

A MAI FIZIKA ÉS A MINDENNAPI GONDOLKODÁS

Egykorú tudósítások szerint, Newton nagy fizikai munkájának megjelenése (A természet-bölcsélet mennyiségtani alapelvei, 1687) hatalmas szenzáció volt. Irtak róla az ujságok, a társaságban állandó beszédtema volt és ha egy szakember tehoivasást hirdetett erről a tárgyról, a közönség tódult az előadóterembe. Ezzel szemben, mikor háromszáz esztendő után Newton „klasszikus” alapelvei átadták helyüket az „új” fizikának, mikor a tudományban megint forradalom zajlott le, ez a nagyközönségnek már sokkal kisebb érdeklődése mellett ment végbe. Pedig a kor a XX. század elején szeretett dicsekedni természettudományos beállítottságával, annak ellenére, hogy a nem szakemberek sokkal jobban érdeklődtek a technika és a gyakorlati eredmények, mintsem a tudományos alapelvek iránt. És így a szakembereken kívül azt is csupán igen-igen kevesen vették észre, hogy itt nemcsak egyszerűen a fizikatudománynak átalakulásáról, nem is csak a kultúra haladásáról és a technika fejlődéséről van szó, hanem egész életünk új alakulása megy végbe — szinte a szemünk láttára, de tudatunkon kívül.

A kultúra egyes részeiben bekövetkező lényeges tárgyi jelentés-változások sohasem elszigetelt jelenségek, hanem szerves összefüggésben vannak a kultúra egyéb részeivel és más területek alapvető változásait is maguk után vonják. A Newton-féle klasszikus mechanika világképe döntően befolyásolta az elmúlt háromszáz esztendő egész kultúrtörténetét, sőt lényegében még ma is irányítja a nagy tömegek gondolkodási formáit, szellemi magatartásukat, sőt gyakorlati tevékenységeiket is. A klasszikus fizika világképe uralkodott az elmúlt korok világszemléletén és részben még a maié is uralkodik mindazon, ami abból következik: a gazdasági életen, politikán, művészetén, filozófián, de még bizonyos mértékig a vallási felfogáson is.

A természettudományban a mechanisztikus világkép már a múlté, de természetesen idő kell ahhoz, míg ennek összes következményei a nagyközönség gondolkodását is áthatják. Hogy ez milyen mértékű lesz, és milyen irányokban fog kibontakozni, arról egyelőre, természetesen, még csak megközelítő képet sem tudunk rajzolni. Viszont hogy a folyamat már megindult, az tény — és a következőkben éppen erről szeretnénk vázlatosan beszámolni.

A Newton-féle fizika, pontosabban az erre felépült Kant-féle filozófia szerint minden fizikai történés nagy színpada a világtér, azaz a három dimenzió minden irányában végtelenül kiterjedt „üresség”, amelybe a világ anyaga, a jelenségeket hordozó tömegek bele vannak ágyazva. Kant szerint a tér fogalma gondolkodá-

sunknak velünk született formája, amely minden tapasztalás előtt — (a priori) — megvan bennünk. A világ a századforduló gondolkodása szerint magától értetődően csak végtelen lehet — térben és időben egyaránt — hiszen „lehetetlen elgondolni, hogy a kiterjedésnek, az űrnek valahol is vége legyen.” Mí is alkothatná határait és mi volna a határokon túl? — kérdezte a századforduló embere. Einstein relativitási elmélete szigorú kritikának vetette alá az így megállapított tér-fogalmat és kénytelen volt elvetni azt. Tér — legalább is a fizikus számára — csak ott van, ahol nehézkedő tömeg van, másként értelmetlenné válik. Mivel világmindenségünk anyagmennyisége bizonyíthatóan véges, világterünknek is végesnek kell lennie. És ami a legérdekesebb, ebben az Einstein-féle térben a fénysugár útja nem a megszokott, a közönséges, (úgynevezett Euklides-féle) geometria „egyenes” vonala, hanem az anyagelosztástól függő görbe vonal. Mint teljes Nap-fogyatkozások alkalmával kimutatták, a Nap gravitációs terében például az áthaladó fénysugár erősen elgörbül. A fény tehát nem tud végtelenül távolodni a kibocsátó fényforrástól, hanem a véges világterében haladva, egyszer csak visszatér oda, ahonnan kiindult.

Gauss, a „princeps mathematicorum”, minden idők legnagyobb matematikusa, úgy próbált meggyőződést szerezni a háromszög szögeinek összegéről szóló elv és vele együtt az „iskolás” geometria érvényességéről, hogy megmérte azokat a szögeket, amelyeket három németországi hegycsúcs fénysugárral való összekötéséből nyert. A kísérlet akkor nem vezetett eredményre, de a fizika azóta bebizonyította, hogy, ha meg lehet mérni annak a háromszögnek a szögeit, amelyet három, egymástól távoli csillag alkot, a szögek összege nagyobb volna, mint száznyolcvan fok.

Amint az új fizikában a tér nem önmagában létező valami, hanem csak a fizikai tárgyakkal együtt van értelme, éppúgy az idő is anyaghoz kötött, csak anyagi rendszerben, azzal együtt van értelme.

Kant rendszerének időben és térben végtelen, önmagában zárt és önmagának teljesen elegendő világa tehát nem állta meg a helyét az új fizika kritikájának fényében.

Weyl, a kiváló német elméleti fizikus ebben foglalja össze a tér és idő relativisztikus felfogásának filozófiai eredményét: „A modern természettudomány... a világot mindinkább nyílnak tünteti fel, amely önmagában nem zárt, hanem valami rajta kívül állóra mutat...”

Az új fizikának egyik ága, a relativitás elmélete a végtelen nagyok felé fordította a figyelmet, másik ága, a quantum-fizika, a végtelen kicsinyek felé. A klasszikus fizikán nevelkedett gondolkodás magától értetődőnek tartja, hogy a fizika alapvető létezői, a tömeg (anyag, materia) és az energia tetszés szerinti mértékben oszthatók legyenek. Az anyag felosztásának gyakorlatilag határt szab eszközeink durvasága, de elvileg semmi akadályja sincs annak, hogy bármily kicsinyke kis anyagrészcseke, a „valóság kicsiny anyag-morzása” még mindig elfelelhető legyen; és így tovább a

végtelenségig. Hasonlóképpen a részecskékre gyakorolt „hatás”, az energiaközles is elméletileg végtelen kicsinyre tehető, más szóval folytonosnak gondolható — a klasszikus fizika álláspontja szerint. A századforduló körül azonban igen sok olyan tünemény vált ismertté, amely azt mutatja, hogy az anyag oszthatóságának épp-úgy maga a természet szab határt, mint az energia folytonos közlésének. Kísérletekből bebizonyosodott, hogy a természetben egy bizonyos kis részecskénél kisebb részecske sohasem fordul elő, amint hogy egy bizonyos kis elektromos töltésnél kisebb töltés sincsen. De még az anyag legkisebb részecskéinek vizsgálatánál is megépőbb eredményre vezetett az úgynevezett „tökéletesen fekete test” sugárzásának elemzése: arra ugyanis, hogy az energiaközles nem történhetik folytonos, akármilyen kicsiny adagokban, hanem ennek is határt szab a természet: — egy bizonyos nagyon kicsiny energiameennyiségnél kisebb energiameennyiséget a természet nem ismer.* Ez a tény annyira újszerű, annyira forradalminak látszott felfedezése korában (Planck, 1900), hogy egyenesen „Violett-katastrofá”-ról beszéltek!

Az energia-quantumok és az anyag elemi, tovább már elvileg bonthatatlan részecskéinek felfedezésével egy kétezer esztendő óta alapelvnek tartott tétel tűnt el a fizikából és az emberi gondolkodásból: az, amit Aristoteles így fogalmazott meg: „A természetben nincs ugrás”.

De ha lehet, még ennél is jobban megrázta a gondolkozást az új fizikának a természet-törvényekre gyakorolt kritikája. A Newton fizikáján és Kant filozófiáján felnövekedött közvélemény a vallásos hiten túlmenő bizonyossággal hitt a természet „örök érc-törvényeiben”. Minden más törvényt mulandónak tartott, amely helyvel és idővel változhatnak lehet kitéve, — a természet törvényei azonban örök és változhatatlan alapelvek, amelyeknek hitelességéért matematikai fogalmazásuk kezekedik. Ismeretes Kant mondása: „Valamely kutatási területen csak annyi az igazi tudomány, amennyi abból mennyiségtanilag megragadható”. S valóban, a századfordulóig úgy látszott, hogy nemcsak az ismert tünemények engedelmeskednek a klasszikus mechanika törvényeinek, hanem ezek alapján új tüneményeket is meg lehet jósolni. Sokszor hivatkoztak ennek igazolására többek között a Neptunus bolygó híres felfedezésére, amelynek helyét Leverrier francia matematikus 1846-ban az Uranus pályaháborgásából pontosan kiszámította.

Ennek ellenére a modern fizika kénytelen lemondani a szigorú érvényességű természet-törvények fogalmáról és meg kell elégednie a sokkal szerényebb matematikai valószínűséggel. A régi fizika ugyanis, midőn mérhető nagyságrendű mennyiségekkel számolt, mindenkor feltételezte, hogy pontosan megismerheti egy fizikai tárgy helyét és annak energiáját. Az elemi részecskék világában azonban ez lehetetlenség, mégpedig, mint Heisenberg ki-

* Ez pontosan nem azt jelenti, hogy az energia számára is van egy szigorúan meghatározott „energia-atom”. Az energia elemi mennyisége minden sugárhajtásra más, annak rezgésszámával van egyszerű mennyiségtani összefüggésben.

mutatta, nemcsak gyakorlatilag, hanem elméletileg is. Megismerésünk elvileg korlátozott, mégpedig olyantórmán, hogy valamely elemi részecske helyét csak energiájának megváltoztatásával tudjuk pontosabban mérni — és megtordítva. A kelető egyidejűleg tehát csak bizonyos mértékig lehet pontos (Heisenberg-féle határozatlansági reláció). Ebből a kissé elvontnak tűnő elvből az a gyakorlati tény következik, hogy az anyag legbelsőjében végbemenő változásokról pontos képünk sohasem lehet. Az egyes részecske mozgását az adatok hiányában kiszámítani nem tudjuk, az számunkra úgy tűnik fel, mintha a véletlen játéka volna. Ami szembe-tűnik, ami tapasztalható és mérhető, az csak a sok billió részecske „véletlen” mozgásából adódó statisztikai törvényszerűség.

A természettörvény fogalmának ilyenmő átalakulása egész gondolkodásunkra döntő jelentőségő, annak gyökeres átalakulását vonja maga után. Az összes természettörvények végső alapját ugyanis az okság elvének feltétlen érvényességében kereste a tudomány is, a filozófia is. Gondolkodásunk oki rendszerét vitték rá a természet magyarázására és feltétlenül hittek abban, hogy az oksági viszony a fizikai testek világában nemcsak hogy megvan, de ésszel fel is ismerhető. Az új fizika az állítás utóbbi részéről kénytelen volt a Heisenberg-féle határozatlansági viszony értelmében lemondani és ezzel a tétel első fele, — legalább is a fizika számára, — tárgytalanná vált. Ha a legkisebb részecskék világában az oksági elv ésszel nyomon nem követhető, akkor a fizika számára már nem is fontos, hogy végeredményben fennáll-e vagy sem. Ennek eldöntése már tudományos és nem a fizika feladata. Ezzel megszűnt fizikai probléma lenni a determinizmus-indeterminizmus ősi kérdése és vele együtt az évezredek embertani kérdés: van-e szabadakarat, vagy nincsen? Ebben a kérdésben — Eddington szavával élve — a természettudomány szempontjából a szemafór szabadot mutat.

Még jobban az emberi megismerés végső határaihoz vezet el bennünket a modern fizika egy igen nagyjelentőségő új elve: a Bohr-féle „komplementaritási elv”. A fizika történetéből általánosan ismert tény, hogy Newton kora óta a fény mibenlétére vonatkozólag két ellentétes felfogás küzd egymással. Vajon mi a fény: apró anyagi részecskék tömege, vagy hullámzása? (kristályporról visszaverődő röntgen-sugarak arról tanuskodnak, hogy a sugárzás apró részecskék záporából áll, a hullámtalálkozás sok ténye — (két fény sugar hol erősíti, hol gyengíti, hol kioltja egymást) — a fény hullámtermészete mellett bizonyít. A klasszikus fizikában a két elmélet feloldhatatlan ellentmondásban van bár egymással — ezzel szemben a természetben békésen megfér egymás mellett, a kétféle tünemény egyetlen kísérletben sohasem jelenik meg együtt.

A modern fizika az ellentmondást úgy oldotta fel, hogy szerrinte a fény kétféle megjelenési formája nem a dolgok lényegét, hanem csak megismerésünk formáját fejezi ki. A fény lényegileg sem nem részecske, sem nem hullám: mind a kettő kép a legfeljebb csak mennyiségtani képletekkel kifejezhető valóságról. Vagy

ha úgy tetszik: a valóságnak két oldala. Talán úgy gondolhatjuk el a dologot, hogy sok-sok különféle hullám tölti be a teret, de ezek legnagyobb része kölcsönösen kioltja egymást. Ha a tér egy meghatározott helyének környezetében erősítik egymást, akkor ott észrevehető rezgés jön létre, — tehát hullámot észlelünk. Viszont ha ennek a térben való továbbhíradását vizsgáljuk, akkor úgy tűnik fel, hogy egy „részescke“ mozog. Mindez azonban csak kép, hasonlat, esetleg csak a kifejezhetetlennek szimboluma. Itt már olyan mélységeket érint az emberi gondolkodás, amely csak a legnagyobbfokú absztrakcióval és a szellem legteljesebb koncentrációjával követhető. Másrészt azonban bizonyos, hogy a komplementaritási elvvel a tudomány „a filozófiailag legjelembősebb eredményt érte el, amely a quantum-fizikából kikristályosodott. Ebben egyenesen egy új természettudományos gondolkodásmód áll előtünk” — mondja P. Jordan, aki maga is az új fizika egyik legkiválóbb művelője. Vannak gondolkodók, akik azt hiszik, ebben az elvben született meg az új látásmód, amely majd megoldja az elmúlt kétezzer év sok égető problémáját, amelyet a dualisztikus felfogás tárt elénk (anyag-szellem, test-lélek, jó-rossz).

A dualisztikus problémák körébe tartozik az anyag és az energia kettősségének a kérdése is. A modern fizikában több oldalról is felmerült a kérdés: vajjon két merőben különböző dologról van-e itt szó? A kritikus századfordulóig a kettősség magától értetődőnek látszott. Azóta azonban egyre gyűlekeznek a tények, amelyek gondolkodásunkat arra kényszerítik, hogy ezt a merev elkülönítő álláspontot adja fel. Már Einstein rámutatott arra, hogy elméleti okokból minden anyagmennyiségnek meghatározott energiaértéket kell tulajdonítanunk. Ez a feltételezés azonban akkor még túl merésznek látszott. Azóta sikerült kísérletileg előállítani elektronok, tehát anyagi részecskék között is interferenciát, s ezzel bebizonyítani az anyag hullámtermészetét. Másrészt az atommagokban végbemenő tünemények világosan bizonyítják, hogy atombomláskor energia szabadul fel és ugyanakkora anyag tűnik el. Úgy látszik, ezzel sikerült megfelejteni a Nap sugárzási energiájának eredetét: a Nap anyaga alakul át sugárzássá.

Az anyag és energia egymásba alakíthatóságának kérdései az atombomba révén ma talán túlon túl is az érdeklődés előterében állnak. Ezzel itt nem akarunk foglalkozni, csak pár szóval szeretnénk rámutatni a kérdés filozófiai hátterére és ebből adódóan mindennapi gondolkodásunkra gyakorolt, vagy legalább is várható hatására.

A mai fizika szerint nincsen „valami” — a klasszikus filozófia szavával: elsődlegesen létező szubsztancia, amin valami történik, — hanem csak elemi hatások vannak, amelyek okai annak, hogy mi egyszer elemi részecskét, máskor meg elemi energia-adagot észlelünk. Eszerint az anyag és az energia valami végső valóságnak csak két különböző megnyilvánulási formája. Hogy mi a végső valóság, az az emberi értelem számára valószínűleg örökre titok marad, de több tekintélyes modern fizikus hajlik afelé a felfogás felé, hogy

ez a valami inkább szellemi létező. Így például Eddington, aki szerint „a mai fizika a spirituális megoldás felé törekszik”; vagy Jeans, aki azt írja: „A szellemet nem tekintjük már véletlen betolakodónak az anyag világába. Kezdjük már sejteni, hogy a szellemet, mint az anyag birodalmának teremtőjét és uralkodóját kell üdvözlünk.”

KENYÉR AZ ASZTALON

Barna kámzsába burkolódzva
Előttünk némán várja sorsát;
Hogy magát értünk feláldozza,
Mert ő a szótlan, áldott jóság.

(Anyámnak volt ilyen ruhája,
Ő ült az asztalnál ily csöndben,
Neki volt kenyér-ízű szája,
De én — kalács felé leskődtem.)

A kenyér szavát meg se hallja
A csöndesedett sorsú ember,
Cseng a pohár, zeng a kés ajka,
— A kenyér: ő tán szólni sem mer.

De emlékeztek oly időkre,
Esdettek hozzá éhes ajkak,
Áldást zengtek, mint égi hősre,
S érette vért s aranyat adtak.

Ő, csak ki távol esett tőle,
Az éhezőhöz szól fennszóval
S ki templomba tér illetődve,
Vár tőle falatot s nem szólal.

S a gazda ma fölvesz kezébe,
Únva rád veti a keresztet
Késével, aztán — rád se nézve —
Megtöri e késsel a tested.

Bodor Aladár