

# LÁBJEGYZET A TEHETETLENSÉG TÖRVÉNYÉNEK KIALAKULÁSÁHOZ

Bognár Gergely

Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr

A tehetetlenség törvénye első közelítésben rendkívül egyszerű: ha egy testre nem hat semmi, akkor azzal nem történik semmi, nem gyorsul és nem is lassul. Felfedezéséhez mégsem vezetett egyenes út, hiszen a hétköznapi tapasztalat egyáltalán nem támasztja alá a tehetetlenség törvényét, sőt a legtöbb esetben kifejezetten cáfolja azt. A valódi mozgások fenntartásához külső erő kell, amely általában lineáris, négyzetes vagy egyéb kapcsolatban áll a sebességgel. Ráadásul a valóságban nem találunk olyan testet, amelyre ne hatna semmi, vagy az összes külső hatás kiegyenlítené egymást, ezért a tehetetlenség törvénye egy idealizált fikción nyugszik. A tehetetlenség törvényének felismerése kis túlzással a klasszikus fizika „megszületésének” pillanata. Egyfelől az arisztotelészi fizikát felváltó új paradigma kezdete és a mozgástan alapvető törvénye, másfelől oly szemléletet teremtett, amely áthatja a fizika egészét. Gondoljunk a hőmérsékletre, töltésre, túlnyomásra vagy más állapotjelzőkre. Hétköznapi tapasztalatunk, hogy ezek idővel kiegyenlítődnek. Kivéve, ha valamilyen külső hatás fenntartja őket, hasonlóan a sebességhez. A meleg testek kihűlnek, ha nem melegítjük őket, a dörzsöléssel feltöltött műanyag vonalzó éppúgy elveszíti töltöttséget, mint a hónapokra magára hagyott akkumulátor, és a születésnap buli másnapjára a lufik is kezdenek leengedni. A környezettől elzárt, magára hagyott testek modellje a természettudományokban rendkívül jól használható, s e modell kétségkívül a tehetetlenség törvényével kezdte el nagyszerű „karrierjét”. A tehetetlen-

ség törvénye azért is érdekes, mert a fizika imént bemutatott szemléletének elsajátítása után látszólag értelmét veszti. Hiszen Newton II. törvénye maga után vonhatná az elsőt:

$$F = ma.$$

Ha egy testre nem hat semmi, akkor  $F = 0$ , ebből pedig egyértelműen következik, hogy  $a = 0$ , vagyis a test sebessége állandó. Az első törvényre mégis szükség van, mert segítségével tisztázható, hogy a mozgás állapotjelző, amelynek fenntartásához nincs szükség külső erőre, nem beszélve az inerciarendszer fogalmáról, amely elválaszthatatlanul kapcsolódik a tehetetlenség törvényéhez. Mindent egybevetve nem túlzást azt állítani, hogy a tehetetlenség törvénye nélkül a ma ismert fizika sem alakulhatott volna ki.

Tudománytörténeti „utazásunk” megkezdése előtt fontos leszögezni, hogy a fizika ma ismert törvényei és fogalmai a legtöbb esetben nem „heurékapillanatok” szüleményei, hanem hosszas fejlődés következményei. Ne tekintsük ezért plágiumnak, ha egy-egy törvény, fogalom vagy annak csírája korábbi neves fizikusoknál már megjelent, és a későbbi korok ezt felhasználják. A tehetetlenség törvényével pontosan ugyanez a helyzet. Hagyományosan Newton első törvényeként emlegetjük, hiszen *Isaac Newton* (1643–1727) volt az, aki a mechanika alapjait lefektető tételket rendszerbe foglalta. A tudománytörténészek mára kiderítették, hogy a három Newton-törvény közül, egyedül a másodikat fedezte fel Newton, az elsőt és a harmadikat *René Descartes*-tól (1596–1650) vette át. Élete delején maga Newton is vallotta: „Messzebb láthattam, mert óriások vállán álltam.” Hasonló a helyzet Descartes-tal is, az első törvényt ő is átveszi, az egyéni munkája a harmadik törvény felismerésében rejlik. Különös módon a tehetetlenség törvénye a 16. század fizikával foglalkozó géniuszai számára valamilyen formában adott volt. Ismerte *Galileo Galilei* (1564–1642) is, és a nevéhez fűződő relativitási elvet (szintén mások nyomán) e tételből vezette le. Ismeri *Isaac Beeckman* (1588–1637), *Nikolausz Kopernikusz* (1473–1543) és *Johannes Kepler* (1571–1630), hiszen a tehetetlenség törvénye nélkülözhetetlen a mozgó Föld hipotéziséhez. Kopernikusz a párizsi Sorbonne késő skolasztikus gondolkodóitól veszi át. E neves iskola nagyjai közül csak két nevet emelnék ki. *Nicole Oresme*-t (1320–1382), aki csillagászati, azaz tapasztalati megfigyelésekre hivatkozva elsőként veti fel annak lehetőségét, hogy a Föld a saját tengelye körül

A *Fizikai Szemle* szerkesztőbizottsága az 1972-ben meghirdetett VÉLEMÉNYEK sorozatát az olvasók kérésére tovább folytatja ez évben is. A szerkesztőbizottság állásfoglalása alapján „a *Fizikai Szemle* feladatául vállalja el, hogy teret nyit a fizikai kutatásra és fizika oktatására vonatkozó véleményeknek, ha azok értékes gondolatokat tartalmaznak és építő szándékúak, függetlenül attól, hogy egyeznek-e a lap szerkesztőinek nézetével, vagy sem”. Ennek szellemében várjuk továbbra is olvasóink, várjuk a magyar fizikusok, fizikatanárok leveleit.



Bognár Gergely 2006-ban végzett az ELTE TTK fizikatanári szakán, illetve 2008-ban a PPKE BTK filozófiászakán. Jelenleg a győri Révai Miklós Gimnázium és Kollégium fizika-filozófia szakos tanára. Érdeklődési területe a fizika és a filozófia határterületei, és a fizika tanításának módszertana, amelyekkel kapcsolatban több publikációja jelent meg.

foroghat és Jean Buridan (1301–1362) francia teológus és filozófus, a tehetetlenség törvényének első megfogalmazóját. Buridan filozófiai és teológiai munkássága is jelentős.

Buridan a tehetetlenség törvényének felismeréséig vezető gondolatmenetének megértéséhez rövid eszmétörténeti kitekintőt kell tennünk. A Római Birodalom bukásával az arisztotelészi fizika – hasonlóan oly sok minden máshoz – a szó legszorosabb értelmében nyugaton elveszett. Az ok egyszerű, a barbár népek dúlása és a folyamatos háborúskodás. *Arisztotelész* tanai csak a 11. században, arab közvetítéssel kerülnek vissza Európába, és ezt követően indul el a skolasztikának nevezett szellemi virágzás, amelyben ismételten természetfilozófiai, azaz fizikai problémák felé fordulnak. Skolasztikus gondolkodóként Buridan szembekerül az arisztotelészi fizika szolgáltatta világkép és a keresztény teremtéstörténet között feszülő ellentéttel. Az arisztotelészi fizikában a világnak nincs kezdete, öröktől fogva létezik, és rendszerébe nem illeszthető be a Teremtő. Az égi mozgások okaként feltételezett mozdulatlan mozgató az égi világnak ugyanolyan része, mint a csillagok vagy a Nap, és nem a világ felett álló monoteista Isten. A két világnézet ellentmondásával már Buridan elődei, a skolasztika legnagyobb alakjai is szembesültek. Arisztotelész filozófiájának új európai megjelenése és az ezt követő teológiai viták nyomán mondja ki a IV. lateráni zsinat (1215), hogy Isten a világot *ex tempore* (vagyis véges idővel ezelőtt) és *de nihilo* (azaz semmiből) teremtette. Komoly vita tárgyát képezte ezután, hogy a világ teremtsége csak a *Szentírás* vagy az ész által is felismerhető. A korszak legnagyobb gondolkodója, *Aquinói Szent Tamás* (1225–1274) az előbbi mellett tör lándzsát. A vitába Buridan is bekapcsolódott, s e termékeny diskurzus eredménye lett a tehetetlenség törvénye.

Buridan az arisztotelészi fizika alapjait a világ időbeli teremtsége miatt kérdőjelezi meg. Gondolatmenete világos és egyszerű: Isten a világ teremtésekor elindította, mai fogalmakkal élve felgyorsította az égitesteket. Ha a bolygómozgás fenntartása érdekében Isten gyorsító ereje ma is jelen lenne a világban, a bolygók sebessége folyamatosan nőne, ami lehetetlenség. Az eszmefuttatás bibliai alapokon is jól védhető, hiszen Isten a teremtés hatodik napján befejezi művét, és a csodák kivételével nem avatkozik közvetlenül a világ dolgába, valamint a Bibliában nem olvashatunk olyan angyalokról, akik a bolygók folyamatos mozgásáért lennének felelősek. Az égi mozgások megértéséhez az egyedüli lehetséges magyarázat, amely megfelel a keresztény teremtésfelfogásnak, a tehetetlenség törvénye [1]:

„Amikor Isten megteremtette a világot, tetszése szerint mozgatta az égitesteket; és ekképpen mozgatóván őket, kezdő lökést adott nekik, amely azután továbbra is mozgásban tartotta ezeket, anélkül, hogy Istennek mozgatnia kellett volna őket, leszámítva azt az általános befolyást, amellyel minden eseményben, ami csak megtörténik, cselekvően vesz részt... És ezen



Jean Buridan francia teológus és filozófus az 1320-as évektől haláláig tanított a párizsi egyetemen. Egy, az 1370-es években Párizsban készült kéziratban található ez a kis rajz, amelyik minden bizonnyal az előadást tartó Buridan ábrázolja. A kézirat a krakkói Jagelló Könyvtárban található.

*kezdőlökések, amelyeket az égitesteknek átadott, nem csökkentek vagy lanyhultak, mert az égitestek nem akartak másféle mozgást végezni. És ellenállás sem volt, amely csökkentette vagy tompította volna ezt a kezdő lökést. [kiemelés tőlem, B. G.]”*

A szövegből egyértelműen kiolvasható a tehetetlenség törvénye, ugyanakkor az igazsághoz hozzá tartozik, hogy Buridan az egyenes vonalú mozgáson túl – helytelenül – a körmozgásra is kiterjesztette e törvényt.

A teológiai és filozófiai okoskodáson túl, Buridan jóval tovább megy. Elméletének alátámasztására földi példákkal él, ezzel az arisztotelészi fizika egy másik sarokkövét, az égi és a földi fizika radikális szétválasztását is megkérdőjelezi. Buridan fizikatörténeti jelentőségét növeli, hogy közvetlen tapasztalati megfigyelésekre hivatkozik, utat nyitva ezzel a tapasztalati tudományok fejlődésének. Buridan bevezeti az *impulzus* fogalmát, amit a tehetetlenség törvényével rögtön össze is kapcsol, és választ ad az arisztotelészi fizika egyik legproblematisabb kérdésére. Jelesül arra, hogy mi tartja mozgásban a repülő nyilat. Buridan elveti korának népszerű magyarázatát, hogy a nyilvessző mögé beáramló levegő hajtaná előre azt. A helyette adott magyarázata ma is megállja a helyét: a kilőtt nyilvessző impulzusa a mozgás során megmarad, azt a levegő ellenállása csak kis mértékben emészti fel. Más helyzet áll elő egy tollpíhénél. Hiába hajtjuk el nagy sebességgel, kicsiny tömege miatt

kezdeti impulzusa oly csekély, hogy azt a levegő el-lenállása hamar felemészti, ezért áll meg. Buridan leírását egy az egyben elmesélhetnénk a lendület be-vezetésekor, a magyarázat pontos, világos és szemlé-letes! Buridan ezen kívül felismeri, hogy a szabadon eső testek sebessége egyenletesen növekszik [2].

Buridan fizikatörténeti jelentősége vitathatatlan, ennek ellenére mégsem nevezhetjük az első, mai értelemben vett fizikusnak. Előremutató meglátásai ellenére nem élt a mérhető, kvantitatív mennyiségek használatával, ez a lépés Galileire, Descartes-ra és követőikre vár. Buridan tudománytörténeti jelentősége az arisztotelészi fizika paradigmaváltásában érhe-tő tetten. E paradigmaváltás kovásza a keresztény hit és a hozzá kapcsolódó keresztény világkép, amely-ben az emberi értelem képes felismerni az isteni igazságokat.

Mindez arra kell, hogy inspiráljon bennünket, hogy újra gondoljuk a vallás, és különösen a keresztény vallás szerepét a fizika megszületésében. Az általános közhiedelemmel ellentétben a kereszténység dogmái nem hátráltatták a fizika megszületését, ép-pen ellenkezőleg, e dogmák és az arisztotelészi vilá-gkép közötti ellentét hívta életre a tehetetlenség törvényét, minden későbbi mozgástan alapját, és ugyanezen dogmák vezettek az égi és földi fizika egységéhez. Évszázadokkal Buridan után Galilei szembe kerül az egyházi intézményekkel. Az igaz-sághoz hozzá tartozik, hogy e szerencsétlen eset je-lentősége a „vulgáris” tudománytörténetben erősen túlzó. A történészek mára kiderítették, hogy Galileit nem érte fizikai atrocitás, és a büntetésül kirótt házi-őrízetét egyházi személyek vendégeként töltötte [3]. A Galilei-per nem a vallásos hit és a tudomány dog-máinak összecsapásáról, hanem egy megszületőben lévő új tudomány arrogáns képviselőjének és egy za-varos kor vallási alapjaitól elszakadt egyházi intéz-ménynek vitájáról szólt. *Giordano Bruno* (1548–1600) pedig egyáltalán nem a tudomány mártírja, ke-gyetlen ítéletét filozófiai és nem tudományos tanaiért szenvedte el. Esete nem a vallás és a tudomány erendő szembenállását példázza, hanem az eretnekül-dözések szomorú sorát gyarapítja.

Ha Buridan munkássága és a Sorbonne-on működő későiskolasztikus iskola kevés bizonyíték lenne a ke-resztény világszemlélet fizikára gyakorolt pozitív ha-tására, akkor érdemes két irányba kitekinteni. Ariszto-telész fizikájával az arab kultúra nagyon hamar, a 8-9. században megismerkedik, ezt követően az arisztote-lészi fizikával kapcsolatos kétségek a legnagyobb gondolkodókban is felmerülnek, de ezek megoldása helyett, az isteni akarat kifürkészhetetlensége mögé bújnak, és a fizika megszületésének irányába nem tesznek lépéseket [4]. Másfelől a kereszténység jóval korábban, a középkor hajnalán, Arisztotelész európai „eltűnését” megelőzően is szembekerült az ókori fizi-ka és a világ teremtettsége között feszülő ellentéttel. *Johannes Philoponos* (körülbelül 490–570) e szembe-kerülés kapcsán fogalmazza meg a tehetetlenséggel és az impulzussal kapcsolatos nézeteit, amelyeket Buridan feltehetően olvasott. Philoponos műveiből mindössze részletek maradtak fent, ezért a teljes gondolatmenet rekonstrukciója lehetetlen [5]. Egyet bizto-san kijelenthetünk, a keresztény teremtéshit és az arisztotelészi fizika között feszülő ellentét már a ke-reszténység kezdetekor a tehetetlenség törvényének irányába terelte a gondolkodást.

A tehetetlenség törvényét egy teológiai probléma hívta életre, és ennek nyomán indult el az arisztotelé-szi fizikát felváltó paradigmaváltást. Galileo Galilei szerencsétlen eseténél nagyobb jelentőséggel bír Bu-ridan és a Sorbonne-on működő iskola öröksége. Ha elfogadjuk e tudománytörténeti tény, tarthatatlanná válik az a nézet, amely a keresztény hitvilágot a tudom-ány fejlődésének gátjaként ábrázolja.

#### Irodalom

1. Jáki Sz. L.: *A természettudomány eredete*. Keresztény Értelmisé-giek Szövetsége győri szervezete (1991) 10.
2. Simonyi K.: *A fizika kultúrtörténete*. Akadémiai Kiadó, Budapest (2011) 155–156.
3. Tarján M. T.: Megkezdődik Galilei pere az inkvizíció előtt. in: *Rubikon* (2020) [http://www.rubicon.hu/magyar/oldalak/1633\\_aprilis\\_12\\_megkezdodik\\_galilei\\_pere\\_az\\_inkvizicio\\_elott/](http://www.rubicon.hu/magyar/oldalak/1633_aprilis_12_megkezdodik_galilei_pere_az_inkvizicio_elott/)
4. P. Duhem: *A jelenségek megőrzése*. Kairosz Kiadó, Budapest (2005) 61–83.
5. *Stanford Encyclopedia of Philosophy* <https://plato.stanford.edu/entries/philoponus/#Theolmpe>

# SZÁMÍTUNK RÁD, LÉGY



## A FIZIKA BARÁTJA!

**Támogasd adód 1%-ával az Eötvös Társulatot!**

**Adószámunk: 19815644-2-43**