

AL-BIRUNI I NJEGOVI RADOVI IZ FIZIKE

Maksuda MURATOVIĆ

Sažetak

U ovom radu autorica predstavlja Al-Birunija, znanstvenika koji se smatra najoriginalnijim i najdubljim islamskim znanstvenikom iz područja prirodnih znanosti. Rođen je u Kathu u današnjem Uzbekistanu. Napisao je preko 140 naučnih djela iz raznih naučnih disciplina: od astronomije, mehanike i geometrije, pa do historije i fikha. Smatra se utemeljiteljem nauke o geodeziji. Iz velikog opisa al-Birunijevih djela, u ovom radu su opisana njegova istraživanja iz hidrostatike i ukratko objašnjeni neki radovi iz fizičke geografije.

Uvod

Al-Biruni se smatra najoriginalnijim i najdubljim islamskim znanstvenikom iz područja prirodnih znanosti. Za svog patrona Maš'uda napisao je 1030. godine raspravu iz astronomije koja nosi naziv *Al-Qanun Al-Maš'udi*. Iste godine je napisao i kratku raspravu o geometriji, aritmetici, astronomiji i astrologiji pod naslovom *Al-Tafhim*.



Fig. 9

U ovim djelima Al-Biruni razborito raspravlja o tadašnjoj spornoj rotaciji Zemlje oko njezine ose, te određuje precizno geografske širine i dužine. Među njegovim naučnim doprinosima su i objašnjenja

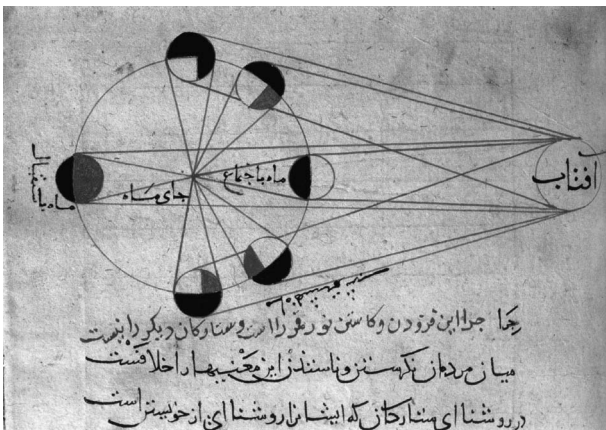
funkcionisanja prirodnih izvora vode pomoću hidrostatskog principa.

Rođen je u Kathu u današnjem Uzbekistanu. Napisao je preko 140 naučnih djela iz raznih naučnih disciplina: od astronomije, mehanike i geometrije, pa do historije i fikha. Smatra se utemeljiteljem nauke o geodeziji. U djelu *Kitab tahdid mihayat al-amakin* opisuje određivanje koordinata oko 600 velikih gradova između Indije i Mekke. U istoj knjizi opisuje originalan način određivanja obima Zemlje metodom triangulacije. U knjizi *Cartography*, izdatoj 995. godine, dao je kartu svijeta koja se temelji na sfernom obliku Zemlje.

U svom djelu *Kitab al-jamahir*, sopstvenom metodom je izračunao specifične težine raznih materijala i čije se vrijednosti razlikuju od savremenih za svega 1%. Još tačnije vrijednosti mjerenja dobio je al-Hazini, početkom 12. stoljeća, i opisao u svom čuvenom djelu *Knjiga o vagi mudrosti*. To djelo predstavlja enciklopediju mehanike tog doba.

Al-Birunijevi radovi iz fizičke geografije

Al-Biruni je utemeljitelj eksperimentalne metode u fizici i prvi je uveo izračunavanje srednje vrijednosti



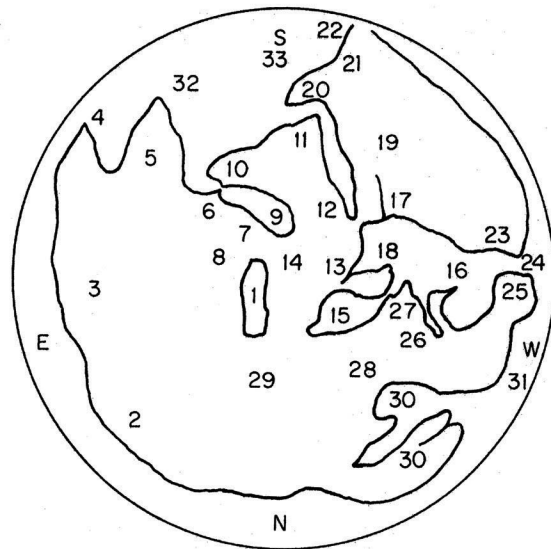
Slika 2. Ilustracija iz al-Birunijeve knjige *Mjesečeve faze*

mjerenja i greške mjerenja. Njegovo kapitalno djelo iz geografije i historije je *Kitab al-Hind* (*Knjiga o Indiji*).

Kako je al-Biruni izmjerio obim Zemlje?

Al-Biruni se može smatrati i utemeljiteljem nauke o geodeziji. U svom djelu *Kitab tahdid nihayat al-amakin* (određivanje koordinata velikih gradova) opisuje određivanje koordinata oko 600 gradova između Inda i Mekke.

U svojoj knjizi *Cartography*, izdatoj 995. godine, dao je vrlo interesantnu kartu svijeta koja se temelji na sfernom obliku Zemlje. Na toj karti sjeverni pol je okrenut prema dole. Savjetujemo čitaocu da sliku okrene sa sjevernim polom prema gore. Na slici se onda jasno uočava: 1. Kaspijsko jezero, 3. Kina, 5. Indija, 9. Perzijski zaljev, 10. Arabijski poluotok, 15. Crno more, 17. Rijeka Nil, 25. Pirinejski poluotok, 27. Balkanski poluotok, 30. Baltičko more i Skandinavija, itd.



Slika 3. Karta svijeta, prema al-Biruniju. Sjeverni pol je okrenut prema dole

U djelu *Al-Kitab fi l-usturlab* opisuje sopstveni metod određivanja obima Zemlje. Koristio je tzv. *metod triangulacije* (triangl-trokut) koji je kasnije postao temelj za geodezijska mjerenja.

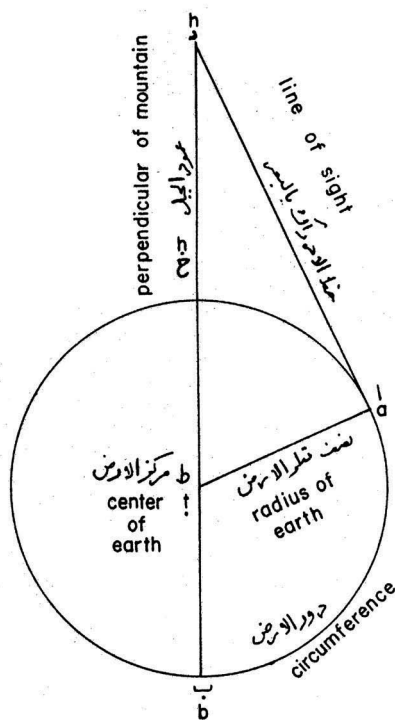
Al-Biruni je vršio mjerenja u Indiji u pokrajini Jurjan. Penjao se na jednu planinu blizu mora, posmatrao zalazak Sunca i mjerio nagib pod kojim se vidi horizont (ugao depresije a , vidi sliku). Zatim je izmjerio visinu planine h , tj. vertikalnu udaljenost vrha planine do nivoa mora. Iz tih podataka mogao je izračunati poluprečnik Zemlje.

Zbog nedostatka asistenata i drugih poteškoća nije dobio zadovoljavajuće rezultate. Stoga izrađuje preciznije instrumente za mjerenje malih uglova i obnavlja mjerenje 1010. godine takođe u Indiji.

U djelu *Kitab tahdid nihayat al-amakin* opisuje svoj drugi pokušaj mjerenje obima Zemlje i taj pokušaj je bio vrlo uspješan. Njegov metod ima historijski značaj na polju fizike te ćemo iznijeti originalno al-Birunijevo razmišljanje o tom ogledu.

Al-Biruni piše:

«Kada sam u Indiji našao pogodnu planinu, u por-ednu nivou mora, prvo sam izmjerio kolika je njena visina u odnosu na morski nivo. Ta visina je iznosila 625, 05 laka-ta. Onda sam zamislio pravu koja polazi od vrha planine i spaja nebeski svod i Zemlju (sl. 4., p. a.). Pomoću svojih instrumenata izmjerio sam nagibni ugao horizonta (ugao deprijeje α). Na slici 4. to je ugao kod h i on je jednak uglu kod t , i on je iznosio 34 minute. Okomicu (hh) na planinu produžio sam kroz centar Zemlje (t) do b . Tangenta koja polazi od vrha planine do horizonta je (ha).



Slika 4. Mjerenje obima Zemlje. Originalna šema al-Birunija, dopunjena oznakama na engleskom.

Spojio sam (t) i (a) tako da formiraju pravougli trougao, čiji je ugao kod (a) pravi. Iz pravouglog trugla poluprečnik Zemlje je

. Poslije više mjerenja ugla i visine planine dobio sam da je poluprečnik Zemlje

12 851 359 lakata

a obim Zemlje

80 780 039 lakata «

To su podaci i opis koje je dao al-Biruni. Ako se zna da jedan arapski lakat (dirh) iznosi 49, 33 cm, onda se dobije da je izmjereni poluprečnik Zemlje

$R = 6339, 6 \text{ km}$

A obim Zemlje

$O = 39\ 812, 7 \text{ km}$.

Poredjenjem sa savremeni mjerenjima srednjeg poluprečnika Zemlje i srednjeg obima Zemlje

$R=6371 \text{ km}$

$O=40009 \text{ km}$,

dobivamo da je greška al-Birunijevih mjerenja oko 0, 5%.

Ovo je najtačnije mjerenje obima Zemlje izvršeno u srednjem vijeku.

Al-Birunijevi radovi iz hidrostastike

U svojoj knjizi *Kitab al-Jamahir* al-Biruni opisuje određivanje gustina različitih materijala na vrlo originalan način, pomoću jedne vrste piknometra. Za razliku od Aristotela i drugih antičkih znanstvenika on kvantizira fizikalne veličine masa, gustina i zapremina te vrlo precizno izračunava gustine velikog broja materijala.

U to vrijeme koristio se termin težina i specifična težina, a mi ćemo koristiti termine masa i gustina.

Al-Birunijev se postupak sastoji u sljedećem. On je uzimao uzorak mase od 100 miskala (oko 425 g) i određivao težinu, odnosno masu zapremine vode istisnute iz opisane posude pri uranjanju uzorka u nju. Razlika dobivena pri oduzimanju težine zapremine vode koju je istisnuo uzorak od težine uzorka u zraku je hidrostatička težina.



Slika 5. Al-Birunijev piknometar

Mineral i Metal	Birunijevi podaci	Savremeni podaci	Mineral i Metal	Birunijevi Podaci	Savremeni podaci
Hematit	4, 11	4, 9-5, 5	Glina	1, 99	1, 8-2, 6
Safir	3, 96	3, 97-4, 12	Gagat	1, 11	1, 10-1, 40
Rubin	3, 85	3, 94-4, 08	Asfalt	1, 04	1, 00-1, 10
Lal(spinel)	3, 58	3, 5-4, 1	Čilibar	0, 85	1, 05-1, 10
Lal(turmalin)	2, 90	2, 98-3, 20	Zlato	19, 05	19, 25
Smaragd	2, 75	2, 67-2, 77	Živa	13, 58	13, 55
Lazurit	2, 69	2, 4-2, 9	Olovo	11, 33	11, 34
Gorski kristal	2, 56	2, 55-2, 63	Srebro	10, 43	10, 50
Serdolik	2, 56	2, 55-2, 63	Bakar	8, 70	8, 93
Oniks	2, 50	2, 55-2, 63	Željezo	7, 87	7, 86
So(kamena so)	2, 19	2, 17	Kalaj	7, 31	7, 28

Tabela 1. Gustine metala i minerala izražene u g/cm³

Dalje je navedena tabela gustina metala i minerala, koju je prema al-Birunijevim podacima sastavio H. H. Lemlajn. Gustine su težine preračunate u odnosu na vodu pri temperaturi od , kako se u naše vrijeme čini . Cifre gustina koje je dobio al-Biruni lahko je prevesti sa zlatnog i rubinog etalona na vodu. Ako 100 miskala (2400 tasudža) safira istiskuje 606 tasudža vode (1 miskal=24 tasudža=4, 464g), a 100 miskala zlata-126 tasudža vode, onda je gustina safira $2400/606=3,96 \text{ g/cm}^3$, a zlata- $2400/126=19,05 \text{ g/cm}^3$. Za preračun dovoljno je pomnožiti cifru koju je dobio al-Biruni sa gustinom etalona, pripisanom vodi (3,96 za safir i 19,05 za zlato), i podijeliti sa 100 (100 miskala –masa ispitivanog uzorka).

Kako se vidi iz tabele 1, al-Birunijevi podaci veoma su bliski savremenim podacima. Odstupanja se mogu objasniti nedovoljnom čistoćom uzorka, a također i temperaturnom razlikom pri eksperimentu (al-Biruni ne navodi pri kakvoj temperaturi vode je obavljao mjerenja).

Cifre navedene u al-Birunijevim tabelama date su sa tačnošću do 1 tasudža (1/24 miskala), tj. do trećeg znaka.

Osim određivanja gustine metala i minerala, al-Biruni je izmjerio i gustine nekih tečnosti. Naime, on je ustanovio razliku u gustini između hladne i vruće, slatke i slane vode i ukazao na povezanost temperature i saliniteta vode s njenom gustinom. Očigledno on je upotrebljavao uređaj tipa Pappovog areometra, koji je opisao al-Khazini u prvoj knjizi *Vage mudrosti*.

Zahvaljujući brižljivoj izradi i specijalnoj skali uređaja, ova mjerenja su se mogla obavljati s velikom tačnošću.

U svojoj knjizi *Vaga mudrosti* al-Hazini opisuje još jedan al-Birunijev uređaj - specijalni instrument za mjerenje specifične težine, odnosno gustine, vode koja mu je služila kao etalon. To je pažljivo izrađena mesingana posuda kockastog oblika, sa dva otvora u suprotnim uglovima gornjeg ruba (jedan za ulivanje vode, drugi za ispuštanje zraka –slika 5). Takav oblik posude je omogućio al-Biruniju da veoma precizno odredi njegovu zapreminu i izračuna specifičnu težinu vode.

Al-Biruni je po prvi put u istoriji znanosti uveo u praksu eksperimentalne kontrolne opite. «U svakom pojedinačnom slučaju, - piše on, - mi se nismo pridržavali samo jednog načina pri postojanju razlike u udjelima i dijelovima, a ponekad obavljali posao obrnutim redom».

Al-Birunijev metod je bio veoma dugo aktuelan. Poznati ruski fizičar O. D. Hvolson u svom «Kursu fizike» (1923.) navodi ga kao jednu od preporučenih savremenih metoda, što svjedoči o visokom stupnju znanstvene zrelosti al-Birunijevih istraživanja .

Zaključak

Iz velikog opisa al-Birunijevih djela u ovom radu su opisana njegova istraživanja iz hidrostatičke i ukratko

1 S. F. Zikrilaev, *Al-Biruni Work on Physics*, Tashkent, 1973. , str. 120.

objašnjeni neki radovi iz fizičke geografije. Al-Biruni izračunavao je geografske širine oko 600 mjesta u tadašnjem arapskom carstvu. Između 1000. i 1001. godine mjerio je obim odnosno poluprečnik Zemlje. Izmjerena je vrijednost $R=6339,6 \text{ km}$, što je odstupanje od savremenih mjerenja svega 0,5%. Izvršio je mjerenje specifičnih težina velikog broja metala i minerala, znatno jednostavnije i preciznije od Arhimeda.

Američki naučnik Edvard Fič na simpozijumu pred auditorijumom Sorbone kaže: "Istorija nauka nije puna besmrtnih imena. No, njihov niz obuhvata i genija kakav je bio Abu Rajhan ibn Ahmed Biruni- veliki naučnik, enciklopedista srednjovjekovnog istoka, astronom, matematičar, geolog, istoričar, filozof, fizičar, etnograf, ljekar. . . Abu Rejhan Biruni, sa svojim doprinosom nauci zadužuje da njegovo ime zauzme mjesto koje je njegov nosilac izborio punih deset vjekova".

Summary

AL-BIRUNI AND HIS CONTRIBUTIONS IN PHYSICS

Maksuda MURATOVIĆ

In this article author presents Al-Biruni, who is regarded as the most original and profound scholar of the Islamic era. He was born in Kath in today's Uzbekistan. He wrote over 140 works in various fields: astronomy, mechanics, geometry, history, jurisprudence and so on. He is considered to be the "father of geodesy". From his remarkable opus we here bring some of his research work in hydrostatics and glimpses of some of his works in physical geography.

الموجز

البيروني وأعماله في الفيزياء

مقصودة موراتوفيتش

تقدم الكاتبة في هذا المقال البيروني، العالم الذي يعد أكثر علماء المسلمين أصالة وأعمقهم في العلوم الطبيعية، ولد البيروني في مدينة كاث في أوزبكستان اليوم. ألف أكثر من 140 عملاً علمياً في شتى العلوم: من الفلك والميكانيكا والهندسة. إلى التاريخ والفقه، ويعتبر مؤسس علم المساحة. ويضم هذا المقال عرضاً لأبحاثه في علم السكون المائي مع عرض موجز لأعماله في الفيزياء الجغرافية.