

TUDÓSOK, NÉZETEK, VITÁK A XVIII. SZÁZADBAN

„Az emberiségnek egy új korszaka, az atomkorba való eredményes átlépése 1945. július 16-án valósult meg híres tudósok és katonák feszülten figyelő csoportja előtt, akik Új Mexikó pusztaságában összegyűltek, hogy tanúi legyenek egy két milliárdos próbálkozás záró eredményeinek. Ott az alamogordói légi támaszpont egy félreeső szögletében, 120 mérföldre Albuquerque-től e napon reggel 1/26-kor valósult meg az emberkéz által irányított első atomrobbanás, a magfizika e kiemelkedő eseménye.“

Igy számolt be e nagy kísérletről a hivatalos amerikai jelentés. Nagyjelentőségű dolog történt, de nem a semmiből ugrott elő, hanem megvolt a 4–5 évtizedes előkészítése. Amikor Bequerel és Curie-né 1896-ban felfedezték a rádióaktivitást, amikor Planck 1900-ban felállította a kvantumelméletet, és Einstein 1905-ben színre lépett a relativitás-elmélettel, az atomkor alapzatát rakták le, és a tudósok egész légiója dolgozott ezeken az alapokon, amíg a tudomány eljutott az alamogordói látványos kísérletig. Azóta sokan és sokszor beszélnek az atomkorról s megállapítják, hogy az atomenergia felhasználása nemcsak technikai probléma, hanem az emberiség egész jövő élete attól függ, hogy háborús, vagy békés célok szolgálatába állítják-e ezt a félelmetes új erőforrást. Annyi máris biztos, hogy ez az új atomelmélet az emberi gondolkodásra, a megtapasztalható világ természetéről alkotott nézeteink alakulására is nagy hatással van. És ez nem történik meg a gondolatok harca, nagy viták nélkül. Elég csak azokra a szenvedélyes vitatkozásokra gondolnunk, amelyek a relativitás elméletének elfogadását megelőzték, vagy amelyek ma is folynak materialista, idealista, realista felfogások között a kvantummechanika értelmezéséről. Ilyenkor, amikor új világ van kialakulóban, mindig hasznos a történelem tanulságait segítségül hívni: Tanulságos lesz azért visszamenni az időben vagy háromszáz esztendővel és röviden áttekinteni, hogy a klasszikus fizika, amelynek napja most van leáldozóban, milyen szellemi harcok között született meg.

A XVII. század fizikáját jellemezte az Aristoteles világképe ellen folytatott harc. Ennek a harcnak különös színezetet adott, hogy Aristoteles tanítását vette át a skolasztikus filozófia, ez pedig a teológiával volt szoros kapcsolatban, így a világnézeti harc könnyen vallás elleni támadásnak is látszott.

Sokszor lehet olvasni, hogy Aristoteles tana 2000 éven át bilincsen tartotta az emberi szellemet és csak Galilei és társai tudták ettől megszabadítani. Ebben persze sok a túlzás. Edmund Hoppe megállapítja *Fizika-történetében*, hogy Aristoteles munkáinak nagy száma ellenére a következő 250 év természettudósaira hatás nélkül maradt, azok inkább Platon eszméit követték. Ezután pedig a római légiók a görög tudományok is, meg a mechanika fejlődésének is véget vetettek. A rómaiak csak a gyakorlati tudományokat értékelték. A keresztény gondolkozás is jó ideig inkább Plato hatása alatt állott. Csak az arabok vették át Arisztoteles tanait, és az ő műveiből kezdte a keresztény nyugat újra felfedezni Aristoteles a XII. századtól kezdve. Kétségtelenül hamarosan nagy lesz a hatása. Érdekesen ítéli meg a dolgot Friedrich Klemm a technika történetéről 1954-ben kiadott nagy munkájában: „Az arisztotelizmus elfogadása a XIII. század skolasztikájában Nagy Albert és Tamás által végeredményben alapvető fontosságú lett a modern technika számára.“ Ők ugyan is a hit ésszerűségét igyekeztek igazolni és így a vallás és tudomány közötti harmóniát hirdették. Egész ellenkező volt a helyzet — mondja Klemm — a mohamedán világban, amelynek teológusai ép akkoriban kezdtek elzárkózni a tudomány elől. Ennek eredménye szerinte, hogy 1100 körül a mohamedán világ szellemi fejlődése megakadt, nyugaton pedig kialakulhatott a természettudományokon alapuló technika.

Aristoteles hatása a XIII. századtól kezdve folyton növekedett, és a skolasztika fénykorának elmúltával az epigonok mindig nagyobb vaksággal esküdtek tanaira. De a XIV. századtól kezdve megindult az egészséges kritika is.

Aristoteles fizikája ritka kivétellel csak kvalitatív képet ad, s ennek forrása a legközvetlenebb tapasztalat. A mindennapi megfigyelés mutatja, hogy a testek maguktól nem jönnek mozgásba, s ha valami mozgásba hozza őket, előbb-utóbb megállnak. Ezért Aristoteles szerint az erő a sebesség létrehozója, s ez a sebesség arányos a fellépő erővel, azzal a kivétellel, hogy kis hatás nem tud megmozgatni egy igen nagy testet. Mindez annyira megfelel a közvetlen szemléletnek, hogy René Dugas szerint (1954-ben jelent meg franciául egy kiváló műve a XVII. század mechanikájáról) az utca átlagos embere ma is habozás nélkül elhinné.

Bizonyos nehézséget jelentett az elhajított test mozgása, amely még akkor is tovább repül, amikor a mozgó erő már nem hat rá. Aristoteles szerint ilyenkor a levegő kap mozgó képességet, amely az egymásutáni levegő rétegekben tova terjed s ez hajtja hátulról az elhajított testet, míg ez a képessége lassanként megszűnik. Ezzel szemben Jean Buridan, aki 1327-ben a párisi egyetem rektora volt, azt kezdte tanítani, hogy a hajtáskor nem a levegő, hanem maga az elhajított test kap lendületet (*impetust*) s emiatt repül a test tovább. Hogy nem a levegő mozgat, az szerinte abból is látszik, hogy ha szénával rakjuk meg a csónakot, s az meglökve tova siklik, akkor, ha a levegő mozgatna, a szénaszálaknak előre kellene hajolniuk, pedig ellenkezőleg, inkább visszamaradnak. Ez a lendület állandó természetű, de különbözik magától a mozgótestétől, annak csak oka. Ez persze már nem felel meg mai felfogásunknak.

Fontos tanítása volt Aristotelesnek a természetes és kényszerített mozgások megkülönböztetése. Minden testnek megvan a természetes helye. A föld és víz számára ez a mindenség középpontja, tehát Aristoteles geocentrikus felfogásának megfelelően a Föld középpontja. Ezért mozognak a testek maguktól — a mozgás principiuma a testben van — erre felé. Ha a test a maga természetes helyén van, csak külső mozgó tudja erőszakos mozgással innen eltávolítani. Orosmei Miklós — aki 1377-ben Lisieux püspöke lett — már eltér ettől a nézettől. Szerinte a mozgás gyorsulásából lendületet kap a test (*impetust*), ez pedig újabb gyorsulást hoz létre. Ha a Földet középen átfúrnók, az így kapott ürbe beleépített test nem állna meg a Föld középpontjában, hanem megszerzett lendülete miatt a másik oldalon távolodna a középponttól, majd újra visszaesne s így ingaszerűen ide-oda lengene, míg végül az ellenállás miatt megállna. Galileit megelőzve már azt is tanította, hogy az egyenletesen mozgó test, pl. a szabadesésnél bizonyos idő alatt ugyanakkora utat tesz meg, mintha a végsebesség felével — tehát közepes sebességgel — egész idő alatt egyenletesen mozogna. Ezt geometriailag igazolta új grafikus ábrázoló módszerével.

Nicolaus Cusanus bíboros (1401—1464) szintén az *impetus*-tan híve volt. Azt tanította, hogy amint a kis gyermek újjával lendületet ad a pörgettyűnek, ami ebben tovább is megmarad, úgy Isten is *impetus* adott az égi testeknek, s az ebből adódó mozgásuk határtalanul megmaradt. Később (1585) Galilei mestere, Benedetti a pörgettyűből egyenes vonalban kirepülő kő példájából azt is meglátta, hogy az *impetus* egyenes vonalú mozgást eredményez, (*naturalis inclinatio ad rectum iter*), így előkészítette a tehetetlenségi elv teljes felismerését.

Más irányban készíti elő a modern felfogás kialakulását Grosseteste, aki 1235-ben lincolni püspök volt. Hirdette, hogy kísérleti igazolást kell

keresni, de másrésről a matematikát is bele kell vinni a fizikába. Az ő tanítványa volt Rogerius Bacon, a tudós ferencrendi szerzetes, a *doctor mirabilis*, aki szintén kísérletek alapján, de matematikai formában iparkodott megadni a természet törvényszerűségeit. Ezért mondja az angol Crombie, neves tudománytörténész, hogy a XVII. század virágzó kísérleti módszere valójában a XIII. század terméke. S a marxista Lilley szerint is igaz, „hogy a középkori skolasztika sokkal többel járult hozzá a modern módszer megteremtéséhez, mint eddig ezt megengedték”.

Az eszmék jelzett fejlődése a XVII. században hozta meg teljes gyümölcsseit Galilei, Kepler, Gassendi, Descartes, Pascal, Leibniz, Huyghens és Newton munkássága által. A tudomány ragyogó nevei, akik valósággal új szellemi világot alkottak. Crombie szerint a XVII. század természet-felfogásának két jellemző tulajdonsága van: 1. Megkezdi a leíró tudományt, amely azt vizsgálja, *hogyan?* — szemben Aristoteles esszencialista felfogásával, amelynek kérdése volt, *miért?*; 2. Meg nem figyelhető dolgokra hivatkozik (pl. ellenállás nélküli, végtelenig tartó tehetetlenségi egyenes vonalú, egyenletes mozgás), hogy le tudja írni a megfigyelhető jelenségek törvényeit.

Az eszmék fejlődésének, harcának megismerésében a kész befejezett munkáknál talán jobban segíthetnek bennünket a tudósok levelezései. Ebből a szempontból kiemelkedő szerepe volt P. Marin Mersenne-nek, aki Paulai Szent Ferenc rendjének tagja, *maximus de minimis*, amint René Dugas írja róla. Szerepét néhány egykorú idézettel szemléltethetjük.

Descartes életrajzírója, Baillet 1691-ben ezt írja róla: „Valamennyi nép irodalmi embereinek középpontja lett a kapcsolat révén, amelyet mindnyájunkkal kövített, és mindnyájan vele. Hozzá küldték kérdéseiket és nehézségeiket, hogy továbbítsa azokhoz, akiktől megoldást lehetett várni... az irodalmi emberek köztársaságában közel azt a szerepet töltötte be, mint a szív az emberi test vérkeringésében.” Pascal pedig így írt róla: „Egész különös képessége volt, hogy szép problémákat vessen fel; ebben nem volt hozzá hasonló. Bár nem volt hasonlóan szerencsés azok megoldásában, ami kétségtelenül leginkább szerezhette volna dicsőséget, mégis le vagyunk neki kötelezve, mert másoknak szép felfedezésekre adott alkalmat, ami talán elmaradt volna, ha ő nem mozgatta meg a tudósokat.”

Nyolc évvel volt idősebb Descartesnél, akivel együtt nevelkedett a de la Flèche jezsuitáinál. Később Paulai Szent Ferenc minimistái közé lépett. Hitének őszintesége megóvta százada metafizikai nyugtalanságától. Csodálni tudja azt a szépséget és tökéletességet, amit Isten egy egyszerű légy szerkezetébe beleadott. „Több eszle van ebben, mint amennyit az összes emberi ügyeskedés, művészet, alkalmi tud.” Harminchat bizonyítékot hozott fel Isten létezésé mellett. Százada kiélezett világnézeti harcaiból magyarázható, hogy megingathatatlan hite ellenére egyesek hugenotta szerzetesnek mondták, az enciklopedisták pedig azért támadták, mert 1624-ben könyvet adott ki *Impiété des Déistes, Athées et Libertins de ce Temps* címmel, főleg Cardano és Giordano Bruno ellen. Pedig, hogy milyen türelmes volt a tudományos kutatással szemben, ez a könyve is mutatja.

„Nem kívánom — írja —, hogy könnyen cenzurázzák a könyveket és a különböző véleményeket, amelyeket sok dologról vallanak. Ellenkezőleg az a véleményem, hogy sohase kárhoztassunk egyetlen véleményt se mint fantasztikus, különcödöt, vagy lehetetlennek látszót anélkül, hogy előbb meg ne nézzük és vizsgáljuk mindazt, amit a vélemény javára mondani, vagy gondolni lehet... A cenzorok ne keressenek más munkájukban, mint az igazságnak, a katolikus hitnek és Isten dicsőségének előbbre vitelét.”

Levelézése megmaradt s ez jobban megvilágítja a század nagy újítójának gondolatait, mint azoknak kész művei.

Mersenne 1623-ban megjelent első munkájában még teljesen szembe helyezkedett Kopernikusszal, de 1624-ben már tárgyilagosan előadta a Föld forgásáról szóló tant, mondva: Kopernikusz nem lehet megcáfolni. Később lelkes híve lett az új tannak. 1629-ben írt Galileinek, s ebben azt mondja: „Tudjuk, hogy a Föld forgásáról új rendszert alkottál, amelyet azonban nem akarsz nyilvánosságra hozni az inkvizíció (1616-ik évi) tilalma miatt. Ha ránk akarod bízni és bármi módon ideküldesz egy példányt, bennünk megvan a merészség, hogy azt nyilvánosságra hozzuk olyan mértékben, ahogyan felhatalmazol rá.” Nem kapott választ, de alig jelent meg Galilei *Dialogója*, Gassendi közvetítésével szerzett belőle és az 1634-ben megjelent teológiai kérdésekről szóló munkájába bevette a *Dialogo* első két napi beszélgetésének lényegét, bár hozta a biborosok döntését is. Kifejezte véleményét, hogy az egyház és tudomány egy napon majd kiengesztelődik, mert az idő majd meghozza a heliocentrikus felfogás igazi bizonyítékait.

Itt említjük meg, hogy Gassendi (szintén pap volt) a Collège de France-on 1647-ben tartott előadásaiban szintén ismertette Ptolemaios, Ticho és Kopernikusz rendszerét, anélkül, hogy állást foglalt volna valamelyik ellen. Egyik könyvében azonban azt mondja, hogy Kopernikusz rendszere egyszerűbb, de azoknak, akik az Officium döntését tiszteletben tartják, Ticho felfogását kell követniök.

Erdekes Galilei elítélésének hatása Descartes-re. Már 1629-ben ki akarta adni *Monde* címmel általános fizikáját. Írt Mersenne-nek: „Óhajtom, hogy vizsgálja meg művemet főleg teológiai szempontból, mert a teológia annyira hozzákapcsolódik Aristoteleshez, hogy alig lehet más filozófiát tárgyalni, hogy úgy ne lássék, hogy hitetlenek vagyunk.” Később folytatja: „Általában biztosak lehetünk, hogy Isten mindent megtehet, amit mi fel tudunk fogni, de azt már nem állíthatjuk, hogy nem tud olyat is tenni, amit mi nem tudunk felfogni, mert vakmerőség volna azt gondolni, hogy a mi képzelő erőnk odáig terjed, mint az ő hatalma.”

1633-ban a *Monde* majdnem készen volt, de közben megtudta a *Dialogo* elítélését, azért novemberben már úgy írt: „Semmiért a világon nem akarom, hogy olyan munka kerüljön ki a kezemből (a *Monde* is a Föld mozgását vallotta), amiben a legkevesebb szó is van arról, amit az egyház elítélt, és szívesebben megsemmisítem, minthogy megcsonkítsam.” 1634. áprilisában újra írt Mersenne-nek Hollandiából (már 1629 óta ott élt): „Jól tudom, hogy azt lehet mondani, hogy amit a római inkvizítorok döntöttek, nem hittétel és kellene, hogy a zsinat is megerősítse. De nem vagyok annyira szerelmes a gondolataimba, hogy ilyen kifogást akarnék használni, hogy meglehessen a módom azok fenntartására. Az a vágyam, hogy nyugalomban élhessek és folytathassam itt azt az életet, amelyet e jelszóval kezdtem: *bene vixit, qui bene latuit*.” A *Monde* nem is jelent meg Descartes életében, csak halála után.

Descartes egyébként nem volt egészen egy véleményen Galileivel. A *Dialogót* csak 30 óráig tarthatta magánál, amikor barátjától, Beeckmantól megkapta, így nem is tudta egészen végigolvasni. Azt írja, hogy véleménye szerint elég jól okoskodik a mozgásról, de mégis kevés dolog van a könyvben, amit egészen igaznak talál. Kifogásolja, amit Galilei az árapály magyarázatáról mond, mégpedig teljes joggal, bár Descartes magyarázata sem volt helyes. Galilei másik főművéről, a *Discorsiról* szintén kritikát mond Descartes Mersenne-hez írt levelében, de hangsúlyozza, hogy ezt egészen bizalmas közlésnek szánja. Kifogásolja, hogy Galilei olyan módon

határozza meg a parabolát, ami mechanikus és geometriai szempontból hibás. Annyiban igaza van, hogy Galilei azt gondolta, ha egy láncot két szegre felfüggesztünk, az lefelé lógva parabola alakot ad. Huyghens tisztázta pontosan, hogy ez a láncgörbe különbözik a parabolától. Szembekevről Descartes Galileivel a testek vákuumban való sebességét illetően is. Descartes ugyanis Aristoteleshez hasonlóan azt gondolta, hogy légüres tér, igazi vákuum nem lehetséges. Aristoteles ugyanígy okoskodott, hogy igazi vákuumban nem lenne a mozgásnak semmi akadálya, azért a sebesség végtelen és örökké tartó lenne, ami pedig az ember számára felfoghatatlan. Descartes szerint ellenkezőleg a sebesség nulla lenne a vákuumban, tehát Galilei okoskodása hibás. Pedig Galilei helyesen állapította meg az elhajított test mozgását, hogy az vákuumban parabola lenne. Ez a dolog különben Galileinek nagy büszkesége volt és egyúttal nagy szomorúságnak is forrása.

A jezsuita Cavalieri ugyanis, Galilei tanítványa 1632-ben megjelent munkájában megírta, hogy ha eltekintünk a levegő ellenállásától, akkor az elhajított test parabolikus pályán mozog. Ezzel megelőzte Galileit, ami neki igen rosszul esett. Eösvik levelében írja, hogy Cavalieri közölte vele munkája tartalmát a parabolikus pályáról. Nem tagadom — írja —, hogy ez nagyon rosszul esett. Így negyven esztendő munkája, amelynek jó részét bizalommal közöltem a páterrel, elvesztette a megkoronázását, és meg lettem fosztva a dicsőségtől, amelyre olyan forrón vágyakoztam.” Cavalieri előre közölhette volna szándékát, hogy Galileinek módjában legyen saját könyvét előre kinyomtatni.

Cavaiieri bocsánatot kért és felajánlotta, hogy beszünteti a könyve eladását, vagy újra nyomtatja a kérdéses oldalakat, vagy ha kell, elégeti az egész kiadást. Galilei azt válaszolta, hogy Cavalieri semmit se változtatson a már publikált munkán, az úgy be van fejezve, inkább még ő hála Cavalierinek a hízélgő megjegyzésekért, amelyeket róla tett.

Galilei gyakorlati szempontból is fontosnak tartotta a parabolikus pályáról és a szabadesés törvényeiről szóló eredményeit és a *Discorsi*hoz táblázatot is csatolt az ágyúk lőtávolságáról. Descartes erre azt mondja, hogy beszélni sem érdemes róla, miután már megcáfolta az alapokat, amire Galilei eredményeit építette. Az igazi baj az volt, hogy Galilei nem vette figyelembe a levegő ellenállását, így táblázata a gyakorlatban nem volt használható. Genuai tüzérek ezt gyakorlataikban hamarosan megállapították. Amúgy sem voltak Galilei kísérleti eredményei pontosak. Mersenne már a *Discorsi* megjelenése előtt kívánta, hogy a szabadesés törvényeit kísérletileg igazolni kellene. 1635-ben írt levelében azt mondja, hogy Galilei szerint a szabadon eső test öt másodperc alatt 100 könyöknyit esik, amiből az következne Galilei törvénye szerint, hogy az az első másodperc alatt csak négy könyöknyi esés, márpedig Mersenne meg van győződve, hogy több, amiben igaza is van. Más esetben sem fogadja el Mersenne Galilei kísérleti eredményeit, mert mint mondja, több, mint harmincszor megismételte azokat, sőt némelyiket százszor, jófejű emberek előtt, és mind neki adtak igazat.

Érdekes módon foglal állást Galilei kísérleti eredményeiről Koyré *Études galiléennes* című, 1939-ben Párisban megjelent háromkötetes munkájában. „Mennyire megérti az ember — írja — Descartes-tot, aki elvetett minden Galilei-féle kísérletet. Mennyire igaza van! Mert Galilei minden kísérlete, legalábbis minden reális kísérlete, amely méréshez, számhoz vezet, kortársai szerint hibásnak bizonyult.” Azt mondja, hogy még a *Dialogóban* is nem a Galileit képviselő Salviati, hanem az Aristoteles tanait védő Simplicio hangoztatja a kísérlet bizonyító erejét. Ez a felfogás

azonban túlzás, mert kétségtelennek látszik, hogy a lejtőn való mozgással Galilei csakugyan kísérletezett és így állapította meg a mozgás törvényeit. Fő eredménye ugyan, hogy t. i. az egymás utáni másodpercekben megtett utak úgy növekszenek, mint a páratlan számok, már 1330-ban megtalálható Heytisbury munkájában.

Az ellenálló közegben való tényleges mozgás problémája később is igen nehéz diónak bizonyult. Az angol Roberval rámutatott már 1646-ban arra, hogy a szabadesésnek Galilei-féle törvényei csak közepes magasságra és nehéz testekre eredményesek, hosszabb úton való esésnél a szabadon eső test mozgása a levegő ellenállása miatt egyenletessé lesz. Huyghens az elhajított test mozgását olyan feltétel mellett vizsgálta 1668-ban, hogy a levegő ellenállása arányos a sebességgel. Matematikailag úgyesen oldotta meg a feladatot, de az eredmény nem egyezett meg a tapasztalattal. Fel kellett venni, hogy az ellenállás a sebesség négyzetével arányos, de így meg matematikailag nagyon komplikált lett a feladat. Még Newton is csak kerülő úton tudta megoldani.

A fény sebességének kérdésében is szembekerült Descartes Galileivel. Descartes azt tanította, hogy a fény sebessége pillanatnyi, nincs szüksége időre. Különbözik amikor a mozgó földről figyeljük meg a csillagokat, azoknak el kellene tolódnok a helyükről. Bradley igazolta 1725-ben, hogy ez az eltolódás csakugyan megvan — ez az úgynevezett aberráció —, de ez sokkal kisebb, semhogy Descartes idejében meg lehetett volna figyelni. Galilei úgy gondolta, hogy a fény sebessége véges, de olyan naív kísérletet ajánlott ennek megméréseire, amit joggal kifogásolt Descartes. Galilei ugyanis azt ajánlotta, hogy két hegytetőn álljon fel a két megfigyelő. Az egyik lámpát tartson a kezében, amelynek a fényét szabályos időközökben takarja el. A másik megfigyelő a fény véges sebessége miatt meg-megkésve látja a fény eltűnését, és ebből a késésből lehet megállapítani a fény sebességét. A florenci *Accademia del Cimento* megpróbálkozott ezzel a kísérlettel, de persze eredmény nélkül. Az akkori kísérleti eszközök birtokában csak csillagászati méretekben sikerülhetett a mérés, amint Römer Oláf 1676-ban a Jupiter egyik holdjának megfigyelése alapján meg is állapította, hogy a fény kereken 300.000 km-t fut be másodpercenként. Eredményét Franciaországban csak nehezen foglalták el Descartes nagy tekintélye miatt.

Galilei mechanikai tanait Huyghens fejlesztette tovább. Megállapította a fizikai ingalengés törvényeit, amelyről Galileinek még nem voltak egészen tisztult nézetei. A centrifugális erőre vonatkozóan is helyesbítette Huyghens Galilei téves nézetét. Mindezek az eredmények — Keplernek a bolygómozgásra vonatkozó törvényeivel együtt — Kopernikusz tanát is megerősítették. Amikor Huyghens Kopernikusz nézeteinek hirdetéséért valaki megtámadta, így válaszolt (1660-ban): „Nem értem, hogy Fabrius milyen alapon állítja olyan elbizakodottan, hogy a Föld mozgásáról szóló tant csak eretnekek tartják. Akárhányszor ugyanis erről római katolikusokkal beszélgetek, azok azt vallják, hogy őket nem kötelezi az ellenkezőről hozott döntés... Biztos, hogy Galliában is Kopernikusz rendszerét nem mint hipotézist, de mint eldöntött igazságot tárgyalják egyháziak és papok is, akik egész kötetekben nyíltan tanítják ezt a tant anélkül, hogy — amennyire tudom — Róma ellentmondana.”

Végleg uralomra jutott az új tan Newton gravitációs elméletével. Már többször felmerült a gondolat, hogy a súly a földtől távolodva csökken. Érdekes ebből a szempontból Descartes felfogása. Ha megfigyeljük — mondja — a nagy madarak magasan történő repülését és a gyerekek által feleresztett sárkányokat, az a benyomásunk, hogy a súly ott kisebb

lehet, mint lent. Azt is mondják — teszi hozzá —, hogy ha függőlegesen lőnek fel egy ágyúgolyót, az nem esik vissza. Ennek is az lehet az oka, hogy ott fenn magasan annyira lecsökken a súly, hogy a fellőtt test már ott fenn tud maradni. Biztatta is Mersenne-t, hogy végezzenek ágyúval is ilyen kísérletet.

Newton másképp közelítette meg a kérdést. A kísérletek azt mutatták, hogy tornyok, hegyek tetején még nem csökken észrevehetően a testek súlya. De ha elmegyünk a Holdig, akkor a súlyerő már észrevehetően csökken. Számítást végzett, hogyha a súlyerő a távolság négyzetével fordított arányban csökken, akkor ez a megkisebbedett erő elegendő-e ahhoz, hogy a Holdat megtartsa körpályán a Föld körül. A számítás eredménye igazolta elgondolását és így felállította az általános gravitációs törvényt, amely szerint a testek olyan erővel vonzzák egymást, amely a tömegükkel egyenesen, a közöttük lévő távolság négyzetével pedig fordítva arányos.

Sok vitára adott okot ennek a vonzóerőnek természete. Aristoteles szerint csak a közvetlenül érintkező testek tudnak egymásra hatást kifejteni, s ez a nézet uralkodó volt a XVII. században is. Ezért vette fel Descartes a Nap és az egyes bolygók körül valami elgondolt finom anyagnak az örvénylő mozgását, hogy ezzel az örvények ragadják körbe a Nap körül a bolygókat és a bolygók körül azoknak a holdjait. Hasonló nézeteket vallott Leibniz és Huyghens is. Conti velencei apát töltött be akkor kicsiben hasonló szerepet, mint fél évszázaddal előbb Mersenne. Contihoz írt levelében Leibniz 1715 végén ezeket mondja: „Az ő (t. i. Newton) filozófiája némileg paradoxonnak látszik és nem tudom, lesznek-e követői? Ha minden test súlyos, akkor a gravitáció vagy a skolasztikusok által használt rejtett tulajdonság (*qualitas occulta*), vagy csoda eredménye. Ha Isten egy szabad testnek azt a törvényt adta, hogy egy középpont körül keringjen, szükséges, hogy vagy más testekről gondoskodjék, amelyek azt nyomásukkal a körpályán visszatartsák, vagy anyagot rendeljen ki erre a célra, vagypedig Isten valami rendkívüli módon járuljon hozzá ennek megtörténéshéhez, különben ugyanis a test természete szerint pályájáról az érintő mentén tova szaladna.”

Newton ugyancsak Contihoz intézett levelében válaszol a kifogásokra. Ha a természet törvényei szerint a szokott módon működik — mondja —, akkor nem lehet csodáról beszélni, és ha valaminek az oka lappang, az még nem *occulta qualitas*. Máshol pedig azt mondja: képtelenség azt gondolni, hogy valami test az üres térben valamiféle közvetítő nélkül is hatást gyakorolhat nagy távolságból egy másik testre. „A nehézkedést oly hatóerőnek kell kiváltania, amely meghatározott törvényszerűség alapján szüntelen működésben van. Annak az eldöntését azonban, hogy ez a hatóerő anyagi vagy nem anyagi természetű-e, olvasóimra bízom.”

Jobban kifejti Newton felfogását tanítványa, Clarke Leibnizzel való vitájában. A távolbahatás lehetetlen, mert a test nem hathat ott, ahol nincs. De az eszköz, amely által két test vonzza egymást, lehet láthatatlan, nem-tapintható, nem mechanikus természetű. Hiszen ha minden természeti erő csak mechanikus lehetne, akkor minden állat, az embert sem véve ki, pusztá gép lesz, mint az óra. A gravitációt igenis előidézhetik szabályos és természetes erők, noha nem mechanikusok.

A századnak a vallással szemben elfoglalt álláspontjából érthető, hogy sokat foglalkoztak Isten és a világ viszonyával. Newton felfogása általánosan ismert. A bolygók vonzásában a Nap vonzóerejét természetes oknak ismerte el, de a sugárra merőleges kezdő impulzust már Istennek

tulajdonította. „Nem ismerek a természetben semmi hatalmat, amelyik ezt a tranzverzális mozgást okozhatta, Isten karján kívül.” Azt is gondolta, hogy a Naprendszer bolygóinak mozgása idővel szabálytalan lenne, azért szükséges, hogy Isten időnként rendet csináljon. Robert Boyle, a gáztörvények felfedezője úgy gondolja, hogy a világ mindenható alkotója nem hagyta magára a hozzá méltó főművét; de nem gondolja, hogy a világnak szüksége van valami természetfölötti beavatkozásra, mert „a mindenség hasonló egy csodálatos órához, mint amilyen a strassburgi, amiben minden dolog oly ügyesen van elrendezve, hogyha a gépezet egyszer mozgásba jön, minden a feltaláló eredeti tervei szerint folyik le.”

Leibniz e téren némileg racionalistábbnak bizonyul. Minden bolygó, sőt ezek holdjai is, egy irányban forognak, s ezt jól magyarázzák Descartes törvényei, amelyeket ezért szerinte nem kellene Newtonnak elutasítani. Visszamenni ugyanis a természet alkotójának rendelkezésére: ez nem elég filozófikus dolog, amikor közelebbi okot is van módunkban megjelölni. A bolygók mozgásának ezt az összhangját egyszerűen véletlen találkozásnak minősíteni semmiképpen sem lenne ésszerű, ezért kell felvénünk az örvények létezését.

Leibniz tehát a természet vizsgálatában az ésszerű okokat keresi, így Descarteshez hasonlóan a racionalizmus megalapozója. Newtont azonban nem lehet hozzájuk társítani. Lord Keynes, Newton születésének 300 éves évfordulójára készített megemlékezésében azt mondja, hogy aki ismeri a láda tartalmát, amelyet Newton magával vitt, amikor 1696-ban elhagyta Cambridge-t — ez az irodalmi hagyaték ma is kiadatlan —, az nem tarthatja a nagy tudóst racionalistának. „Newton nem volt a racionalizmus korának első képviselője — mondja —, inkább az utolsó mágus volt, az utolsó babiloni, az utolsó nagy szellem, aki a látható világot és a gondolatok világát ugyanazzal a szemmel nézte, mint azok, akik vagy 10.000 évvel előbb megkezdték építeni a tudományt.”

A XVII. század természettudománya kétségtelenül Newtonban érte el a csúcspontját. Nemszak egy gondolati irány fejlődését zárta le, lezárt egy jellegzetes szellemi beállítottságot is. A szellemi fejlődés paradoxonai közé tartozik, hogy a kontinensen Newton eszméinek az volt a leglelkesebb apostola, aki egy egészen másfajta szellemi irányzatnak lett a megindítója és vezető szelleme. Ezt az új apostolt Voltaire-nek hívták.

ESTEFELÉ

*Elment a nap, de az égen hagyta
bíborpiros csókja nyomát.
A szürkülő és komoly táj fölött
halk, hosszú sóhaj oson át.
Ezer tücsök méla kardalára
a hold kidugja vén fejét,
s csodálkozva mézi a parasztkok
hazavonuló seregét.*

*A dülön, a kocsisort bezárva,
vigan évődő ifjú pár.
Barnák, jóarcúak, vidámak,
szívükben ég az ifjú nyár.
Susogva, nevetve bújnak össze.
Vetésbe kapnak a lovak.
Hátuk mögött lágy violaszinben
virágzik el az elkonyat.*

*Túlról, a hegy virágerdejéből
egy piros szoknya integet.
Valahonnan egy rég elfeledett
nótát lopnak a víg szelek.
Harang szól a Teremtés Urához,
ki szép játékan andalog.
Végül, mintha ezer lámpa gyúlna,
fölragyognak a csillagok.*

Hegedűs László