

mr sc. Maksuda Muratović
JU Gimnazija Živinice

UDK 52(091)“04/14“

PRETEČE COPERNICUSOVOG HELIOCENTRIČNOG SISTEMA

SAŽETAK

U radu je vršeno istraživanje na temu Preteče Copernicusovog heliocentričnog modela. Cilj rada je bio da se pokaže kako srednji vijek nije bio doba mraka u znanosti u islamskom svijetu, već da je postojao kontinuitet u razvoju znanosti, odnosno fizici. Korištena je historijska metoda istraživanja koja uzima u obzir osnovne činjenice, hronologiju događaja na bazi prošlosti i na osnovu toga procjenjuje ponašanja u budućnosti. Istraživanje je vođeno hipotezom da su srednjovjekovni arapski znanstvenici, odnosno fizičari, održali kontinuitet u razvoju fizike između antičkog doba, pa sve do pojave renesanse u Evropi, te da su imali ključnu ulogu u pojavi evropske renesanse, Copernicus-ovog heliocentričnog sistema, Newtonovih zakona mehanike, zakona gravitacije i Keplerovih zakona.

Ključne riječi: heliocentrični model, geocentrični model, deferent, epicikl i ekvant

UVOD

Iako još uvijek ne znamo odgovoriti na mnoga pitanja vezana za svemir i položaj Zemlje u njemu, naša saznanja sve su bogatija. Tako znamo da je svemir ispunjen mnoštvom galaktika odnosno galaktičkih jata. Gotovo svaka galaktika sadrži milijarde zvijezda. Sunce je zvijezda koja se nalazi u jednoj od galaktika za koju je uobičajen naziv Mliječna Staza. Sunce je, u usporedbi s drugim zvijezdama sasvim obična zvijezda, ali je od presudnog značenja za život na Zemlji. Planet Zemlja jedan je od devet planeta, koji zajedno s više hiljada malih planeta (planetoida), kometa i meteorida sačinjavaju naš planetni sistem. Historijski put koji nas je doveo do svih tih spoznaja zaslužuje da mu posvetimo dostojnu pažnju.

PROBLEM I ZADATAK ISTRAŽIVANJA

Jedan od ciljeva historijskog razmatranja je da se utvrdi kako fizika ima svoje rodoslavlje. Historija znanosti, odnosno fizika, poučava nas da su u svakom vremenu istraživači imali vrlo različito mišljenje i da su se veoma često sporili, te da napredak znanosti nije bio samo gomilanje činjenica i stalno dotjerivanje teorija već da znači duboke preobrazbe uvriježenih pogleda i načina rada.

Historija fizike se može podijeliti na nekoliko razdoblja. Ukratko ćemo iznijeti osnovne karakteristike razvoja fizike u starom i srednjem vijeku. *Prvo razdoblje* je bila antička fizika, od 6. stoljeća prije nove ere pa sve do 7. stoljeća nove ere. U tom razdoblju glavna metoda istraživanja je bila metoda posmatranja. Nije bilo ni eksperimenta niti matematičke formule. *Drugo razdoblje* je doba srednjeg vijeka. Taj period karakteriše nova metodologija znanstvenog rada. Prirodne znanosti su se oslobodile atmosfere čistog razmišljanja koja je karakterisala antičko doba i postale eksperimentalne. Veliki je broj znanstvenika, odnosno fizičara, koji su zadužili znanost: Ibn al- Haytham, Ibn Sina, Al- Biruni, Al- Khazini, Ibn Bajjah i drugi. Mnoge ideje arapskih fizičara pojavile su se nekoliko stotina godina kasnije na Zapadu. Teško je reći da li su se one na Zapadu pojavile neovisno ili su samo preuzete sa Istoka. To je pitanje veoma zanimljivo i još nije razjašnjeno. *Treće razdoblje* je doba nastanka klasične fizike u 17. stoljeću. *Četvrto razdoblje* je period 18. i 19. stoljeća ili doba razvoja klasične fizike koju karakteriše eksperimentacija i matematizacija. *Peto razdoblje* je period moderne fizike 20. stoljeća. Predmet istraživanja ovog rada su *Preteče Copernicus-ovog heliocentričnog sistema*. Cilj rada je pokazati kako srednji vijek nije bio doba mraka za znanost u islamskom svijetu, već da je postojao kontinuitet u razvoju znanosti, odnosno fizici, te da su arapski znanstvenici znatno korigovali Aristotelovu fiziku i imali ključnu ulogu u pojavi renesanse u Evropi. U znanstvenim krugovima na Zapadu smatra se da je srednji vijek bio doba mraka. To jeste tačno, ali za evropsku znanost. U srednjem vijeku centar svjetske znanosti i kulture bio je islamski svijet i u njemu je postojao kontinuitet u razvoju znanosti, odnosno fizike. Prilikom pisanja korišteni su didaktički principi naučnosti i primjerenosti uzrastu srednjoškolaca. Korištena je *historijska metoda istraživanja* koja uzima u obzir osnovne činjenice, hronologiju događaja na bazi prošlosti i na osnovu toga procjenjuje ponašanja u budućnosti. Historijska metoda se temelji na konceptualnom pristupu proučavanja, što znači sagledavanja događaja u cjelini, uočavanja najznačajnijih elemenata te razumijevanja njihovog međusobnog istraživanja. Istraživanje je vođeno *hipotezom* da su srednjovjekovni arapski znanstvenici, odnosno fizičari, održali kontinuitet u razvoju fizike između antičkog doba, pa sve do pojave renesanse u Evropi te da su imali ključnu ulogu u pojavi evropske renesanse i Copernicus-ovog heliocentričnog sistema.

HELIOCENTRIČNI MODEL

Uspostavljanje heliocentričnog modela u staroj Grčkoj

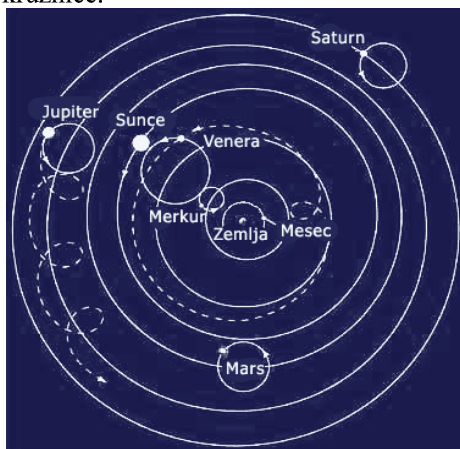
Gotovo kod svih starih naroda nalazimo predodžbe o izgledu i postanku svijeta. U početku, uglavnom su temeljene na različitim mitološkim vjerovanjima. Iako su, prvenstveno zbog praktičnih potreba, pažljivo praćena kretanja nebeskih tijela, pokušaji njihovog objašnjavanja bili su uglavnom neanalitički, ponajviše zbog nepoznavanja geometrije. Astronomija kao egzaktna znanost, počela se razvijati u staroj Grčkoj. Osim što su došli do mnogih značajnih astronomskih otkrića, stari Grci su u teoretska modeliranja zakonitosti kretanja nebeskih tijela uključili geometriju, stvarajući tako prve analitičke kosmološke teorije. Sakupivši astronomska znanja svoga vremena, Aristotel (4. stoljeće prije Krista) je stvorio kosmološku teoriju koja će dominirati sljedećih 18. stoljeća. Prema toj teoriji Zemlja je u središtu svemira jer, kako je tumačio Aristotel, svako tijelo bačeno uvis opet pada prema središtu Zemlje, pa je "jasno" da je mjesto našeg planeta u središtu svemira. Iz oblika Zemljine sjene, što se vidi na Mjesecu za vrijeme pomrčine, Aristotel zaključuje da je Zemlja okrugla. Još jedan dokaz za to proizlazi iz činjenice što se iz raznih dijelova Zemljine površine pojedine zvijezde u isto doba vide nad obzorom u različitim visinama (koristeći pretpostavku da su zvijezde jako udaljene). Na temelju toga i nekih ranijih mjerenja, prema Aristotelu Zemljin poluprečnik iznosi oko 74000 kilometara (kasnijim mjerenjima Eratosten je dobio vrijednost mnogo bližu stvarnoj). Sljedeća bitna postavka ove kosmologije bila je da Zemlja miruje. Jedan od glavnih dokaza Zemljine nepomičnosti temeljio se na nepromijenjenim položajima, odnosno prividnim udaljenostima između zvijezda. Osim toga, s obzirom na pretpostavljenu Zemljinu veličinu moglo se lahko izračunati da bi obodna brzina na Zemljinoj površini trebala biti velika. Tako bi, prema Aristotelovom mišljenju, svaki predmet bačen uvis morao pasti na sasvim drugo mjesto. Da bi objasnio kretanja nebeskih tijela, Aristotel prihvaća Eudoksovu ideju o mehaničkom sistemu vrtećih koncentričnih sfera, koje nose nebeska tijela. Svakom od planeta pripadalo je nekoliko sfera, koje svojim kretanjem uzrokuju čudnovate planetne petlje. O rasporedu planeta po udaljenosti od Zemlje, zaključivali su grčki astronomi na temelju vremena trajanja njihovog prividnog retrogradnog kretanja. Iza posljednje sfere, na kojoj su zvijezde-stajačice, nalazio se pokretač svih kretanja Primum immobile. Tako je prema Aristotelovom kosmičkom modelu, svemir konačne veličine sa središtem u kojem se nalazi naš planet. Aristotel je, također, tvrdio da su sva tijela unutar Mjesečeve staze građena od četiri "elementa": zemlje, zraka, vode i vatre. Peti element bio je onaj od kojeg su izgrađene nebeske sfere i proziran je. Gledajući s današnje vremenske udaljenosti, Aristotelovo učenje može izgledati naivno. Međutim, ne možemo reći da nije analitičko. Netačnost dokaza navedenih za Zemljinu nepomičnost utvrđena je tek u sedamnaestom stoljeću kada je utemeljen zakon tromosti, te početkom devetnaestog stoljeća kada je prvi put izmjerena zvjezdana paralaksa. Aristotelova kosmologija odgovarala je ondašnjem stepenu razvitka znanosti i zahvaljujući okolnostima koje

su vladale srednjim vijekom ona se uspjela održati punih osamnaest stoljeća, a njezin utemeljitelj ostat će upisan u povijesti znanosti, kao jedan od najvećih znanstvenih autoriteta. Nepuno stoljeće nakon Aristotela po prvi put se pojavljuje ideja da je Sunce središnje tijelo našeg planetnog sistema. Njen utemeljitelj bio je grčki astronom Aristarh. Od njegovih spisa sačuvano je u potpunosti samo jedno djelo, u kojem je opisana metoda određivanja udaljenosti Mjeseca i Sunca. Ona se temeljila na geometrijskom razmatranju posebnih položaja, koje uzajamno zauzimaju Zemlja, Mjesec i Sunce. Primijenivši svoju metodu, Aristarh je uspio odrediti udaljenosti Mjeseca i Sunca, iskazane u iznosu Zemljinog poluprečnika. Premda je, uslijed nepreciznih mjerenja, dobio dosta grube vrijednosti, na temelju tih podataka je zaključeno da je pogrešno tvrditi kako mnogo veće Sunce kruži oko relativno male Zemlje. Prema tome, opažano godišnje kretanje Sunca samo je prividno i posljedica je stvarnog kretanja našeg planeta. Također je tvrdio da su dnevna kretanja nebeskih tijela posljedica Zemljine vrtnje, na što su ukazivali još neki od Pitagorejaca, a da godišnja doba nastaju uslijed nagnutosti Zemljine osi vrtnje prema ravnini staze našeg planeta oko Sunca. Aristarhova genijalnost možda se najbolje očituje po tome što je nepromijenjen položaj zvijezda tokom godine tumačio time da je njihova sfera beskonačno velika u odnosu na veličinu Zemljine staze oko Sunca. Tako je Aristarh "proširio granice" svemira i jednim osebnim znanstvenim načinom došao do predodžbe o stvarnom izgledu Sunčeva sistema. Međutim, njegovo mišljenje nije bilo prihvaćeno. Kod njegovih savremenika pojavio se veliki otpor prema heliocentričnom sistemu svijeta, čemu je kasnije naročito doprinio i veliki autoritet toga doba, Hiparh. Konačnu prevlast geocentričnom sistemu svijeta izborio je Ptolemej svojim poznatim Zbornikom, koji je objavljen 140 godina prije Krista. Ptolemej je nadopunio Aristotelovu kosmičku teoriju, uvodeći deferente i epicikle radi objašnjenja naoko zamršenih planetnih kretanja. Naime, prema Ptolemeju, svaki se planet kretao oko nepomične Zemlje po manjoj kružnici (epicikl), čije je središte po većoj kružnici (deferent) obilazilo Zemlju. Spomenimo da je Ptolemejev *Zbornik* sadržavao mnoga astronomska znanja i on je stoljećima smatran glavnim astronomskim udžbenikom. Zanimljivo je da su Hiparh i Ptolemej, sličnom metodom kao i Aristarh, izmjerili udaljenosti Mjeseca i Sunca i, iako su dobili znatno tačnije vrijednosti, prihvatili su geocentrični sistem svijeta, u kojem Zemlja miruje. Aristarh i njegovi sljedbenici, od kojih su najpoznatiji Arhimed i Apolonij, ostali su tako u sjeni svojih prethodnika. Značaj njihovih radova doći će do izražaja tek u 15. stoljeću, kad se s njima upoznaje Kopernik.

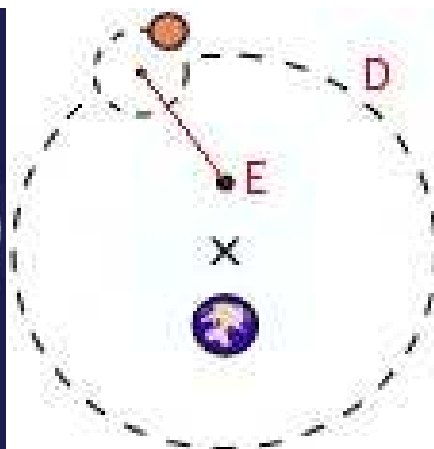
Utjecaj arapskih naučnika u srednjem vijeku na uspostavljanje heliocentričnog modela

Tokom srednjeg vijeka nije bilo revolucionarnih otkrića u astronomiji. U tom razdoblju značajnu ulogu za razvitak znanosti odigrali su Arapi, koji su, na neki način, spojili znanja Dalekog istoka i stare Grčke. Preveli su mnoga značajna djela antičkih filozofa, među kojima i Ptolemejev *Zbornik* (od tada je poznat po arapskom

naslovu *Almagest* 827. godine). Precizno su pratili kretanja nebeskih tijela i određivali njihove položaje na nebu, što je uticalo i na razvitak opažačke astronomije u Evropi. Znanstveno proučavanje astronomije i matematike u islamskom svijetu započelo je pod uticajem indijskog djela Siddhanta koje je u Bagdad donešeno 771. godine. Njega je na arapski jezik preveo Al Fazari. Prije pojave islama bio je poznat samo jedan astronomski observatorij u Aleksandriji. Prvi observatorij je podignut u Bagdadu 828. godine, da bi u 15. stoljeću već bilo 19 astronomskih observatorija, od Kašmira u Indiji, preko Perzije, Horasona, Egipta, pa sve do Španije. Arapski astronomi razdvajaju matematičku, odnosno eksperimentalnu astronomiju od Aristotelove filozofske kosmologije. Između Ptolomejevog geocentričnog modela (150. godine) pa do Copernicusovog heliocentričnog modela 1543. godine, veliki broj arapskih znanstvenika bavio se astronomijom. Prema Ptolomejevom geocentričnom modelu (Ptolomej, 150. godine), planete, Sunce i Mjesec se kreću oko Zemlje koja je centar svijeta (Slika. 1). Deferent je kružnica po kojoj se kreću planete i u centru kružnice je Zemlja. Mars se kreće istovremeno po jednom manjem krugu koji se zove epicikl (Slika. 2). Ekvant je tačka u blizini površine Zemlje iz koje su, gledano, putanje planeta kružnice.

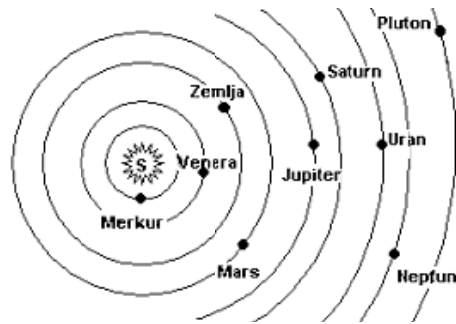


Slika 1. Geocentrični model⁷



Slika 2. Ekvant (E) i epicikl⁸

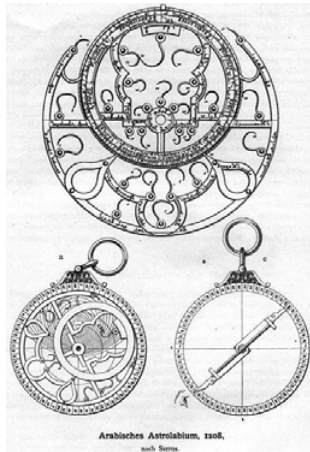
Copernicusov heliocentrični model (1543. godine) stavlja Sunce u centar svijeta oko kojeg se kreću sve ostale planete, uključujući i Zemlju (Slika. 3).



Slika 3. Heliocentrični model⁹

Copernicusov heliocentrični model ima svoju dugogodišnju historiju. Sam Copernicus navodi niz islamskih astronoma čije je radove koristio, a to se prije svega odnosi na Al Battanija (9.stoljeće) astronoma andaluzijske škole (11. i 12. stoljeće) i astronomske škole u Maraghi (13. i 14. stoljeće). Između velikog broja srednjovjekovnih islamskih astronoma spomenut ćemo samo one koji su zagovarali heliocentrični model. Prve naznake heliocentričnog modela potječu još od antičkog doba, od Aristarha (310-230. p.n.e). On je prvi mjerio udaljenost do Mjeseca i Sunca i procijenio da je Sunce mnogo veće od Zemlje. U tom smislu, izveo je zaključak da je Sunce centar svijeta, a ne Zemlja. Međutim, u toj ideji je ostao usamljen. U srednjem vijeku centar znanosti je bio u islamskom svijetu, a većina astronoma je prihvatila geocentrični model. Njihovo istraživanje se svodilo na ispravljanje problematičnog epicikla i ekvanta u Ptolomejevom modelu (Slika. 2). Međutim, neki od njih su tražili i alternativne modele, prije svega heliocentrični model. O mogućem heliocentričnom modelu prvi je raspravljao jedan od najvećih arapskih astronoma, Al Battani (858-924), čija su djela prevedena na latinski jezik u 12. stoljeću. Znatno je utjecao na arapske astronome, zatim na Copernicusa, Brachea, Keplera, itd. Otkrio je eliptične putanje planeta, što je bilo ključno za Keplerove zakone. Njegovo djelo *De Scentica Stellarum* bilo je bazično djelo iz astronomije, sve do renesanse. Njemački astronom Johannes Kepler dopunjuje Kopernikovu teoriju. Iz promatračkih podataka znamenitog opažača Tycha Brahea, Kepler izvodi tri zakona koji mnogo preciznije opisuju kretanje planeta. Napomenimo da je Tycho Brahe nebeska tijela opažao prije otkrića teleskopa, koristeći kvadrant (uređaj za mjerenje uglova u astronomiji i geodeziji) i slične vizualne instrumente postizući izvanrednu tačnost reda veličine nekoliko lučnih minuta. Brahe je bio tvorac jedne pomirljive teorije, prema kojoj samo Mjesec i Sunce kruže oko Zemlje, dok svi ostali planeti kruže oko Sunca. Premda danas svojim postavkama pomalo djeluje naivno, Braheova geocentrična teorija mogla je objasniti nastajanje Venerinih faza, koje je Galileo navodio kao dokaz heliocentričnoj teoriji. Heliocentrični model, u 9. stoljeću, zagovarao je i astronom al- Balski. Njegov rad je ostao nezapažen sve dok ga nije publikovao al-Biruni, 1020. godine, raspravljajući o gravitaciji između nebeskih tijela i tvrdnji da zakoni fizike važe i za nebesko i za zemaljsko područje.

Godine 1030. *al-Biruni* raspravlja o planetarnim teorijama indijskih astronoma, u kapitalnom djelu *Knjiga o Indiji*. Navodi da Brahmagupta i još neki indijski astronomi smatraju da se zemlja okreće oko svoje ose. Birunijev savremenik al-Sijzi predlaže model po kojem se Zemlja istovremeno kreće i oko Sunca. Takav model Biruni ne odbija te pitanje heliocentrizma i geocentrizma smatra filozofskim i kaže: "Rotacija Zemlje neće promijeniti astronomske proračune, jer su svi astronomski podaci objašnjivi kako u jednom modelu, tako i u drugom." Alhazen je 1025. godine započeo tradiciju *hay'a* u islamskoj astronomiji, korigirajući Ptolomejev geocentrični sistem, negirajući ekvant i epicikl. I on smatra da se i zemaljsko i nebesko područje pokoravaju istim zakonima fizike. Predlaže model po kojem Zemlja rotira oko svoje ose, ali se ne udubljuje detaljnije u njegovo tumačenje. *Andaluzijska škola astronomije* (Andaluzijski preokret) nastala je tokom 11. i 12. stoljeća. Andaluzijski astronomi su počeli razvijati Alhazenovo učenje neptolomejevskom planetarnom modelu. Početak "preokreta" označava djelo anonimnog andaluzijskog astronoma *Rekapitulacija po pitanju Ptolomeja*. Najpoznatiji andaluzijski astronom bio je al-Zarqali (latinski Arzachel, 1020-1087). Eksperimentalno je ustanovio da je kretanje planeta eliptično. Izumio je novi astronomski instrument, ravni astrolab. Tačno je izmjerio dužinu Sredozemnog mora. Njegov model eliptičnih putanja koristio je Kepler, 500 godina kasnije, a spominje ga i Copernicus u svom djelu *O kretanju nebeskih sfera*.



*Slika 4. Astrolab*¹⁰



*Slika 5. Sferni astrolab*¹¹

Na Slici 4. je drevni astronomski instrument astrolab. To je instrument za određivanje položaja nebeskih tijela, za navigaciju, određivanje vremena iz poznate geografske dužine i obratno. Prvi mehanički astrolab za direktno očitavanje astronomskih podataka napravio je al-Biruni, oko 1000. godine. Na Slici 5. je sferni astrolab, jedna varijanta astrolaba napravljena od strane islamskih astronoma u 13. stoljeću. U astronomiji srednjovjekovnog Istoka, 13. i 14. stoljeće, veliku ulogu je

imala škola astronomije u Maraghi (Maragha revolucija). Zvala se još i *Znanstvena revolucija prije renesanse*. Akcenat škole je bio na realizaciji cilja da astronomija opisuje ponašanje fizičkih tijela matematičkim jezikom. Poput *Andaluzijske škole* i *Maragha škola* pokušava proizvesti alternativne konfiguracije ptolomejskom modelu. U tom su bili uspješniji od andaluzijskih astronoma. Utemeljitelj *Maragha škole astronomije* bio je veliki matematičar i astronom al-Tusi, 1256. godine. Observatorija je bila sagrađena sjeverno od Bagdada i imala je biblioteku sa oko 400 000 knjiga i bila opremljena sa najmodernijim astronomskim instrumentima tog vremena. Al-Tusi je izumio jedan geometrijski model, nazvan *Tusi-par* koji generiše kružno i linearno kretanje. Na tom modelu, mali krug rotira unutar velikog kruga dvostruko većeg radijusa. Jedna tačka na obodu manjeg kruga linearno osciluje duž radijusa većeg kruga. Taj model je uveo Tusi za rješavanje problematičnog ekvanta i epicikla u Ptolomejevom modelu. Tusi je prvi empirijski dokazivao rotaciju Zemlje oko svoje ose posmatranjem kretanja komete. Isti argument koristi i Copernicus 1543. godine, u svom djelu *O obrtanju svjetova*, kao dokaz rotacije Zemlje oko svoje ose. O heliocentrizmu su također raspravljali i Tusijev prethodnik al-Urdi (umro 1266. godine) i njegovi nasljednici al-Shirazi (1236-1311) i al-Qazwini (umro 1277. godine). Ibn al-Shatir (1303-1375) nije se slagao sa aristotelovskom kosmologijom, a njegov model zasnovan na empirijskim podacima označen je kao *znanstvena revolucija prije renesanse*. Iako je njegov model geocentrični, eliminisao je ekvant i pojednostavio je sistem kao i Copernicus 200 godina poslije njega. Copernicus koristi isti koncept samo što umjesto Zemlje stavlja Sunce u centar planetarnog sistema. Razvoj observatorije kao znanstvene institucije dostiže vrhunac u 15. stoljeću kada Ulug-beg, unuk Timur-kana, gradi pored Univerziteta u Samarkandu prekrasnu astronomsku observatoriju. Rektor univerziteta u Samarkandu bio je čuveni matematičar i astronom al-Kashi (umro 1474. godine). On je potpuno odbacio Aristotelovo učenje, odvojio astronomiju od prirodne filozofije dopuštajući potpunu slobodu empirijskim znanostima. Na taj način je, bez predrasuda, istraživao mogućnost da Zemlja rotira oko svoje ose i oko Sunca, proučavanjem kretanja komete. Zaključio je da je jednako vjerovatno da Zemlja rotira kao i da je Zemlja nepokretna. Al-Kashijevo istraživanje nastavio je al-Birjandi (umro 1528. godine) koji u svojoj knjizi analizira što bi se dogodilo da Zemlja rotira oko svoje ose. Razvio je hipotezu, sličnu Galilejevom stajalištu, o “*kružnoj inerciji*”. U skladu sa Aristotelovom fizikom, teži kamen brže pada od lakšeg. Također, u skladu sa Aristotelovom fizikom, ako bi Zemlja rotirala oko svoje ose, onda bi se pri slobodnom padu na Zemlju promijenilo rastojanje između ta dva kamena, jer Zemlja “izmiče”. Al-Birjandi tvrdi da se rastojanje neće promijeniti jer oba kamena rotiraju zajedno sa Zemljom.

ZAKLJUČAK

U znanstvenim krugovima Zapada smatra se da je srednji vijek bio doba mraka u znanosti, odnosno da je među malobrojnim znanstvenicima Aristotelova fizika bila nekritički prihvatana. Najveći filozofi – znanstvenici bili su : al-Kindi, al-Farabi, al-Razi, Ibn al-Haytham (Alhazen), Ibn Sina (Avicenna), al-Biruni, al-Ghazali, Ibn Rušd (Averroes), al Tusi, al-Kashi i drugi. Oni su bili istovremeno i filozofi, ljekari, matematičari, fizičari, astronomi, itd. Islamski znanstvenici su postavili novu metodologiju znanstveno-istraživačkog rada. Prirodne znanosti su se oslobodile atmosfere čistog razmišljanja, koja je karakterisala antičko doba, i postale su eksperimentalne znanosti. Prvi put se vrše kontrolni eksperimenti, uvodi srednja vrijednost mjerenja, izračunavaju greške mjerenja. Bio je to veliki korak naprijed.

LITERATURA

- Agar, D, 2001 “Arabic Studies in Physics and Astronomy During 800-1400 AD, ” University of Jyväskylä.
- Čolić, A, 2006. *Some Examples of Discovered Manuscripts in History of Science*, Symposium dissemination and development of physics and mathematics in Bulgaria, Sofia.
- Nasr, S. H, 1993. *An Introduction to Islamic Cosmological Doctrines*, Harvard University Press.
- Supek, I, 1990. *Povijest fizike*, „Školska knjiga“, Zagreb.
- <http://www.google.ba-viswiki/Al-Khazini>
- <http://www.google.ba-viswiki/Al-Ghazali>
- <http://static.astronomija.co.rs/suncsist/Poreklo/eratosten.htm>
- <http://www.jgiesen.de/geocentric/index.html>
- <http://static.astronomija.co.rs/suncsist/planete/planeteradetic/uvod.htm>
- <http://the-secret-life-of-ravens.tumblr.com/post/8348175360/13th-c-persian-astrolabe-astrolabium-copy>
- [http://www.mmastrosociety.com/English/Astronomical Divices.html](http://www.mmastrosociety.com/English/Astronomical%20Divices.html)

FORERUNNERS TO COPERNICUS'S HELIOCENTRIC SYSTEM

ABSTRACT

The research in this paper has been based on the topic of predecessors of the Copernicus's heliocentric model. The goal of this research is to show the middle Ages not as a dark era in the science of the Islamic world but as the era with continuous development of the science, such as physics. The historic research method has been used, which takes into account basic facts, chronology of events in the past, and based on that predicts further behavior. The research has been led by the hypotheses that the Arabic scientists, physicists, kept continuous progress of physics between antique period till the arrival of renaissance in Europe and also had the key role in the appearance of European renaissance, Copernicus's heliocentric system, Newton's laws of mechanic, gravity law and Kepler's law.

Keywords: *heliocentric model, geocentric model, deferent, epicycle, circle*