

Newton és a mechanikai világkép

A tudománytörténet tanúsága szerint, az egyes korok szaktudományi ismeretei mindig jelentős befolyást gyakoroltak a kor filozófiájára és általános világnézetére. A tudományos kutatás eredményei tehát sokszor arra kényszerítik az embert, hogy a szaktudományok szűk keretein túl jelentkező problémáival szemben megváltoztassa felfogását. Mi a tudomány célja? Mit követelünk egy elmélettől, amely a természet jelenségeinek leírására törekszik? Az ilyen kérdések túllépik ugyan a szaktudományok — például a fizika — határát, de azokkal mégis szorosan összefüggnek, mivel végeredményben a tudomány alapján keletkeztek.

Talán nem tévedés azt állítani, hogy a *fizika* ilyen vonatkozásban kitüntetett szerepet játszik a többi szaktudományhoz képest. Ez azért lehetséges, mivel törvényei valamennyi szaktudomány törvényei között a *legáltalánosabb érvényűek* — ez pedig a fizikai mozgásforma jellegének következménye (vagyis annak, hogy minden kémiai, geológiai, biológiai, sőt társadalmi jelenség egyúttal fizikai jelenség is). Mégis a konkrét fizikai ismeretek rendszerint nem közvetlenül hatnak a filozófiára, hanem az objektív világ fizikai természetére vonatkozó általános nézeteken keresztül. Például a XVIII—XIX. század mechanisztikus (metafizikus) materialista világképét nem annyira az egyes mechanikai felfedezések ihlették, mint inkább a mechanika kiemelkedő sikerei következtében a fizika egészében érvényesülő meggyőződés, mely szerint végső fokon minden fizikai jelenség a mechanikai törvényszerűségek alapján értelmezhető.

A világ általános fizikai természetére vonatkozó kép kialakítása minden korban szükséges mind a fizika (és az összes szaktudományok), mind pedig a bölcsélet számára.

A XVIII. században és a XIX. század elején a filozófusok előtt új feladatok merültek fel, amelyek közül talán legfontosabb volt a bölcsélet és a különféle tudományágak viszonyának a tisztázása. A természettudomány sajátos módszereinek, az egyes szaktudományokra jellemző kutatási eljárásoknak a fejlődése többek között azt a feladatot is a filozófusok elé tűzte, hogy kidolgozzák és elméletileg általánosítsák a megismerés metodológiáját.

A megelőző század utolsó negyedében a mechanikában és a metafizikus materializmusban új irányzat keletkezett, melynek vezéralakja a Galilei halála évében született Isaac Newton (1648—1727.; az idén volt halálának kétszázötvenedik évfordulója, mely alkalomból világszerte megemlékeztek róla). Tudománytörténeti szempontból nézve fellépése jelentőségét, Newton szerepe nem az volt, hogy a kor meghaladott tudományos irányzataival megküzdjön, sem hogy ezekbe beilleszkedve az addig elért eredményeket néhány értékes felfedezéssel gazdagítsa, hanem hogy a szétszórt kezdeményezéseket egyetlen nagy egészbe foglalja össze. Newton az egész addigi természetfelfogást olyan „relatív befejezettséghez” juttatta, amely aztán közel két évszázadig megszabta a *természettudományos gondolkodás formáit* — anélkül, hogy kizárta volna a hatalmas méretű tartalmi gazdagodás és elmélyülés lehetőségét.

Newton korában a Descartes-féle természetbölcsélet uralkodott, és főműve, a *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* megjelenésétől (1687) számítva, mintegy fél század telt el, ameddig tanai széles körben elismerésre lettek.

Természettudományi téren Newton határozottan szembeszállt Descartes és követői, a karteziánusok elméleteivel. A karteziánus fizika alapjait már a rugalmas és a rugalmatlan testek ütközésére vonatkozó pontos törvények felfedezése megingatta. Ugyanakkor fellángolt a harc az adott korban uralkodó kétfajta fényelmélet hívei között. Descartes — az általa felvázolt világképnek megfelelően — tagadta, hogy közbenső közeg nélkül bármiféle hatás lehetséges, és ennek alapján a fényt úgy tekintette, mint a fényforrásból kiinduló *nyomás* hirtelen továbbterjedését egy különleges közegben, az éterben. Ezzel szemben hamarosan újabb hipotézisek keletkeztek, amelyek szerint a fény bizonyos *rezgések* terjedése (ugyanancsak az éterben), s ezek a hipotézisek elvezettek a fény hullámelméletéhez, amelyet Christian Huygens fogalmazott meg.

Azokban az években a fényjelenségeket Newton is tanulmányozta. 1704-ben három évtizedes fénytani kutatásainak eredményeit tartalmazó művet jelentetett

meg (*Optics or a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light*), amelyben megalkotta a fény korpuszkuláris elméletét. A Huygens-féle hullámelmélet a fényjelenségek *kontinuitásának*, folytonosságának mozzanatát tükrözte, a korpuszkuláris felfogás pedig, amely Newton elméletének alapját képezte, a *diszkontinuitás* mozzanatát. Mai ismereteink birtokában tudjuk, hogy ily módon mindkét felfogás a valóságot egyszerűsítő és egyoldalú volt.

A karteziánus természettudomány ellenfelei jelentős pozíciót nyertek annak következtében, hogy G. W. Leibniz felvetette a mechanikai mozgás *mértékének* kérdését. Ez a probléma különösen fontos volt Descartes fizikája számára, amely azt állította, hogy a mozgást nem lehet sem megsemmisíteni, sem teremteni. Leibniz viszont — a testek szabadesésének tanulmányozása közben — arra a következtetésre jutott, hogy a mozgás descartes-i mértéke nem alkalmazható a testek szabadesésére, tehát helytelen a karteziánus iskolának az az általános tétele, amely szerint a mozgásmennyiség változatlan marad a világegyetemen bármilyen változása során is. A karteziánusok elszántan védelmezték Descartes felfogását: a kérdés körül egészen a XVIII. századig elhúzódó, olykor misztikus nézeteket is megszólaltató, heves vita folyt.

Amilyen magasan a görög ókor fölött állt a XVIII. század első felének természettudománya az anyag ismerete, sőt rendszerezése tekintetében, olyan mélyen alatta állt a „megemésztés“ — az eszmei feldolgozás, az általános természetszemlélet szempontjából. A görög filozófusok a világot lényegében a káoszából keletkezettnek, kifejlődöttnek látták, a tárgyalt kor természetvizsgálói szemében viszont — legalábbis többségükében — egycsapásra-alkotottnak tűnt: a tudomány még nyakig benne ült a teológiában.

A mozgás mértéke körüli vita a XVIII. században sem jutott megnyugtató befejezéshez, mivel csupán a mechanika keretein belül nem lehetett megoldani a kérdést — ám ez csak jóval később derült ki (az energiamegmaradás és -átalakulás törvényének felfedezése után). A karteziánusok és ellenfeleik egyaránt a *mozgás megmaradásának* gondolatából indultak ki, s csak arról vitatkoztak, hogy mi ennek a megmaradó mozgásnak a mértéke, amelynek állandónak kell lennie. amennyiben a mozgást nem lehet megsemmisíteni.

Newton álláspontja e kérdésben homlokegyenest ellenkező. Mechanikával foglalkozó tudós létére a metafizikus materializmus híve volt, s így abból a — mai tudásunk szerint helytelen — feltételezésből indult ki, hogy a mozgás nem örökös, hanem ellenkezőleg, eltűnhet és keletkezhet. Műveiben elméletileg felosztotta a természetet a jelenségek különálló területeire, amelyek a természettudomány legalapvetőbb fogalmait — az anyagot, a mozgást, a teret, az időt — „tartalmazzák“, nem kivéve az okság elvét sem. De a demokritoszi atomhoz képest a Newton anyagfogalma sem volt minőségileg új. Mint maga írta: „valószínűnek tartom, hogy eredetileg Isten az anyagot mint szilárd, tömör, kemény, áthatolhatatlan részecskéket alkotta meg, amelyek mozgásra képesek“ és „annyira kemények, hogy sohasem kopnak el, nem is törnek darabokra, mivel nincs olyan közönséges erő, amely részekre tudná osztani őket“. Az egységes anyagot a saját, vele elválaszthatatlanul összefüggő mozgással együtt külső mozgásra és mozgás nélküli anyagra bontva felételezte, hogy minden mozgás alapja egy, az anyagi testekre kívülről ható „erő“. Ily módon alakultak ki a newtoni mechanika alapfogalmi — a *tömeg*, amelynek fő tulajdonsága a „tehetetlenség“ (a testek tömegét állandó mennyiségnek tekintette, amely független a sebességtől), valamint az *erő*, amely az anyag mozgásának külső forrása.

Elvonatkoztatva egymástól az anyagot és a mozgást, a tér és az idő fogalma is elvonatkoztatottá vált a newtoni szemléletben. Ez utóbbi fogalmak azonban nemcsak egymástól, hanem az anyagtól s a mozgástól is elszakítottak; Newton objektíve létezőnek tekintette az anyag „megjelenésének“ ezeket a formáit, amelyek így számára önmagukban üresek, az anyagon kívülállóak voltak, anyagtól és mozgástól egyaránt függetlenek. Ez a szemlélet az alapja az „abszolút“ — azaz semmitől sem függő — tér és idő newtoni fogalomrendszerének, amely századunk elejéig uralkodó volt a természettudományban.

A XX. század fizikájának két nagy forradalma közül az egyik tudvalevőleg azzal kezdődött, hogy elvetettük ezeket az „abszolút létezőket“, amelyek egyaránt alkotóelemei a mechanikus materialista és a teológiai gondolkodásnak.

Visszatérve az anyagi testek mozgásának forrására, az erőre — Newton szerint minden természeti jelenség oka ez az erő. A tudomány fő feladata eszerint az, hogy a pontosan meghatározott és mennyiségileg kifejezett erők, valamint az általuk előidézett mechanikai mozgások segítségével leírjon minden, a természetben előforduló jelenséget.

A newtoni mechanika alapja az anyag mechanikai mozgásának három általános törvénye és a gravitáció. Az egyetemes tudomány e kimagasló teljesítménye — a newtoni mechanika — a *mechanikai okság* szigorú, mennyiségileg meghatározott fogalmazását adta; a Newton-féle mozgástörvények elvileg lehetővé tették, hogy előre megállapítható legyen bármely mechanikai rendszer jövőbeli, illetve múltbeli állapota — az adott időpontbeli állapot és a rendszerre ható külső erők alapján. S ezzel az is lehetővé vált, hogy a természet jövőbeli eseményeit (bizonyos jelenségek, például egy holdfogyatkozás bekövetkezését) tudományos pontossággal megjósoljuk. Ez az ún. *mechanikai determinizmus* — a természeti jelenségek közötti összefüggések egyedül lehetséges formája a newtoni szemléletben.

Newton a mechanikai okság általa megfogalmazott matematikai összefüggései révén megcáfolta a karteziánus világfelfogást, kimutatva, hogy összeférhetetlen a bolygók mozgásával és annak Kepler-féle törvényeivel. A newtoni világhéket szerint a világegyetem különálló (diszkrét), egymást kölcsönösen vonzó testekből áll, amelyek mechanikai kölcsönhatásban vannak egymással. A testek mozgásának szigorúan determinált mechanikai jellege van, s a mozgás teljesen „üres” térben történik. Newton szerint a világ történetileg változatlan, illetve a változás következetesen mechanikai jellegű. Az anyag természetétől fogva tehetetlen. A mozgás mintegy maga hozza mozgásba az atomokat, amelyek anyagiak (a mozgás azonban nem). A mozgás különböző formái visszavezethetők a mechanikai mozgásra — a világegyetemet tehát az atomok és a mechanikai mozgás alkotják.

Ebbe a világrépbe nem fér be a fejlődés ténye, ebben a világmindenségben nincs dialektikus értelemben vett evolúció, s az anyag szerveződésének sincsenek minőségileg különböző szintjei.

Newton az induktív módszer egyik különleges válfaját teremtette meg. Elméleti általánosításai sohasem lépték túl a közvetlen tapasztalati adatok kereteit, s a természeti jelenségek tanulmányozásában a kvantitatív kísérleti vizsgálatokra, mérésekre összpontosított, aminek a jelentősége kettős. Az anyagi világ dolgai és jelenségei ugyanis nemcsak minőségi, hanem ezzel szoros kapcsolatban álló mennyiségi tulajdonságokkal, meghatározottságokkal is rendelkeznek — állapotváltozásuk tehát (aminek vizsgálata a klasszikus fizika elsődleges feladata) nemcsak egy új minőség megjelenését eredményezi, hanem új mennyiségi viszonyok kialakulását is. Newton döntő módszertani újítása a fizikai jelenségek *kvantitatív vizsgálata*, a másik pedig az így szerzett ismeretek *matematikai leírása*.

Módszere és eszméi kialakulását nemcsak az empirikus felfedezések segítették elő, a matematika addigra elért sikerei is jelentős mértékben hozzájárultak. Ugyanakkor a newtoni módszer is serkentőleg hatott a matematikai fejlődésre: a végtelen kis mennyiségek analízise mindenekelőtt a mechanikai folyamatok, a mechanikai mozgás leírására szolgáló matematikai eszközként keletkezett.

Nem csekély a Newton eszméinek közvetlen vagy közvetett társadalmi hatása sem. 1687-ben megjelent főműve, a *Principia* győzte meg kortársait, de még inkább utókorra embereit a természettudomány erejéről. Franciaországban, ahol tanításait nem kisebb személyiség terjesztette, mint Voltaire (*Éléments de la Philosophie de Newton*, 1783), a mechanisztikus világkép a forradalom egyik ideológiai előkészítőjévé vált, és nem véletlen, hogy P. S. Laplace éppen a forradalom idején fogalmazta meg e világkép katekizmusát: „Ha lenne egy olyan értelmes lény, amely minden időben ismerné a természet állapotát egy adott pillanatban, akkor — hacsak elméje képes volna ezen adatokat kellő gondossággal elemezni — egyetlen egyenlettel tudná kifejezni a világ legnagyobb égitestének és legparányibb atomjainak mozgását. Semmi nem maradna előtte ismeretlen, egy pillantással fogná át a múltat és jövőt.” Ez a Laplace-féle „démon” vált a mechanikai determinizmus jelképévé. Helmholtz kétszáz évvel a *Principia* után általánosan kötelező programként vallotta: „Minden tudomány végső célja, hogy feloldódjék a mechanikában.”

Már javában a mi századunkban jár az emberiség, amikor megszületik a mechanisztikus világkép csúcsteljesítménye, a Rutherford-féle atommodell (1911), amelynek példaképe a Nap bolygórendszerre, ahogyan azt Newton megmagyarázta.

Az eddigiek talán kissé túlzottan pozitív képet vázoltak fel a Newton-féle fizikáról, s így nehezen lesz érthető, miért került ez olyan mélyreható válságba néhány, a századforduló táján tett felfedezés következtében. A válság okainak és lényegének megértéséhez nem is magából a klasszikus fizikából mint szaktudományból kell kiindulnunk, hanem annak általános szemléletmódjából, vagyis a klasszikus fizikai világképből.

A tudomány mai fejlettségi fokán már nagyon nehéz elképzelni azt a helyzetet, amely a XVII—XVIII. században az újkori fizika létrejöttével kialakult.

Az ókor intuitíve igaznak érzett, de konkrétan meg nem alapozott sejtései után megjelenik egy új tudomány, amely szinte tetszőleges pontossággal képes előrelátni a bekövetkező természeti jelenségeket, s amely a jelenségek szintjén minőségileg alig összevethető természeti folyamatokra egységes elméleti értelmezést tud adni. Nem csoda, hogy ezt a tényt egyfelől, a régi misztikus-vallásos világnézet hívei részéről makacs ellenállás, sőt támadás, másfelől — a felvilágosult gondolkodók részéről — szinte kritikátlan lelkesedés fogadta, és hogy az utóbbiak a fizikában vélték megjelenni a természet megismerésének mércéjét. A módszert, azaz a jelenségek kvantitatív, kísérleti vizsgálatát és az ismeretek matematikai leírását illetően indokolt volt a lelkesedés. Épp napjainkban vagyunk tanúi annak, hogy valamely tudományág akkor és annyiban válik egzakttá és ér el jelentős sikereket, amikor és amennyiben sikerül benne meghonosítani a fentebb jellemzett módszert.

A newtoni fizika *módszere* tehát helyes, egyetemes érvényű megismerési módszernek bizonyult, a *szemléletmód* korlátai azonban idővel egyre inkább megmutatkoztak — mégpedig nemcsak a fizikán túli területekre való alkalmazás szempontjából, hanem a fizikán belüli, de nem mechanikai természetű jelenségek értelmezésében is. Amennyire szükségszerű volt e szemléletmód kialakulása a mechanika területén, éppen annyira problematikussá vált más, olykor nem is a fizikához tartozó tudományágakra való kiterjesztése, s főként egyetemes világgéppé, sőt bölcséleti szemléletmóddá való általánosítása.

Mindennek ellenére a mechanisztikus materializmus részben belső okok, részben az adott társadalmi körülmények miatt jó két évszázadon át a természet-tudományok uralkodó világnézete maradt.

Előbb már szóba került a mechanikus világgép és a vulgáris materializmus kölcsönös összefüggése a teológiai gondolkodással. Ez a világgép — a mechanikus — a XIX. századig nemcsak a fizikára, hanem minden természetudományra jellemző volt, s ebből következik, hogy a múlt század materializmusa túlnyomóan mechanisztikus. Módszertani szempontból ennek a klasszikus materializmusnak egyik sajátos, a maga idejében elkerülhetetlen korlátozottsága volt a mechanika mércéjének kizárólagos alkalmazása olyan folyamatokra, amelyek nem — illetve nemcsak — mechanikai mozgással mennek végbe; amelyek kémiai és biológiai természetűek, s így a mechanika törvényei érvényesek ugyan rájuk is, de ezek az illető mozgásformák magasabb törvényeinek alárendelten érvényesülnek. További sajátosság korlátozottsága a klasszikus materializmusnak az, hogy képtelen volt a világot mint folyamatot, mint örök továbbfejlődésben lévő anyagot felfogni.

A newtoni fizika e filozófiai következményeinek lényegében maradt volna és maga Newton minden bölcséleti következtelensége ellenére az általa teremtett mechanika a materialista természetudomány kiemelkedő vívmánya volt. S az is maradt, annak ellenére, hogy a fizika századunkban bekövetkezett forradalmát számos fizikus és filozófus nem a mechanikus világgép válságának és túlhaladása sürgetésének tekintette, hanem általában a fizika válságát látta benne.

Igaz, hogy a mechanikus fizika válsága bizonyos értelemben általános válság volt. Elvei sorra elvesztették érvényüket a századforduló táján és az azután feltárt új adatok fényében (például nem igazolódott az éter létezése, ami az abszolút tér garanciája lett volna), s így a fizika öröknek vélt klasszikus épülete megingott. Ennek a válságnak szükségszerűen forradalomra kellett vezetnie, s a két nagy forradalom — a kvantum- és a relativitáselmélet — sok olyan fizikust készített agnosztikus vagy idealista következtetésekre, akik a mechanikus szemlélet válságát maga a fizika, sőt általában a tudomány kudarcaként fogták fel — annak jeleként, hogy az ember képtelen megismerni a tőle függetlenül létező természetet.

E felfogás helytelensége napjainkban már nyilvánvaló. S a beható tudománytörténeti elemzés fényénél nyilvánvaló az is, hogy a mai newtoniánusok joggal hivatkoznak Newtonra, hiszen ő mindig a metafizikus merevség és a megalapozatlan modellek abszolutizálása ellen lépett fel; mindig a tapasztalás és a kísérletezés döntő szerepének elismeréséért, az elfogulatlan kutatás előjogáért harcolt. Igazi követői nem a ma is fellelhető newtoniánusok, hanem a kutatás hozzá mérhető nagyjai, akik bátran túlléptek a mechanikai világgépen; igazi utódai Faraday és Maxwell, Einstein és Heisenberg, akiknek megadatott, hogy egyetlen világmindenségünkben az óáltala feltártakhoz hasonló egyetemességű új törvényeket tárjanak fel.

Talán semmi sem fejezi ki szebben az ilyen típusú igazi tudós áhítatát és alázatát a természet iránt, mint Newton szavai: „Nem tudom, minek látszom a világ szemében, de én úgy érzem magam, mintha csak egy tengerparton játszódozó gyermek volnék, aki örül, hogy új, fényes kavicsot vagy az átlagosnál szebb kagylóhéjat talált, miközben az igazság nagy óceánja kifürkészhetetlenül terül el előttem.“