

## Fizika és filozófia

Irta Sztrókay Kálmán

*J. H. Jeansnak nemrégiben magyarul megjelent könyvével kapcsolatban a „Tudomány” mult számában a szellem-tudományok egyik képviselője, Kenyeres Imre irodalomtörténész — a Rejtelmes Irodalom című kis remekmű szerzője — kifejtette, hogy az új természetfilozófiáról tudomást kell venniök a szellemtudományoknak is. A filozófia összefüggésbe került a fizikával s ezzel a filozófián alapuló tudományok helyzete is új alapokat kell hogy találjanak. A tudományok ez át-csoportosításának kérdéséhez első feltétel a fogalmak tisztázása s ehhez akarunk hozzájárulni, amikor a következőkben áttekintést adunk a fizika megszületéséről, a természettudományos módszereknek a régi filozófia módszereivel való küzdelméről.*

**N**AGYJÁBAN tízmillió esztendeje él ember a földön, de ennek a tízmillió esztendőnek csak az utolsó öt-hat-ezer évében kezdett rendszeresen foglalkozni azzal, hogy megismerje a természetet. Mégis mindössze háromszáz esztendeje annak, hogy rátalált a helyes útra. Alig több háromszáz esztendejének az, hogy Galilei kimondta a fizika alaptörvényét, a tehetetlenség törvényét, mely szilárd alapot adott

a természet megmagyarázására. Ez azonban nem jelent annyit, hogy Galileiig kárba veszett a hosszú idő, vagy hogy a régiek nem csináltak semmit. Nagyon sokat köszönhetünk a régieknek is, és bizonyos, hogy a sok eredménytelen kísérletnek azért meg volt a haszna. Sokkal nehezebb lett volna Kopernikus és Képler munkája, ha már a babiloniaiak nem fejlesztették volna oly magasra a csillagászati megfigyelést. És

talán még sokáig kellett volna várni egy *Galilei*hez hasonló lángelmére, ha a görögöket nem érdekelte volna a természet ezernyi titka annyira, hogy minden közvetlen gyakorlati cél nélkül is igyekeztek megmagyarázni a mindenséget.

A természettudomány kétségtelenül annak köszönheti megszületését, hogy az ember a mindennapi élet számára akarta felhasználni a természet erőit. A célt azonban csak úgy érthette el, hogy nem törődött a közvetlen gyakorlati haszonnal, hanem pusztán a tudás vágyának engedelmeskedve indult neki a nagy feladatnak. Ettől kezdve aztán ráadásként kapta azt, ami az eredeti célja volt.

Ma már joggal büszkélkedhetünk azzal, hogy meghódítottuk a természetet, sőt hogy többet is tudunk már, mint maga a természet. A természetben rengeteg lehetőség rejlik, de minden rendszer, minden célzatoság nélkül, mintha csak játékos szeszélyből csinálna mindent. Nem törődik az emberrel, nem az ember számára találta ki, hogy legyen egy növény, mely kékfestéket termel, egy fa, melynek kérge gyógyítja a maláriát, egy másik fa, melynek gyantája lehetővé tette az embernek, hogy rugalmas autóabroncsokat csináljon. És nem azért teremtett mada-

rat, hogy az ember repülni tanuljon tőlük. Ellenkezően, nagyon is őrzi a titkait és nem árulja el egykönnyen a kíváncsi embernek. És ma mégis, az ember jobban tud repülni, mint a madár, még hozzá egész más módszert talált ki erre a célra. Az indigót, a kinint, a kaucsukot maga is meg tudja csinálni laboratóriumában, és vasutakat hajt, világít, telefonál azzal a villamossággal, mely a természetben csak ellenséggként fordul elő az ember számára.

A természet meghódítása nem ment könnyen, csak nagyon sok verejtékes munka árán értük el a győzelmet. A küzdelem sokáig meddő volt, de a magunk hibájából. Eleinte túlokosnak képzelte magát az ember és túlegyszerűnek a természetet. Azt hitte, hogy nem olyan nagy dolog az értelmes, gondolkodni tudó ember számára megszerezni a hatalmat a természet fölött. Sok kudarcot kellett beismernie, amíg végül megtalálta a módját annak, hogy a természet minden lehetőségét megismerje, és amikor megismerte, adódott az is, hogy a saját szolgálatába állítsa őket. S ezt annak köszönhetjük, hogy a természetben megbízhatunk, mert mindig és mindenben következetes. Minden természettörvény örök, s

amit egyszer kiderítettünk, arról biztos, hogy törvény marad mindenkor.

**M**OZGOK: tehát vagyok, — mondta ki *Herakleitos*, görög filozófus, kétezer esztendővel azelőtt, hogy megszületett Descartes híres mondása, a „gondolkodom, tehát vagyok.“ *Herakleitos* észrevette, hogy filozófustársai nagyon sok mindent mondanak ki, ami sokszor homlokegyenest ellentétben van egymással, és ezért megpróbált találni a filozófia alapjául egy olyan tételt, amelyet mindenki kénytelen legyen elfogadni. El kell ismerni, hogy alig találhatott volna erre a célra jobban megfelelő igazságot, habár maga a mozgás még nem meríti ki a lét minden feltételét. Annyi azonban bizonyos, hogy ami *mozog*, arról nem lehet elvitatni, hogy *van*.

Már már tudjuk, hogy a fizika minden ágában csak akkor mehetünk valamire, ha a tüneményeket sikerül mozgásként megmagyarázni. Mozgás a hő, mozgás a fény, az elektromosság, a mágnesség, és ezer-szer beigazolódtott, hogy addig semmire sem jutunk, amíg fel nem fedezzük, miben rejlik a mozgás. *Herakleitos* kijelentése tehát alkalmas lett volna arra, hogy következetesen haladva ez eképpen kijelölt úton,

felépítsék az egész fizikát. Ő maga is megpróbálkozott mozgásként megmagyarázni az egész világot, de ebben már aztán ő is beleesett a görög filozófusok általános hibájába, hogy egyszerre akart mindent megmagyarázni, egyetlen alapelvből. A továbbiakban úgy folytatta, hogy minden mozgás oka a tűz, majd mivel ez még nem bizonyult elégségesnek, felvett két általános, de egymással ellentétesen működő erőt, melyek a világ folyását intézik. Ha nagyon nagy jóindulattal nézzük ezt az okoskodást, találunk benne valami helyes gondolatot, bár homályosan. A tűz helyett mondjuk, hogy a hő és már kezd igaz lenni, hogy például az emberi testben minden mozgást a hőenergia hoz létre. A két ellentétes irányú erőt pedig átkeresztelhetjük vonzásnak és taszításnak s megtaláljuk őket az elektromos erők képeiben.

Az igazi természettudomány azonban nem ilyen sejtéseken épül fel. Nem is lehet egyszerű négyfalközi elmélkedéssel természettörvényeket felfedezni, hanem csak magának a természetnek a megfigyeléséből. Persze, a megfigyelés aztán megint más kérdés, mert nem olyan könnyű már az sem, hogy *mit* kell tulajdonképpen meg-

figyelni, ha aztán abból következtetni akarunk valamilyen törvényszerűségekre? Azért született meg olyan sokára a természettudomány, mert a munka módszere lényegesebb volt, mint maga a cél. Azt volt nehéz megtalálni, *hogyan kell megfigyelni a természet tüneteit?*

**A** RISTOTELES és tanítványai megfigyelték a szabad esést és arra az eredményre jutottak, hogy „a szabadon eső test sebessége annál nagyobb, minél messzebbre jutott kiinduló helyéről.” Ez igaz. De mégsem helyes a megállapítás, mint törvény, mert az már tévedés lenne, ha úgy mondjuk ki, hogy a szabadon eső test sebessége a megtett *úttal* arányosan növekszik: Az az igaz, hogy a sebesség az *idővel* arányosan nő. Látszólag nincs sok különbség a két megállapítás között, hiszen mind a kettő azt mondja, hogy a sebesség nő és természetes, hogy ha hosszabb ideig esik egy test lefelé, hosszab utat is tesz meg, vagyis a megtett út is az idővel arányosan növekszik. Mégis döntően nagy a különbség. Ha ugyanis az Aristoteles-féle sebességtörvényt vesszük, már azt sem lehet megérteni, hogy hogyan kezd esni valamely eleresztett test, hiszen az eleresz-

tés pillanatában *még nincs* sebessége, még nem is tett meg semekkora utat sem, tehát nem növekedhet a sebessége a megtett úttal arányosan. El sem kezdhetne tehát esni.

Épilyen helytelen volt az aristotelesi iskolának egy másik megállapítása a szabadon eső testekről. A közvetlen megfigyelés azt mutatja, hogy a könnyű testek, például a toll, a falevél lassabban esnek, mint a nehezek, például a kő. Ők ennek a felületes megfigyelésnek az alapján kimondták, hogy a szabadon eső testek sebessége arányos a tömegükkel, azaz, mennél nehezebb egy test, annál nagyobb sebességgel esik a földre. Ebbe a törvénybe úgy csúszott be a hiba, hogy nem vették tekintetbe a levegő ellenállását. A falevél, a toll azért esik lassabban, mert nehezebben tudja leküzdeni a levegő ellenállását, mint a kő. A levegőben való esés bonyolultabb tünetény, mint az egyszerű szabad esés, ha nem vesszük tekintetbe a levegő jelenlétét és hatását.

**E** KÉT aristotelesi törvény tévedéseiből pontosan le lehet vezetni, hogy milyennek kell lennie a természettudományos kutatás módszerének. Nyilvánvaló, hogy meg kell figyelni a tünetényeket. De az még nem

megfigyelés, ha csak nézzük őket és elmondjuk, hogy körülbelül mit láttunk. Amikor például azt mondjuk, hogy a magasabbról eső kő nagyobb sebességgel ér le a földre, mint az alacsonyabb helyről elinduló, ezzel még nem mondtunk komoly adatot. Szinte magától adódik a lényeges kiegészítő kérdés, hogy *mennyivel nagyobb* a magasabbról eső test sebessége? Erre a kérdésre nyilván csak úgy kapjuk meg a feleletet, ha *megmérjük* a sebességeket. Kell egy sor mérés, azaz meg kell mérni, hogy különböző magasságokról ejtve le valamit, mekkora lesz a sebesség a földre érkezésnél. Ha aztán valóban találunk valamilyen összefüggést a magasságok és sebességek között, akkor kimondhatunk egy törvényt. Hogyha Aristotelesék valóban így mérték volna a sebességeket az esés magasságával együtt, arra a törvényre jöttek volna rá, hogy a végsebesség a megtett út *négyzetgyökével arányos*. Ez lényegesen más, mint az, hogy az *egész* magassággal arányos a sebesség.

Az elvi módszer mellett aztán nyilván még így is sok kérdés merül fel. Hogyan mérjük a sebességet, az időt? Hol találunk elég anyagot a megfigyelésre, illetve a mérésre, hiszen

igaz, hogy lépten-nyomon láttunk eső testeket, de a legritkább eset alkalmas mérésekre. Kézenfekvőnek kellett volna lennie annak a gondolatnak, hogy amikor valamilyen tünetményt részletesen, alaposan meg akarunk figyelni, ne elégedjünk meg azzal, hogy csak várjuk, mikor következik be a természetben, hanem igyekszünk *tervszerűen előidézni* a megfigyelés és mérés céljaira. Nem kell várni, mikor esik le valami az asztaról, a toronyból, és itt meg ott, különböző magasságokból, hanem szándékosan leejtünk valamit a legalkalmasabb helyen, a leginkább megfelelő magasságokból, és gondoskodunk célszerű mérő berendezésről. Egyetlen szóval mondvá, nemcsak megfigyelünk, hanem *kísérletezünk* is.

A kísérletezésnek ezenkívül is van még haszna. Egyrészt azért jobb nem a közvetlen megfigyelésből, hanem a *tervszerű kísérletek* adataiból levezetni a természettörvényeket, mert a kísérletezésnél kiküszöbölhetjük a mellékes és sokszor nagyon is zavaró hatásokat, és így tisztában van előttünk maga a tünetmény. Másrészt pedig arra jó a kísérletezés, hogy valamilyen már felállított törvényszerűséget is ellenőrizhetünk tetszés szerinti pontossággal. Különösen ez a máso-

dik lehetőség az, amiről a görög tudósok szinte teljesen megfélemeztek. Számtalanszor mondtak ki a legnagyobb határozottsággal olyan törvényeket, amelyeket könnyű lett volna néhány kísérlettel ellenőrizni, de nem tették meg, inkább csak elméletileg vitatkoztak rajta, igaz-e, vagy nem. De még arra sem gondoltak, hogy ellenfeleik állításait cáfolják meg egyszerű kísérletekkel. Pedig az első célra ők is sokat kísérleteztek. *Pythagoras* kifeszített húrokkal kísérletezett és megállapította a húrok hosszúsága és a hangmagasság közt lévő összefüggést. *Euklides* sok fénytani kísérletet végzett, *Archimedes* pedig számos ma is nevezetes kísérletet csinált a folyadékok egyensúlyának s az egyszerű gépek törvényeinek kikutatása során.

**S**AJNOS azonban, *Aristoteles*-nek és hosszú évszázadokon keresztül minden követőjének nem ízlett a komoly megfigyelés és kísérletezés. Maga *Aristoteles*, aki kétségtelenül hatalmas lángelme volt, szinte csak úgy odavágta elméleteit, a jólertesültség biztos tudatával, de a részletekkel, a valószínűs bizonyítással nem sokat törődött. Tanítványai, követői, hívei viszont annyira tisztelték mesterüket, hogy minden bírá-

lat, minden kétkedés nélkül elfogadták minden szavát. Később, a középkorban hozzájárult ehhez az is, hogy a keresztény egyház is elfogadta őt, illetve filozófiáját s ettől kezdve természetesen nem kevésbé volt szabad kételkedni bármelyik szavában is. A középkori egyetemeken csak az taníthatott, aki *előre megfogadta*, hogy ellenmondás nélkül tiszteletben tartja *Aristoteles* minden tanítását.

Igy aztán nagyon sokáig nem kerülhetett a sor rá, hogy valaki egyszer meg merje mérni, *valóban* a megtett úttól függ-e egyenes arányban a szabadon eső testek sebessége, és nem akadt senki, aki egyszer mégis kísérletezni kezdjen, hogy valóban gyorsabban esik-e le a vasgolyó, mint a fából való?

A skolasztikusok, — így hívták az aristotelesi iskola követőit, — meg sem próbálták a természet tanulmányozását, csak magát *Aristotelest* tanulmányozták és magyarázták. Nyilvánvaló, hogy nem sok eredményt érhettek el a természet megismerésében. Csak vitatkozni akartak, megfigyelni nem, és így természetesen csak olyan kérdésekhez nyúltak, melyek megoldásában nem játszik szerepet a megfigyelés. Fontosabb kérdés volt számukra például az, hogy az an-

gyalok milyen ruhában járnak, mint akármelyik egyszerű fizikai jelenség megmagyarázása. Azért a skolasztika korlátlan uralmában, századaiban is akadt imitt-amott olyan gondolkodó, aki megpróbált felszabadulni az aristotelesi tekintély nyúge alól. Legelsőnek *Roger Bacon*t kell megemlíteni, aki a tizenhermadik század legvilágosabb elméje volt. Korának szelleméhez mérten egészen csodálatos határozottsággal szállt síkra a megfigyelés és kísérletezés szükségessége mellett, bátran kimondván, hogy a tekintély nem elég valaminek a megismeréséhez. Csak akkor hivatkozhatunk valamilyen tekintélyre, ha annak állításait kísérleti úton is be lehet bizonyítani. Azonban annak ellenére, hogy *Bacon* világosan kijelölte a kutatás útját, ő maga mégis kevés megfigyelést végzett és inkább elmélkedett. Egyedül a fénytán terén volt némi eredménye, de még itt is inkább csak kijelölte az utat, mintsem maga is megindult volna rajta. Így például színes szavakkal írta meg, hogy üveglencsék segítségével olyan távcsövet lehetne szerkeszteni, amellyel „nagy messzeségből is elolvashatnánk az apró betűket, megszámlálhatnánk a homokszemeket, a gyermek óriásnak látszanék...” de meg sem pró-

bálta valóban megcsinálni a távcsövet. Komoly hatása nem is volt *Bacon*-nek a természet-tudomány fejlődésére. A skolasztika virágzott tovább, a tizennegyedik és tizenötödik századon végig, megakadályozva minden igazi kutatást. És érdekes, hogy maga *Aristoteles* nem is tehet róla, hogy filozófiája oly erős akadálya lett a tudománynak. A skolasztikusok tulajdonképpen őt magát sem ismerték, hiszen az aristotelesi filozófiát a középkorban csak *Averrhoes* művéből tanulmányozták, amiről ma már tudjuk, hogy az eredeti görög szöveg *szíriai* fordításából készült *arab* fordítás, *arab* kommentálásának *zsidó fordításából* készült *latin* fordítás volt.

A SKOLASZTIKUSOK egyáltalán nem tudtak görögül. Csak amikor Konstantinápoly elfoglalása után a bizánci tudósok nyugatra menekültek, magukkal hozván a többi régi görög filozófus és tudós eredeti írásait, kezdte Európa is megismerni az igazi görög szellemet, amelynek nyomán felvilágosultság járt, és újra feléledt az igazi vágy a természet megismerésére is. Első a csillagászat volt, amely saját lábára tudott állni. A skolasztikusok, mikor meg akartak tudni valamit a mindenségről, könyveket vettek elő, a reneszánsz

merész forradalmárai figyelni kezdték a csillagos eget és obszervatóriumokat építettek.

Az első merészebb gondolkodó *Cusanus* bíboros volt, akinek legfőbb érdeme, hogy vissza mert térni Ptolemeusszal szemben a pythagorasi világszemlélethez. Ki merte mondani ismét, hogy a Föld is olyan égitest, mint a többi, hogy nagyobb ugyan a Holdnál, de kisebb a Napnál, és a saját tengelye körül forog, természetesen huszonnégy óra alatt. Azt azonban, hogy a Föld valóban gömbalakú-e, csak a tapasztalat bizonyíthatta be meggyőzően. Ezért volt olyan nagyjelentőségű *Columbus* útja, melyen felfedezte Amerikát. Hiába bizonyították be fényesen régi könyveikből a skolasztikusok, hogy a Föld lapos korong, melynek szélein a víz, a levegő s a felhők áthatolhatatlan péppé keverednek, *Columbusnak* mégis sikerült körülhajóznia a Földet, megcáfolva ezzel az egész régi világszemléletet. Nem fontos, hogy nem Nyugat-India volt az a szárazföld, hová eljutott, hanem egy új világrész, egyszerre meglazult az a bilincs, amelyet a skolasztika erőszakolt rá minden olyan gondolkodóra, aki magától a természettől akart feleletet kapni kérdéseire és nem a könyvektől.

A reneszánsz az antik szellemhez való visszatéréssel kezdődött, de sokkal több lett annál, mint a görög szellem feltámasztása. Új irányt teremtett, az ember kiszabadította magát a tespedésből, haladni akart előre, tudott örülni a művészetnek és a tudománynak s folytatta azt, amit a görögök elkezdtek, de ami aztán szinte teljesen elkallódott az évszázadok folyamán. A természettudományban is ezt csínálták, csak fejlettebb technikával, nagyobb rendszerességgel.

**R**OGER BACON még csak ki mondta a kísérletezés szükségességét, de maga nem végzett komoly kísérleteket. Inkább csak tippeket adott arra, hogy mit kellene csinálni, mint ahogyan még sokáig külön foglalkozás volt a tudós kutatóé és a próbálgató mechanikusé. Az új korszak első lángelméje *Leonardo da Vinci* volt, aki fizikai kutatásaiban legalább egy századdal megelőzte korát, de mégsem volt semmi hatása a tudomány fejlődésére, mert munkái nem jelentek meg és senki sem tudott róluik sokáig. *Leonardo da Vinci* kiváló matematikus is volt és belátta, hogy csak a matematika alkalmazása hozhat eredményt a természet kutatásában. A matematika felhasználásához azonban *adatok* kelle-



nek és ezeket az adatokat csak a megfigyelés és a kísérletezés szolgáltathatja. Kutatásaiban valóban ezt a módszert alkalmazta. Megfigyelt, mért, kísérletezett és így igyekezett fokozatosan egyre általánosabb törvényeket felfedezni. Rendszeres kutatásaiban nagyon szép eredményeket ért is el. Első volt, aki végre komolyan elkezdett foglalkozni a szabad eséssel. Habár az aristotelesi iskolával együtt még azt tartotta, hogy a nehezebb testek gyorsabban esnek, mint a könnyűek, mégis, észrevette, hogy az egyenlő időközökben megtett utak számtani haladványt szabad esésben a sebesség növekedésének pontos törvényét. Sokat kísérletezett a lejtőn való eséssel és azt a törvényt alkotnak, vagyis megtalálta a állapotot: meg, hogy egy lejtő mentén annyiszorta hosszabb idő alatt esik egy test, mint ugyanakkora magasságból, szabadon, ahányiszorta hosszabb a lejtő a magasságnál. *Leonardo da Vinci* egyébként egészen világosan fejezte ki az erők fogalmát és az ütközésnél is nagyon rövid ideig ható erőkről beszél. Első volt, aki lehetetlennek mondta ki a *perpetuum mobilét*, bár természetesen nagyon kevés bizonyíték volt erre a kijelentésre. Sokat foglalkozott a hullám-

mozgással és hogy mennyire egységesen látta már ezeket a tüneeményeket, azt bizonyítja ez a mondata: „A hangok és a fény hullámait ugyanazok a mechanikai törvények igazgatják, mint a víz hullámait.“

*Leonardo* művei három évszázadon keresztül érintetlenül heverték a párizsi Bibliothéque Nationaleban. Csak 1797-ben ásta ki őket *Venturi* innen. Kétségtelen, hogy ha ő maga közreadja munkásságának eredményeit, a fizika nem késett volna annyit, mint amennyit csodálatosképpen késett a szellemi élet minden egyéb ágában való haladással szemben. Hiszen pontosan kijelölte azt az utat, melyet követni kell, mikor például ezt mondta: „A tapasztalás megismerteti velünk a természetet, annak csodálatos műveit és sohasem csal meg. Annál inkább csalhat meg a mi eszünk, ha tüneeményeket vár, melyeket a természet nem nyújt. Mindenkor a tapasztalást kell megkérdeznünk, ha általános törvényt akarunk. És a tudományos bizonyosságnak matematikailag tárgyalhatónak kell lennie“.

A tizenhatodik század folyamán azért sokat foglalkoztak fizikai kérdésekkel, ha hiányzott is az egységes terv, a módszer és még mindig nem is voltak tisztában azzal, hogy

hogy mi tartozik a fizikába. Simon Stevin holland tudós volt azonban az egyedüli, aki a szorosan vett mechanikával eredményesen foglalkozott, bár inkább csak Archimedeust folytatta, vizsgálván az erők egyensúlyának kérdéseit. Ahhoz a kérdéshez azonban, hogy két egyensúlyi helyzet közt mi történik, hogyan megy át egyikből a másikba egy test, ő sem tudott hozzájárulni, még a legegyszerűbb esetekben sem. Lényegében az volt ennek az oka, hogy még nem tudta senki pontosan, hogyan lehet leírni egy mozgást, mi jellemzi igazában, mi általában az alapja a mozgástörvényeknek?

GALILEI volt végre az, aki megtalálta a feleleteket ezekre a kérdésekre és mindjárt teljesen ki is dolgozta az új tudományt, a mechanikát, vagyis a mozgás tudományát.

Ehhez a kulcs a tehetetlenség törvényének helyes felismerése volt. A filozófia legkezdete óta alapelvnek tekintette mindenki, hogy „nincs okozat ok nélkül“, vagyis nincs hatás valamilyen ok nélkül. Ezt az alapgondolatot azonban csak félig értelmezték a fizika számára, pusztán annyit mondván ki, hogy egy *nyugalomban levő test* nem kerülhet mozgásba, ha nem hat rá valamilyen erő. Ez az alapelv

mindenki számára nyilvánvaló. Csakugyan nem is lehet másból kiindulni, hiszen ha nem fogadjuk el, akkor egyáltalán nem lehet tudományról, természettörvények kiderítéséről szó. A régiak azonban nem vették észre, hogy *másik fele is van a tehetetlenség elvének*. Nemcsak a nyugalomban levő test nem változtathatja meg ebbeli állapotát, amíg nem hat rá valamilyen erő, hanem a *már mozgásban levő test* mozgásában sem következhet be semmiféle változás, amíg valamilyen erő nem hat rá. Ha tehát valami mozgásban van, és közben semmiféle erő nem működik, a mozgásnak egyenletesnek, és *egyenesvonalúnak* kell maradnia mindvégig, azaz örökké. Hiszen *nincs oka rá*, hogy megváltoztassa akár a sebességét, akár az irányát.

Legyünk igazságosak a régiakkal szemben, nem is olyan magától értetődő a tehetetlenség a mozgásnál. A közvetlen, mindennapi tapasztalat léptenyomon éppen az ellenkezőjét bizonyítja, helyesebben, látszik bizonyítani. Tapasztalatunk ugyanis azt mondja, hogy minden mozgásban lévő test előbb-utóbb megáll, s ha azt akarjuk, hogy mozgása állandó legyen, folyton erőre van szükség ennek biztosítására. A kocsit folyton húzni kell. Nem elég egyszer meglökni, hogy

attól örökké menjen előre, egyenes irányban, egyenletes sebességgel. Ezért gondolták a régiek azt, hogy a mozgás *fenntartásához* erő kell. Ahhoz, hogy a látszat, a tapasztalat ellenére ki merje *Galilei* mondani a mozgás alaptörvényét, sokkal több kellett, mint egyszerű józan logika. Föl kellett ismerni, hogy *ott is működnek erők, ahol addig semmit sem vett észre senki*. Mert erő a súrlódás, erő a levegő ellenállása, s ezek az erők minden mozgásban levő testre állandóan hatnak, még pedig mindig a mozgás irányával szemben. A tehetetlenség törvényének tehát az az igazi értelme, hogy ha a természetben valahol azt látjuk, hogy egy test nyugalmi helyzetéből elindul, vagy hogy *nem* egyenes vonalban, *nem* egyenletes sebességgel mozog, akkor biztosak lehetünk abban, hogy valamilyen erő hat rá. Az elgurított golyó egyre lassabban gurul, aztán megáll. Azért nem marad meg eredeti sebessége, mert útközben folyton hat rá a súrlódás, mint erő. A Hold körben kering a Föld körül, nem egyenes vonal a pályája, tehát kell lenni valamilyen erőnek, mely minden pillanatban változtatja mozgásának irányát. Ez az erő, mint ma már tudjuk, a Föld vonzó ereje.

A tehetetlenség törvényének

teljes megfogalmazása már maga oly nagyjelentőségű, hogy egyedül ez is halhatatlanná tette volna *Galilei* nevét. Ő azonban sokkal tovább haladt előre azon az úton, amelyet ez a törvény megnyitott a fizika számára. Igaz, a többi már csaknem tiszta logikai feladat volt, de még mindig csodálatos lángelmének kellett lennie annak, aki megbírkózik vele.

Nem elég azt mondani egy mozgásról, hogy egyenletes, mert a sebessége ugyanakkorának látszik. Gondolni kell arra, hogy amikor sebességet mérünk, kétféle sebességet kaphatunk. Átlagos és pillanatnyi sebességet. Az átlagos sebesség tulajdonképpen nem mond semmit, mert lehet benne kisebb-nagyobb sebesség is. Mikor azt mondjuk, hogy egy autó nyolcvan kilométer sebességgel tette meg az utat Budapest és Szeged közt, ebből még nem tudjuk, hogy milyen volt a valóságos útja, hiszen az átlagban előfordulhatott százötven kilométeres sebesség és csigalassúság is. A fizika számára csak a pillanatnyi sebesség jelent valamit, bár szinte lehetetlen feladat valóban meg is mérni nagyon rövid idő alatt való sebességeket.

Ha a mozgó testre állandóan hat valamilyen erő, nyilván egyre nőnie kell a mozgó test sebességének, tehát a mozgás

gyorsuló mozgás lesz. Annyit jelent ez, hogy a meglevő sebességhez minden pillanatban hozzájárul bizonyos gyorsulás, még pedig úgy, hogy az előző pillanatbeli sebességhez egyszerűen hozzáadódik valami. A sebességeknek ezt az *összeadhatóságát* is *Galilei* ismerte fel, s ez az elv szintén alapvető fontosságú. Mindenekelőtt az következik belőle, hogy állandó erőnél a sebesség annál nagyobb, mennél hosszabb ideig hat az erő. Más szóval a végsebesség az *idővel* arányos. A szabad esés olyan mozgás, melynél állandó erő működik, a föld vonzó ereje. A szabad esés tehát egyenletesen gyorsuló mozgás, melynél a pillanatnyi sebesség a mozgás megkezdésétől számított *idővel* arányos, nem pedig, ahogyan az aristotelesi fizika mondta, a megtett *úttal*. Ebből aztán egyszerű számtannal le lehet vezetni azt is, hogy maga a megtett út az idő *négyzetével* arányos. *Galilei* eképen levezetett két törvényt, mely közül az egyik a sebesség és az idő, másik a megtett út és az idő közt adja meg az összefüggést. Számtalan közvetlen és közvetett kísérletet végzett, hogy egyrészt igazolja levezetését, másrészt pontosan megállapítsa a szabad esés gyorsulásának számbeli értékét, mely tudvalevően 9.8 méter másod-

percenként. Mérései és kísérletei teljesen igazolták is őt, de azért a kortársak túlnyomó része nem fogadta el az új mozgástudományt. A skolasztikus tudósok egyszerűen hivatkoztak *Aristotelesre* s nem voltak hajlandók utána csinálni a méréseket, amikből napnál világosabban el lehetett volna dönteni, hogy kinek van igaza. Ők *vitatkozni* szoktak, és *Galilei* is kénytelen volt *vitatkozni* igaza érdekében. Nagyszerű érveket hozott fel az aristotelesi mechanika ellen, de ez is hiába volt. Felhozta például azt, hogy ha a nehezebb test gyorsabban esnék, mint a könnyebb, akkor egy nehezebb és egy könnyebb testet összekötve, a nehezebb sebessége kisebbednék, a könnyebbé nagyobbodnék, tehát az összekötött két test közös sebessége a két eredeti sebesség között lenne. Másrésztől azonban a két összekötött test nehezebb, mint külön-külön mindkettő, tehát az aristotelesi elv szerint nagyobb sebességgel kellene esnie, mint a nehezebbnek magában. A skolasztikusokat azonban ezzel sem lehetett meggyőzni. Azt felelték rá, hogy nyilvánvaló, hogy egy test apróbb részei lassabban esnek, mint az egész, hiszen ha egy testet porrá törnek, a porszemek csak lassan szállingóznak lefelé. A ferde tornyon végzett

mérésekre pedig azt mondták, hogy azok nem számítanak, nem elég pontosak és ha kellően nagyobb magasságokból ejtenék le a tárgyakat, kiderülne, hogy igenis, a nehezebbek gyorsabban esnek és a sebesség a megtett úttal arányos. Mivel nagyobb magasságok nem voltak a kísérlet megcsinálására, ezen az úton nem lehetett meggyőzni a skolasztikát.

UGYANEZZEL a struccpolitikával fogadták *Galilei* csillagászati felfedezéseit. A tizenhetedik század első éveiben találták fel Hollandiában a távcsövet. Egyesek szerint *Zacharias Janssen*, mások szerint *Frans Lippershey* volt az első, aki csillagászati távcsövet szerkesztett. *Galilei* hírt hallott a távcsőről s a leírások alapján ő maga állított össze 1609-ben egy távcsövet, egy síkdomború tárgylencsével és síkhomorú okulárral. Távcsövet azonnal az égre irányította s olyan csillagászati felfedezésekre jutott a segítségével, amelyek egyszerre felforgatták az egész aristotelcsi világszemléletet. Meglátta a Holdon a hegyeket és síkságokat, a Tejútban egyes csillagokat fedezett fel, számtalan új, azaz szabad szemmel nem látható csillagot figyelt meg mindenfelé az égen, meglátta, hogy a *Vénusz*-nak is olyan fényváltozásai

vannak, mint a *Hold*-nak, azaz néha sarló alakú, néha teli a korongja. Kimondta, hogy a bolygóknak nincs saját fényük, hanem csak a *Nap* fényét verik vissza; a *Vénusz* a *Nap* körül kering a *Föld* pályáján belül, a *Nap* is forog a saját tengelye körül. Látott már foltokat a *Napon*, és felfedezte, hogy a *Jupiter*-nek négy holdja van. Különösen ennek a felfedezésnek volt óriási jelentősége. Ime, nemcsak a *Föld*-nek van holdja, mely körülötte kering, hanem más bolygónak is, tehát a *Föld*-nek is hasonló égitest, mint a többi bolygó. Mindegyik bolygó külön világ önmagában, mely a *Nap* körül kering. *Kopernikusz* rendszere fényes igazolást kapott, s ezzel egyszerre megbukott az aristotelési alap gondolat. A skolasztikusok azonban nem voltak hajlandók belenézni *Galilei* távcsövébe, hanem megpróbálták továbbra is a sívár logikával cáfolni a szemmel látható dolgokat. Pílanatnyilag győztek is, hiszen sikerült *Galileit* az inkvizíció elé állítaniok. Az ítélet az volt, hogy nem szabad neki többé senkivel még csak beszélnie sem a *Föld* mozgásáról.

Az igazságot természetesen nem lehet erőszakkal elhallgattatni, s az emberek végül is belátták, hogy a tapasztalatnak kell hinni és nem a régi könyveknek.