



A HIÁNYZÓ KORSZAK
A RÓMAI ÉS AZ ISZLÁM
ARANYKOR FIZIKUSAI
AKIK AZ EURÓPAI TERMÉSZETTUDOMÁNY
ELŐFUTÁRAI VOLTAK

Radnóti Katalin ELTE TTK

rad8012@helka.iif.hu

MIRŐL LESZ SZÓ?

- Történeti szemlélet
- A római kor görög tudósai
- Az iszlám aranykor
- Az optika az iszlám aranykorban és az ókori görög előzmények
- A tudományos megismerési módszer kialakulása
- Az égi és a földi mozgásokról alkotott kép alakulása az iszlám aranykorában és az ókori előzmények



ÉRETTSÉGI KÖVETELMÉNYEK

A fizikatörténet fontosabb személyiségei

Arkhimédész

(kb. Kr. e. 287-212., Szirakúza)

??????????????

Kopernikusz, Kepler, Galilei, Newton,
Huygens, Watt, Ohm, Joule.....

Követelmények:

„Tudja, hogy a felsorolt tudósok mikor (fél évszázad pontossággal) és hol éltek, tudja, melyek voltak legfontosabb, a tanultakhoz köthető eredményeik.”



TÖRTÉNETI SZEMLÉLET

Mit honnan tudunk? Hogyan alakult ki az adott tudás?

Nem csak a **végeredmények** leírása, melyet meg kell tanulni, hanem a feldolgozandó téma szempontjából egy érdekes jelenség kapcsán felmerülő

- **kutatási kérdések**, az adott korszak tudományos kérdései, megközelítésmódja, többféle elképzelései, melyek tesztelésre vártak, hipotézisek, melyek vagy beváltak, vagy nem stb.
- **tesztelhető hipotézisek**, például analógiák alapján,
- a hipotézisek alátámasztására **tervezett vizsgálatok**, kísérletek,
- végül a **következtetések** leírása.

- ❖ Mi volt a felfedezés **újszerűsége**?
- ❖ Hogyan fogadták azt a **kortársak**?
- ❖ Elég **meggyőzőnek** tartották-e?
- ❖ Milyen **nehézségek** merültek fel a megismerés során?
- ❖ Hogyan **fejlődött** a témakörben a tudás napjainkig,
 - ❖ és az mire **használható**?



A RÓMAI KOR - ALEXANDRIA



AZ ÓKORI GÖRÖG ELŐZMÉNYEK AZ OPTIKA TERÜLETÉN



"Hogy a szemünkből kiinduló sugarak végtelen sebességgel haladnak, azt a következő megfontolásból láthatjuk. Ha behunyjuk szemünket, és aztán kinyitjuk, és az égre nézünk, akkor nem telik időbe, hogy a fénysugarak elérjék az eget. Valóban, a csillagokat meglátjuk, mihelyt felnézünk, annak ellenére, hogy a távolság, mondhatnánk, végtelen. Ha a távolság még nagyobb volna, az eredmény megint csak ugyanaz lenne, és így világos, hogy a sugarak végtelen sebességgel távoznak. Ezért se meg nem szakadnak, se nem görbülnek, se nem törnek, hanem a legrövidebb úton, egyenes vonalban mozognak."

Héron (Kr. u. 10. körül – 75. körül, Alexandria)

Mások, például Arisztotelész (*háromszáz évvel korábban*) elvetette a fenti elképzelést, mivel így sötétben is látnánk, és azt gondolta, hogy a tárgyokról leváló finom hártya kelti a látás érzetét.



PTOLEMAIOSZ (KR. U. 90. KÖRÜL – 168.)

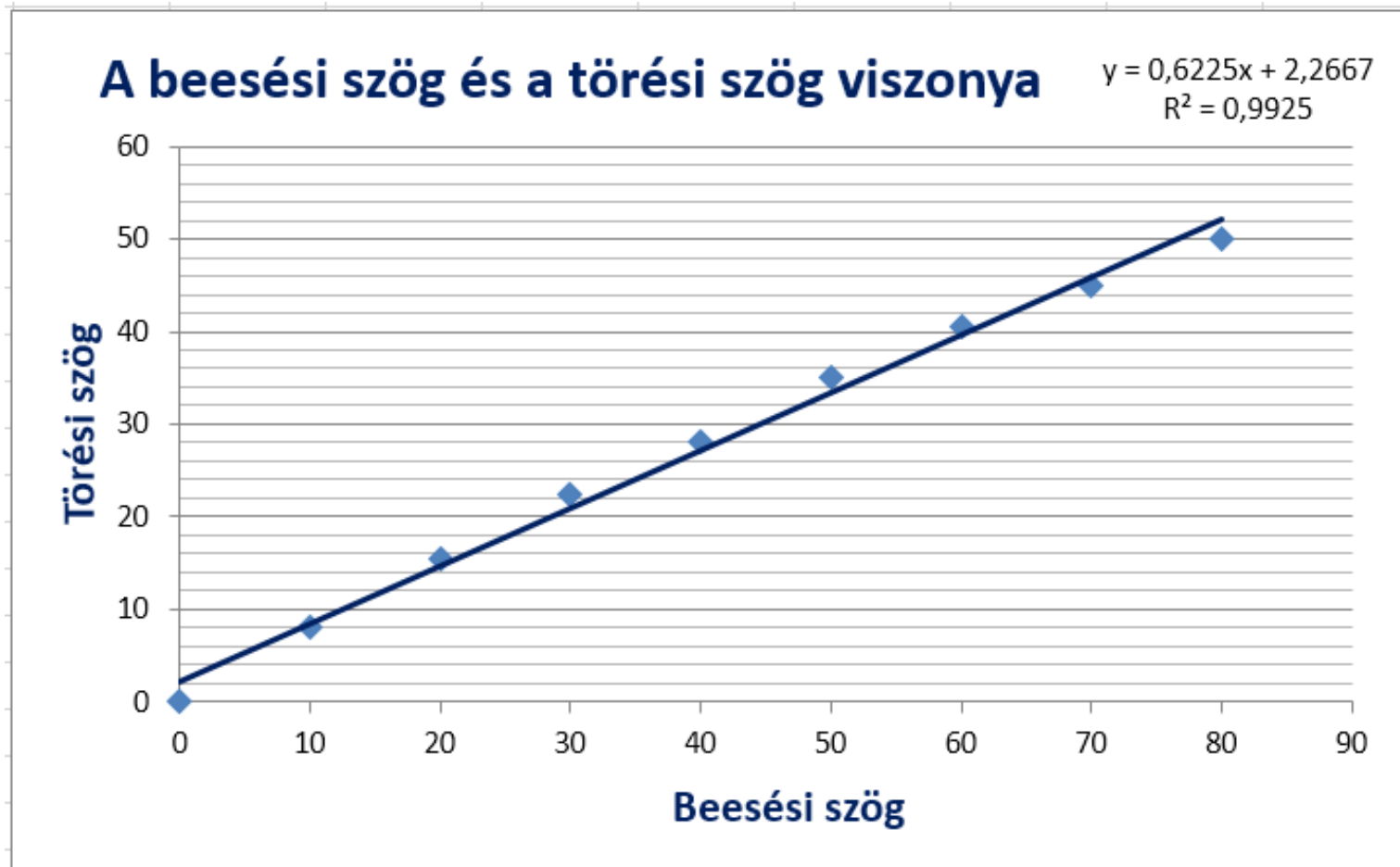
OPTIKA

"A fénysugarakat kétféle módon lehet változtatni: visszaveréssel, vagyis visszapattanással a tükörnek nevezett tárgyakról, 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."

Szög a levegőben, beesési szög (°)	Szög a vízben, törési szög (°)
10	8
20	15,5
30	22,5
40	28
50	35
60	40,5
70	45
80	50



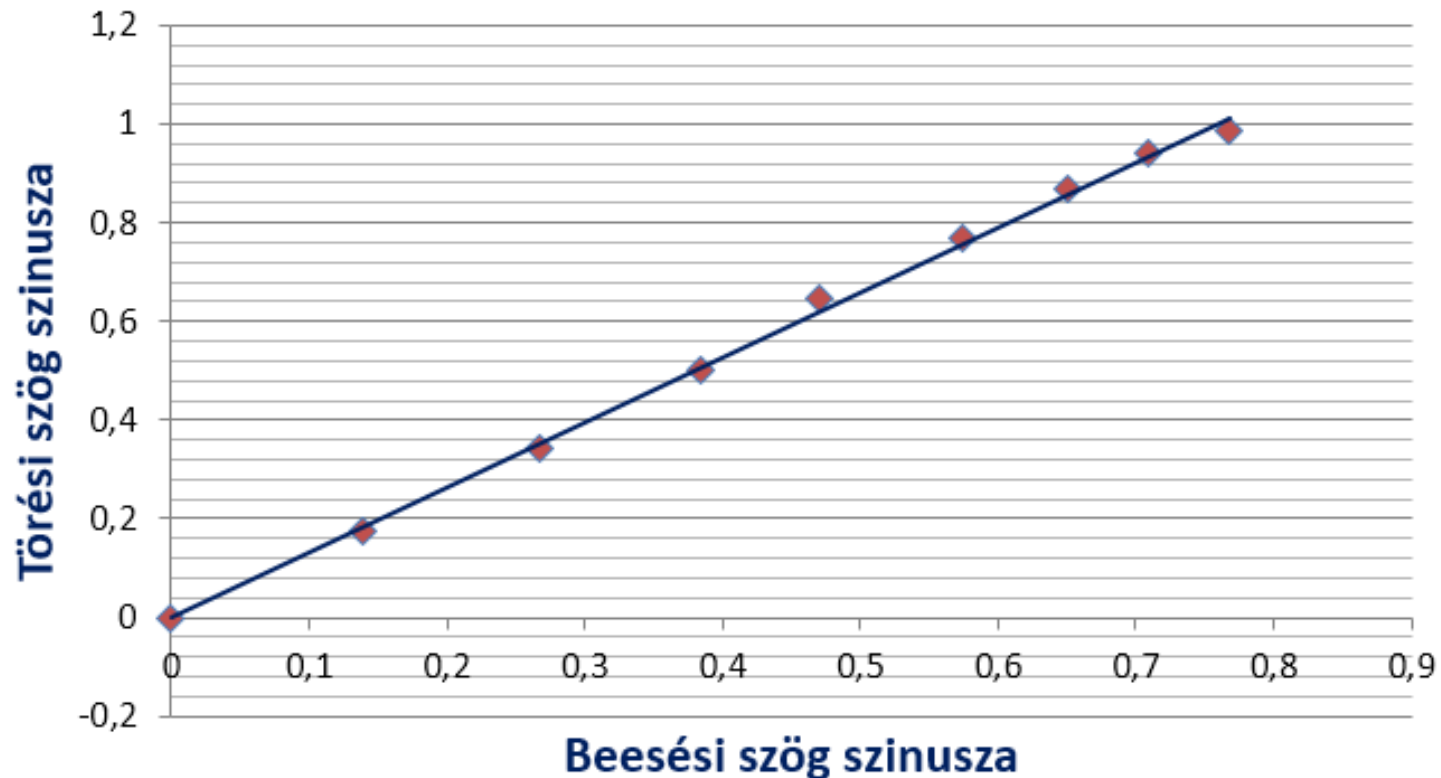
GRAFIKUS ÁBRÁZOLÁS I.



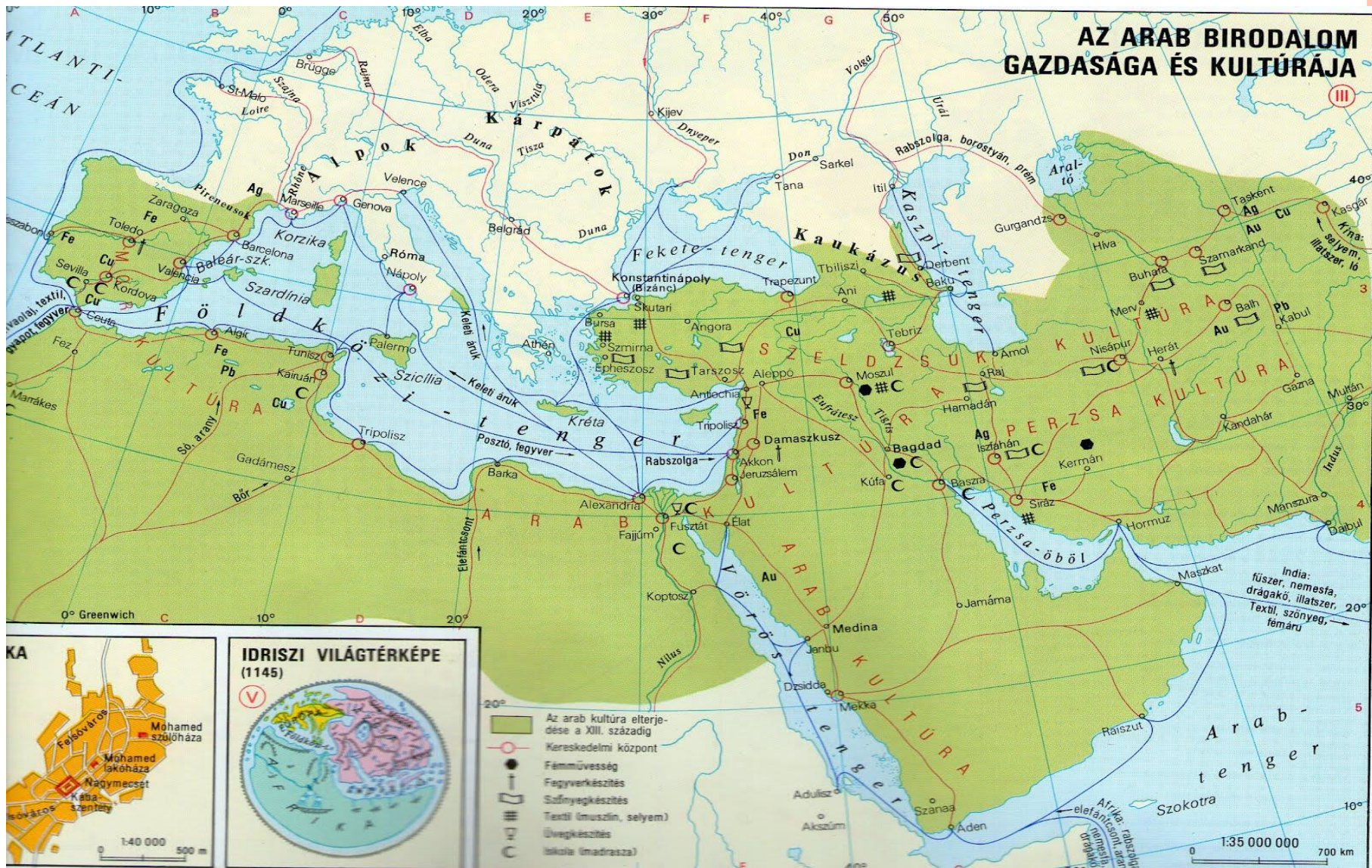
GRAFIKUS ÁBRÁZOLÁS II.

A törési szög szinuszának és a beesési szög szinuszának viszonya

$$y = 1,3221x - 0,0019$$
$$R^2 = 0,9983$$

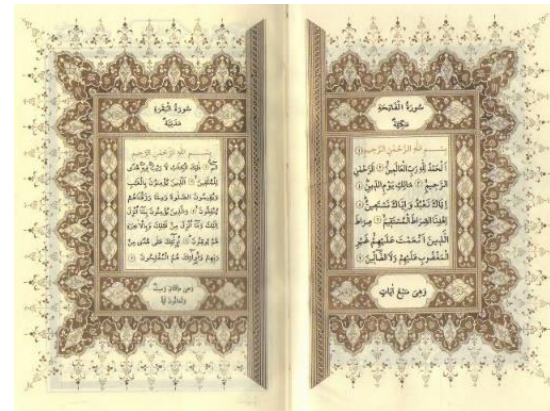


AZ ISZLÁM ARANYKOR (KB. 750 – 1258)

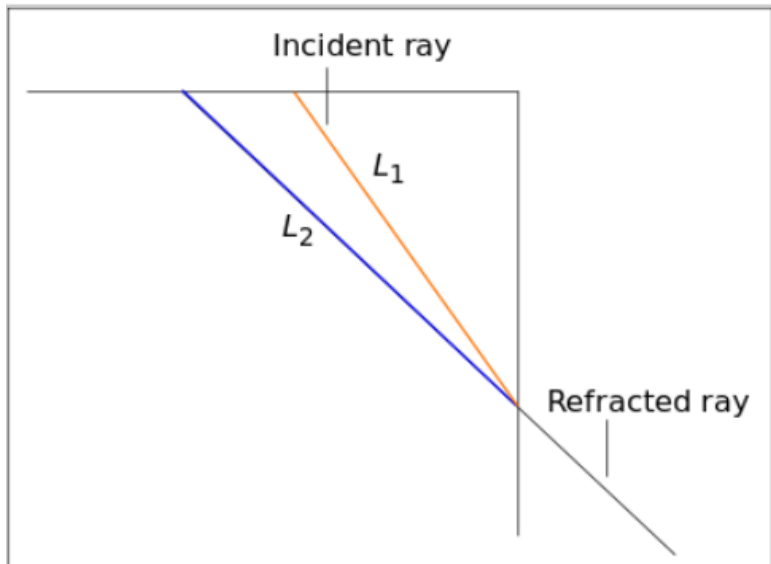


AZ ISZLÁM ARANYKOR JELLEMZŐI

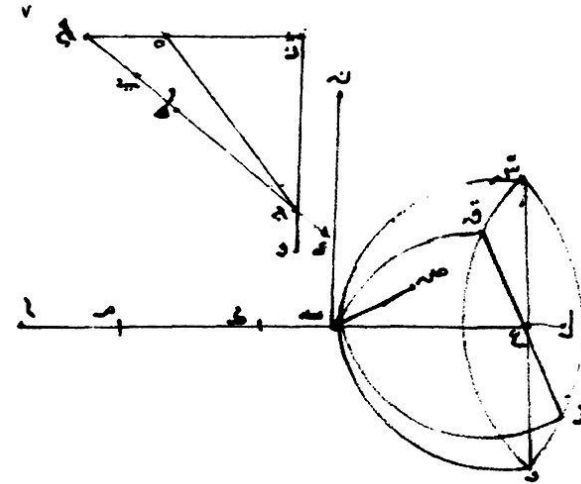
- Fordítási mozgalom, igény a tudományos ismeretekre
- Arab a tudomány nyelve
- Papír, közkönyvtárak, iskolák, egyetemek
- A tudományos kutatás módszerei kialakulnak
- Csillagászat szerepe, ima időpontja és iránya, sokszor kék az ég
- Optika, a látás
- Kémia kezdetei
- Orvostudomány



A TÖRÉSI TÖRVÉNY FELISMERÉSE ÉS HELYES LEÍRÁSA IBN SAHL (940-1000) 984-BEN



Interpretation of Ibn Sahl's construction. If the ratio of lengths L_1/L_2 is kept equal to n_1/n_2 then the rays satisfy the law of sines, or Snell's law. □



لانه ان ماتته عليها سطح مستوي غيره فلان هذا السطح يقطع سطحين
 على نقطة تسمى فلا بد من ان يقطع احد خطي ب ن بص فليكن ذلك
 الخط بصر والفصل المشترك بين هذا السطح وبين سطح قطع ق د
 خط ب ش فلان هذا السطح يات من مسيط ب على نقطة تسمى
 ب ش يات من سطح ق د ب د على نقطة تسمى وكذلك خط بصر وهذا حال
 فلا يات من مسيط ب على نقطة تسمى من غير سطح ب ن ص

Nem szögekkel, illetve szögfüggvényekkel fogalmazta meg, hanem szakaszok arányaként, $L_1/L_2 = n_1/n_2$



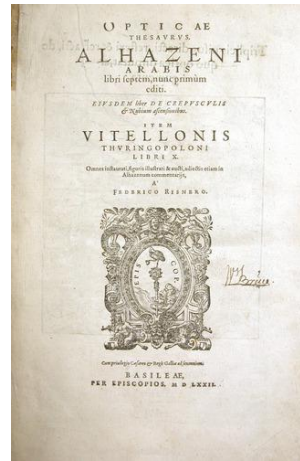
IBN AL-HAYTHAM, LATINOSAN *ALHAZEN*, AKI KR. U. 965 (BASRA, IRAK) ÉS 1039 (KAIRÓ, EGYIPTOM) KÖZÖTT ÉLT



1011 és 1021 között készült Optika (*Kitāb al-Mānazir*) című **hét** kötetes könyve

- 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.

2015. A Fény Nemzetközi Éve



ALHAZEN MEGÁLLAPÍTÁSAI, VIZSGÁLATAI I.

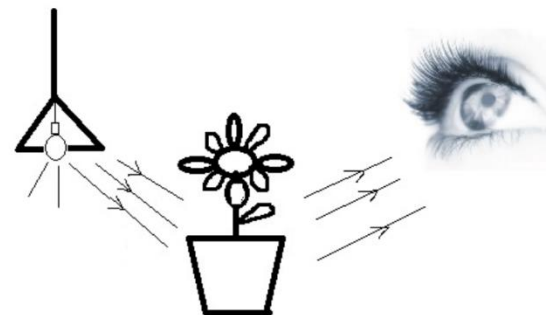
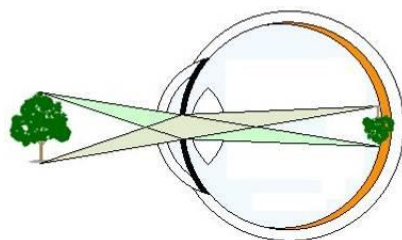
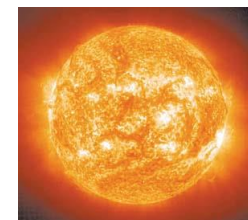
A fénysugár geometriai modellje alapján gondolt ki kísérleteket, melyeket el is végzett és leírt, hogy más is megismételhesse.

○ Definiálta az

- *átlátszó és átlátszatlan* test,
- *elsődleges és másodlagos* fényforrások fogalmát.

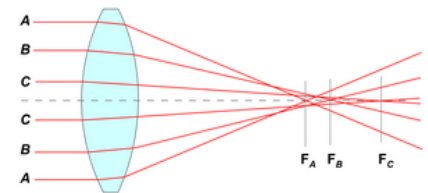
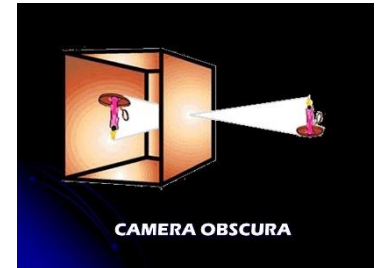
○ Vizsgálta a látás mechanizmusát.

- A testeket a róluk visszavert és a szembe érkező sugár miatt látjuk.



ALHAZEN MEGÁLLAPÍTÁSAI, VIZSGÁLATAI II.

- Fény **egyenes** vonalú terjedése – csöveken keresztül lehet-e látni?
- **Sötétkamra** működése és magyarázata.
- Sötétség a fény hiánya.
- Az **árnyékjelenség** a fény egyenes vonalú terjedésének következménye.
- Lencsehibák, szférikus aberráció
- A fény véges **sebességgel** terjedő hatás, és ez jóval nagyobb, mint a hang sebessége.
- Légkör vastagságának meghatározása.



ALHAZEN PROBLÉMA ÉS HOLDAK

[HTTP://TANANYAG.GEOMATECH.HU/M/ZDEAEP9J](http://tananyag.geomatech.hu/m/zdeaeP9J)

Adott a síkban az A és B pont és egy g kör.
Melyik az a P ∈ g pont, amelyre az AP és PB
szakaszok hosszának az összege minimális?

AP = 20.58 A g körre illeszkedő P pont mozgatása:

PB = 13.76 t = 0.52

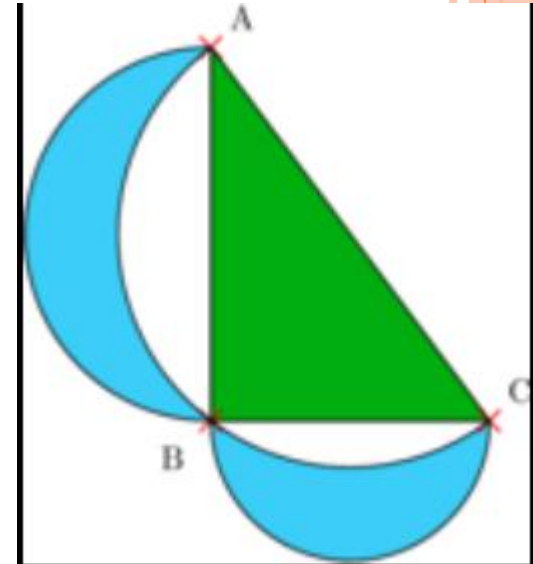
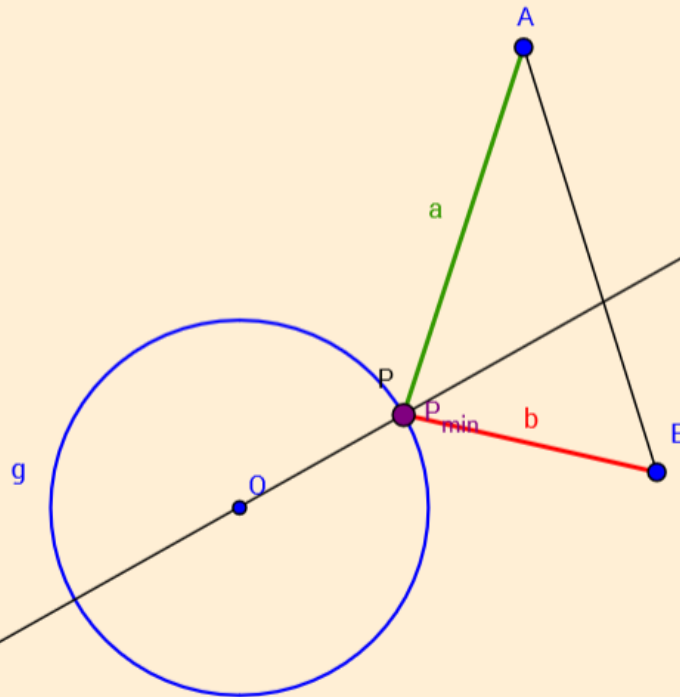
d = AP + PB = 34.34



Sejtés Az AP+PB szakaszok összege akkor minimális,
ha az APB szög felezője illeszkedik O-ra, azaz merőleges a g körre.

A keresett pont

P = P_{min}



TUDOMÁNYOS MEGISMÉRÉSI MÓDSZER



Alhazen elsősorban optikai vizsgálatai során továbbfejlesztette az ókori 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.

A kísérletei során megfigyelt jelenségeket rendszeresen **összevetette az elméleti alapvetésekkel.**

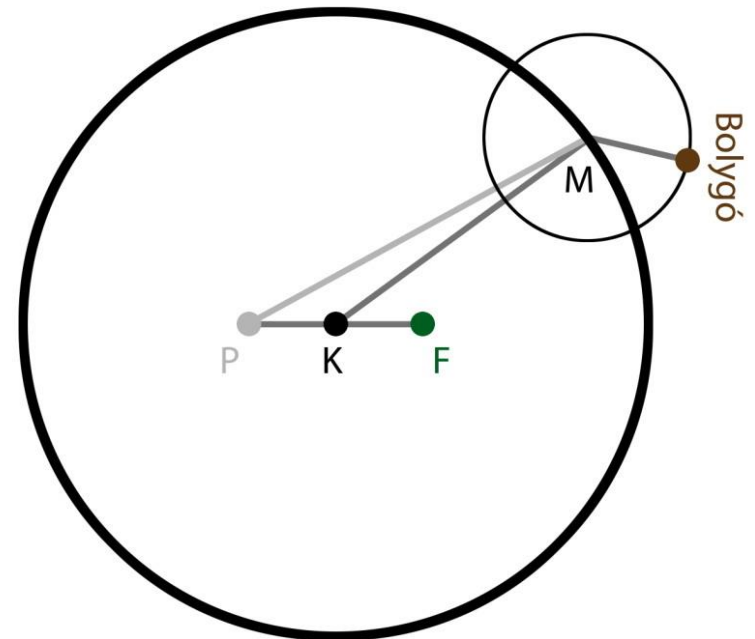
Szinte már a **mai tudományos kutatási módszertant** követve alkalmazta a megfigyelés, kérdésfeltevés, hipotézisalkotás, kísérlettervezés és kísérlet az elmélet ellenőrzésére, a kísérletek *megismételhetősége*, elméleti értelmezés algoritmust.

Később Európában ezt vették át!!!



AZ ÉGI ÉS A FÖLDI MOZGÁSOKRÓL ALKOTOTT KÉP ÓKORI ELŐZMÉNYEI

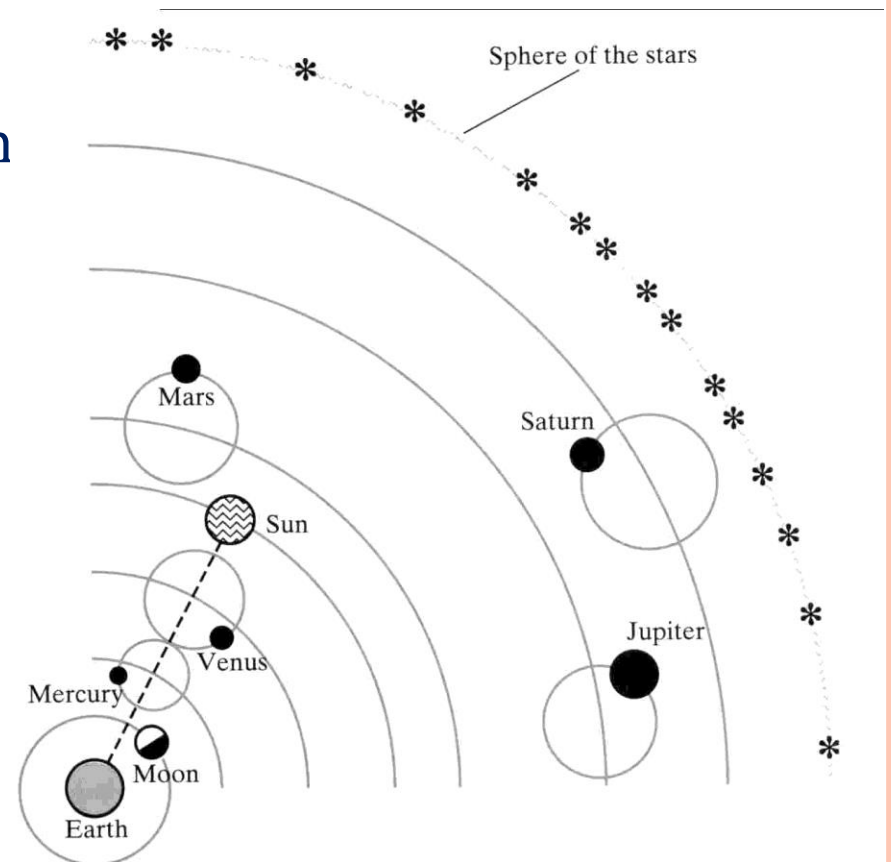
- Ismét *Ptolemaiosz*
- Az égitestekre és a földi jelenségekre alapvetően más törvények vonatkoznak.
- F a Föld helye,
- K a deferenskör középpontja,
- A K pont éppen felezi a PF távolságot.
- A PM vezérsugár **állandó szögsebességgel** forog.
(*Kopernikusz*)
- M a bolygó epiciklusának középpontja.



AZ ÉGI ÉS A FÖLDI MOZGÁSOKRÓL ALKOTOTT KÉP ÓKORI ELŐZMÉNYEI

A modell leírta a jelenségeket és előrejelzésekre is alkalmas volt.

- A **belső bolygók** esetében az epiciklusok középpontja a **Nap** – Föld egyenesen található.
(A gyorsulás iránya.)



AZ ASZTROLÁBIUM

A 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 vitték át, mely mintegy az **éggömb síkbeli leképezésének** tekinthető.



AZ ELSŐ JELENTŐS MUSZLIM ASZTRONÓMIAI MUNKA: ZIJ AL-SINDH



Zij: perzsa eredetű szó, általános megnevezése iszlám világban az asztronómiai könyveknek, melyek táblázatokat és előrejelzéseket tartalmaznak a **Nap**, a Hold, a bolygók és a csillagok helyzetére vonatkozóan.

Abū Abdallāh Muḥammad ibn Mūsā al-Khwārizmī (c. 780 – 850), latinosan *Algoritmi*.

Ő vette át az *indiai számokat*, melyeket napjainkban arab számokként ismerünk. De mint az a korszakban természetes volt munkássága sok területre kiterjedt.

Perzsaként tartják számon. Szülőhelye Khwarezm, Horezm régió, a mai *Üzbegisztán* területére esik.

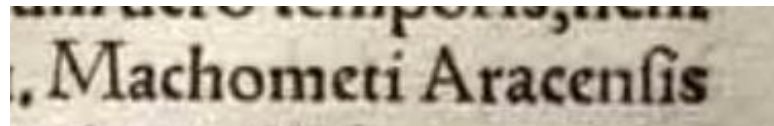
Asztronómiai munkásságának vezérfonala Ptolemaiosz Almagesztje volt, azonban folyamatosan rendszerezte, *javította, korrigálta* Ptolemaiosz adatait.



ABŪ 'ABD ALLĀH MUḤAMMAD IBN JĀBIR IBN SINĀN AL-RAQQĪ AL-ḤARRĀNĪ AL-ṢĀBĪ' AL-BATTĀNĪ LATINOSAN, *ALBATEGNIUS* (858–929) ARAB



- Mindössze 2 perces hibával határozta meg a napév hosszát, **365 nap 5 óra, 46 perc és 24 másodpercben**. Az árnyék hosszúságának változását nézte naponta, 40 éven keresztül. 700 évre visszamenőleg voltak adatai. Az e közben eltelt napok számát elosztotta az évek számával, és így kapta meg az év hosszát 2%-os pontossággal.
- Ő volt az első, aki 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, pontosította Ptolemaiosz adatait, melyekből **numerikus táblázatokat** készített, melyek segítségével például a csillagászok is előre tudták jelezni a Nap, a Hold és a bolygók mozgását az égen.
- Lehíresebb munkájának címe: **Kitab al Zij**, melyet 1116-ban fordítottak le először latinra.
- 489 csillagot katalogizált.
- Évszázadokkal később **Kopernikusz** sok mérési adatát felhasználta elmélete kidolgozásánál. A 72. oldal alján hivatkozik rá híres könyvében.



- Hivatkozik rá **Regiomontanus, Brahe, Kepler és Galilei** is.



SHUKUK

Ismét Alhazen

A korszak többi tudósához hasonlóan *Alhazen* is sokféle tudománnyal foglalkozott. Munkássága nem csak az *optika* területén volt fontos, hanem az *asztrológiában* is, ahogy a legtöbb korabeli tudósé.

1025 és 1028 között írta az *Al-Shukuk* ala Batlamyus című munkáját, mely valahogy úgy fordítható, hogy kétségek Ptolemaiosszal kapcsolatban. Vagyis saját megfigyeléseire alapozva kétségesnek tekintette Ptolemaiosz geocentrikus modelljét, mintegy kritizálva azt.

Egyértelműen kimondta, hogy Ptolemaiosz elmélete hibás, nem lehet igaz. És ezzel mintegy „*kutatási programot*” adott a következő nemzedékek tudósainak.

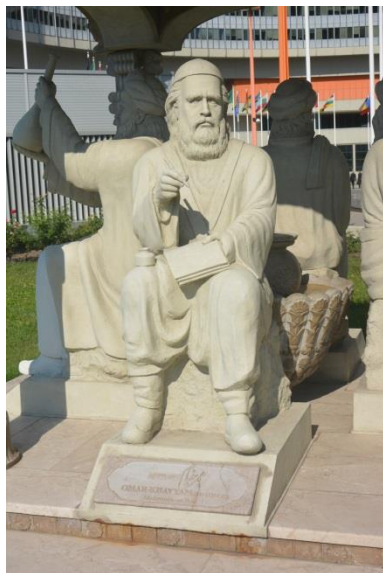
A jelenségek **következetes matematikai leírására törekedett**, mely egyezik a tapasztalattal is. A csillagászat esetében erre Newtonig kellett várni.

- *Tehetetlenség* tétel első megfogalmazója.
- Sebességek összegzése *paralelogramma* módszerrel.



PERZSA TUDÓSOK PAVILONJA

RAZI, KHAYYAM, AVICENNA ÉS AL-BIRÚNI



Hol található a szoborcsoport?



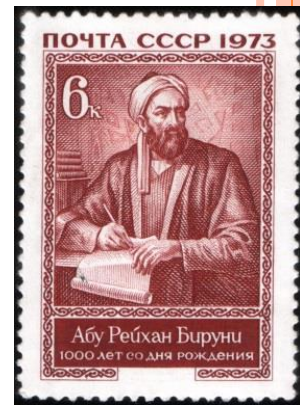
AL-BIRÚNI (973-1048) ÉS AVICENNA (980-1037) BARÁTSÁGA

- A volt Szovjetunió területén is éltek, így sok orosz nyelvű írás található róluk.
- Levelezésük.
- A fény véges sebességű részecskék árama lehet.
- Szabadesés tanulmányozása.
- Közegellenállás szerepe.
- Esetleg a **Nap** lehet a középpontban?
- Impetus fogalom.
- Gyorsulás fogalom megsejtése.
- Derékszögű koordináták.
- Avicenna orvosi munkáinak jelentősége.

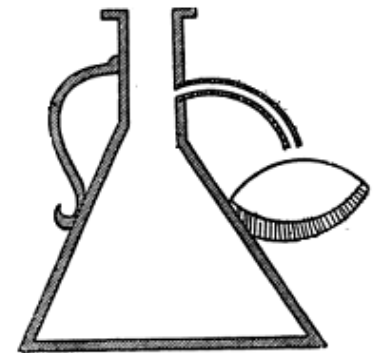


AL-BIRÚNI MUNKÁSSÁGA

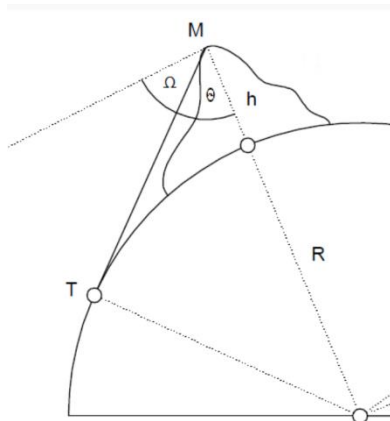
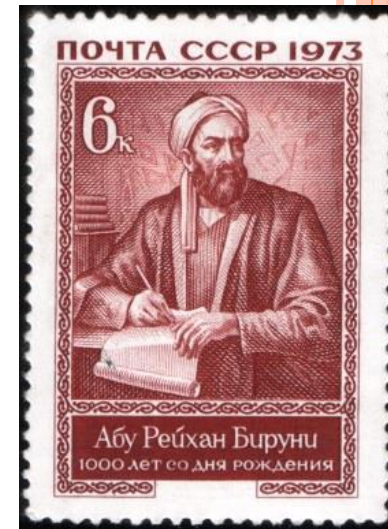
A SŰRŰSÉG



- Egyforma térfogatú testek tömegeinek összehasonlítása, vízkiszorításos módszerrel Arkhimédész nyomán.
- 18 ásvány, elem, vegyület, ötvözet sűrűségének meghatározása, mint
 - arany, ezüst, ón, ólom, bronz, réz, vas, higany.
- A módszert sokáig használták a **fémek tisztaságának** meghatározására.
- Arisztotelész több elképzelésével nem értett egyet.
- Történész, filozófus, a **geodézia** megalapítója.....



AL-BIRÚNI MUNKÁSSÁGA A FÖLD MÉRETE



$$90 - \Omega = \theta$$

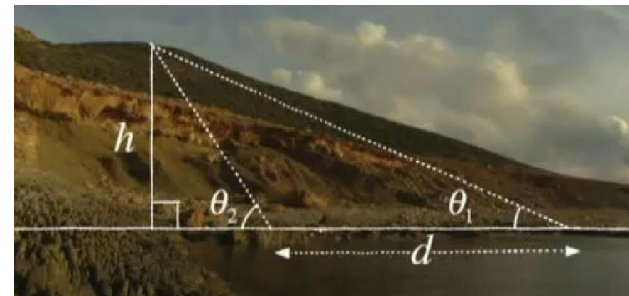
$$(R + h) \times \sin(\theta) = R$$

Amiből következik:

$$R = \frac{h \times \sin(\theta)}{1 - \sin(\theta)}$$

○ $\text{tg}\theta_1 = h/(d+x)$ és $\text{tg}\theta_2 = h/x$.

$$h = \frac{d \cdot \text{tg}\theta_2 \cdot \text{tg}\theta_1}{\text{tg}\theta_2 - \text{tg}\theta_1}$$



A MÓDSZER FONTOSSÁGA

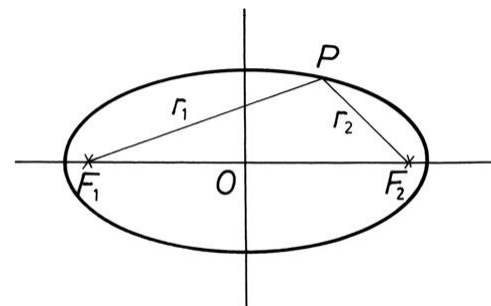
- **Gyakorlati problémát** lehetett megoldani a lényegében a görögök által megalkotott elméleti **matematikai rendszer** segítségével.
- A matematikai rendszer itt a **geometria** volt, ezen belül a *háromszögek* tanulmányozása és a korszak új tudományos teljesítményét jelentő *szögfüggvények* nagy pontosságú 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.*



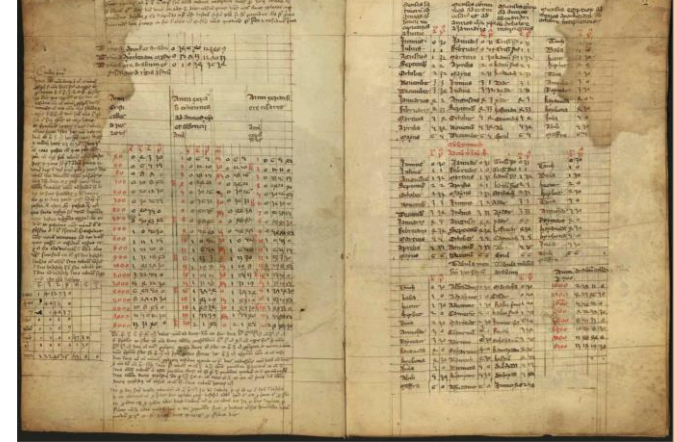
AL-ANDALÚZ, AZ ARAB HISPÁNIA ÖRÖKSÉGE



- Abū Ishāq Ibrāhīm ibn Yaḥyā al-Naqqāsh **al-Zarqālī**, de ismert Al-Zarqali vagy Ibn Zarqala (1029–1087) latinosan *Arzachel* .
- *Toledói táblák*, melyeket Kolumbusz Kristóf idejéig használták egész Európában, amelyek a korábbi ptolemaioszi tábláknál sokkal pontosabbak voltak.
- Vázlatrajzaiban jóval **Kepler előtt** a bolygók Föld körüli mozgásának leírásához *elliptikus alakú* pályákat is rendelt.



ALFONZ TÁBLÁZAT



- A Toledói táblák folytatásaként 50 keresztény, arab és zsidó csillagász munkája a 13. században a **X. Alfonz** kasztíliai király számára készített táblázat.

X. Alfonz felsége anyja révén **II. András magyar királynak** és második feleségének, **Courtenay Jolán** konstantinápolyi latin császári hercegnőnek volt az **unokája**.

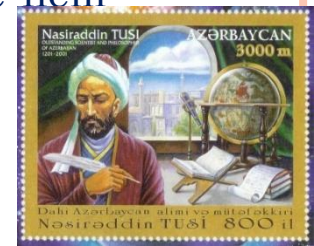
- A Kommentátor - *Abu'Z l-WalīẒd Muh·ammad Ibn 'Ah·mad Ibn Rusd*, latin formában **Averroës** (1126, Córdoba – 1198, Marrákes).



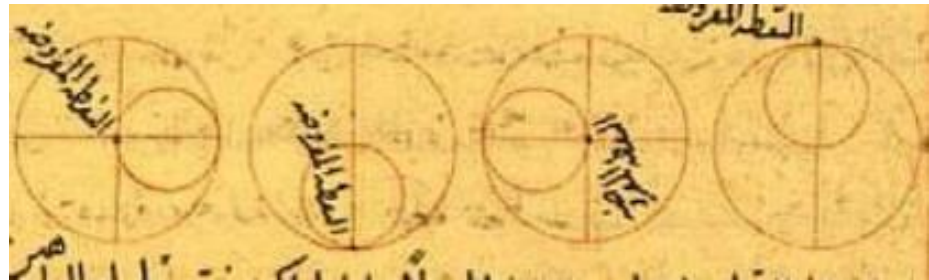
ABU JAFAR MUHAMMAD IBN MUHAMMAD IBN AL-HASAN NASIR AL-DIN AL-TUSI TUS VÁROSÁBAN SZÜLETETT, KHORASAN RÉGIBÓN (JELENLEG IRÁN) (C. 1201 – 1274) ÉS BAGDADBAN HALT MEG



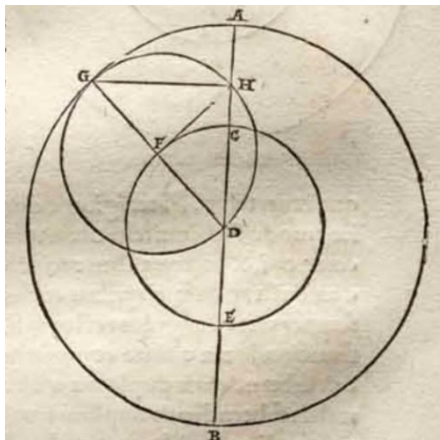
- **Alamutban** volt az eredeti „kutató központ”, ahol dolgozott.
- Majd a mongol támadás után az *új uralkodó* új csillagászati központot építtetett számára **Meraghában**, mai **Azerbajdzsán** területén volt. Az előzőhöz hasonlóan ez is valóságos kutatóintézetté vált, amelyhez iskola is tartozott.
- Könyvtárában **40 ezer** könyvet őriztek. Táblázataiban (*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.
- Fontos megállapításai közé tartozik még az **anyagmegmaradás** elve. Úgy gondolta, hogy az anyagok csak megváltoznak, átalakulnak, de nem tűnhetnek el.



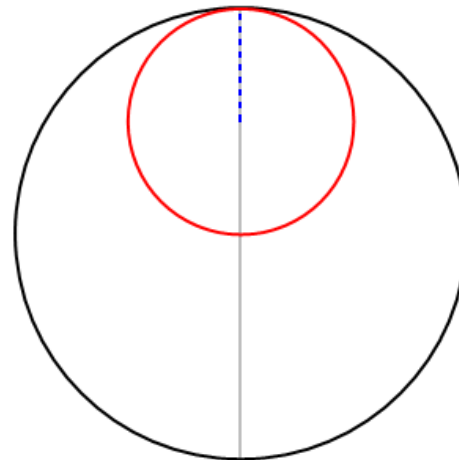
TUSI KÖRÖK



- Két kör, amelyek átmérőí 1:2 aránylanak egymáshoz. Alkalmas **egyenes vonalú ide-oda mozgás leírásához**. A bolygó a kis kör kerületén mozog. A kerület viszont úgy mozog, hogy érinti a nagy kör egy pontját, illetve a nagy kör középpontját.
- **Kopernikusz** számára a **Merkúr** mozgásának leírásához kellett.



http://en.wikipedia.org/wiki/Tusi_couple



A KORSZAK HANYATLÁSÁNAK LEHETSÉGES OKAI



- A mongol hódítás (*Tatárjárás*). 1258 Bagdad.
- Európai könyvnyomtatás, melyhez a latin betű sokkal jobban illeszkedtek. Ez mintegy információs robbanást idézett elő.
- Arab munkák latin fordítása, melyek ténylegesen megtermékenyítették az európai gondolkodást.
- DE **hivatkozni** nem volt szokás úgy, mint napjainkban.
- Amerika meghódítása, európai hódítások, az **anyagi források átkerülése az atlanti térségbe.**



A TÉMÁNAK ÓRIÁSI IRODALMA VAN.

- http://en.wikipedia.org/wiki/Islamic_Golden_Age
- https://en.wikipedia.org/wiki/Science_in_the_medieval_Islamic_world
- https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_scientific_method
- http://en.wikipedia.org/wiki/Ibn_Sahl
- http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_scientific_method
- <http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-2830901904.html>
- <http://www.unhas.ac.id/rhiza/arsip/saintis/haitham.html>
- <http://www.gae.hu/Letoltes/Astrolab.pdf>
- <http://www.famousscientists.org/al-battani/>
- <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Al-Battani.html>
- <http://www.encyclopedia.com/topic/Al-Battani.aspx>
- <https://www.youtube.com/watch?v=XU12EjqPBqQ&feature=related>
- <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Al-Biruni.html>
- <http://terebess.hu/keletkultinfo/ibnszina1.html>
- <http://kerikata.hu/publikaciok/text/toledoelmei.pdf>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Averroes>
- <http://www.rarebookroom.org/Control/coprev/index.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Muslim_scientists





Köszönöm a figyelmet!

