

GALILEI ÉLETE ÉS MUNKÁSSÁGA

A nagy természettudósok közül is csak keveseknek jutott osztályrészül, hogy korszakalkotó munkásságot végezzenek. E kevesek közül való Galileo Galilei. Méltán mondták róla, hogy ha munkássága több természettudós között oszlott volna meg, ezek mindegyike még a nagyok közé számítana. Munkássága két főrésze oszlik: csillagászati vizsgálataira és dinamikai kutatásaira. Galilei kutatásai közül inkább csak a csillagászati vizsgálatainak eredményei mentek át a köztudatba, melyekkel bebizonyította Copernicus tanának helyességét. Dinamikai vizsgálatai, melyekben egyes mozgások törvényszerűségével foglalkozik és melyekben hihetetlen éleslátással a mozgások tanának vagyis a fizika egy igen nagy részének veti meg az alapját, szélesebb körökben kevésbé ismertek, mert elvontak és így kevésbé hozzáférhetőek. Ezek a vizsgálatok az egész fizikában alapvető fontosságúak és egészen új korszakot nyitottak meg a korabeli fizika fejlődésében.

Galilei egy köztisztviselőben álló család gyermeke volt. 1564-ben született Pisaban. Apja kereskedőnek szánta, de mivel az ifjú Galilei erre kevés hajlandóságot mutatott, beleegyezett abba, hogy a pisai egyetemen orvostudományt tanuljon. Galilei 17 éves korában kezdte meg tanulmányait és az orvostudomány mellett szorgalmasan foglalkozott a régi klasszikusokkal, így különösen az akkori tudósoknak bálványával, Aristotelesszel. De Aristotelesszel sehogy sem tudott megbarátkozni és mint későbbi írásaiból kitűnik, már fiatal korában nagyfokú

ellenszenvvel viseltetett az aristotelesi tanokkal szemben. 20 éves korában Euklides és Archimedes műveit kezdte tanulmányozni, melyek igen nagy hatást gyakoroltak rá és melyek elindították érdekekben oly gazdag tudományos pályafutását. Mint irodalmi munkásságából kitűnik, Archimedest különösen nagyra értékelte és Archimedeshez kapcsolódnak első tanulmányai is, melyek a testek úszásának törvényszerűségeivel és a súlyponttal foglalkoznak.

Úgy látszik, hogy pisai tanulmányait nem fejezte be, de jóakarói csakhamar felismerték kiváló képességeit és segítségükkel 25 éves korában megkapta a pisai egyetem matematikai tanszékét. Már itt kezdett foglalkozni a mozgások tanával, melynek részletes kidolgozásával oly maradandót alkotott. Életének eme nagy művével, melyet csak élete végén a híres «Discorsi»-ban tett közzé, tanulmányom további folyamán részletesebben fogok foglalkozni. Itt csak azt említem meg, hogy e munkájának befejezéséig hosszú és fáradságos utat kellett megjárnia, ugyanis a felmerülő problémákat egészen új alapokból kiindulva kellett tárgyalnia. Ezzel kapcsolatos egyik ismert kísérlete is. Az akkori általános felfogás szerint egy test annyiszor gyorsabban esik, mint egy másik, ahányszor súlyosabb. Galilei ezzel szemben azt állította, hogy különböző súlyú testek, hacsak sűrűségeik nem különböznek nagyon, nem légüres térben is praktice egyenlő gyorsan esnek. Galileit ezért kigúnyolták és kinevették, de mindez csak addig tartott, míg Galilei a pisai ferde tornyon sok szakember és kíváncsi néző jelenlétében egy egyszerű kísérlettel demonstrálta állításának helyességét.

Galilei a pisai tanszékről csakhamar átment a padovai egyetem matematikai tanszékére, mely több előnyt és így jobb munkalehetőséget biztosított számára, mint a pisai. Galilei 18 éven át működött a padovai egyetemen és ezek az évek Galilei életének legtermékenyebb és valószínűleg legboldogabb évei. Itt folytatta a mozgások tanára vonatkozó alapvető vizsgálatait, továbbá egy szilárdságtant dolgozott ki és ezt szintén a híres «Discorsi»-ban publikálta.

Ebben az időben foglalkozott Galilei hőmérők készítésével is, amivel szintén igen nagy szolgálatot tett a tudománynak, hiszen addig a hőmérséklet megállapítása csak közvetlen érzékelés útján történhetett, ami, mondanom sem kell, pontos hőmérsékletmérésre teljesen alkalmatlan. Galilei a levegő, víz és alkohol hőtágulását használta fel a hőmérséklet mérésére, tehát ebben az irányban is úttörő munkát végzett.

Padovában végezte nagyfontosságú csillagászati megfigyeléseit is. Távcsövével mint elsőnek volt alkalma megfigyelni oly égi jelenségeket, melyeket előtte még emberi szem nem látott. Megfigyelései alapvető

tudományos értékűek és átalakították az addig általánosan elfogadott világszemléletet.

Abban az időben Ptolemeus tanát fogadták el, mely szerint a Föld, a világmindenség centruma, a világmindenségben nyugszik és a Nap és a többi bolygó a Föld körül végeznek mozgásokat. Már a görög Aristarchos azonban azt tanította, hogy a Föld nem áll fixen, hanem a Nap a fix pont, mely körül a bolygók és köztük a Föld is keringenek. De már Aristarchos is ellenzésre talált és tekintélyesebb filozófusok, köztük Aristoteles, Ptolemeus tanát fogadták el. Ez könnyen érthetővé válik, hisz a földi hatalmában tetszelgő ember természetesen a saját égitestét kívánta a világmindenség centrumában látni. A hiú ember gondolkodásmódjával sehogy sem fért össze, hogy a világmindenségnek egy más égitest legyen a centruma. Ptolemeus és Aristoteles tanítását tette magáévá az Egyház is, ami könnyen érthető, ha figyelembe vesszük, hogy egyrészt akkor Aristoteles milyen nagy tekintélynek örvendett, másrészt pedig az akkori egyházi emberek nem tudták volna elképzelni, hogy az emberiség megváltása ne a világmindenség centrumában, hanem egy látszólagosan kevésbé fontos helyet betöltő égitesten menjen végbe. Mindezt ma 3 évszázados távlatból nézve talán kissé nehezen érthetjük meg, mert nem tudunk beleilleszkedni az akkori korszellembe. Ennek a szellemnek tulajdonítható, hogy Copernicus, ki Aristarchos tanát tökéletesebb formában felújította, csak a halálos ágyán merte azt nyilvánosságra hozni. A copernicusi rendszernek csak igen kevés terjesztője akadt és így Galilei korában az általánosan elfogadott rendszer a ptolemeusi volt.

Ezt a ptolemeusi rendszert döntötték halomra Galileinek távcsővel történt csillagászati megfigyelései. A távcsövet Hollandiában fedezték fel. Galilei röviddel azután, hogy hallott róla, egy tökéletesebb kivitelben állította elő. Távcsővével 1609-ben végezte az első megfigyeléseit és ezek rendkívüli hatást gyakoroltak rá. Erről a mély benyomásról csak az alkothat magának némi fogalmat, akinek alkalmá nyílt távcsővel égi jelenségeket megfigyelni. A firenzei udvarhoz intézett egyik levelében írja: «Éppen úgy mint ahogy végtelen csodálkozás tölt el, éppen úgy végtelen hála tölt el Isten iránt, hogy nekem mint elsőnek egyedül hagyott megfigyelni oly csodálatos és annyi évszázadon át elrejtett dolgokat».

Távcsővét a Holdra irányítva látta, hogy annak felülete hegyekkel és völgyekkel váltakozó síkságokkal van borítva, vagyis hasonló a Földhöz. Az állócsillagok száma a távcsőn keresztül rendkívüli mértékben megsokasodott, látta, hogy egyes helyei az égboltnak, melyeken szabad

«Umso schlimmer für die Tatsachen». Ilyenfajta érveken ma csak mosolyogni tudunk, de ilyen szinte már grotteszk érveket elvontabb területeken a mai korban is találunk, így például különösen egyes modern természet-filozófiai művekben, melyek atomelmélettel foglalkoznak és melyekben a szerző az atomokat a saját világgképének megfelelő tulajdonságokkal ruházza fel anélkül, hogy figyelembe venné azt, hogy az atomok a valóságban milyen tulajdonságokkal rendelkeznek. Ilyen érvek ellen józan érvekkel küzdeni teljesen lehetetlen, ezt sajnos Galileinek csakhamar tapasztalnia kellett. Galilei a támadásokat azzal igyekezett ellensúlyozni, hogy befolyásos személyiségeknek távcsöveket küldött, hogy személyesen meggyőződhesse az állításának helyességéről, továbbá több előadásban ismertette felfedezéseit. Mindez azonban haszталannak bizonyult, mert a korabeli szakemberek közül is szinte csak Kepler volt az, aki felfedezéseit teljes mértékben értékelte és elismerte. Ezzel szemben viszont sokan egyszerűen nem voltak hajlandók, hogy a távcsövel megfigyeléseket végezzenek, sőt még magát a távcsövet sem kívánták látni. Érdekes, hogy akadtak viszont művelt laikusok, akik távol maradva az üres filozófiai spekulációktól, a «Sidereus nuntius» áttanulmányozása után csatlakoztak Galilei felfogásához.

Galilei időközben folytatta csillagászati megfigyeléseit. Felfedezte a Saturnus sajtáságos szerkezetét. Ezt a bolygót ő 3 részből állónak látta, ami már utal a Saturnus gyűrűs szerkezetére. Ezenkívül felfedezte, hogy a Venus fényváltozásokat, úgynevezett fázisokat mutat hasonlóan, mint a Hold, ami teljes ellentétben volt a ptolemeusi rendszerrel és bizonyította, hogy a Venus a Nap körül kering. Végül pedig a Napon Galilei felfedezte a napfáklyákat, továbbá a napfoltokat, melyek a Napnak kevésbé világító és így a kontraszt-hatás következtében sötétebbnek látszó relatíve kis részei. A napfoltok elmozdulásából pedig helyesen következtetett a Napnak tengelykörüli forgására.

Mindezek a felfedezések Galileit teljesen meggyőzték a copernicusi rendszer helyességéről és arra készítették, hogy felfogását nyiltabban hirdesse. Ezzel 1615-ben magára vonta az inkvizíció figyelmét, mely sajnos, élete végéig nem szűnt meg vele foglalkozni. Galilei minden lehetőt megpróbált, hogy a copernicusi tannak elismerést szerezzen és meggyőzze ellenfeleit saját megfigyeléseinek helyességéről, de mindez haszталannak bizonyult. Az inkvizíció illetékes szerve, mely főképpen Galilei ellenfeleiből tevődött össze, a copernicusi tant és Galileinek a naprendszerre vonatkozó megfigyeléseit és az abból vont következtetéseket tévesnek és eretneknek nyilvánította és figyelmeztette Galileit, hogy a szerintük téves tanításait vonja vissza. De Galilei egyelőre még szabad

volt és mint levelezéséből kitűnik, az inkvizíció ítéletét nem vette túlságosan szigorúan.

1624-ben Maffeo Barberini VIII. Orbán néven került a pápai székbe, ki Galileinek személyes barátja és tisztelője volt. Ez a pápaválasztás Galileit új reményekkel töltötte el és megérlelte benne elhatározását, hogy a naprendszerre vonatkozó felfogását és megfigyeléseit közzé tegye. E végből újra Rómába utazott és tényleg sikerült kieszközölnie «A két legnagyobb világrendszerre vonatkozó dialogusok» c. műve számára a kiadás engedélyezését.

Dialogusai című műve a ptolemeusi és a copernicusi rendszer összehasonlítása. Az összehasonlítás párbeszéd alakjában folyik: Salviati, Sagredo (Galileinek időközben elhunyt barátai) és egy harmadik személy között, kit Galilei Simplicio-nak nevez. A Dialogusokban Salviatinak jut az a szerep, hogy a copernicusi rendszert minden lehető ellenérvvel szemben megvédelmezze; ellenfele Simplicio a ptolemeusi rendszer védője, ki egyik kudarcát a másik után szenved el Salviatival folyó vitájában. A vidám és rokonszenves Sagredo szintén részt vesz a vitában és benne Salviati logikus érveinek hatására végbemegy az a nagy felszabaduló érzés, amelyet, mint a fennmaradt levelezéséből kitűnik, oly sok ember érzett a Dialogusok olvasása alkalmával. Annak ellenére, hogy a párbeszédekből teljesen világosan kitűnik a copernicusi rendszer helyessége, végül mégis Simplicionak marad (legalább látszólag) igaza. Ennek a fogásnak a jelentőségével természetesen mindenki tisztában volt.

A Dialogusok Galilei egyik főműve és a csillagászati alapvető megfigyeléseinek és megállapításain kívül a mozgások tanára vonatkozóan is fontos eredményeket tartalmaz. A mű hatása rendkívüli volt és ez magyarázza meg, hogy ellenfelei a siker láttán még sokkal erősebben támadták. Simplicio kudarcát a saját kudarcuknak tekintették és minden gyűlöletükkel Galilei ellen fordultak, sőt a pápával elhitették, hogy Galilei Simplicio alatt valójában a pápát értette, mire a pápa is ellene fordult. Galileit az inkvizíció Rómába idézte, ahol esküvel kellett megtagadnia a Föld mozgására vonatkozó tanításait és Rómát csak mint az inkvizíció foglya hagyhatta el. Később megengedték ugyan neki, hogy a Firenze környékén levő házában lakjon, de élete végéig az inkvizíció felügyelete alatt maradt.

A Galilei ellen hozott súlyos ítéletet, melyet mai szemmel nézve a legnagyobb mértékben helytelenítünk, az akkori kor szelleme, melyet már röviden vázoltam, magyarázza meg. Az akkori ember sehogy sem tudott megbarátkozni azzal a gondolattal, hogy otthona, a Föld, nem foglal el centrális helyet a világmindenségben, hanem abban csak egy

jelentéktelen porszem. Galilei két korszellem összeütközésének lett az áldozata. Ő már az új korszellem megtestesítője, szakít az addig divatos, szinte minden kísérleti alapot nélkülöző, sokszor gyerekes filozófiai spekulációkon alapuló ú. n. természettudománnyal, Galilei megfigyelhető tényekből indul ki és ezekre építi fel elgondolásait. Az inkvizíciónak Galilei ellen hozott határozatát ma a legnagyobb mértékben elítéljük, de meg kell említenem azt, anélkül, hogy az inkvizíció ítéletét védelmezni akarnám, hogy ez az ítélet nem képezheti alapját a katolikus egyház elleni olyfajta támadásoknak, melyekben az egyházat azzal vádolják, hogy gátolta a tudományok fejlődését. Hogy az egyház a tudományok feljesztéséért és terjesztéséért mennyit tett, az vitán felül áll.

Az inkvizíciónak Galilei ellen hozott súlyos ítélete ellen elsősorban az egyetemek részéről lett volna várható tiltakozás. De sajnos semmi sem történt. Ennek magyarázata az, hogy az egyetemek maguk is meg voltak győződve arról, hogy a Galilei által képviselt copernicuszi rendszer téves. Így például a híres párisi egyetem még a XVIII. század elején is azt tanította, hogy a Földnek a Nap körül való mozgása egy téves hipotézis és az újabb amerikai Harvard-és Yale-egyetemeken a ptolemeusi és copernicuszi rendszert egy ideig egymás mellett párhuzamosan tanították, mintha mindkettő fenntartható volna.

Galilei életének szomorú utolsó éveiben írta meg másik nagy művét, a «Discorsi»-t, melyet már többször idéztem és melyben a mozgások tanának, a dinamikának, veti meg az alapját. Többek között foglalkozik itt a szabad eséssel, a lejtőn való mozgással, a ferde hajítással és az ingamozgással. Munkájának lényegét az alkotja, hogy felismerte a mozgások két alaptörvényét. Ezeket az alaptörvényeket kiegészítve egy harmadikkal később Newton fogalmazta meg egységesen és kissé általánosabban és ezért a törvényeket általában Newton-féle axiomáknak szokás nevezni. Az első alaptörvény a tehetetlenség törvénye, mely szerint egy nyugalomban vagy mozgásban levő test önmagától állapotát nem képes megváltoztatni, vagyis az állapot változtatásához külső erő szükséges. Ez a törvény mai szemmel nézve szinte triviális, mert mi e törvény ismeretének birtokában minden mozgást e törvényen keresztül figyelünk meg és így e törvény ma a mi számunkra egy önmagától értetődő természetes dolog. Nem így volt ez azonban Galilei korában, midőn a mozgásokat általában teljesen téves alapokból kiindulva akarták tárgyalni, Akkor a törvény felismeréséhez nagyfokú éleslátásra és absztraháló képességre volt szükség, mert hiszen látszólag a természetben valóban létrejövő mozgások ellentmondanak e törvénynek. Így például ha egy vízszintes sík lapon mozgásba hozunk egy golyót, akkor a golyó egy ideig mozog

majd megáll, tehát mozgásállapotában igenis változás állt be. Mi ma tudjuk, hogy ezt a surlódás és a levegőellenállás okozza és e két hatás nélkül éppen Galilei törvénye szerint a mozgásban nem állna be változás, de ennek első ízben történő felismerése igen nagy éleslátásra vall. A második mozgási törvény, mely nem kevésbé fontos, azt mondja ki, hogy a mozgás sebességének megváltozása csak erő hatására jöhet létre, mégpedig a változás nagysága az erővel arányos és iránya megegyezik az erő irányával. Ennek a két alaptörvénynek a felismerése indította el a dinamika vagyis a mozgások tanának a fejlődését, amely nélkül ma fizikát el sem tudunk képzelni. Nagy érdeme Galileinek, hogy felismerte a szabad esés, a lejtőn való mozgás és az ingamozgás fontos törvényeit. Mindenütt megfigyelésekből és kísérleti tényekből, nem pedig filozófiai spekulatív elgondolásokból indult ki. Megfigyeléseinek eredményét csak igen fáradságos munka árán érte el, igen primitív eszközökkel volt kénytelen dolgozni. Így például mivel az akkori órák nem voltak elég pontosak a mozgásokra vonatkozó megfigyeléseinél az időt egy tartályból kifolyó vízmennyiséggel mérte. Dinamikai vizsgálatain kívül foglalkozott még szilárdságtannal és a nagy embereket jellemző éleslátással itt is helyesen jelöli ki a további fejlődés útját. Ezekkel a vizsgálataival kapcsolatban jut el egy a mai légnyomásnak megfelelő fogalomhoz, továbbá ő volt az első, aki helyes módon mérte meg a levegő súlyát és nagyságrendben helyes eredményhez jutott. A «Discorsi» című művében foglalkozik még akusztikai vizsgálataival. Bámulatos, hogy a fizikának ezt a területét is fontos eredményekkel gazdagította. Így például felismerte, hogy a hangok magasságát a rezgésszám határozza meg. Részletesen foglalkozott a rezonancia jelenségével, mely az akusztika további fejlődésében igen fontos szerepet játszott.

Már e rövid összefoglalásból, melyben csak a legfontosabb eredményeket sűrítettem össze, is látható, hogy Galilei milyen alapvető és átfogó munkát végzett. Szakítva az addigi spekulatív módszerekkel, megfigyelésekből, kísérleti tényekből indult ki és ezzel úttörője lett a modern természettudományoknak. Kiváló szellemi tulajdonságaihoz rendkívül vonzó jellembeli tulajdonságok is járulnak és ez magyarázza meg azt, hogy honfitársainak iránta való nagy tiszteletében a világ minden kultúrnépe osztozik.

GOMBÁS PÁL