

# AZ EURÓPAI TERMÉSZETTUDOMÁNY ELŐFUTÁRAI – AZ ISZLÁM ARANYKOR TUDÓSAI

Radnóti Katalin  
ELTE TTK Fizikai Intézet

Általános vélekedés szerint a görög tudomány a Kr. e. 200 körüli időszakra elérte legfontosabb eredményeit. Majd ezután Európában „hosszú csend” következett egészen 16–17. század idejéig. A reneszánsz újjászületés hozta meg a mai értelemben vett tudomány kialakulását. Ez az eszmény sodorta magával az ekkor lezajló természettudományos és az azt követő ipari forradalmat. Ezt úgy szokás magyarázni, hogy ekkorra teszik ismét magukévá az európaiak azokat az ismereteket, amelyekkel a régi görögök már rendelkeztek, jobb esetben megemlítve, hogy iszlám „közvetítés” segítségével. A fejlődés elindítóiként fel szokás sorolni *Kopernikust és Keplert, Galileit és Descartes-ot (Cartesius), Leibnizet és Newtont.*

A fizikaérettségi követelményrendszerben szerepelnek tudománytörténeti elemek is, amely nagyon fontos. A többi tantárgy esetében nem szerepelnek hasonló elemek a követelmények között. A dokumentum felsorolja az összeállítók szerinti legfontosabb tudósok nevét, akikről a diákoknak tudni kell, körülbelül mikor éltek, és melyek a főbb tudományos eredményeik. A listában ókori tudósként csak *Arkhimédész* szerepel, majd a reneszánsztól napjainkig csupa európai tudós neve olvasható, amely gyakorlatilag a fentebb leírt benyomást kelti a tanulóknál. A kép azonban ennél sokkal árnyaltabb! Mai tudásunk alapján úgy látjuk, hogy az iszlám területen élt tudósok szerepe ennél sokkal jelentősebb volt. Jelen írásban erre mutatok rá néhány kiragadott példa és tudós életének, munkásságának bemutatásával.

Célkitűzésem olyan áttekintést nyújtani a „hiányzó” korszakról, hogy ezeket a tanárkollégák fel tudják használni a fizika oktatása során a tudománytörténeti folyamatok elemzéséhez, óráik színesítéséhez és egyben a történelem tantárggyal való kapcsolat erősítésére. A témához több internetes forrás is található a cikk végén, amelyek, illetve az ezekhez tartozó linkek lehetőséget adnak a témában való további elmélyedésre, akár tanulói kiselőadások formájában, kisebb kutatásokhoz.



Radnóti Katalin az ELTE-n végzett kémia-fizika szakos tanárként. A budapesti Kölcsey Ferenc Gimnáziumban nyolc éven keresztül tanított. Jelenleg az ELTE Fizikai Intézetében főiskolai tanár. Kutatási területe a fizika és a természettudományok tanításának módszertana. Publikációs tevékenysége is e témához kapcsolódik, tanári segédletek, tanulmányok, könyvek, könyvfejezetek. A *Nukleon*, a Magyar Nukleáris Társaság internetes folyóirata főszerkesztője.

Az írásban áttekintést adok az iszlám aranykorról, amelyről azt állítom, alapvető szerepe volt abban, hogy a mai értelemben vett tudomány kialakulhasson. Jelen írásban elsősorban az *optika*, a *csillagászat* és a *mozgás* témakörök megközelítésének változásait, alakulását követem nyomon az ókori elképzelésekhez képest a vizsgált iszlám korszakban.

Először vázlatosan bemutatom az iszlám aranykort, hogy térben és időben is el tudjuk helyezni a vizsgált korszakot, majd az optika témakör alakulását, és elkezdjük a csillagászat és a mozgás témakörrel kapcsolatos elképzelések változásának bemutatását. Ehhez természetesen hozzá tartozik az is, hogy röviden vázoljam az ókori elképzeléseket is.

## Az iszlám aranykor

A 7. században az iszlám alatt egyesült arab törzsek alig egy évszázad alatt óriási birodalmat hoztak létre, amely az *Atlanti óceántól az Indus völgyéig* terjedt. A terület nagyobb volt még a Római Birodalomnál is. Sőt az arab hódítók, 711-ben átkelve a Gibraltári szoroson, az Ibériai félsziget területének jelentős részét is elfoglalták.

Az *arab nyelv* nem mindenhol vált a mindennapokban is (lévén hivataliként kötelező volt) uralkodó nyelvvé, de az európai középkori latinhoz, vagy napjainkban az angolhoz hasonlóan, a *tudományos közlések esetében meghatározóvá vált* a térségben. A korszak sok tudósa, aki az arab nyelvet használta, valójában nem volt sem arab, sem muzulmán. Voltak köztük szíriai keresztények, perzsák, görögök és zsidók.

A 8. század közepétől számítjuk az *iszlám aranykorát*, ez az Abbászida kalifátus hatalomra kerülése, amikor a birodalom fővárosa az ősi Damaszkuszról az új alapítású Bagdadba került át. Ez így volt egészen 1258-ig, amikor a mongol invázió elfoglalta.

830-ban Bagdadban megalapították egy „Bölcsesség Háza” nevű intézményt, ami egészen a 10. század végéig működött. Itt iszlám és más vallású tudósok gyűltek össze, és gyakorlatilag *lefordították arabra a világ addig felhalmozott tudását*, amelyek főként a görög, római, perzsa, indiai, kínai, egyiptomi és főnóciái nyelvterületekről származtak, azért, hogy azt az iszlám kultúrába adaptálják. Ha ez nem történt volna meg, akkor számos ókori tudós munkája veszett volna el. Később ezeket fordították perzsa, török, héber és latin nyelvekre. A korszakban emellett sok új tudás is keletkezett, amelybe Irán és Közép-Ázsia népeinek kulturális hagyatéka és a Zarathustra vallás morális és etikai elemei is bekerültek.

Nem sokkal később a „rivális kalifátusok” is létrehozta hasonló intézményeket, mint például az egyiptomi Fátimidák új városukban, Kairóban és az andalúziai Omajjádok Córdobában. Az uralkodók fontosnak tartották, hogy tudósok vegyék körül őket, akik bizonyos időközönként összeültek vitatkozni az őket éppen foglalkoztató témák megbeszélése végett.

E nagyszabású munkára a korszak egyik fontos kínai találmánya, a *papír* – amelynek gyártási technológiája kínai foglyok révén jutott el az arabokhoz – biztosította a lehetőséget. A papír széles körű alkalmazása a 900-as évektől kezdve jelentősen olcsóbbá tette az írást, és lehetővé tette a *közkönyvtárak alapítását*. Az ezredfordulón Córdoba könyvtárában több tízezer könyv, illetve tekerecs volt felhalmozva, míg Európa egyéb helyein szinte csak a kolostorokban volt – esetleg – pár száz könyv.

A tudomány fejlődése az ókori hagyományokra épült, de az arab birodalom tudósai nem csak megőrizték és átmentették az ókori tudósok eredményeit, hanem kommentálták és továbbfejlesztették azokat. Sőt, mai kifejezésünkkel élve nyugodtan mondhatjuk, hogy *paradigmaváltást* hajtottak végre elsősorban a ptolemaioszi asztronómiai rendszer újraértelmezésével. A csillagászat fejlődésének az iszlám birodalomban komoly mozgatórugója volt a vallás, amely megkövetelte az imaidők pontos meghatározását, és az épületek tájolását. Emellett a kémia és a matematika terén, sőt a tudományos kutatás módszertana területén *önálló eredményekkel* jelentek meg. Továbbá, sok esetben fontos kérdéseket, kételyeket fogalmaztak meg, amelyek kiindulópontjai voltak a későbbi felismeréseknek, például az Univerzum szerkezetével és a mozgással kapcsolatban. Rendszeres és egyre pontosabb megfigyeléseket végeztek az égbolton, amelyeket nagy táblázatokban foglaltak össze. Erre lehetőséget adott az is, hogy az iszlám országok olyan földrajzi helyeken találhatók, ahol éjszánként ragyogóan tiszta égbolt tárult a vizsgálódó csillagászok feje fölé.

Az elsődleges csatorna, amelyen keresztül a görög tudomány beáramlott a muszlim világba, Alexandria volt, ahol az arab hódítás idején a görög filozófia és a tudomány még virágzott – elsősorban a híres könyvtárnak köszönhetően.

Évszázadokkal később pedig Európa felé a legfontosabb közvetítő a mai Spanyolország volt, ahol a Córdobai Kalifátusban korszerű arab egyetemek működtek, például Toledóban, Salamancában és Segoviában. A keresztény országokból is sokan jártak ezekre az egyetemekre tanulni.

Ezt követően kezdtek el keresni Európában az eredeti görög forrásokat. Nagyon sok eredeti könyv került nyugatra a negyedik kereszties hadjárat 1204-es győzelmét követően létrejött Konstantinápolyi Latin Császárság (1204–1261) hadiszákmányaként. Az eredeti krónikák szerint ebben az időszakban hajószámra indultak nyugatra a görög nyelvű kéziratok. A 13. században már megtörtént a teljes arisztotelészi életmű latin fordítása az eredeti görög források alapján.

Az iszlám tudósok, vagy inkább azt lehet mondani, hogy az iszlám keretek között alkotó tudósok az ókori görögök nyomán, nagy mértékben hozzájárultak a *tudományos kutatás módszertanának* kialakulásához, fejlődéséhez is. Ekkor alakult ki az a módszeresség, ahogy a természetet kérdezték, amelyhez *kísérleteket terveztek és végeztek el*, majd eredményeiket megpróbálták *matematikai formában* megfogalmazni. Nem csupán elméleti vitákat folytattak, hanem elképzeléseiket, hipotéziseiket ténylegesen tesztelték, ki is próbálták a gyakorlatban. Az elmélet és gyakorlat együttese alapján vonták le következtetéseiket, illetve vizsgálódtak tovább. Az eredmények alapján újabb feltevéseket tettek, mérési eljárásokat gondoltak ki annak empirikus vizsgálatára. Ebben a tekintetben *Alhazen* – akiről a későbbiekben lesz szó – tekinthető meghatározó egyéniségnek [1].

Az arab nyelvű tudományos írásokra azt lehet mondani, hogy azok nagyon sokban hasonlítanak a jegyzőkönyvek, illetve a mai modern tudományos értekezések stílusára. Megközelítésmódjuk abszolút racionális, a szöveget pedig átszövik a matematikai kifejezések, formulák és szakkifejezések. Mintegy meghatározott szókinccs felhasználásával fogalmazódtak meg [2].

Az iszlám tudományosság kezdetének kutatásával nagyon sokan foglalkoznak napjainkban. A témának óriási angol irodalma van – korábban oroszul is –, hiszen az iszlám tudósok közül sokan valamelyik volt szovjet tagköztársaság területén születtek, vagy életük, munkásságuk egy része azokhoz a területekhez kötődött.

## Optika az iszlám aranykorban és az ókori görög előzmények

Az iszlám aranykor tudósai természetesen ismerték az antik görögök fényvel és a látással kapcsolatos elképzeléseit. Az ókori görögök egy része úgy gondolta, hogy a szemből úgynevezett látósugarak indulnak ki, amelyek letapogatják a tárgyakat. Mások elvetették a fenti elképzelést, mivel így a sötétben is látnánk, például *Arisztotelész* (Kr. e. 384, Sztagirai – Kr. e. 322, Halkída) azt gondolta, hogy a tárgyról leváló finom hártya kelti a látás érzetét.

Az ókori görög gondolkodókat úgy tartjuk nyilván, hogy nem igazából végeztek kísérleteket, de ez nem teljesen így van. *Ptolemaiosz* (cca. 90. – 168, Alexandria), akinek a világ Föld középpontú modellje másfél évezreden keresztül uralkodó elmélet volt, leírt kísérleteket, méghozzá mérőkísérletet a fény törésével kapcsolatban *Optika* című könyvében, amely csak arab fordításban maradt fenn [3].

„A fénysugarakat kétféle módon lehet változtatni: visszaveréssel, vagyis visszapattanással a tükörnek nevezett tárgyról, amelyek nem teszik lehetővé a behatolást és hajlítással (vagyis töréssel) olyan közegek esetében, amelyeknél lehetséges a behatolás, ezeknek közös elnevezése van (átlátszó anyagok), mert a fénysugár keresztülhatol rajtuk.”

1. táblázat

**Ptolemaiosz mérése a levegőből vízbe történő fénytörés esetében**

szög és szinusza a levegőben, beesési szög (°) és szinusza		szög és szinusza a vízben, törési szög (°) és szinusza	
10	0,174108	8	0,139543
20	0,342898	15,5	0,267936
30	0,501213	22,5	0,383654
40	0,644218	28	0,470626
50	0,767544	35	0,574915
60	0,867423	40,5	0,650885
70	0,940806	45	0,708591
80	0,98545	50	0,767544

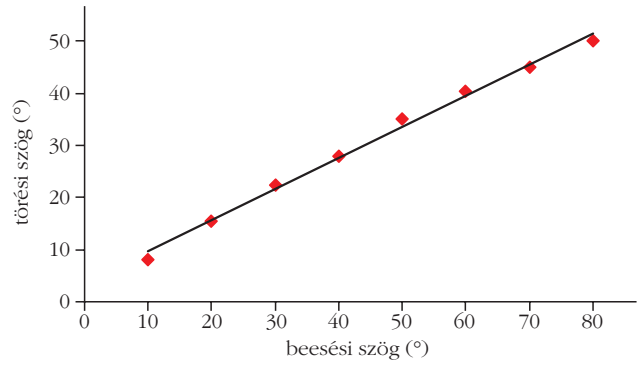
Ptolemaiosz a táblázatot állította össze a levegőben mért különböző beesési szögekhez tartozó, vízben való törési szögekre (lásd 1. táblázat szögértékei).

Tanulmányozta a fény törését a levegő és az üveg határfelületén is, és azt találta, hogy ebben az esetben kisebb lesz a törési szög, mint a víz esetében. Mérései alapján arra gondolt, hogy a beesési szöggel egyszerűen arányos a törési szög. A szögek szinuszaitól való függést nem ismerte fel. Pedig megtehetette volna, mivel az ívek és a húrok közti összefüggés törvénye, mint matematikai eszköz már rendelkezésre állt. Sőt, maga Ptolemaiosz is alkalmazta csillagászati megfigyelései kapcsán. De nyilván nem is gondolt rá, amely ténylegesen nem is egyszerű.

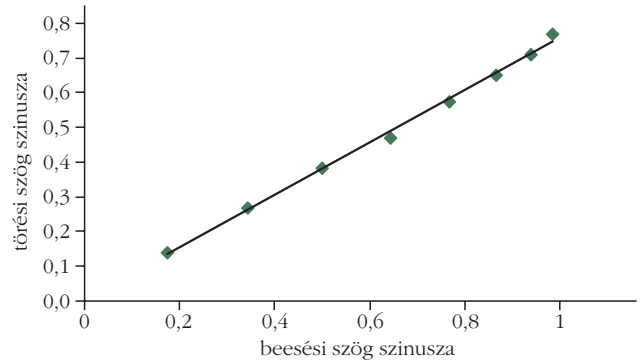
Ábrázoljuk Ptolemaiosz mérési adatait Excel program segítségével! Az 1. ábrán az látható, hogy Ptolemaiosz mérési adataihoz elég jó pontossággal egyenes illeszthető. Nézzük meg, hogy a szögek szinuszai esetében pontosabb lesz-e az illesztés!

Amint az a 2. ábrán látható, a szögek szinuszai jobban illeszkednek egy egyenesre. Az egyenes meredeksége, amely a törésmutató reciproka (1/1,32), egészen jó értéket ad a vízre. És egyenesünk majdnem az origóból indul. Tehát Ptolemaiosz igen jól mért!

Példánk alapján az is látható, hogy a törési törvény szinuszos voltának felismerése pusztán a szögek mérései, mint mérési eredmények alapján nem várható el. Ehhez a fénysugár geometriai modelljére, tehát egy határozott elméleti keretre is szükség volt!



1. ábra. Ptolemaiosz mérési adatai.



2. ábra. Ptolemaiosz mérési adatainak szinuszos transzformációja.

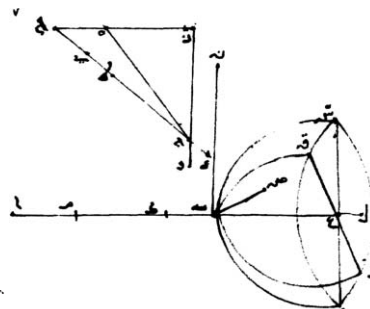
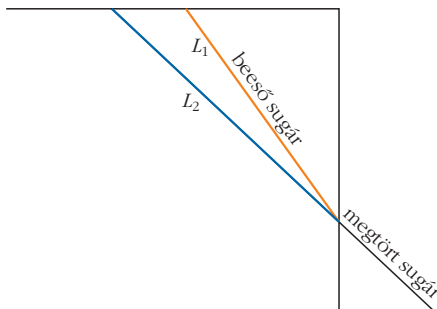
A törési törvényhez visszatérve, annak felismerése és helyes leírása megtörtént már az iszlám aranykorban, amelyről azonban eddig nem írtak a tankönyvek. *Abu Sa'd al-'Ala' ibn Sabl* (940–1000) 984-ben írt könyvében, amelyben elsősorban a gömbtükrökről és a lencséről értekezik, valójában helyesen írja le a törési törvényt. Amint az 3. ábráról látható, nem szögekkel, illetve szögfüggvényekkel fogalmazta meg, hanem szakaszok arányaként:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

E leírás gyakorlatilag ekvivalens a *Snellius* és *Descartes* által adottal. Továbbá ezen ismeretet is felhasználva mutatta meg *Ibn Sahl*, hogy a lencsék esetében a fény összegyűjthető egyetlen pontba, a fókuszpontba [4].

Az optika területén a legjelentősebb arab tudós *Abū 'Alī al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Haytham*, la-

3. ábra. Az eredeti rajz Rashed nyomán, 1990.



لانه ان ماتة عليها سطح مستوي غيره فلان هذا السطح يقطع سطح برص  
على نقطة تب فلا بد من ان يقطع احد خطي ب ن بص فليكن ذلك  
الخط مبصر والفصل المشرك بين هذا السطح وبين سطح قطع ق ر  
خط مبصر فلان هذا السطح ياتن بسطه على نقطة تب فخط  
ب تب ياتن قطع ق ر على نقطة تب وكذلك خط مبصر وفصل حال  
فلا ياتن بسطه على نقطة تب سطح مستوي غيره سطح ب ن ص





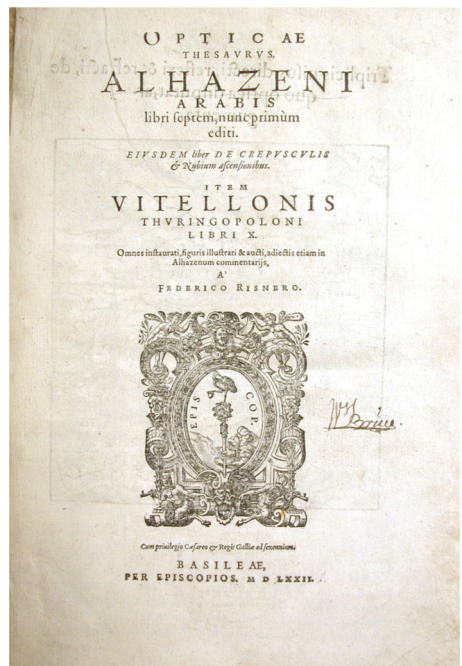
4. ábra. Alhazen arcképe egy iraki 10 dináron.

tinosan Alhazen (cca. 965, Basra – 1039, Kairó) volt (4. ábra). Kairóban a Nílus rendszertelen áradását, a folyó szabályozását, új mederbe terelését szerette volna megoldani, de nem sikerült neki. Ezért a kalifa haragja elől bujkálnia kellett. A kairói piacokon, mint írástudó ember, aki szerződéseket stb. képes írni, kereste kenyerét. És eközben végezte a fényvel kapcsolatos alapvető kísérleteit.

Alhazen munkássága komoly forrásként szolgált az európai reneszánsz tudósnemzedék számára, mint például Kepler és Galilei. A 1011 és 1021 között készült *Optika* (arabul *Kitāb al-Manāẓir*) című hétkötetes könyve (kitāb jelentése könyv) a legjelentősebb középkori munkának tekinthető (5. ábra). Latinra egy ismeretlen szerzetes fordította le a 12. század végén 13. század elején, majd 1572-ben adták ki.

Könyvében Alhazen definiálta az *átlátszó és az átlátszatlan test* fogalmát. Megkülönböztetett elsődleges és másodlagos fényforrásokat. Elsődlegesnek tekintette a Napot, amelyből a minden irányban jövő fénysugarak megvilágítják a tárgyakat, majd a tárgyról kiinduló gyengébb sugarak (a visszavert fény)

5. ábra. Az *Optikai* értekezések 1572-es latin fordításának címlapja és belső címlapja, amelyen sok, a könyvben tárgyalt optikai jelenségre utaló részlet található, mint a perspektíva, a szívárvány, parabolatükör, fénytörés a vízben és egyebek.



érkeznek a szembe. Tárgyalja a szem szerkezetét, a látás mechanizmusát, a fény útjának meghatározását a látás során. Elvetette a látás ókori látósugár-elméletét. Alhazen szerint nem a szem bocsát ki sugarakat, hanem éppen hogy azok érkeznek a szembe a tárgyról. Példaként hozta fel, hogy a nagyon erős fényforrásba való belenézés károsítja a szemet. A testeket a róluk visszavert és a szembe érkező fénysugár miatt látjuk. Azt gondolta azonban, hogy a látásban csak a merőlegesen beérkező fénysugarak vesznek részt, mivel a szögben érkezők a törés miatt annyira „legyengülnek”, hogy nem váltanak ki érzetet.

Alhazen négy fajta egyenes vonalban terjedő fénysugárzást különböztetett meg, elsődleges, másodlagos, visszatükrözött sugárzás és megtört sugárzás. Ennek empirikus alátámasztására számtalan kísérletet írt le. Könyvében tárgyalja a sötétkamra (*camera obscura*) működését a fénysugár-elképzelés alapján. A fordított állású képet a fénysugár-elképzeléssel magyarázta. Vizsgálta, hogy különböző csöveken keresztül milyen esetben lehet átlátni. Például egy egyenes cső végében lévő gyertyát látjuk, de amennyiben meghajlítjuk a csövet, akkor már nem látjuk. Vagy, ha bedugjuk a cső végét, akkor sem látjuk azon keresztül a gyertyát, hiszen a fénysugarak nem kerülnek meg a csövet. Ezeket a kísérleteket a fény egyenes vonalú terjedésének bemutatásához az oktatás során napjainkban is alkalmazzuk.

A *homorú és a parabola tükör visszatükrözését* is vizsgálta. A *fénysugár geometriai modellje* alapján gondolt ki kísérleteket, végezte el azokat, majd könyvében leírta, hogy más is *megismételhesse*. Ezzel egyben megteremtette a *tudományos megismerési módszer* alapjait is.

A *színek* létrejöttét a levegő hatásának gondolta. Annyit tudott megállapítani, hogy a szín is valamilyen mértékig a fényhez kapcsolódik, de annak mibenlétét már nem.

*Fénytörési kísérleteket* is végzett levegő és különböző közegek, mint víz, üveg, továbbá víz és üveg esetében. Vizsgálta a megtört és a visszavert sugarak szögviszonyait.

A Holdat úgy tekintette, mint egy olyan test, amely visszaveri a fényt. A sötétséget a fény hiányaként határozta meg. Az árnyékjelenséget a fény egyenes vonalú terjedésének következményeként magyarázta.

Párhuzamos fénysugarakat is előállított, amelyek segítségével gömb alakú törőközegek esetében vizsgálta a fény terjedését. Megpróbálta meghatározni a fókusz távolságot. Fel-

fedezte a szférikus aberráció (gömbi eltérés, az optikai lencsék egyik tipikus leképezési hibája) jelenségét.

A légkör fénytörésével is tisztában volt. Megpróbálta meghatározni a légkör vastagságát, amelyre 15 km-t kapott.

A fényt véges sebességgel terjedő „hatásnak” gondolta, amely sebesség jóval nagyobb kell legyen, mint a hang terjedési sebessége. Ebben a kérdésben hasonlóképpen gondolkodott több kortársa is, mint a később említendő *al-Bīrūnī* és *Avicenna*, mivel a fényforrás bocsátja ki a fényt (amelyet kis részecskének gondoltak).

A szivárvány keletkezésével is foglalkozott, azonban erre a kérdésre rossz magyarázatot adott, mivel a vízcseppeken való fénytörést nem vette figyelembe. Csak később, a 13–14. század fordulóján élt *Qutb al-Dīn al-Shirāzi* (1236, Kazerun – 1311, Tabriz) és tanítványa *Kamāl al-Dīn al-Fārisī* (1260–1320), adtak helyes magyarázatot erre, folytatva Alhazen munkáját.

Alhazen – elsősorban optikai vizsgálataiban – továbbfejlesztette a görögök nyomán kialakult tudományos vizsgálódási módszert. Nem egyszerűen csak szemlélődött, majd elmélkedett a dolgokról, hanem tudatos, tervszerű kísérleteket végzett. Hipotéziseket alkotott mielőtt módosította kísérleti berendezését, majd az eredmények alapján vizsgálódott tovább. Alhazen írásai többek közt például szolgálnak a tudományos megismerés módszertanának fejlődésére. A kísérletei során megfigyelt jelenségeket rendszeresen összehasonlította az elméleti alapvetésekkel. Szinte már a mai tudományos kutatási módszertant követve alkalmazta a megfigyelés, kérdésfeltevés, hipotézisalkotás, kísérlettervezés és kísérlet az elmélet ellenőrzésére, a kísérletek megismételhetősége, elméleti értelmezés algoritmust. Könyvének egyes fejezetei is ezt a módszertant tükrözik.

*Könyv I.* Alhazen elmélete a fényről, a színekről és a látásról.

*Könyv II.* Alhazen vizuális érzékelésről alkotott elképzelései.

*Könyv III.* A látásról alkotott helytelennek tartott elképzelések számbavétele.

*Könyv IV.* és *V.* a fényvisszaverődéssel kapcsolatos elképzeléseinek kísérleti bizonyításai.

*Könyv VI.* a helytelennek tartott elképzelések számbavétele a fénytörésről.

*Könyv VII.* a fénytörésről.

Alhazen az arisztotelészi fizika kritikuskai közé tartozott. Jelentős asztronómus is volt. Ptolemaiosz Földközéppontú világképét – amelyet később részletezünk –, elméleti rendszerét is kritizálta, mivel az a kor nagyon pontos megfigyelései szerint nem írta le kellő pontossággal a bolygók megfigyelt helyzetét.

Alhazent tekinthetjük többek között a tehetetlenségi elv felfedezőjének is, továbbá Newton előtt alkalmazta a paralelogramma-módszert a sebesség összetevőinek meghatározására érdekében.

Összefoglalóan: Alhazen meghatározó szerepet játszott az optika fejlődésében, a kísérleti és az elméleti fizika kialakulásában egyaránt.

## Az égi és a földi mozgásokról alkotott kép alakulása az iszlám aranykorban és az ókori előzmények

A tudományos kutatások azt mutatják, hogy a 10–12 éves gyerekek mozgásosztályozása nagyon hasonlít a nagy ókori görög filozófus, Arisztotelész rendszeréhez. A vizsgálatok azt is jelzik, hogy ez a kép nem is mindenkié, sőt valójában csak nagyon keveseké, alakul át a mozgásokról alkotott mai felfogásunkat tükröző newtoni képpé, hanem megmarad az arisztotelészi szinten.

*Az arisztotelészi dinamika a „józan hétköznapi ismeretek” összessége volt.* Tudományosnak azért nevezhető, mivel csodálatos rendszerező erejével ezt is beépítette a teljes arisztotelészi világképbe. Egész világképe éppen egységességénél fogva hatott, a hibás részeket is rákényszerítve az utókorra.

A peripatetikus dinamika jellegzetes tételei:

1. Az égitestekre és a földi jelenségekre alapvetően más törvények vonatkoznak. Ez az égi és a földi szférára való kettéhasítás minden vonalon érvényesül.

2. A kozmoszban meghatározott rend van, a nehéz testek lenn, a könnyűek fenn, az égitesteknek pedig az égben a helyük.

3. Minden mozgáshoz valamilyen ható okra, mai kifejezéssel erőre van szükség. Ezt a hatást a sebességgel hozták kapcsolatba, a sebességnek is természetesen csak kvalitatív jellemzőt tulajdonítva [6].

### Az Univerzum ptolemaioszi modellje

Ptolemaiosz (akit már fénytöréssel kapcsolatos vizsgálatai révén említettünk) Arisztotelésznel egzaktabb módon írta le a bolygók pályáit *Szüntaxisz Matematika* című művében, ami Alexandriában „született”. Az írás az arab fordítás után *Almagest* néven terjedt el és vált ismertté mások – így az európaiak – számára is:

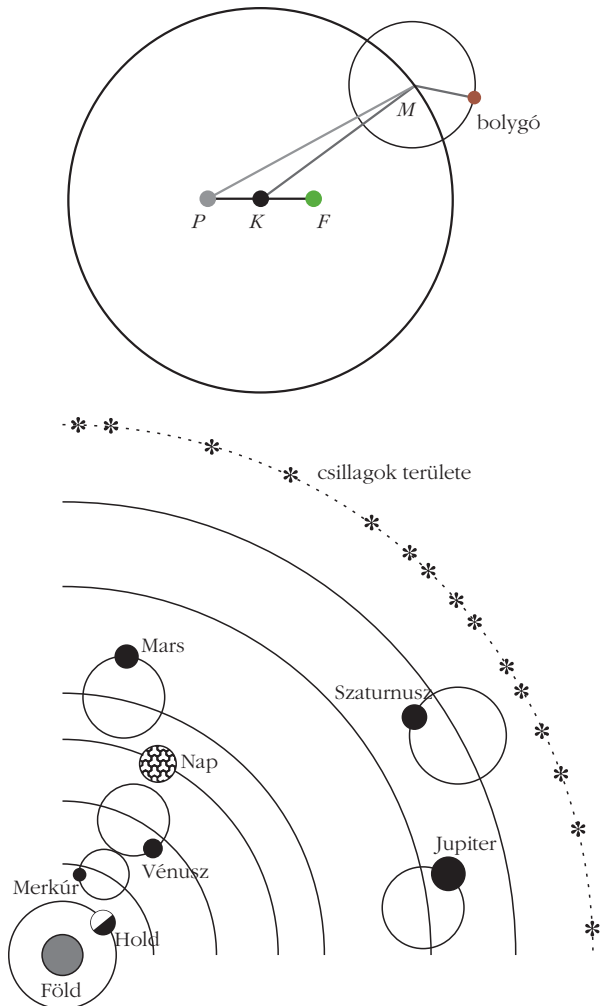
– Kört szerkesztett a Föld (*F*) köré, ez volt az úgynevezett deferens, amelynek középpontja a *K* pont. E kör kerületén mozog az *M* pont, amely körül a bolygó a kis kör alakú pályán (úgynevezett epiciklus) kering (6. ábra).

– Azonban az *M* pont – e modell szerint – nem egyenletesen mozog a körpályán, hanem úgy, hogy a *PM* vezérsugár forog egyenletesen, *állandó szögsebességgel*.

– A *P* pontot úgy vette fel, hogy a *K* pont éppen felezte a *P* pont és az *F* pont közötti távolságot. Ezt nevezte *kiegyenlítő pontnak*, punctum aequans-nak.

– Ptolemaiosz ezen kívül a különböző körök között megfelelő hajlásszögeket is feltételezett, hogy modellje leírja a megfigyeléseket és előrejelzésre alkalmas legyen. Ez utóbbi tudományelméletileg is fontos momentum, Ptolemaiosz modellje így kvantitatív volt!

Ily módon a Föld körüli deferens sugara egy belső bolygó esetében mindig a Föld–Nap irányba mutatott. Tehát a Ptolemaioszi modellben a Napnak is különleges helyzete van, mivel a Merkúr és a Vénusz epicik-

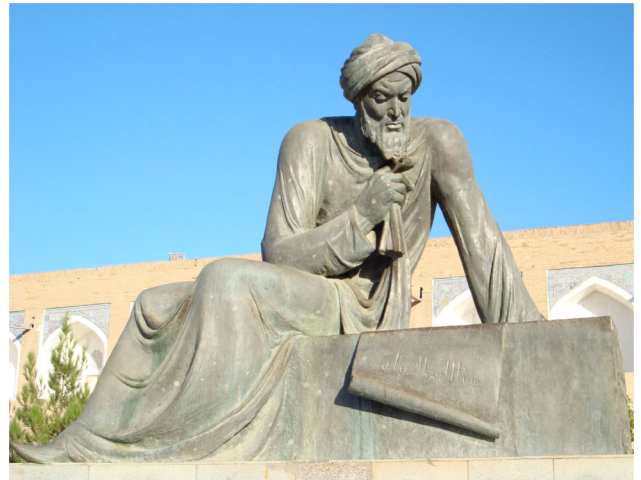


6. ábra. Az Univerzum ptolemaioszi modellje.

lusainak középpontjai a Nap–Föld egyenesen találhatók, amely a jóval későbbi newtoni elmélet szerint éppen a Föld gyorsulásának iránya.

Az iszlám korban dolgozó csillagászok megfigyeléseik értelmezéséhez a ptolemaioszi modellt használták. A csillagászok fontos feladata volt Mekka földrajzi irányának és az imádkozások idejének pontos meghatározása az iszlám világ különböző helyszínein. Ebben komoly segítségükre volt az asztrólábium. Ezt az eszközt minden bizonnyal még az ókori görögök találták ki, amelyet később az arabok, illetve inkább az iszlám tudósok, tökéletesítettek.

Az *asztrólábium* segítségével a rajta lévő, legfényesebb csillagok és az ekliptika pontjainak (adott esetben a Nap, a Hold, a bolygók és az állatövi jegyek) horizonthoz és az égtájakhoz viszonyított látszólagos helyzetét lehet meghatározni, illetve fordítva, ezek ismeretében a jelenségek időpontját vagy a földrajzi helyet, ahonnan ezek látszanak. Az eszközben egyfajta éggömböt alakítottak ki gyűrűk térbeli rendszeréből, amelyek egy közös középpont körül forgathatók. A gyűrűk fokbeosztással vannak ellátva. A gyűrűrendszert szöghű leképezésben egy lapos fémtárcsára viték át, amely mintegy az éggömb síkbeli leképezésének tekinthető.



7. ábra. Algoritmi emlékműve Khivában, Üzbegisztánban.

Az első jelentős muszlim asztronómiai munka a *Zij al-Sindh* volt. A *Zij*, perzsa eredetű szó, az asztronómiai könyvek általános megnevezése az iszlám világban, amelyek táblázatokat és előrejelzéseket tartalmaznak a Nap, a Hold, a bolygók és a csillagok helyzetére. Szerzője *Abū Abdallah Muḥammad ibn Mūsā al-Khwārizmī* (cca. 780 – cca. 850), latinosan *Algoritmi*, akinek a nevéből az algoritmus kifejezés ered (7. ábra). Fő tevékenysége a matematika területére esett. Ő vette át az indiai számokat, amelyeket napjainkban arab számokként ismerünk. De – mint az a korszakban természetes volt – Algoritmi munkássága sok területre kiterjedt. Perzsaként tartják számon. Szülőhelye Khwarezm, Horezm régió, a mai Üzbegisztán területére esik. Asztronómiai munkásságának vezérfonala Ptolemaiosz *Almagestje* volt, azonban folyamatosan rendszerezte, javította, korrigálta Ptolemaiosz adatait.

*Abū ‘Abd Allāh Muḥammad ibn Jābir ibn Sinān al-Raqqī al-Ḥarrānī al-Šābī’ al-Battānī*, latinosan *Albatengnius*, *Albatengni* vagy *Albatenius* (858, Haran – 929, Qasr al-Jiss) arab csillagász az egyik legfontosabb személy, akit a kopernikuszi fordulat előfutárának tekinthetünk. A mai Törökország területén fekvő Haran városában született. Édesapja különböző, többek közt csillagászati műszereket készített, így érdeklődése még gyerekkorában ezek használata felé fordult. A mai Szíria területén lévő Rakka városában dolgozott. A Hold egyik kráterét róla nevezték el.



Al-Battānī mindössze 2 perc 22 másodperces hibával határozta meg a napév hosszát 365 nap, 5 óra, 46 perc és 24 másodpercben. 40 éven keresztül, naponta nézte az árnyék hosszúságának változását. 700 évre visszamenőleg voltak adatai. Az e közben eltelt napok számát elosztotta az évek számával, és így kapta meg az év hosszát 4 milliommód pontossággal (8. ábra).



\* Calippus, Ariftarchus.) *Calippus Alexandro Magno fuit coatanem. Hunc toto seculo pracepsit Meton horologiorum solarium apud Gracos inventor. Is annum solare definitum  $\frac{7}{3}$  partibus diei supra dies integros 365 qua pars superat quadrantem diei parte diei septuagesima sexta. Hoc est annus Metonicus continet horas 6 & scrup. 19 proximè. Calippus verò detractis scrupulis horarijs 19 annum solare vult esse dierum 365 hor. 6 qui etiam modus est anni Iuliani.*

*At posteri nonnulla scrupula horaria integro quadrantè diei detraxerunt: Ptolemao annus determinatur hor. 5 min. 55 Sec. 12. Machometo, (qui alias Albateni) hor. 5 min. 46 Sec. 24. supra dies integros 365.*

*Porro in observationum collatione aptissimus est annus ille æquabilis Ægyptiorum.*

8. ábra. Kopernikusz hivatkozása Al-Battānira.

Észrevette, hogy a Nap–Föld-távolság változó. Évtizedeken keresztül figyelte a Nap, a Hold és az akkor ismert bolygók (Merkúr, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz) mozgását. Ezen kívül nagy pontosságú trigonometriai táblázatokat is készített. Pontosította Ptolemaiosz adatait, amelyekből numerikus táblázatokat készített. Ezek segítségével a csillagászok előre tudták jelezni például a Nap, a Hold és a bolygók égi mozgását. 489 csillagot katalogizált. Leghíresebb munkája a *Kitāb al Zij*, amelyet először 1116-ban fordítottak le latinra.

Kopernikusz – évszázadokkal később – Al-Battānī sok mérési adatát felhasználta elmélete kidolgozásánál és hivatkozik is rá híres, *Astronomia Instaurata* könyvében, többek között a 188. oldalon (8. ábra) [7]. Érdeklődéssel tanulmányozta Al-Battānī munkáit a hazánkban is ismert, Mátyás királyunk udvari csillagász *Regiomontanus*, továbbá *Brabe*, Kepler és Galilei is.

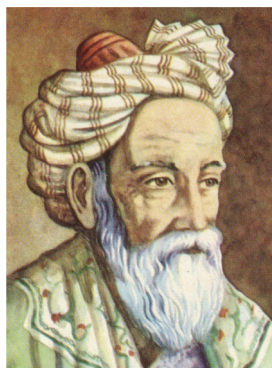
A korszak többi tudósához hasonlóan Alhazen is sokféle tudománnyal foglalkozott. Mint azt korábban írtuk, munkássága – ahogy a legtöbb korabeli tudósé – nem csak az optika területén volt fontos, hanem az asztrológiában is. 1025 és 1028 között írta az *Al-Shukūk ‘alā Baṭlamyūs (Kétségek Ptolemaiosszal kapcsolatban)* című munkáját. Vagyis saját megfigyeléseire alapozva kétségesnek tekintette Ptolemaiosz geocentrikus modelljét, mintegy kritizálva azt. Egyértelműen kimondta, hogy Ptolemaiosz elmélete hibás, nem lehet

9. ábra. Perzsa tudósok pavilonja (Király Márton felvétele).



tagállam, számtalan jellegzetes képzőművészeti alkotásai kerülnek kiállításra. Ez a szoborcsoport kiemelt helyen található. Míg a többi műalkotás a főépület különböző emeletein látható, addig ez, a *Perzsa Tudósok Pavilonja*, egy kisebb park közepén kapott helyet (9. ábra). A kompozícióban négy perzsa tudós teljes alakos, életnagyságú ülő szobra van: *al-Razī*, *Khayyām*, Avicenna és al-Bīrūnī.

*Abū Bakr Muhammad ibn Zakariyyā al-Rāzī*, latinosan *Rasis* (854, Rey – 925, Rey) a szisztematikus kémiai kísérletezés úttörőjének tekinthető. Tőle származik az anyagok első olyan osztályozási rendszere, amelyet kísérletek, megfigyelések alapján állítottak fel. Számos kémiai anyagot állított elő, közöttük sok gyógyhatásút is. Emellett számos laboratóriumi eszközt, eljárást fejlesztett ki. Ilyen például a desztillálás művelete, a lombik és a retorta. Előállított petróleumot, kerozint, szilárd állapotú szappant stb. Felismerte a szublimáció folyamatát.



Omar Khayyām, teljes nevén *Ghiyāth ad-Dīn Abū'l-Fatḥ ‘Umar ibn Ibrāhīm Al-Khayyām Nīshāpūrī* (1048, Nishapur – 1131, Nishapur) matematikusként és költőként tartják nyilván, de rendkívül sok dologgal foglalkozott. Többek között demonstrálta, ahogy szerinte a Föld forog a tengelye körül. Sőt, bizonyos források szerint nem tartotta kizártnak, hogy Napközéppontú az Univerzum. Fő munkássága algebrai problémák megoldása, például az általános módszer megadása a harmadfokú egyenletek megoldására. Perzsiában naptárreformot hajtott végre. 1970 óta Holdkráter viseli a nevét, 1980 óta pedig a 3095-ös kisbolygó.

igaz. És ezzel mintegy „kutatósi programot” adott a következő nemzedékek tudósainak. A jelenségek következetes matematikai leírására törekedett, amely egyezik a tapasztalattal is. A csillagászat esetében erre Newtonig kellett várni.

Perzsa Tudósok Pavilonja

2009-ben Irán szoborcsoportot ajándékozott a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) bécsi székhelye számára. Itt sok ország, az összes



Avicenna és al-Birūnī barátságban voltak, rendszeresen leveleztek. Életük során sok helyen megfordultak, amely területek ma különböző államokhoz tartoznak. A volt Szovjetunió területén is éltek, ezért róluk sok orosz nyelvű írás található. Több volt szovjet tagállam is sajátjának tekinti őket, ápolják emléküket, ilyen Tádzsikisztán, Türkmenisztán, Kazahsztán, Üzbegisztán. De Irán is sajátjaként gondol rájuk, ezért kerültek a már említett szoborcsoportra.

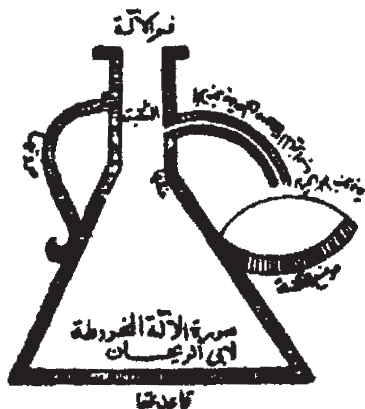


*Abū Rayḥān Muḥammad ibn Aḥmad Al-Bīrūnī* 973 – 1048 között élt. A mai Üzbegisztán területén lévő Kath városában született (ez akkor a Khwarazm birodalom területe volt), és a mai Afganisztán területén lévő Ghazniban (akkor Ghaznavid birodalom) halt meg. Úgy tekintenek rá, mint az egyik legkiválóbb és legsokoldalúbb iszlám tudósra.

Nemcsak a mai értelemben vett természettudományok és a matematika területén volt jártas, hanem történészként, földrajzi szerzőként, sőt filozófusként is komoly műveket alkotott. Összehasonlító vallástörténeti munkát is írt, illetve a geodézia megalapítójaként is tisztelik, és az egyik legkiválóbb asztronómiai munka szerzője.

Avicennával váltott levelezéséből tudható, hogy nem értett egyet Arisztotelész több elképzelésével, mint például azzal, hogy a testek a „természetes helyük” felé igyekeznek. A gyorsulás fogalmát megsejtette, és összefüggésbe hozta a változó mozgásokkal. A mozgó test helyzetének leírásához a derékszögű koordináta-rendszerhez hasonló konstrukciót képzelt el, amelyben egy pont helyét három koordináta jellemzi. Lehetőségként vetette fel, hogy a Föld forog a tengelye körül, és hogy esetleg a Nap körül kering. De Avicennával leveleztek a hő és a fény mibenlétéről is. A fényt véges sebességű részecskék áramának gondolták. A sebességüket pedig jóval nagyobbának feltételezték, mint a hang sebessége.

10. ábra. Ezt az eszközt használta Al-Birūnī. A folyadékszint állandó maradt, mivel a felesleg a nyíláson kifolyt egy edénybe. A kiszorított víz tömege arányos a test térfogatával.



Al-Birūnī – a korszaknak megfelelően – sokféle tudományos kérdéssel foglalkozott. Sűrűségmeghatározási módszert dolgozott ki, amely hidrosztatikai elvek szerint működött (10. ábra). Tőle származik az a gondolat, hogy egyforma térfogatú testek tömegeit kell összehasonlítani. Összesen 18 ásvány, elem, vegyület, ötvözet sűrűségét határozta meg, mint például arany, ezüst, ólom, ón, bronz, réz, vas és higany. Ez fontos volt abban az időben is, és még sokáig a fémek tisztaságának vizsgálatánál. Az aranypénz ezüsttartalmára például a sűrűsége alapján következtettek, amely módszer elvi alapjai Arkhimédészig nyúlnak vissza [8].

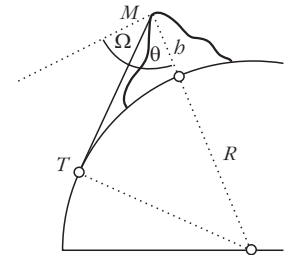
Al-Birūnī módszert dolgozott ki a Föld méretének meghatározására is, a mérést egy magas hegy tetejéről kell végezni [9].

$$90 - \Omega = \theta,$$

$$(R + b) \sin \theta = R.$$

Amiből következik:

$$R = \frac{b \sin \theta}{1 - \sin \theta}.$$



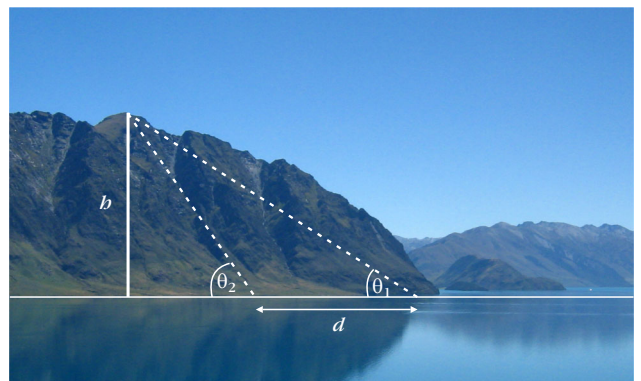
Amennyiben ismerjük a hegy magasságát, akkor a  $\Omega$  szög ismeretében egyszerűen kiszámítható a Föld sugara. Az  $\Omega$  szög azonban elég kicsi, ezért  $\theta$  közel van a  $90^\circ$ -hoz, amelynek szinusza közel van az 1-hez. Ezért nem volt elegendő a megfelelően pontos mérések elvégzése az adatok interpretálásához/kiértékeléséhez. Szükségesek voltak több jegyre pontos függvénytáblázatok is, amelyek akkor már rendelkezésre álltak.

Először meg kell határozni a hegy magasságát (11. ábra). Ehhez két szöget és egy távolságot kell meghatározni. Al-Birūnī két, tengerszinten lévő pontról mérte meg egy hegy magasságát. A nevezetes hegy a Pandzsáb régióban található (jelenleg Pakisztán és India területén helyezkedik el).

A meghatározás a következő: jelöljük  $x$ -szel a  $d$  szakasz mellett, a  $b$  magasságra merőleges szakaszt! Ekkor felírhatjuk a két szög tangensét a következőképp:

$$\operatorname{tg} \theta_1 = \frac{b}{d+x} \quad \text{és} \quad \operatorname{tg} \theta_2 = \frac{b}{x}.$$

11. ábra. Al-Birūnī módszere egy hegy magasságának meghatározására.





A másodikból fejezzük ki  $x$ -et, és helyettesítsük be az első egyenletbe. Az első egyenletben ekkor már csak a  $h$ , a hegy magassága ismeretlen. Ez a következő összefüggéssel számítható:

$$h = \frac{d \operatorname{tg} \theta_1 \operatorname{tg} \theta_2}{\operatorname{tg} \theta_2 - \operatorname{tg} \theta_1}.$$

Tehát a méréshez három szöget ( $\theta_1$ ,  $\theta_2$  és  $\Omega$ ), valamint egy hosszúságot ( $d$ ) kell ténylegesen megmérni.

A módszer érdekessége és fontossága az, hogy gyakorlati problémát lehetett megoldani a lényegében a görögök által megalkotott elméleti matematikai rendszer segítségével. A matematikai rendszer itt a geometria volt, ezen belül a háromszögek tanulmányozása és a korszak új tudományos teljesítményét jelentő szögfüggvények nagy pontosságú táblázatai. Vagyis az elméleti matematikai ismeretek felhasználása segítségével új tudáshoz lehetett jutni magáról a természetről.

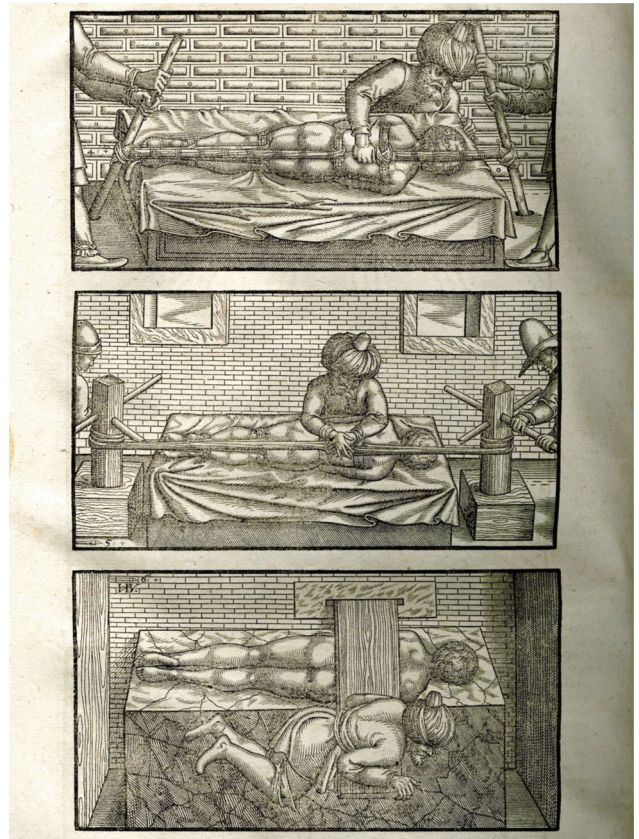
A természet megismeréséhez tehát különböző méréseket kell elvégezni. Ez után további információra lehet következtetni a kapott adatokkal végrehajtott tervszerű matematikai műveletek segítségével. Ilyen például az, ha valamilyen test nagyságára (Föld) lehet következtetni, amelyet közvetlenül nem tudunk megmérni. Vegyük észre, hogy ez az ismertett szisztéma már nagyon hasonló ahhoz, amit napjainkban tudományos megismerésnek nevezünk.

*Abū 'Alī al-Ḥusayn ibn 'Abd Allāh ibn Al-Hasan ibn Ali ibn Sīnā*, latinosan Avicenna (980, Afsana – 1037, Hamadán) perzsa orvos – az iszlám egyik leghíresebb és legnagyobb hatású filozófusa. Különösen az arisztotelészi filozófia és az orvosi jellegű tudományok területén való jártasságáról ismert. Ő írta a *Kitāb al-Sifāt* (A gyógyítás könyve), amely lényegében egy hatalmas filozófiai és természettudományos enciklopédia. Ezt már a XII. században részben lefordították latinra és Avicenna a legfőbb orvosi tekintély lett több évszázadon át [10].

Mint azt már írtuk, Avicenna baráti kapcsolatban volt al-Birūnival, leveleztek is. Leveleikben olyan kérdéseket beszéltek meg, mint a Világegyetem felépítése, a testek szabadesésének törvénye, a fény (véges sebességű részecskék) és a hő mibenléte.

Al-Birūni a maga nézeteit kísérletekre hivatkozva támasztotta alá, és a „kísérletes tudomány” eredményeit szembeállította az elvont okfejtésekkel.

Válaszaiban Avicenna inkább Arisztotelész védelmezőjeként és kommentátoraként érvelt. A mozgás esetében Avicenna felhívta a figyelmet a közegellenállás szerepére. Arisztotelészhez hasonlóan azt gondolta, hogy a mozgás fenntartásához állandó erőhatás szükséges, amely azonban folyamatosan mintegy el-



12. ábra. Avicenna orvosi könyvének 1566-os latin fordításából, a gerincdeformitás gyógyítása.

használódik a közegellenállás miatt. A mozgás leírásához egy, a későbbiekben impetusnak nevezett fogalmat alkotott. Ténylegesen nem tudni, hogy *Jean Buridan* (1295–1363) francia filozófus ismerte-e Avicenna fenti elképzeléseit, amikor megalkotta e fogalmat.

### Al-Andalúz, az arab Hispánia öröksége

Mint azt a bevezető részben említettük, az iszlám hatás jelen volt az ezredforduló Európájában is, a kontinens dél-nyugati félszigetén, a mai Spanyolország és Portugália területén. Eppen ez az időszak volt az, amikor a keresztények elkezdték lassan visszafoglalni az európai területeket. Ám ez nem volt akadálya a tudomány virágzásának, és az azzal kapcsolatos nagyszabású fordítói tevékenységnek [11].

A korszak és a térség egyik meghatározó egyénisége volt *Abū Isḥāq Ibrāhīm ibn Yahyā al-Naqqāsh al-Zarqālī*, aki *al-Zarkali* vagy *Ibn Zarqala* (1029, Toledo – 1087, Sevilla) néven ismert. Muszlim tudós volt, és többek közt nagy hatást gyakorolt a további generációk asztronómiai munkásságára is. Latinosan *Arzachel* vagy *Arsechieles*





néven volt híres. Toledóban élt és dolgozott, majd élete vége felé Córdobaba ment. A Holdon krátert neveztek el róla Arzachel néven.

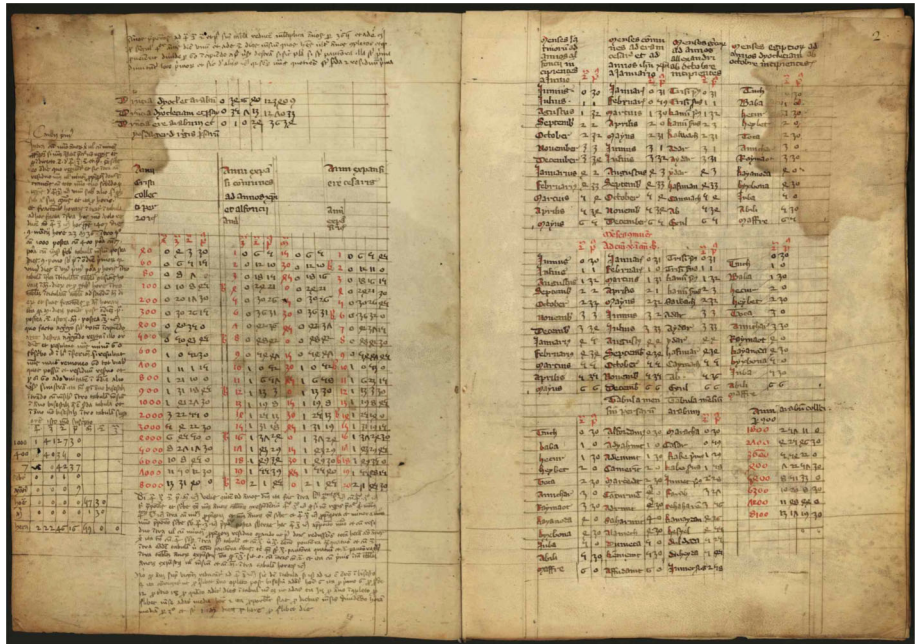
A csillagászzal is foglalkozó al-Zarqalī (többekhez hasonlóan) igen pontos méréseket végzett. Erre a saját készítésű asztrolábiumok adtak lehetőséget. Európában nagy érdeklődés kísérte e csillagász *Toledói táblák* című művét, ahogyan több korabeli muszlim csillagászati táblázatot és kézikönyvet is. Ennek oka az volt, hogy a Karoling-korban tudományos vita dúlt a keresztény naptárkészítésről. Az idő és az ünnepek dátumának pontosabb meghatározása érdekében szükség volt a minél pontosabb csillagászati táblázatokra, még akkor is, ha azokat nem keresztény, hanem arab tudósok készítették. Az csillagászati megfigyeléseket ezen kívül motiválta a minél pontosabb tájékozódás igénye is, különösen a hajósoknál. A *Toledói táblákat* Kolumbusz Kristóf idejéig használták idő- és helymeghatározásra egész Európában.

Al-Zarqalī írt egy – mára már elveszett – elméleti munkát is, ez a Napról és a bolygómozgásokról szólt. Az ehhez készített vázlatrajzaiban jóval Kepler előtt a bolygók Föld körüli mozgásának leírásához *elliptikus alakú* pályákat is rendelt. De ezt nem alkalmazta, csak egy ötlet volt.

Al-Zarqalī táblázatait továbbfejlesztve készítették el a 13. században az úgynevezett *Alfonz táblázatok*. Ezt ötven keresztény, arab és zsidó csillagász dolgozta ki X. Alfonz kasztíliai király kezdeményezésére (13. ábra).

Hispaniával foglalkozó részünkben meg kell említeni *‘Abū l-Walid Muḥammad Ibn ‘Aḥmad Ibn Rusd*, latinos formában *Averroës* (1126, Córdoba – 1198, Marrákes), középkori andalúziai polihisztor is. Őt sokszor csak egyszerűen a „Komentátor” néven szokták említeni Arisztotelész munkáihoz írt megjegyzései miatt. Ezek rendkívül fontosak voltak a középkori Európában Arisztotelész munkáinak tanulmányozásához és értelmezéséhez.

Averroës tizenegy éven keresztül dolgozott *Jaakub al-Manszur* kalifa cordobai udvarában. A kalifa ez után azonban száműzte a tudóst: először egy Córdoba közeli kis helyiségbe, majd végül Marokkóba, ahol haláláig élt. A száműzetés oka az volt, hogy a filozó-



13. ábra. Részlet Al-Zarqalī *Toledói táblák* műve alapján készített *Alfonz táblázatok*kól.

fus ellenfelei sikeresen befolyásolták az uralkodót intrikákkal. A vád szerint Averroës az ókoriak filozófiáját művelte az igaz hit rovására.

### Ismét Perzsia

Tanulmányunk záró részében ismét Perzsiába térünk vissza. Egy olyan tudósról szólnunk, akinek mintegy átvezető szerepe volt az iszlám aranykor és a korszakot lezáró mongol invázió között. Valamint asztronómiai tevékenysége jelentős hatást gyakorolt Kopernikusz későbbi munkájára is.



*Abū Jaḥfar Muḥammad Ibn Muḥammad Ibn al-Ḥasan Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī* (1201–1274). Tus városában született (jelenleg Irán) és Bagdadban halt meg. Korának többi tudósához hasonlóan ő is polihisztor volt. A matematika különböző ágaiiban, de az orvostudományban is otthonosan mozgott. Apja és nagybátyja is tudósok voltak.

Al-Ṭūsī és munkatársai a Ptolemaiosz-féle modell ekvansát (Ptolemaiosz az észlelt változó sebességeket akarta figyelembe venni, emiatt tovább módosította a Hipparkhosz-féle modellt az *ekvans kör* és annak középpontja, az *ekvans pont* (kiegyenlítő pont) bevezetésével) akarták kiküszöbölni. Ez sikerült az úgynevezett Tusi-köröknek nevezett konstrukcióval. Ám még az ő esetükben is a Föld volt az egész rendszer középpontjában. Valamint ellipszisek helyett köröket használtak a leíráshoz.

A Tusi-körök két kört jelentenek, amelyek átmérő 1:2 módon aránylanak egymáshoz, és alkalmasak





14. ábra. A Tusi-körök eredeti forrása.

egyenes vonalú ide-oda mozgás leírásához. A kis és a nagy kör szögsebesség-arányának megválasztásával elérhető, hogy egyenletes legyen az adott pont ide-oda mozgása a nagykör átmérője mentén (14. ábra).

16. ábra. Al-Tūsī csillagászati kutatóközpontjában.



A bolygó a kis kör kerületén mozog. A kerület vízszont úgy mozog, hogy érinti a nagy kör egy pontját, illetve a nagy kör középpontját. Így a bolygó ténylegesen a nagy kör átmérőjén végez ide-oda egyenes vonalú mozgást. Ez azért volt fontos, mert a bolygók mozgásának előrejelzéséhez szükség volt ilyen jellegű mozgások beiktatására is. Ezt a konstrukciót vette át évszázadokkal később Kopernikusz is.

Alamutban volt az eredeti „kutató központ”, ahol al-Tūsī dolgozott. Majd a mongol támadás után az új uralkodó új csillagászati központot építtetett számára (15. ábra). Ez Meraghában, a mai Azerbajdzsán területén volt. Az előzőhöz hasonlóan ez is valóságos kutatóintézeté vált, amelyhez iskola is tartozott. Könyvtárában 40 ezer könyvet őriztek. Táblázataiban al-Tūsī (*Zij-i Ilkbānī*, Ilkhan csillagok) az előző korokkal összehasonlítva sokkal távolabbi időpontokra tudtak előrejelzéseket tenni a bolygók, a Nap és Hold helyzetére vonatkozóan. Ezeket a táblázatokat az új uralkodó számára dedikálta. Ezen műveivel ténylegesen előkészítette a már Európában kibontakozó tudományos reneszánsz forradalmát. Fent említett táblázatai a 15. századig igen népszerűek voltak.

Al-Tūsī fontos megállapításai közé tartozik még az anyagmegmaradás elve. Úgy gondolta, hogy az anyagok csak megváltoznak, átalakulnak, de nem tűnhetnek el.

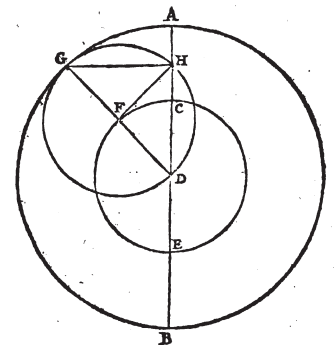
Kopernikusz számára a Merkúr mozgásának leírásához kellettek a Tusi-körök, mivel ennek pályája tér el leginkább a körtől, a pálya extrencititása 0,2. A többi bolygó esetében ez jóval 0,1 alatt van. A Merkúr mozgásának leírásához ezért Kopernikusznak fel kellett vennie még egy egyenes vonalú ide-oda mozgást is fél Merkúr éves periódussal (16. ábra). Ám ezt is körökkel akarta visszaadni. Ehhez két egymásba rajzolt kört

16. ábra. Kopernikusz említett könyvének 157. oldalán látható Tusi-kör az AB pontok közti egyenes vonalú, állandó sebességű ide-oda mozgás leírására.

### C A P. III.

#### *Quomodo motus reciprocos sive librationis ex circularibus constet.*

**Q**uod igitur iffe motus apparentijs confentiat amodo declarabimus. Interim vero quæret aliquis, quonam modo possit illarum librationum æqualitas intelligi, cum a principio dictum sit, motum cælestem æqualem esse, vel ex æqualibus ac circularibus compositum. Hic autem utrobique duo motus in uno apparent sub utrisque terminis, quibus necesse est cessationem intervenire. Fatebimur quidem geminatos esse, at ex æqualibus hoc modo demonstrantur. Sit recta linea A B, que quadrifariam secetur in C D E signis, & in D describantur circuli homocentri, ac in eodem plano A D B, & C D E, & in circumferentia interioris circuli assumatur utcumque F signum, & in ipso F centro, intervallo vero F D circulus describatur G H D, qui



in ipso F centro, intervallo vero F D circulus describatur G H D, qui



használt. A belső kis kör kerületén van a nagyobb epikulus (lásd a cikk első felében) középpontja. Vagyis a nagy kör kétszer akkora átmérőjű, mint a kicsi.

## Összefoglalás

Elmondhatjuk, hogy az iszlám aranykorban az arab hódítások területén élt tudósok áldozatos munkája nagymértékben hozzájárult mai modern világképünk kialakulásához. Munkájuk nélkül Európában nem lehetett volna reneszánsz, felvilágosodás és később ipari forradalom. Bemutattuk, hogy az iszlám tudomány mennyire nyitott volt a korábbi népek kultúrája iránt. Vázoltuk néhány, a vizsgált korszakban élt tudós munkásságát, életének főbb állomásait és a későbbi európai tudományra való hatását, mint Alhazen, al-Battānī, al-Bīrūnī, al-Ťūsī. Ezzel mintegy alátámasztottuk azt a bevezető sorokban megfogalmazott állítást, hogy az iszlám területen élt tudósok nem csak egyszerűen magukba olvasztották a görög tudományos gondolkodást (amely maga is rendelkezett egyiptomi, babilóniai, indiai alapokkal), hanem azt jelentősen továbbfejlesztették. Erre a tevékenységre vallásuk is támogatást nyújtott: elősegítette, nem korlátozta a tudományos gondolkodás szabadságát.

A kínai tudományra jelen írásunkban nem tértünk ki, bár kétségtelenül az is hatott mind az iszlám, mind pedig az európai tudomány és technika fejlődésére. Az azonban ténylegesen külön világ volt: nem a görög világkép folytatása, kevésbé rendszerező jellegű, a kapcsolat pedig esetleges, bár fontos (például papír, iránytű).

Az iszlám aranykor hanyatlásának lehetséges okai: elsőként a mongol hódítást lehet megjelölni, amelyhez konkrét dátumot is szoktak kötni, 1258 Bagdad eleste. A későbbiek során az iszlám aranykor hanyatlását fokozta az európai könyvnyomtatás megjelenése, ehhez ugyanis a latin betűk sokkal jobban illeszkedtek az arab betűknél. Ez a tény mintegy információs robbanást idézett elő a korszakban, ami csak Európában következett be, az iszlám területeken nem. Az információs robbanás következtében a 16. században az ókori görög írások már szinte teljességé-

ben ismertek lettek Európa-szerte. Az írások az azokra épülő *iszlám kutatásokkal együtt* terjedtek el. A tudományos forradalom végül itt következett be.

Tehát az európai tudósok ismerték az arab nyelven írt munkákat, elsősorban azok latin fordításainak köszönhetően, és ezek „megtermékenyítették” gondolkodásukat. Viszont akkoriban nem volt szokás a forrásokra olyan mértékben és egyértelműen hivatkozni, mint napjainkban. És Európában ezt követően már szinte csak az európai utódokra történtek hivatkozások. A tankönyvek tudománytörténeti utalásai is csak rájuk vonatkoznak. Bízunk benne, hogy ezen írás segítségével abban, hogy ez a gyakorlat megváltozzon!

Valamint megemlítendő, hogy erőteljesen generálta az iszlám aranykor hanyatlását az is, hogy Kolumbusz felfedezését követően megkezdődtek az európai hódítások, ezzel együtt történt az anyagi források átcsoportosulása az atlanti térségbe. A gyarmatosítás során lenéztek a meghódított kultúráját, így az itt felvirágzott tudomány világát mintegy eltiporták, hiszen az nem latin (európai), hanem mint irtuk arab, illetve iszlám alapokon nyugodott. A gyarmatosítás alól felszabadult államok mostanában kezdik felfedezni korábbi, a gyarmatosítás korában mintegy elveszett tudományos múltjukat.

A fenti korszaknak már hatalmas irodalma van. Hivatkozásként, a mai kor igényeinek megfelelően, internetes címek szerepelnek, hogy ezekre kattintva könnyen további információkat tudjanak szerezni. A diákok számára is érdekes kutatási témákat lehet adni a vizsgált érdekes korszakból.

## Néhány hivatkozás

1. <http://legacy.fordham.edu/halsall/med/nasr.asp>
2. Fuchs W. R.: *Mielőtt a Föld „mozgásba jött”*. Minerva, Budapest, 1978.
3. Gamov G.: *A fizika története*. Gondolat Kiadó, Budapest, 1965.
4. <http://www.osa-opn.org/Content/ViewFile.aspx?id=10890>
5. <http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-2830901904.html>
6. Simonyi Károly: *A fizika kultúrtörténete*. Gondolat Kiadó, Budapest, 1978.
7. <http://www.rarebookroom.org/Control/coprev/index.html>
8. <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1312/1312.7288.pdf>
9. <http://esestuske.geo.info.hu/?p=873>
10. Vera Alekszejevna Szmirniva-Rakityina: *Avicenna*. Kossuth Könyvkiadó, Budapest, 1980.
11. <http://kerikata.hu/publikaciok/text/toledoelmei.pdf>

