

GALILEO GALILEI (1564–1642)

VASSÁNYI MIKLÓS

Firenzei olasz nemes (*nobile fiorentino*), feltaláló, hadmérnök, fizikus, csillagász, matematikus, természetfilozófus, humanista, a pisai, majd a padovai egyetem professzora, Kepler, Clavius, Campanella levelezőtársa, Torricelli tanára, az 1603-ban alapított római tudományos akadémia, az *Accademia dei Lincei* tagja. A zenész-családba született Galilei 1574-ben családjával együtt Firenzébe költözött. 1580-tól 1585-ig orvosi tanulmányokat végzett a pisai egyetemen, de nem szerzett fokozatot. Legkorábbi kéziratai (*Iuvenilia*, 1584, *Edizione Nazionale* – a továbbiakban EN – I) még az aristotelési kozmológia szellemében fogantak. Első fizikatudományi kézirata a *Theoremata circa centrum gravitatis solidorum* (*Elméletek a szilárd testek nehézkedésének középpontjáról*, 1585, EN I). Galilei 1589-től 1592-ig a pisai egyetemen oktatott eukleidési geometriát és ptolemaiosi csillagászatot. 1592-től 1610-ig a padovai egyetemen tanított matematikát. Ekkor írta a *Trattato della Sfera ovvero Cosmografia* („Értekezés a szféráról, avagy kozmográfia”) című, még ptolemaiosi szellemű értekezését. 1597-ben váltott először levelet Keplerrel, kifejtve, hogy régóta meggyőződéses kopernikánus, jóllehet titkolja ezt a meggyőződését (EN X, № 57, 68). 1609-ben értesült a távcső feltalálásáról, és a hírek alapján megépítette első távcsövét. Galilei írta a távcső csillagászati használatáról szóló első nyomtatott művet, a *Sidereus nunciust* („Csillaghírnök”, 1610). Cosimo II de’ Medici toszkán nagyherceg ezután udvari matematikusának és filozófusának nevezte ki. Kepler 1610-ben a *Dissertatio cum Nuncio sidereo* („Beszélgetés a Csillaghírnökkel”, Prága) című rövid írásával fejezte ki óvatos támogatását Galilei felfedezései iránt. Galilei 1613-ban írta a napfoltok mozgását rengeteg metszettel ábrázoló *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti* („Kutatás és bizonyítások a napfoltokról s azok változásairól”) című vitairatát, mely bizonyította a Nap tengely körüli forgását. A *Biblia* értelmezéséről szólnak nevezetes „kopernikánus levelei” (*lettere copernicane*): 1613-ban tanítványához, Benedetto Castelli bencés atyához, 1615-ben Piero Dinihez, Galilei római pártfogójához és Cristina di Lorenához, Cosimo II de’ Medici nagyherceg anyjához (mind EN V). 1614 ádventjén a firenzei Santa Maria Novella domonkos kolostor szerzetese, Tommaso Caccini a szószékéről támadta, és az inkvizíciónál fel is jelentette Galileit heliocentrizmusáért. Galilei

1615-ben Rómába utazott, hogy pártfogókat keressen. Itt írta 1616-ban a *Discorso del flusso e reflusso del mare* („Értekezés a tenger dagályáról és apályáról; EN V) című levelét, mely az árapály jelenségéből kívánta bizonyítani a Föld Nap körüli keringését és napi körforgását. V. Pál pápa azonban teológiai vizsgálóbizottságot hívott össze a következő két tétel vizsgálatára, „hogya a Nap van a világ középpontjában, s következésképp helyváltoztató mozgással nem mozog;” és „hogya a Föld nem a világ középpontja, és nem is mozdulatlan, hanem teljes egészében mozog, még napi mozgással is”. A kijelölt, 11 fős *ad hoc* bizottság öt napi megfontolás után 1616 február 24-én a következő határozatot hozta: A Nap mozdulatlanságáról szóló tézis „ostoba és abszurd filozófiailag, és formálisan eretnek, mivel kifejezetten elmentmond a Szentírásnak;” a Föld mozgásainak tana „ugyanígy abszurd filozófiailag, és a teológiai igazság tekintetében legalábbis hitben téves”. Másnap – a korábban Giordano Bruno perében is részt vevő – Bellarmino bíboros behívatta palotájába Galileit, és a főinkvizítor jelenlétében felszólította a két tézis feladására. Galilei elfogadta a figyelmeztetést, s megígérte, hogy engedelmeskedik. Az Index-Kongregáció 1616. március 5-én határozatban ítélte el a Nap mozdulatlanságát és a Föld mozgását hirdető tanokat, és felfüggesztette „Copernicus *Az égi pályák körforgásairól* című művét, amíg ki nem javíttatik.” Galilei hazatért Firenzébe, ahol 1619-ben tanítványával, Mario Guiduccival együtt írta a *Discorso delle cometét* („Beszéd az üstökösökről”, EN VI), melyben tagadja az üstökösök valóságát, légköroptikai jelenségeknek tartva őket. Orazio Grassinak, a *Collegium Romanum* matematikusának ezt elítélő írására (*Libra astronomica ac philosophica*, Perugia, 1619) az *Il saggiatore* című művel válaszolt (*A próbamester*, Róma: 1623, EN VI). A levélformában írott szöveg elnyerte az új pápa, VIII. Orbán (*sedis* 1623–1644) tetszését is. Galilei 1624-ben Rómába utazott, hogy kipuhatolja, a heliocentrizmus tárgyalására vonatkozó tiltás érvényben van-e még. A pápa többször fogadta, és ajándékokkal is kitüntette. Galilei Firenzébe visszatérve válaszolt Francesco Ingoli ravennai teológus levelére a *Lettera a F. Ingoli in risposta alla De situ et quiete Terrae* című levelével (*Levél F. Ingolihoz a Föld helyzetéről és nyugvásáról*, 1624, EN V), majd 1625-ben új kéziratot írt az árapályról, melyben a Hold módosító hatásával egészítette ki az 1616-os *Értekezésében* közölt elméletet, s amely fő műve záró párbeszéde lett. A *Dialogo di Galileo Galilei Linceo matematico sopraordinario dello Studio di Pisa... dove ne i congressi di quattro giornate si discorre sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico, e Copernicano* (Firenze, 1632, EN VII, magyarul *Párbeszéd a két legnagyobb világrendszerről, a ptolemaiosziról és a kopernikusziról* – a teljes szöveg egyötödét fordította Zemplén Jolán sok hibával, Budapest, 1959) megjelenését a pápa azzal a feltétellel engedélyezte, hogy Galilei a mű címében nem utal az árapályra (az eredeti szerzői cím *Dialogo del flusso e riflusso del mare*, „A tenger dagályáról és apályáról” lett volna); hipotézisként kezeli a heliocentrikus modellt; és beilleszti a szövegbe a pápai titkár által írandó bevezetést és

lezárást. A kijelölt cenzorok a szükséges javítások után jóváhagyták az ekkor Galileinél lévő szövegvariánst. Galilei azonban Firenzébe való visszatérte után jelentősen átírta a kéziratot, amelyet végül – egy pestisjárvány miatt – Róma helyett Firenzében nyomtatott ki, ahol a helyi inkvizítor figyelmét elkerülte, hogy Galilei nem tartotta be a pápa által szabott feltételeket. VIII. Orbán 1632 júliusában betiltotta a könyvet, az inkvizíció pedig Rómába rendelte Galileit. Inkvizíciós perének első tárgyalását 1633. április 12-én tartották; Galilei ezután még négy alkalommal tett vallomást. Az 1633. június 22-én meghozott ítélet két pontban találta eretnekgyanusnak (*sospetto d’heresia*) Galileit: egyrészt a Nap mozdulatlanságának és központi helyzetének, másrészt a Föld mozgásának és középponton kívüli helyzetének tanításában – mivel ezek ellentmondanak a Szentírásnak. Az ítélet betiltotta a *Dialogót*, szerzőjét tanai nyilvános visszavonására és megátkozására kötelezte, és meghatározatlan időre az inkvizíció római börtönébe vetette. A hetvenéves matematikus az ítéletet aláíró hét kardinális előtt térden állva, eskü alatt, kezét az Evangéliumra helyezve vonta vissza és átkozta meg heliocentrikus tanait. Galileit később korára és egészségi állapotára való tekintettel börtön helyett házi őrizet alá helyezték a toszkán nagyherceg római palotájában, majd 1633 júliusától Sienában, végül Galilei villájában, a Firenze melletti Arcetriben. Az ítéletet a katolikus országok egyetemein a helyi inkvizítorok kihirdették a matematika- és filozófiaprofesszorok előtt. Ez tette óvatossá Descartes-ot is, aki a *Filozófiai alapelvek* III. részében (Amszterdam, 1644) – a mozgás vulgáris, illetve tudományos fogalmának megkülönböztetése révén – a Nap központi helyzete mellett a Föld mozdulatlanságát állította. Galilei már Sienában elkezdte írni utolsó nagy művét, a négy napi beszélgetésre osztott *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*t (magyarul *Matematikai érvelések és bizonyítások két új tudományág, a mechanika és a mozgások köréből*, 1986, röviden *Két új tudomány*, EN VIII). Eközben 1635-ben Strassbourg-ban *Systema cosmicum* cím alatt kiadták a *Dialogo* latin fordítását. A *Discorsi e dimostrazioni* ezután jelent meg Leidenben 1638-ban, miután Galilei már 1637 nyarán megvakult fél szemére. Kiterjedt levelezése 11 kötetet tölt meg az *Edizione Nazionale*ban (X–XX). Galilei emlékének szentelt tudománytörténeti múzeum és kutatókönyvtár a firenzei *Museo Galileo* az Arno partján.

Galilei különösen a *Csillaghírnökben*, a Cristina di Lorenához írott levelében, a *Párbeszédben*, a *próbamesterben* s a *Két új tudományban* fejtett ki gyökeresen új természet- és tudományfilozófiai, illetve biblikus hermeneutikai nézeteket. A csupán 52 oldalas *Csillaghírnök* Galilei első nyilvános, de óvatos állásfoglalása a kopernikuszi világregnd mellett, amely szerint a szublunáris és a szupralunáris szféra valójában nem különíthető el, és nem minden égitest kering a Föld körül, hiszen legalábbis a Jupiter holdjai nem ezt teszik.

A Cristina di Lorenának címzett „kopernikánus” levélben Galilei nyíltan megfogalmazza heliocentrikus meggyőződését és bibliaértelmezési elveit. Miu-

tán az Írás fő célja az Isten iránti tisztelet és a lelki üdv biztosítása, ezért természeti kérdésekben nem törekszik a tudományos igazság közlésére, hanem úgy szólván „lefelé”, a hétköznapi tudat értelmi szintjéhez igazodik. Amikor nem hit és erkölcs dolgáról van szó, a bizonyított tudományos igazság alapján kell értelmezni a szent szöveget, mert Isten nem nyilatkozhat az érzékeléssel és az ésszel szemben, mely képességekkel Ő maga ruházott fel bennünket. A *Levél* követeli a szabad, autonóm tudomány lehetőségét (*il libero filosofare circa le cose del mondo e della natura*).

Galilei legolvasottabb műve, a *Párbeszéd* három szereplő négy napi beszélgetését rögzíti, csupán valószínűségi eredményre jutva. Az Első Nap fő tézise szerint – az aristotelési csillagászat alapvetésével szemben – a Föld nem különbözik a szupralunáris szféráktól, mivel az égbolt valójában nem változatlan, amint ezt az üstökösök, novák és a napfoltok tanúsítják. Galilei megkérdőjelezi az aristotelési fizika tanítását a négy elem egyenes vonalú természetes mozgásairól is, és bizonyíthatatlannak nevezi az aristotelési–ptolemaiosi posztulátumot a Föld középponti helyzetéről a világban. A Második Nap szerint a Föld naponta megfordul a saját tengelye körül – a Föld mozdulatlanságát ugyanis se Aristotelés, se Ptolemaios nem bizonyította szigorúan, és nem is lehet bizonyítani. Bolygónk ezért ugyanúgy „mozgó és bolyongó gömb, mint a Hold, a Jupiter és a Vénusz.” A mozgásjelenségek elemzése során Galilei megfogalmazza a tehetetlenség törvényét: Az egyszer mozgásba hozott, ideálisan gömbölyű test egy végtelen vízszintes síkon mindaddig gurul, amíg ellenállásba nem ütközik. A Második Nap következtetése azonban csupán negatív: A Földön magán nem végezhető olyan kísérlet, mely egyértelműen bizonyítaná a Föld napi forgását. A Harmadik Nap fő tézise szerint a Föld éves mozgással körpályán kering a Nap körül (Galilei hallgat a Kepler által 1609-ben közölt felfedezésről, mely szerint a bolygópályák ellipszis alakúak). Galilei felvázolja a Naprendszer részletes modelljét, azzal a következtetéssel, hogy csak a kopernikuszi modell teszi lehetővé a részek harmóniáját a világrend egészében. A Negyedik Nap szerint a Föld napi és éves mozgásának fő bizonyítéka az árapály. Galilei itt felveti és eldöntetlennek mondja az aristotelési szférák mibenlétének kérdését. Az egész mű összefoglalásaként három fő érvet emel ki „a kopernikuszi rendszer mellett”: Ezek „a bolygók megállása és visszafelé haladása és váltakozó távolságuk a Földtől; másodsor a Nap tengely körüli forgása és az, ami a foltjaiban megfigyelhető; harmadszor a tenger dagálya és apálya”. A *Párbeszéd* nem tekinti megfontolásra érdemes alternatívának a Tycho Brahe-féle geo-heliocentrikus elgondolást, de részletesen és igazságosan tárgyalja a két fő rendszer mellett és ellen szóló összes lehetséges érvet, bár Galilei preferenciája a kopernikuszi modell iránt egyértelmű. A tárgyalás bizonyítja, hogy az aristotelési-ptolemaiosi csillagászat koherens alternatíva, melynek egyes előfeltevéseit nem lehet ugyan ellentmondás nélkül tagadni, de az egész rendszert minden előfeltevésével együtt lehet. A *Pár-*

beszéd fő célja így rámutatni az aristotelési fizika és csillagászat korlátoltságára és következetlenségeire.

A VIII. Orbánnak ajánlott *Próbamester*ben Galilei vitriolos, kioktató hangvértelben cáfolja vagy inkább kigúnyolja Orazio Grassi *Libra astronomica ac philosophicájának* állításait. A szöveg fő szakaszában rámutat, milyen választási lehetőségei voltak az Index-Kongregáció 1616-os határozata után egy katolikus csillagásznak: Miután Ptolemaios tanítása egyre lehetetlenebbnek látszott Kepler Mars-megfigyelései nyomán, Copernicust pedig tilos volt követni, sokan Brahe geo-heliocentrikus rendszerét képviselték.

A *Két új tudomány* a *Párbeszéd*ből ismert három szereplő négy napra tagolt beszélgetését rögzíti. Az első két nap témája a mechanika, közelebbről a – szilárd testek törési ellenállása kapcsán kifejtett – anyagelmélet, mely szerint az anyag bármely tetszőleges darabja végső soron végtelen sok nagyság nélküli és oszthatatlan részecskéből áll. A Harmadik és a Negyedik Nap a dinamikával foglalkozik. A Harmadik Nap először az egyenletes, majd az egyenletesen gyorsuló mozgás törvényeit határozza meg részletes geometriai bizonyításra épülő matematikai formulákkal, Eukleidés *Elemeire* emlékeztető módon. Eszerint a geometriai tulajdonságok összefüggenek a mozgás tulajdonságaival (út, idő, sebesség, gyorsulás), vagyis a geometria és a kinematika egymásba ágyazottak. A Negyedik Nap a lövedékek egyenletes és egyenletesen gyorsuló mozgásból összetett mozgását parabolikus görbeként határozza meg. Egy meghatározatlan Platón-hivatkozás (*Timaios* 38c–39e?) kapcsán Galilei felvázol egy teremtéseméletet is: eszerint Isten geometriai-kinematikai törvények figyelembe vételével ejtette helyükre a bolygókat – ez az elgondolás távolról rokonítható azzal, ahogyan Kepler ír a „geometrizáló Isten”-ről a *Harmonice mundibán*; illetve ahogyan Newton magyarázza a bolygómozgások közös jellemzőit a *Four Letters to Dr Bentley*-ben.

Galilei egyszerre volt matematikus, mérnök és technikus. Az összekötő kapocs e területek között a geometria: Galilei Platón Timaiosához hasonló módon minden természeti jelenségben meglátta a geometriai mintát. Bár az isteni kinyilatkoztatás egy fajának tartotta a természetet, Keplertől eltérően nem indult ki közvetlenül Isten természetéből a természet megértésében. Éleslátása révén Aristotelés mögé tudott kérdezni éppen azért, hogy következetesen és egységben gondolta végig Aristotelés téziseit. Ezzel elkerülhetetlenül kihívta maga ellen a korabeli, peripatetikus filozófiával felvértezett teológia ellenállását. Elítélésében azonban szerepet játszott a pápa személyes sértettsége is az árapállyal kapcsolatos véleményének rossz beállítása miatt a *Párbeszéd* zárásában. Az inkvizíció ítéletének szövegében észre kell vennünk, hogy a vád csak a Szentírásnak való ellentmondás volt; és hogy az indoklás tartózkodott a kérdés tudományos lényegének megközelítésétől. Másfelől paradox, hogy Galilei egy olyan elméletben – az árapály sajtós magyarázatában – vélte megtalálni a heliocentrizmus legfőbb bizonyítékát,

amely téves volt. Az árapály jelenségét végül Newton vezette vissza a Hold és a Nap gravitációs hatására, az egyetemes tömegvonzás keretei közé helyezve el azt (*Philosophiae naturalis principia mathematica – A természetfilozófia matematikai alapelvei*, III. könyv, 24. tétel, 1687). Galilei munkássága ettől függetlenül szinte áttekinthetetlenül nagy, szerepe az alkalmazott geometria, az anyagelmélet, a mechanika, a dinamika, a csillagászat történetében felmérhetetlen. A kopernikuszi világgép elfogadásához döntően járult hozzá a *Csillaghírnökben* és a *Kutatás és bizonyítások a napfoltokról*-ban közölt távcsöves megfigyeléseivel, és különösen a *Párbeszéd*ben részletesen taglalt csillagászati érveivel, melyeket az egész világ megismerhetett a mű latin fordításából. Kísérletező kutatási módszere megelőlegezte Francis Bacon tudományos módszertanát, biblikus hermeneutikája pedig a természettudományok autonómia-törekvését segítette elő.

TOVÁBBI IRODALOM

- Edizione Nazionale I–XX.* (1890–1907): galileoteca.museogalileo.it/GTConsult/index.xhtml
 Galilei, Galileo: *Scienza e religione. Scritti copernicani* (2009).
 Heilbron, John: *Galileo* (2010).
 Koyré, Alexandre: *Études galiléennes I–III.* (1935).
 Pagano, Sergio (ed.): *I documenti del processo di Galileo Galilei* (1984).