matematikai szemlélet is vezethet gyakorlati eredményre. De ennek előfeltételei olyan korlátozások, amelyek a fizikai törvényeknek csak egy és gyakran nagyon korlátolt részét elégítik ki. *Wallot* is [(8), 154. o.] beszél ún. „kivételes nagyságokról, amelyek *hatványszorzatokkal nem fejezhetők ki*, s amelyekre ezért dimenziókat sem írhatunk fel. Ilyen nagyságokra példákat is felhoz, amelyek a π -tételnek* ellentmondanak, s így sem „egységeik a közönséges értelemben”, sem egységegyenleteik nincsenek” [(1), uo.]; nemhogy egész kitevőjű hatványszorzatokra lehetne redukálni az összes eddig ismert fizikai nagyságokat!

* A Buckingham-féle tételt nevezik így, amely szerint a fizikai nagyságok hatványszorzatok alakjában fejezhetők ki, s amelyet *Wallot* közhelynek ítél.

„Kár”, írja *Fleischmann* felfogásáról *Perucca* (14), „hogyan iszonyodik a történet-kitevőjű dimenzióktól”.

A fizikai valóság ilyen idealisztikus leegyszerűsítésében egyesek mégis olyan vakon hisznek, hogy azt bizonyítottaknak vélik [(20), 377 o.], s így a csoportelmélet *Abel*-féle sémáját, amely valóban egész kitevőjű hatványszorozatokot ad, annak érvényességi határain túl is alkalmazzák. Nem arról van szó, hogy az objektív valóság mennyiségi oldalainak végtelen sokféleségéhez képest a metrológia is szükségképpen korlátozott, hanem arról, hogy a metrológia még a fizika fejlődését is csak bizonyos távolságban tudja követni.

A metrológia elmaradása a valóság fejlődő mérés-technikai szükségleteihez képest, s a metrológia kényszerűen sematikus jellege, szerintünk, az ismeretelmélet kilencedik metrológiai tétele.

11. Számítás, mérés, modellezés, kísérlet

Minden mérés *kísérlet* vagy *egy kísérlet része* (tulajdonképpen még akkor is, ha üzemi mérésről van szó, s ha a mérés automatikusan történik és regisztrálódik is). Mivel pedig a kísérleti berendezések drágák, s gyakran sok időt vesznek igénybe, a tudomány fejlődésének egyik főiránya a kísérlet számításal való helyettesítése volt. Ez ugyan nem mindig hozott idő- és költségmegtakarítást, de az elektronikus számológépek forradalmasították a folyamatot. Hamarosan létrejött aztán a *kibernetika*, amely a vezérlésen és a szabályozáson kívül, tulajdonképpen a *számítás, a mérés, a modellezés kísérleti szintézise*.

Mármost minden kísérletezés, tudvalevőleg, mint azt a 3. fejezetben láttuk, statisztikai jellegű. „A statisztikai számítás azonban csak „homogén” paramétercsoportokra alkalmazható, s viszont sok esetben csak a mérések derítenek világosságot arra, milyen egyedek tartoznak egy statisztikai „népesség”-hez, csoporthoz és milyenek nem: „*circulus vitiosus*”-szal állunk tehát szemben, amelyben a mérések helyessége a csoport helyes meghatározásától, de ez viszont a mérésektől függ. Másrészt a csoportokhoz tartozás vagy nem-tartozás meghatározása... szigorú igényel...: világosan meg kell szabni előre a paramétert vagy paramétereket, amelyekre az egyedek egymáshoz tartozását vonatkoztatjuk. A *circulus vitiosus* csak a mérés és a csoportosítás ismételt összevetésével törhető át, amit a gyakorlatban a nyilván szabályosan összefüggő mérési adatok megkülönböztetésével, s a kirívóan oda nem tartozó egyedek kiselejtezésével érhetünk el; bár ez szintén könnyen vezethet látszat-összefüggésekre, s ezért nagy körültekintést igényel” [(2), 9. o.].

A végső döntést itt is, mint a valóság egész terén, a történelmi fejlődés kiselejtező vagy megerősítő hatása hozza (1. a 2. és a 3. fejezetet). De a számítás és a mérés tudományos módszeressége lényegesen megrövidítheti ezt a történelmi folyamatot, s gyakran megelőzheti a kiselejtezést. E szempontból *Egerváry* [(11), 101. o.] a módszeres munkasorozat négy fázisát különbözteti meg — amelyben minden tag a másikkal elmélete s a megelőzőnek alkalmazása —: 1. az elvi modellfázist, 2. a modell matematikai elemzését, 3. az elemzés specifikus alkalmazását, 4. a numerikus, grafikus vagy gépi „ábrázolást” (amelyek tehát a modellezés további fokozatai s mindig mérési ellenőrzéssel járnak). Ez a munkafolyamat „egyirányú és lineáris: az elvi modelltől az ábrázolásig (s azon túl — ez hozzátehető — a gyakorlati alkalmazásig). A technika és a matematika fejlődése azonban kétirányú kölcsönhatást és ciklikus le-

futást mutat: egy sorozat minden tagja nemcsak az előzőnek alkalmazása és a következőnek elmélete, hanem fordítva is, minden „alkalmazás” visszahat az előző elméletre — s ilyen értelemben ugyancsak alkalmazást nyer — mégpedig oly módon, hogy a sorozat utolsó tagja — a gyakorlati alkalmazás — ciklikusan kapcsolódik az első taghoz — az elvont matematikai modelhez; sőt a matematika ezzel — a valóság első mennyileges absztrakciójával — kezdődött, nem pedig fordítva” [(2), 11. o.]. Szóbeli közlése szerint *Égerváry* ezzel a fel fogásunkkal egyetértett.

A mérés helyes metodikája nem tekinthet el a statisztikai „népesség” helyes kiválasztásától s a mérés keresztülvitelének módszeres felépítésétől, kezdve a matematikai modellnél (amiben igen jelentős szerepük van a statisztikai és közelítő jellegű „finit” módszereknek [(11) és (2), 12. o.], folytatva az ábrázolással és a még konkrétabb modellezéssel, végezve a méréssel; s ebben a folyamatban megint csak találkozunk az absztrakt—konkrét sorozattal, ami újabb bizonyítéka az itt képviselt méréstani „spektrum-elv” valóságosságának.

A mérés megtervezésének és felépítésének az absztrakt—konkrét sorozaton alapuló tudományos módszerességgel kell történnie, s ez az ismeretelmélet tizedik — de valószínűleg távolról sem utolsó — metrológiai tétele.

12. B e f e j e z é s

Térjünk vissza egy pillanatra a szilárd halmazállapot metrológiai jelentőségéről s ezzel összefüggésben a számlálásról mondottakhoz (2. és 3. fejezet). Nagyon furcsa gondolatokat ébresztenek a természet egyszerűségéről s az egész számok ezen alapuló kedveltségéről kialakult magasztos elmefuttatások a számlálás megvilágításában, ha eszünkbe jut, hogy a vadember is tudott már olyan „egyszerűen” számolni, hogy „egy, kettő, sok”, s hogy ez azért volt lehetséges, mert szilárd testek, s így *elkülönülő egyedek* — kavicsok, gyümölcsök és állatok — léteznek. Márpedig a metrológia, erősen gyanítom, ezzel a számlálással kezdődött.

„A tudomány gyors fejlődése mindig bonyolultabb, néha paradoxálisnak tűnő összefüggéseket és nagyságokat hoz, amelyek nem illenek bele a klasszikus dimenziótanba. Nyilván esztelenség volna az újabb valóságok kitörő gazdagságát még mindig a gyerekcipőbe kényszeríteni. Úgy véljük, hamarosan méréstani definíciórendszerünk, éppúgy mint matematikai fogalomrendszerünk mélyreható revíziójára lesz szükség, mégpedig, ha nem tévedek, annak a vonalnak a mentén, amelyet egy spektrumhoz hasonlítottunk, s amely a végsően elvonttól lépésről-lépésre az egészen konkrétig vezet.

Eddigi méréstechnikai felfogásunk még merevnek, *fogalmilag és anyagilag a szilárd állapotokhoz kötöttnak tűnik* . . . Tévedés volna, ha valaki e megállapításból ama nagy szolgálatok lebecsülését olvasná ki, amelyeket a szilárd testek fizikája éppen az újabb méréstechnikának tett . . . A technika azonban mindegyre hajlékonyabbá és folyékonyabbá válik” [(1), 12. o.].

Az említett merevség, mint láttuk, a szemléletben is mutatkozik. „A ‚szubjektív’ és ‚objektív’, ‚elvont’ és ‚konkrét’ mereven szembeállnak, elabszolutizáltak, az átmeneteket gyakran nem veszik tekintetbe. A tudomány fejlődése, úgy látszik, itt is egyre több merev ellentétet számol fel. A nyelvtudományi felfedezések, valamint a mérés történelmi fejlődésének tekintetbevétele, a primitív népek méréstechnikai felfogásának tanulmányozásával

együtt, véleményünk szerint a mérés tan gyakorlatába, éppúgy mint annak a valóságtól (a szóban és számban való tükrözésen keresztül) egészen a szélső matematikai elvontságig menő — és szükségképpen csak közelítő vagy részleges — fokozatosságába jóval mélyebb betekintést fog adni, mint azt általában a metrológiai munkák néha nagyon futólagos ismeretelméleti bevezető elmefuttatásaiban — még *Max Planck*ot is beleértve — olvassuk” [(1), 6. o.).

Van azonban a metrológiának egy ismeretelméleti problémaköre, amely nem a múlttal, hanem a jövővel függ össze. *R. R. Wilson*, a Cornell-egyetem fizika-professzora, egy, a részecskegyorsítók technológiáját tárgyaló tanulmányában [(23), 330. o.] ezt a készüléket egy mikroszkóphoz hasonlítja. „A részecskegyorsítót egy ágyúfélnének szoktuk elképzelni, amely nagysebességű atombombázó részecskéket termel. De mivel a részecskék tudvalevőleg hullámtulajdonságokkal bírnak, ugyanúgy joggal mondhatjuk, hogy a gyorsító „fényt” vet a magokra, lehetővé téve, hogy „lássuk” őket. Mármint egy mikroszkóp feloldó, vagyis kis tárgyakat megkülönböztető képessége a felhasznált hullámhossztól függ... Egy atommag átmérője kb. 10^{-12} cm. Ez egy 1 Mev energiájú proton hullámhossza. Ezért, ha egy atommagot „látni” akarunk, egy 1 Mev protonmikroszkópra van szükségünk, s ha belső finomságait akarjuk megismerni, ennek az energiának a tíz-, sőt húszszorosa kell... De a fizika ezen is túlment. Jelenleg sokunkat nem a mag mint egész, hanem a protonok és a neutronok (nukleonok) szerkezete érdekel, amelyekből az összetevődik. Ez a világokon belüli világok régi problémája, mert a proton maga is gazdag szerkezetűnek mutatkozik. Átmérője talán 10^{-13} cm, és felbontása több száz Mev energiát igényel. Ha pedig olyan finom részleteit akarjuk látni, mint amilyet a mag szerkezetében láthatunk, még nagyobb energia szükséges. Ezért épülnek most 25–30 Bev-os gépek. És ha majd megismerjük a proton szerkezetét, annak összetevői nem fognak-e saját szerkezetet mutatni? Valószínűleg igen, s akkor még magasabb energiára lesz szükség e szerkezet felfedezése végett... A mikroszkópanalógia nem mondja el az egész történetet. Ha elég rövid hullámhosszra tudunk szert tenni, ... nemcsak részecskéket látunk, hanem újakat készítünk is... Nyilván az izgató további lépés még magasabb energiák elérése, hogy lássuk, miféle részecskeszörnyetegek jöttek létre.”

Wilson nem foglalkozik itt az atommag nagyságrendjében felmerülő mérési kérdésekkel. Az idézett szöveg azonban nyilvánvalóan tartalmazza, *implicité*, a magrészecskék méreteinek meghatározását is, mert hiszen láttuk, hogy azokra a hullámhosszból, ill. az energiaszintből következtetünk: tipikusan közvetett jellegű mérésről van tehát szó, ahol a hullámhossz mint hossz-etalon (vö. a 2. fejezetet) szinte önmagától kínálkozik. Ami azonban, véleményem szerint, forradalmi jellegű ismeretelméleti újdonság, az a mérésnek és az anyagelőállításnak egybeesése a magrészecskék nagyságrendjének szintjén: bizonyos határon túl, íme, a mennyiség itt is minőségbe csap át. *Elek Tibor* felhívta a figyelmemet arra, hogy ez a gondolat *Fogarasi Bélánál* is felmerült (25). Hogy ilyesvalami *Wilson* szemé előtt is lebeg, mutatja az idézett szöveg befejező mondata: „Valóban lehetséges, hogy itt egy újfajta bizonytalansági elv rejtőzik, amely ismereteinket a nagyon kicsi terén szükségyszerűen korlátozza.” — „Szembe kell néznünk a ténnyel”, írja *Segré* [(24), 5. o.], „hogy itt a szakadék az érzéki tapasztalat és kutatásunk tárgya között jóval nagyobb, mint a makroszkopikus fizikában.”

Nem arról van szó, hogy, Eddingtonnal egyetértve, esetünkben az objektív valóságból átugrunk valamiféle szubjektív „teremtésbe”. A mikrofizikában is tudatunktól független objektív kölcsönhatásokat idézünk elő beavatkozásunkkal, amelyek az előző folyamatot szükségképpen „megzavarják”, de nem varázsolnak elő a *semmiből* egy új folyamatot. Egy kapcsoló felkattintása, amellyel egy villanylámpa kigyulladását idézzük elő, ugyanolyan objektív folyamat, akár kezünk, akár egy automatikus kapcsoló működik. Az új abban áll, hogy a mérés mindeddig hallgatólag, de következetesen elfogadott követelménye a mérőmódszernek a mért paramétert a lehető legkevésbé zavaró jellegére vonatkozólag, a mikrofizikában néha annyira a háttérbe szorul, hogy a mérés egybeesik a mért tárgy *lényegbevágó* átalakulásával: vi. már nem azt mérjük, amit megfigyelünk, a megfigyelt tárgyat nemcsak megzavarjuk a fenti méréstechnikai értelemben, *hanem azt szubsztanciálisan átalakítjuk és ezt az új tárgyat mérjük*. Mi ezért föltesszük a kérdést, vajon nem fogja-e a lépték csökkenése (vagy növekedése) bizonyos határon túl magának a mérésnek *elvét* módosítani?

„Szeretném, ha megróna”, írja Perucca (15) „amiért az egész gyakorlati metrológiát olyasvalamire redukálom, amit egy gimnáziumi diák is megérthet és felhasználhat.” Úgy érzem, ebben a szerénységben bölcsesség van. De vannak a metrológiai ismeretelméletben nyitott kérdések is, amelyek néha nem a legegyszerűbbek. Az itt kifejtettek talán rámutatnak ilyenekre, s fog akadni, aki tovább fejleszti az elmondottakat.

Megjegyzés. E tanulmány megírása után hosszabb megbeszélésem volt Torinóban Perucca professzorral, s ez az előzőekkel összefüggő további metrológiai kérdések tisztázására adott alkalmat. A témára egy újabb dolgozatban fogok visszatérni. Addig is köszönetet mondok Perucca professzor szíves érdeklődéséért és Elek Tibor professzornak beható bírálatáért, amelyet a jelen szöveg átdolgozásakor mindenütt tekintetbe vettem.

IRODALOM

1. M. Korach, K. Seitz, G. Sasvári, „Einige Probleme der Physikalischen Mass- und Einheitssysteme”, Acta Imeko, 1961.
2. Korach Mór, „A matematika szerepe a technológiai (gyakorlati) tudományokban”, Építőanyagipari Központi Kutatóintézet, Tudományos Közlemények, 2., Budapest, 1956.
3. E. M. Vaschy, „On Electric and Magnetic Units,” Telegraphic Annals (3^d Series) 1883, I—II., 5—16. o.
4. G. Giorgi, Atti AEI 5, 1902, N. 6.
5. G. Mie, „Lehrbuch der Elektrizität u. Magnetismus”, Stuttgart, 1910.
6. E. Buckingham, „On Physically Similar Systems”, Phys. Rev. 1914, IV. 345. o.
7. A. Sommerfeld, „Vorlesungen über theoretische Physik”, Bd. I., Leipzig, 1943, 5. o.
8. J. Wallot, „Grössengleichungen, Einheiten und Dimensionen,” Leipzig, Barth, 1953.
9. R. Esnault-Pelterie, „Dimensional Analysis,” Rouge et Cie, Lausanne, 1950.
10. J. Terrien, „A hosszúság alapmértéke,” IMEKO, Budapest 1961 („A mértékrendszerek közötti koordináció időszerű kérdései” c. előadás kivonata).
11. Egerváry J., „A matematika gyakorlati alkalmazásai különös tekintettel a technika differenciálegyenleteire”, az MTA Matematikai és T. Tudományos Osztályának Közleményei, I, 1. 1950. 102. o.
12. Jacob M. M., „A mérések pontossága”, IMEKO, Budapest, 1961.
13. Wagmann és munkatársai, J. Res. Bur. Standards, 34, 43—161. o.
14. E. Perucca 1962. jan. 10-i hozzám intézett levele.
15. Ua. 1962. május 29-i hozzám intézett levele.

16. *Föppl*, „Einführung in die Maxwell'sche Theorie der Elektrizität, Leipzig, 1894.
17. *Korach M.* 1962. május 5-i válaszelevele Peruccának.
18. *H. v. Helmholtz*, Wiedemanns Annalen, 17. 1882, 42. o.
19. *E. Perucca*, „Metrológiai gondolatok”, IMEKO, Budapest, 1961.
20. *R. Fleischmann*, Z. Phys, 129. 1951.
21. *M. Landolt*, „Grösse, Masszahl u. Einheit,” Zürich, 1943.
22. *B. Bavink*, „Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften,” 11. Auf. Verlag, Hirzel, Zürich, 1944.
23. *R. R. Wilson*, „Particle Accelerators”, Modern Physics for the Engineer, Mac Graw-Hill, N. Y. 1961. 328. o.
24. *E. G. Segré*, „New Particles and Old Principles”, uo. 3. o.
25. *Fogarasi Béla*, „Tudomány és szocializmus”, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1956. 229. o.

НЕКОТОРЫЕ ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИИ

Мор Корач

Статья посвящена прежде всего гносеологическому исследованию физической основы метрологии и спектра серии абстракций, исходящей из данной основы; в ней устанавливаются следующие гносеологические принципы:

1. опознание материальной действительности и в том числе твердого состояния и вообще инвариантов как исторических предпосылок техники измерения;
2. метрологический факт не любой, а всегда относительной точности;
3. взаимопереход считающего и непрерывного измерения;
4. подстановка крайней, беспереходной противоположности абстрактного и конкретного постепенной абстракцией ведущей от конкретного к крайней абстракции, единичности, простой численной единице;
5. существование и оправданность переходов между чистыми, прецизионными и непрецизионными — именованными и неименованными — числами;
6. требование гомогенности степени абстракции;
7. историческое, а не существенное различие единиц, измеримых непосредственно и посредственно;
8. связь с развитием физики качества и количества основных единиц;
9. ограниченность метрологии по сравнению с потребностями техники измерения, схематический характер метрологии;
10. методичность планирования и построения измерений, основанная на серии абстрактного-конкретного.

Статья заканчивается изложением гносеологического взгляда на прошлое и будущее измерений.

SOME GNOSEOLOGICAL QUESTIONS OF METROLOGY MÓR KORACH

The paper is devoted chiefly to the gnosiological examination of the physical background of metrology and that of the spectrum of the series of abstractions originating from this background. The following gnosiological principles are pointed out:

1. the recognition of material reality, within this, of the solid state and, in general, of the invariants as the historical preconditions of metrology;
2. the metrological fact of the level of accuracy being not discretionary and always merely relative;
3. the transition of counting and continual measurement into each other;
4. the replacement of the extreme, sudden contrast of the abstract and concrete by gradual abstraction leading from the concrete to the extreme abstractness, to individuality, to the mere numeral unit;
5. the existence and legality of the transitions between pure and precision numbers and non-precision — named and applied — numbers;
6. the postulate of the homogeneity of the degree of abstraction;
7. the fact that the difference between the directly and indirectly measurable units is not essential and is only of historical character;

8. the connection of the quality and number of the fundamental units with the development of physics;

9. the limitations of metrology as compared with the metrotechnological demands of reality, the schematic character of metrology;

10. the methodical character of the planning and construction of the measurement, based upon the abstract-concrete series.

The paper is concluded by a gnosiological contemplation of measurement, concerning the past and the future.