

GALILEI SZEREPE A MAI, MODERN VILÁGKÉPÜNK KIALAKULÁSÁBAN – I.

Radnóti Katalin
ELTE TTK Fizikai Intézet

Írásunkban konkrét példák elemzésével szeretnénk bemutatni, hogy a tudománytörténetnek milyen szerepe lehet a fizikaórákon. Ennek illusztrálására idézzünk néhány gondolatot az 2007-ben elfogadott Nemzeti alaptanterv *Ember a természetben* fejezetében megfogalmazottakból: „a tudomány, a tudományos kutatás, mint társadalmi tevékenység bemutatása, [...] a tudomány természetére, történetére és a kiemelkedő alkotók munkásságára vonatkozó ismeretek alakítása, [...] az előzetes elképzelések formába öntése, a hipotézisalgotás, a megfigyelések és a kísérletek tervezése, [...] tájékozódás a tudomány – technika – társadalom kölcsönhatásairól, a természettudományról, a tudomány és a tudományos megismerés természetéről” [1].

A 2006-ban lebonyolított PISA-mérés központi témája a természettudomány volt. Az eredmények elemzése azt mutatta, hogy a magyar diákoknak hiánynosságai vannak a fent említett területeken. Nem igazán tudtak válaszolni az olyan jellegű kérdésekre egy-egy konkrét példa kapcsán, mint:

- mit is jelent egy kérdést tudományos vizsgálat tárgyává tenni,
- mi a kontrollkísérlet szerepe,
- mit jelent egy vizsgálat megtervezése, majd abból következtetések levonása,
- ok-okozati viszonyok felismerése,
- mi tekinthető természettudományos bizonyítéknak?

Diákjaink nem ismerik fel a természettudományos problémákat, amelyeket tudományosan lehet vizsgálni, például kísérletet tervezni, majd elvégezni, a kapott adatokból következtetéseket levonni [2].

A tudomány történetének tanulmányozása, egy-egy felfedezés lépéseinek nyomon követése fontos szerepet tölthet be a fent említett területeken. A kiválasztott felfedezés kapcsán célszerű megvizsgálni a tanórákon (szakkör, fakultáció), hogy az milyen társadalmi környezetben jött létre, milyen addig létező elméleteket, gondolkodási rendszereket, szemléletmódot váltott fel? Milyen előzményei voltak a felfedezésnek? Hogyan, milyen módszerrel történt a felfedezés? Milyen további kutatásokat indukált, majd pedig annak következményeképp milyen változások jöttek létre magában a tudományban, illetve esetlegesen az emberiség életében? Hogyan fogadta a tudományos közösség a felfedezést? Fontos tanári feladat a reális tudománykép kialakítása a tudományos kutatásról és a kutatókról, annak bemutatása, hogy a tudomány változó rendszer. Természetes módon fordul elő, hogy egy hosszú ideig létező elméletet megcáfolnak az újabb felfedezések, és az eközben előforduló tévedések természetes velejárói a folyamatnak.

A legtöbb fizika tankönyvben szerepel *Galilei* arc képe és alatta néhány mondat, jobb esetben pár be-

kezdés életéről és munkásságáról, általában apróbetűs, kiegészítő részként. Legnagyobb felfedezése, a szabadesés leírása természetes módon tananyag már az általános iskolában.

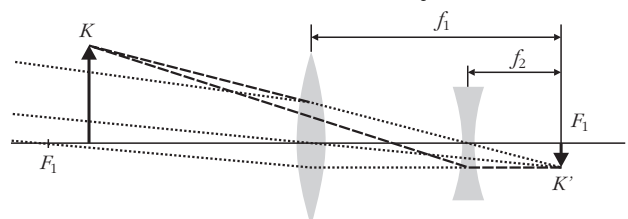
Jelen írásunkban azt mutatjuk meg, hogy a fentieknél jóval nagyobb szerepet lehetne juttatni Galilei munkássága ismertetésének, esetleg néhány „leckét” maradéktalanul alapvető gondolatai bemutatásának szentelni, hiszen ezeknek óriási jelentőségük van mai világképünk kialakulásában. A fizikaoktatás célja nem csak az, hogy képesek legyünk néhány kiválasztott jelenséget magyarázni, pár számításos feladatot megoldani; ennél sokkal fontosabb a természettudományos szemlélet bemutatása. Miként is nyúl a természettudós egy problémához, hogyan kezdi el azt vizsgálni, miként fogalmazza meg a kérdést, milyen egyszerűsítő feltételeket vezet be?

Galilei életének főbb állomásai

Galileo Galilei 1564. február 15-én született Pisában. A család hamarosan Firenzébe költözött, Galilei már ott járt iskolába, majd 1580-ban beiratkozott a Pisai Egyetem orvostudományi karára. Egyetemi éve alatt behatóan foglalkozott matematikával is, tanulmányozta *Eukleidész* geometriáját. 1585-ben fejezte be tanulmányait, majd visszatért Firenzébe, ahol néhány tehető polgárnak adott matematikaórákat. 1589-ben a Pisai Egyetem professzora lett. 1592-ben a Padovai Egyetemen kapott katedrát, ahol a dinamika kérdéseivel kezdett foglalkozni. Itt ismerkedett meg élettársával, akitől három gyermeke született [3].

1595-ben megállapította az ingamozgás törvényszerűségeit, 1600-ban pedig felismerte a tehetetlenség törvényét, de erről részletesen csak az 1632-ben megjelent *Dialogó*ban szólt. (Ezt ma *Newton* első törvényének nevezzük.) 1609-ben elsőként végzett egy valószínűleg általa átalakított távcső segítségével csillagászati megfigyelést (magát a távcsövet az azt megelőző években holland optikusok alkották meg, s elsősorban a tengeri hajózásnál használták). Az 1609-es Galilei-féle csillagászati megfigyelések emlékére a 2009-es évet az ENSZ a Csillagászat Nemzetközi Évnek nyilvánította.

1. ábra. A Galilei-féle távcső képkalkotása





2. ábra. A Galilei által felfedezett Jupiter-holdak (Io, Europa, Ganymedes, Callisto)

A Galilei-féle (holland) távcsőben (1. ábra), illetve az egyszerű színházi távcsőben az objektív gyűjtőlencse, az okulár szórólencse. Egyenes állású látszólagos képet ad. A távcső hossza a két gyűjtőtávolság különbsége ($L = f_1 - f_2$).

Szögnagyítása a tárgylencse (f_1) és a szemlencse (f_2) gyűjtőtávolságának hányadosa. $N_s = f_1 / f_2$.

Távcsővel 1610-ben felfedezte a Jupiter négy holdját (2. ábra). Ez az eredmény megerősítette hitét a kopernikuszi világgép helyességében, mert észrevette, hogy a holdak időnként eltűnnek, amit annak tulajdonított, hogy keringenek a Jupiter, mint centrum körül.

Még ugyanebben az évben felfedezte a Szaturnusz gyűrűjét és a napfoltokat. Távcsőjén keresztül tisztán látta a Hold hegyeit (3. ábra). A Vénuszt is megfigyelte, és észrevette, hogy – hasonlóan a Holdhoz – különböző fázisok jellemzik. Azt is megállapította, hogy a Tejútrendszer csillagokból áll. Ezek a megfigyelések abban a korban nagy szenzációt keltettek – nem csak a művelt világ, de az utca embere is erről beszélt. Megfigyeléseit írásban is közreadta, a *Sidereus Nuncius* (Csillagok hírnöke) nagy siker volt.

Kis tudománytörténeti kitérő

A fénysebesség mérése a Jupiter-holdak mozgásán alapult. Römer 1676-ban a Jupiter holdjainak fogyatkozási idejét tanulmányozta. Azt mérte meg, hogy a holdak, miközben a bolygó körül keringenek, mennyi időt töltenek a bolygó árnyékában (4. ábra). Römer úgy találta, hogy amikor a Föld az ábra szerinti A helyzetben van a J_1 Jupiterhez képest, illetve amikor a Föld és a Jupiter C és J_2 helyzetben van, akkor különbség van a hold eltűnése és felbukkanása között, és a késések fél év alatt 1000 s-ot tesznek ki.

Ennek magyarázásához feltételezte, hogy a fény véges sebességgel érkezik a Jupitertől a Földre, és mivel a Föld C-ben van legmesszebb a Jupitertől, a megfigyelt késés az az idő, ami a fénynek a többlet út megtételéhez szükséges, vagyis amíg a fény a Föld pályájának átmérőjével megegyező távolságot megteszi. Ebből a mérésből (akkoriban a földpálya sugarát sem ismerték pontosan) a fénysebesség ma ismert értékénél mintegy 30%-kal kisebb értéket kapott.



Egy kor új elméletét a régi elmélet hívei általában nehezen fogadják el, sőt, mint látni fogjuk, még az új tan megalkotója sem képes mindig a teljes, zárt elmélet létrehozására-befogadására. Az arisztotelészi tanok buzgó hívei közül többen egyszerűen nem is akartak olyan tapasztalatokat szerezni, amelyek ellentmond-

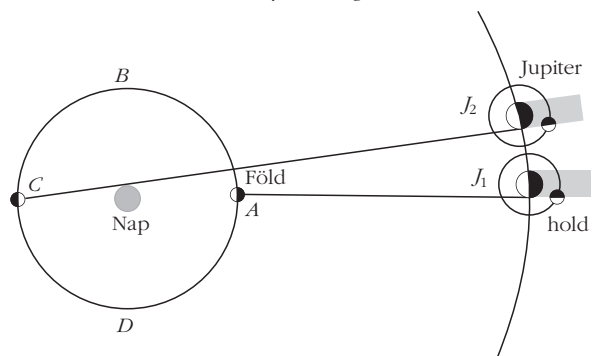


3. ábra. A Hold hegyei Galilei rajzain

hattak az elfogadott elméletnek. Akadt, aki még belepillantásra sem tartotta érdemesnek Galilei távcsőjét, mondván, hogy amit az égen látni lehet, az úgyis olvasható *Arisztotelész* írásaiban, amiről viszont nem ír, az nem is létezik. De így voltak ezzel mások is: ha beleillett az új felfedezés a Világmindenségről alkotott elképzeléseikbe, akkor elfogadták, de ha nem, akkor többnyire figyelembe sem vették azt.

Mind a ptolemaioszi, mind a kopernikuszi rendszer matematikai konstrukció. Az egyház problémája Galileivel kapcsolatban az volt, hogy *Kopernikusz* 1543-ban publikált elméletét teljes igazságként állította be, és nem csak mint egy lehetséges elméletet tárgyalta. Abban az időben a csillagászok – minden bizonynyal – nem hittek a kristályszférákban, mégis azokkal dolgoztak, ugyanis

4. ábra. Römer fénysebességmérésének elve





5. ábra. A *Discorsi* két oldala

kielégítően írták le az égitestek megfigyelhető helyzetét. A Galilei által igazságnak beállított kopernikuszi modell alátámasztásához abban az időben hiányoztak a megfelelő tapasztalatok. Amennyiben a Föld kering a Nap körül, akkor a csillagok helyzetének periodikusan változni kellett volna (parallaxis). Ez így is van, de abban a korban nem voltak olyan érzékeny módszerek a szögmérésre, hogy ezt meg lehetett volna figyelni.

Galilei nem tudott az ellenfelei számára meggyőző, elfogadható kísérleti bizonyítékokat szolgáltatni elmélete helyességének bebizonyítására. Ezért arra utasította az inkvizíció, hogy elméletét csak mint egy lehetséges hipotézist említheti. 1615-ben feljelentették az inkvizíciónál, majd 1616-ban írásban is közölték vele, hogy Kopernikusz tanait, mint kizárólagos igazságot bármilyen formában tilos tanítania, Kopernikusz könyvét pedig betiltották [4].

1624-ben fogott hozzá a *Dialogo* megírásához, amely 1632-ben jelent meg Firenzében. VIII. Orbán pápa eredetileg támogatta Galileit a könyv megírásában, Galilei ellenlábasai azonban azt sugallták a pápának, hogy Simplicio alakját a szerző magáról a Szentatyáról formálta, aki ezek után betiltatta a könyvet. Galileit a Szent Hivatal Kollégiuma elé idézték, 1633. június 22-én olvasták fel az inkvizíció ítéletét, amelynek megfelelően Galilei élete hátralévő részét egyfajta nem szigorú házi őrizetben töltötte. Az ítélet lényege azonban az, hogy egyetemen nem hirdethette tanait. Ekkor írta meg élete másik fontos művét, a *Discorsit* (5. ábra), amely 1638-ban külföldön jelent meg. Galilei könyvét részletekben csempészték ki Itáliából Leydenbe. Írásunk további részében eredeti idézetekkel mutatjuk be ezt a két korszakalkotó könyvet [5].

A Dialogo és a Discorsi felépítése

Galilei mindkét könyvében lépésről lépésre vezet az olvasót [6, 7]. A könyvek tudománytörténeti érdekessége mellett didaktikai mondanivalójára is érdemes felfigyelni. Bennük három ember beszélget négy-négy napon keresztül, és a beszélgetésekben ráismerhetünk az oktatásban is használatos kérdve kifejtő, valamint a felfedezettő módszerre. Minden napnak más-más a témája.

Nagyon fontos a beszélgetések szerepe, a különböző nézőpontok számbavétele az oktatásban is. Ez kicsit hasonló ahhoz, amelyet napjaink egyik divatos pedagógiai elmélete, a konstruktivizmus hirdet. A beszélgetések segítenek a meglévő előzetes tudás felszínre hozásában, majd pedig az új tudás megkonstruálásában, amely jelen esetben a kopernikuszi világképet, illetve a gyorsuló mozgás leírását jelenti.

A három beszélgető partner: *Salviati*, aki valójában Galilei érveit, felfedezéseit mondja el; *Sagredo*, a pártatlan beszélgetőpartner és *Simplicio*, aki az arisztotelészi nézeteket képviseli. A szerző vele szerkeszteti meg a kopernikuszi elképzelést.

A beszélgető partnerek közül kettő valódi személy volt, Galilei tanítványai és barátai. *Filippo Salviati* (1582–1614) előkelő firenzei patrícius volt, Galilei lakott is nála, amikor Firenzébe költözött, hogy a herceg szolgálatába álljon. *Giovanfrancesco Sagredo* (1571–1620) pedig velencei nemes volt, Galilei a Padovai Egyetemen tanította. Valójában Simplicio alakja is kapcsolatba hozható egy, a 6–7. században élt *Simplikios* nevű Arisztotelész kommentárral. A könyvek címodalain Galilei hivatkozik arra is, hogy ő az Accademia dei Lincei tagja, amelyet az 1630-ban meghalt *Cesi* herceg alapított, és halála után már nem működött, de Galilei mégis élete végéig büszkén használta a címet.

Szemelgetés a Dialogóból

A mű teljes címe: *Párbeszéd a két legnagyobb világrendszerrel, a ptolemaiosziról és a kopernikusziról* (6. ábra). A könyv óriási jelentősége az, hogy a tudományt ideológiává léptette elő. Olasz nyelven íródott, hogy a „művelt nagyközönség” és a „nép” fiai közül is minél többen olvashassák. A könyv Toszkána nagyhercegéhez szóló ajánlással kezdődik, majd az olvasóhoz írott előszavával folytatódik. Ezekben leszögezi könyve fő témáját, a kopernikuszi és a ptolemaioszi rendszer pártatlan összehasonlítását érvek és ellenérvek felsorakoztatásával, amelyben Galilei, a szerző nem kíván állást foglalni. Könyvében több esetben le is írja: „A döntést azonban mások ítéletére bízom.” A könyvből vett idézeteket *Zemplén Jolán* fordításában közöljük.

Vázlatosan nézzük végig az egyes napok témáit, kiemelve azokat, amelyek az oktatás számára is érdekesek lehetnek, illetve a későbbi műben leírtak gondolati előfutárainak tekinthető részeket!

Az *első nap* beszélgetései során fogalmazza meg Sagredo a *sebesség-idő* „függvényt”, a sebességet, mint egy folytonosan változó mennyiséget, amely fontos lépés lesz majd a szabadesés leírásában. A jelenség a következő: egy ágyúgolyót lőnek ki a talajra merőlegesen a magasba, vagyis függőleges hajtásról van szó.

„A szóban forgó ágyúgolyó, még mielőtt végleg elérné a nyugalom állapotát, átmegy az egyre nagyobb lassúság minden fokán, következésképp olyan fokán is, amellyel ezer év alatt sem tudna megtenni egy

arasz sem. Ha azonban ez így van – márpedig így van – nem szabad csodálkoznod rajta, ha a lefelé való visszatéréskor ugyanez a golyó a nyugalom állapotából kiindulva, úgy éri el ismét a sebességét, hogy a lassúság fenti fokozatain ismét átmegy, amelyeken felfelé való mozgása során átment, nem pedig úgy, hogy a lassúság minden magasabb fokát, amelyek a nyugalom állapotához közelebb vannak, kihagyja és ugrásszerűen átmegy egy távolabbira.”

Még ezen a napon beszélgetnek a *nappoltokról* is, amelyek létezésében Galilei kortársai közül sokan kételkedtek, a távcső okozta tévedésnek, illetve atmoszférikus zavaroknak tartva azokat, vagy a Nap előtt keringő kis égitesteknek. Galilei azonban megmutatja, hogy ezeknek a Nap felületén kell lenniük. Erre a gömbfelületen való mozgásukból következtet, amellyel egyben felfedezi a Nap saját tengelye körüli forgását is. Ezt követően a *Hold alakját* beszélik meg, hogy azon hegyek és síkságok is vannak, hasonlóan, mint a Földön. Tehát valószínű a feltevés, hogy a Föld is égitest.

A második napon következik a *Föld forgómozgásának* részletes tárgyalása, amely sokak számára elképzelhetetlen volt abban az időben. Ugyanis nem értették, hogy ha a Föld forog, akkor miért nem repülnek le róla a tárgyak. Ez számunkra már természetes. Mi már tudjuk, hogy a Föld forgásából adódó centrifugális gyorsulás értéke több nagyságrenddel kisebb, mint a nehézségi gyorsulás értéke. A nehézségi gyorsulás $9,81 \text{ m/s}^2$, míg a centrifugális még az Egyenlítőn is csupán $0,037 \text{ m/s}^2$. De ezt Galilei még nem tudta így bemutatni. Érdekességként megemlíti *Bolyai Farkas* számítását, hogy a Földnek 17-szer kellene gyorsabban forognia ahhoz, hogy az egyenlítőn súlytalanok legyenek a tárgyak, amint ez a *Fizikai Szemle* 2007/8-as számában olvasható [8].

A beszélgetés során Sagredo mondja el, hogy ahhoz, hogy a Föld nyugalomban maradjon, az egész Világegyetemnek kellene mozognia. A beszélgetések közt nyilvánvalóvá teszi, hogy ő, mármint Galilei, nincs Arisztotelész ellen, hanem az nem tetszik neki, hogy régi írásait dogmaként tisztelik. Szerinte, ha Arisztotelész értesülne az új csillagászati felfedezésekről, akkor minden bizonnyal megváltoztatná véleményét és kiigazítaná könyveit. „Követői ruházták fel Arisztotelészt tekintéllyel, ő nem követelt vagy tulajdonított önmagának tekintélyt.” Sőt, Galilei kifejezetten büszke arra, hogy ő ismeri Arisztotelészt, a peripatetikusok gondolkodását. Ezt sok esetben ki is használta életében a viták során, mivel ellenzőit úgy „győzte le”, hogy éppen saját gondolkodásuk ellentmondásos voltára világított rá. Ezt persze sokan rossz néven vették. Vannak, akik azt gondolják, hogy Galileinek ez a kellemetlen vitastílusa vezethetett végül is ahhoz, hogy perbe fogták.

Ezen a napon beszélnek meg azt a híres jelenséget is, hogy a *torony mellett feldobott kő* amikor leesik, akkor is szorosan a *torony mellett esik le*. Majd Salviati elmondja, hogy a Földdel kapcsolatos jelenségek az egyenesen mozgó hajóval analóg módon játszódhatnak le.

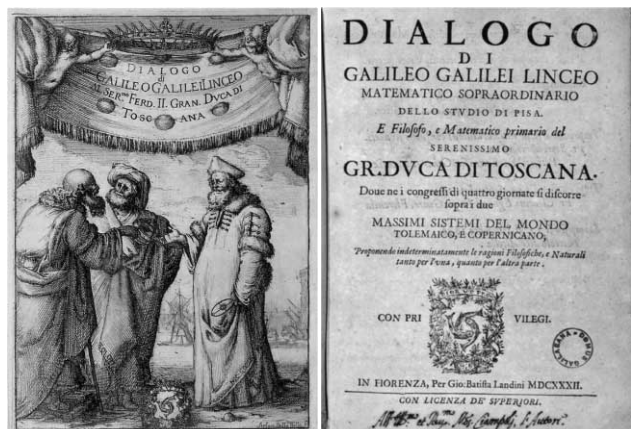
A beszélgetések során felvetődik a *tehetetlenség kérdése* is, amelyet a lejtőn legördülő testekkel kapcsolatban beszélnek meg. Eszerint „a súlyos test önként legördül egyenesen gyorsuló állandó mozgással, és ahhoz, hogy megállítsuk, erőt kell kifejteni; az emelkedő lejtőn pedig viszont ahhoz kell erő, hogy felfelé mozogjon...” A gondolat úgy folytatódik, hogy amennyiben síkon mozog a test, akkor mozgása állandóan tart. „Tehát egy hajó, amely a nyugodt tengeren halad, olyan test, mely egy se nem ereszkedő, se nem emelkedő felületen mozog, amilyenről szó volt. Arra törekszik tehát, hogy ha minden támadható külső akadályt eltávolítottunk, a vele egyszer közölt kezdősebességgel folytonosan és egyenesen mozogjon.”

Már Galilei felismerte, hogy vannak olyan vonatkoztatási rendszerek, amelyekhez viszonyítva nem tudjuk megmondani azt, hogy maga a rendszer nyugvó-e, vagy pedig egy másik hasonló rendszerhez képest egyenes vonalú egyenes mozgást végez. Ez a híres Galilei-féle *relativitási elv*.

„Zárkózzál be egy barát társaságában egy nagy hajó fedélzete alatt egy meglehetősen nagy terembe. Vigyél oda szúnyogokat, lepkéket és egyéb röpködő állatokat, gondoskodjál egy apró halakkal telt vízedényről is, azon kívül akassz fel egy kis vödört, melyből a víz egy alája helyezett szűk nyakú edénybe csöpög. Most figyelj meg gondosan, hogy a repülő állatok milyen sebességgel röpködnek a szobában minden irányba, míg a hajó áll. Meglátod azt is, hogy a halak egyformán úszkálnak minden irányban, a lehulló vízcseppek mind a vödör alatt álló edénybe esnek. Ha társad felé hajítasz egy tárgyat, mind az egyik, mind a másik irányba egyforma erővel kell hajtánod, feltéve, hogy azonos távolságról van szó. Ha, mint mondani szokás, páros lábbal ugrasz, minden irányba ugyanolyan messzire jutsz. Jól vigyázz, hogy mindezt gondosan megfigyeld, nehogy bármi kétely támadhasson abban, hogy az álló hajón mindez így történik.

Most mozogjon a hajó tetszés szerinti sebességgel: azt fogod tapasztalni – ha a mozgás egyenes és nem ide-oda ingadozó –, hogy az említett jelenségek-

6. ábra. A *Dialogo* címoldala és belső címlapja



ben semmiféle változás nem következik be. Azoknak egyikéből sem tudsz arra következtetni, hogy mozog-e a hajó, vagy sem. Ha ugrasz, ugyanakkora távolságra fogsz jutni, mint az előbb, és bármilyen gyorsan mozog a hajó, nem tudsz nagyobbat ugrani hátrafelé, mint előre: pedig az alattad levő hajópadló az alatt az idő alatt, míg a levegőben vagy, ugrásoddal ellenkező irányban elmozdul előre. Ha társad felé hajítasz egy tárgyat, nem kell nagyobb erővel hajítanod, ha barátod a hajó elején tartózkodik, mint akkor, amikor hátul van. A cseppek éppen bele fognak hullani az alsó edénybe mint előbb, egyetlen egy sem fog az edény mögé esni, pedig az, míg a csepp a levegőben van több hüvelyknyi utat tesz meg. A halaknak sem kell az edényben nagyobb erőt kifejteni, hogy az edény elejére úszhassanak, és ugyanolyan könnyedséggel fognak táplálék után menni, ha az az edény bármely részén van is. Végül a szúnyogok és lepkék is különbség nélkül fognak bármely irányba repkedni. Sohasem fog előfordulni, hogy a hátsó falhoz nyomódnak, mintegy elfáradva a gyorsan haladó hajó követésétől, pedig míg a levegőben tartózkodnak, el vannak választva tőle. Ha egy szem tömjént elégetünk, egy kevés füst képződik, mely felszáll a magasba és kis felhő gyanánt lebeg ott, és nem mozdul el sem az egyik, sem a másik irányba. A jelenségek ez egyformaságának az az oka, hogy a hajó mozgásában minden rajta levő tárgy részt vesz, beleértve a levegőt is.”

Majd ezután a *harmadik* napon következik a *Föld Nap körüli keringésének* bemutatása, a kopernikuszi modell felvázolása, amelyet Simplicio tesz meg Salviati kérdéseire adott válaszai segítségével. Belátja, hogy a Merkúr és a Vénusz csak a földpályán belül keringhet, míg a többi bolygó pályájának a földpályán kívül kell lennie. A „belső” bolygók nem távolodnak el a Naptól jobban, mint körülbelül 40° , fázisaik vannak, továbbá sohasem kerül a bolygó a Nappal szembe. Ellenben a „külső” bolygók oppozícióba is kerülnek a Nappal, tehát szükségszerűen körülveszik a Föld pályáját. Felmerül természetesen az a kérdés, hogy a Föld eme mozgása miért nem látható az égbolton a csillagok helyzetében (parallaxis), és ezt miért nem figyelték még meg. Erre Galilei válasza csak annyi, hogy ezek nem feltűnő változások.

Érdekes, hogy Galilei mindenhol kifejezetten a bolygók körpályáiról beszél, és hogy ezek középpontjában a Nap található. A bolygók mozgásánál nála csak az egyenletes körmozgás jöhetett szóba. Holott Kopernikus is tudta, hogy ez nem írja le jól a tapasztalatot. És különösen, hogy *Kepler* 1. és 2. törvénye közel negyed százada ismert volt már akkor. Levezettek is, Kepler küldött Galileinek könyvéből. Galilei ráadásul úgy állította be a fent említett egyszerűsített kopernikuszi modellt, mintha az lenne a bizonyított teljes igazság. A tudománytörténet egyik nagy kérdése, hogy miért? *Arthur Koestler* szerint ez egyszerűen tudományos csalás. De lehet, hogy a „nép” számára bevezetett egyszerűsítés? *Simonyi Károly* azt tartja inkább valószínűnek, hogy Galilei itt is úgy gon-

dolkodhatott, mint a szabadesésnél, amelyet a *Dialogóban* fejtett ki, hogy a légellenállás, mint zavaró tényező másodrendű és elhanyagolható, nem érinti a dolog lényegét. Valójában Galilei számára az egyenletes körmozgás volt a „tökéletes”, és ezért nem tudta elfogadni az ellipszispálya gondolatát. Keplert pedig nem tartotta sokra.

Azt gondolom, hogy a fenti lépések az iskolai oktatás során sem takaríthatók meg.

A *negyedik* napon az *árapályjelenségeket* beszélnek meg. Galilei azt állítja, hogy egyetlen olyan jelenség van a Földön, melyet kizárólag a Föld Nap körüli keringésével, vagyis a kopernikuszi rendszerrel lehet magyarázni, és ez az árapály jelensége. A könyvnek ez a része rendkívül fontos a per szempontjából is. Galilei Simplicio szájába adta ugyanis a következőket: „... természetfeletti jelenségről van szó, tehát csodáról, amely kifürkészhetetlen az emberi szellem számára, mint sok egyéb dolog is, amelyet Isten mindenható keze mozgat.” Ugyanis ezek a szavak tulajdonképpen VIII. Orbán pápa véleményét tükrözik, amelyet egy beszélgetés alkalmával mondott el Galileinek.

Ebben a fejezetben érhetjük tetten Galilei Kepler iránti ellenszenvének egyik megnyilvánulását is. Ugyanis Kepler az árapály jelenséget a Hold tömegvonzásaként értelmezte, amelyet Galilei teljes mértékben elutasított.

„... jobban csodálkozom Kepleren, mint bárki más. Hogyan is tudott egy olyan szabadgondolkodású és átható éleslátással megáldott ember, mikor a Föld mozgásáról szóló tan már a kezében volt, eltűnni és méltányolni olyan dolgokat, mint a Hold uralma a víz felett, s a rejtett tulajdonságok, amelyek nem egyebek gyermekségekénél?”

A tömegvonzás első gondolata Keplernél merült fel, melyet az *Astronomia Nova* bevezetésében (idézi Koestler [4]) írt le:

„Ha két követ bárhol az űrben, ahol semmiféle harmadik test nem hat rájuk, egymás közelébe helyezünk, a két kő egymás felé fog közeledni, s találkozni fognak – akárcsak a mágnesek – egy közbelső pontban, mely a kövek tömegével arányosan a súlyosabbikhoz lesz közelebb.”

Irodalom

1. *Nemzeti alaptanterv 2007.*
2. Balázi Ildikó, Ostorics László, Szalay Balázs: *PISA 2006. összefoglaló jelentés.* Oktatási Hivatal, Budapest, 2007.
3. Simonyi Károly: *A fizika kultúrtörténete.* Gondolat Kiadó, Budapest, 1978.
4. Koestler, Arthur: *Alvajárók.* (ford.: Makovecz Benjamin) Európa Könyvkiadó, Budapest, 1996.
5. Vekerdő László: *Így él Galilei.* Typotex Elektronikus Kiadó, Budapest, 1997. (valamint: mek.oszk.hu)
6. Galileo Galilei (1632): *Párbeszéd. A két legnagyobb világrendszerről a ptolemaiosziról és a kopernikusziról.* (ford.: M. Zemplén Jolán) Kriterion Könyvkiadó, Bukarest, 1983.
7. Galileo Galilei (1638): *Matematikai érvelések és bizonyítások két új tudományág, a mechanika és a mozgások köréből.* (ford.: Dávid Gábor, jegyzetek: Gazda István, Pesthy Mónika, utószó: Vekerdő László) Európa Könyvkiadó, Budapest, 1986.
8. Gündischné Gajzágó Márta: Mit tanított Bolyai Farkas a gravitációról? *Fizikai Szemle* 57/8 (2007) 266–272.