

ILUSTRIRANA POVIJEST

ZNANOSTI



ILUSTRIRANA POVIJEST
ZNANOSTI
OD POLJOPRIVREDE DO UMJETNE INTELIGENCIJE

MARY CRUSE

Varaždin, 2022.
prvo izdanje



© Za Hrvatsku: STANEK d.o.o.
Travanj, 2022.

Stanek.

Marofská 45, Kućan Marof
42 000 Varaždin
Tel.: (042) 207 215
E-mail: info@stanek.hr



Prijevod s engleskog
Nebojša Buđanovac

Za nakladnika
Nadica Stanek

Urednik
Josip Stanek

Redaktura
Ivan Lajnvaš, prof.

Lektura
Božica Dragaš

Grafička priprema
Snježana Sremić & Zoran Stanek

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 001132818.

ISBN: 978-953-8130-41-0

Copyright © 2019 Arcturus Holdings Limited

www.arcturuspublishing.com

Naslov izvornika: *AN ILLUSTRATED HISTORY OF SCIENCE*
Sva prava pridržana.

BEZ DOZVOLE IZDAVAČA: nijedan dio ove knjige ne smije se reproducirati, umnožavati ili prenositi u bilo kojem obliku ili bilo kojim sredstvima – elektronskim ili mehaničkim, uključujući i fotokopiranje, fotografiranje, snimanje u bilo kojoj varijanti ili ubacivanje u bilo kakav sustav spremanja informacija.

SADRŽAJ

PREDGOVOR	6
UVOD.....	7
■ PRVI DIO: Drevna povijest: 3000 godina pr. Kr. – 5. st.	8
1. poglavlje: Matematika	10
2. poglavlje: Medicina	22
3. poglavlje: Filozofija	36
■ DRUGI DIO: Postklasična era: 5. – 15. stoljeće	46
4. poglavlje: Geografija	48
5. poglavlje: Optika.....	64
6. poglavlje: Botanika	76
■ TREĆI DIO: Rani novi vijek: 15. – 18. stoljeće	90
7. poglavlje: Anatomija	92
8. poglavlje: Astronomija	108
9. poglavlje: Kemija	124
■ ČETVRTI DIO: 19. stoljeće	138
10. poglavlje: Tehnološka znanost	140
11. poglavlje: Geologija	154
12. poglavlje: Mikrobiologija	166
■ PETI DIO: 20. i 21. stoljeće	182
13. poglavlje: Fizika	184
14. poglavlje: Znanost o mozgu	198
15. poglavlje: Računalna znanost	210
16. poglavlje: Genetika	226
■ ŠESTI DIO: Budućnost znanosti	236
17. poglavlje: Pogled unaprijed	238
ZAKLJUČAK	251
Kazalo pojmova	252
Preporučena literatura	255
Zahvala za ilustracije	256

PREDGOVOR

ZAPOČNIMO JEDNOSTAVNIM PITANJEM:
Što je povijest znanosti?

Pa, pokazalo se da to zapravo i nije tako jednostavno pitanje. U osnovi, povijest znanosti jest izučavanje načina na koji su ljudska bića razvijala znanstvene teorije, discipline i znanje tijekom vremena. No, naravno, i definicija znanosti – širi kontekst i razumijevanje njezine svrhe – mijenjala se tijekom vremena. Tijekom stoljeća, naš pojam o tome što čini „znanost“ razvijao se: od drevnih prirodoslovnih filozofa i srednjovjekovnih alkemičara do renesansnih učenjaka i reformatora iz doba prosvjetiteljstva, prošli smo dalek put da bismo stigli do modernog koncepta znanosti i znanstvenika kakav poznajemo danas.

S obzirom na to da je znanost fluidan koncept, ne iznenaduje što je i povijest znanosti zakučasta tema za definiranje. U svojem značajnom djelu iz 1962. godine *Struktura znanstvenih revolucija*, američki fizičar Thomas Kuhn postavio je ideju o povijesti znanosti kao o nizu promjena paradigmi. Prema Kuhnovo modelu, povijest znanosti jest proces u kojemu nove teorije postupno dolaze do izražaja i zamjenjuju prethodne znanstvene paradigmе: primjerice, kvantna fizika izbila je ispred njutnovske mehanike u ranom 20. stoljeću. S tom idejom, Kuhn je zamijenio zamisao da je povijest znanosti postojani, kumulativni marš prema napretku. U stvarnosti,

povijest znanosti je zbrkana, prepuna pogrešnih ideja i dugih razdoblja stagnacije.

Kao što ćemo vidjeti, sama znanost jednak je složena i više značna kao i problemi koje pokušava riješiti. Da bismo uveli red u to, promatrati ćemo kronološki proces stvaranja znanja u kontekstu specifičnih disciplina. No da bismo o povijesti znanosti govorili u širem smislu, bilo je nužno izostaviti velike dijelove priče, a postoje i mnoge važne i vrijedne teme i događaji koje nismo uspjeli pokriti u ovom tekstu.

Skliska priroda teme i razmjeri priče neki su od mnogih elemenata koje treba imati na umu tijekom proučavanja povijesti znanosti. No možda i najvažnije od svega jest to da moramo priznati kako povijest znanosti nije statičan proizvod – ona se stalno mijenja i evoluira. Ova bi knjiga izgledala umnogome drukčije da je napisana za nekoliko desetljeća, i zaista, istraživat ćemo neke od načina na koji će budući povjesničari znanosti možda gledati na eru u kojoj trenutačno živimo.

Na kraju, razdoblje u kojem sada živimo samo je još jedna postaja na dugoj vremenskoj crti znanstvenih istraživanja. Dok čitate ovu knjigu, proživljavate je u povijesti koja se i dalje svakodnevno stvara oko nas. Prisjetimo se riječi velikoga američkog pisca Williama Faulknera: „Prošlost nikada ne umire. Ona čak i nije prošlost.“

I tako, priča se nastavlja.

UVOD

„Najljepša stvar koju možemo iskusiti jest ono tajanstveno.

Ono je izvor sve istinske umjetnosti i znanosti.“

– ALBERT EINSTEIN, 1879. – 1955., TEORIJSKI FIZIČAR

NAŠA PRIČA ZAPOČINJE PRASKOM. Počinje kad se naš cjelokupni svemir zgusnuo u vruću, gustu masu mnogo puta manju od glavice igle. Prolazi djelić sekunde i svemir se oslobađa u eksploziji, šireći se prema van u svojoj golemosti. Nastavlja rasti. Zvijezde se razvijaju i umiru, stvaraju se čitave galaksije. Pojavljuju se sunčevi sustavi, a iz velikog kaosa univerzuma rađa se naš mali kutak svemira.

I tu naša priča zaista započinje. Na malenom plavom planetu, smještenom u galaksiji Mliječna staza, složeni niz kemijskih fenomena usklađuje se baš na pravi način da stvori nešto čudesno: život. Ubrzavamo unaprijed nekoliko milijardi godina, i jedna skupina stvorenja dijeli se na dvije. Slijedi niz životinja od kojih svaka sve više poprima lice kakvo gledate u ogledalu – *Homo habilis*, spretan čovjek, *Homo erectus*, uspravan čovjek – dok napokon, prije približno 300 000 godina, nije rođen *Homo sapiens*, razuman čovjek.

Mi, pripadnici vrste *Homo sapiens*, živimo u skladu sa svojim imenom. Definira nas naša sposobnost čuđenja, a tijekom kratkog vremena koje smo proveli na Zemlji, gledali smo u golemi beskraj neba nad nama i bili ispunjeni pitanjima.

Biti čovjek znači čuditi se. To je naše naslijede kao pripadnika ljudske rase. Nagon za postavljanjem pitanja ugrađen nam je u DNK, i tijekom tri stotine tisućljeća naši preci tražili su odgovore. Carl Sagan, veliki američki astronom i popularizator znanosti,

izjavio je da smo svi mi sastavljeni od zvjezdane tvari, jer atomi koji sačinjavaju ljudski mozak tvore i zvijezde. I tako, na neki način, ljudski je mozak svemir koji pokušava razumjeti sam sebe, a način čovječanstva da shvati svemir jest znanost.

Povijest znanosti jest povijest ljudskih pothvata, svjedočanstvo naše volje da otkrivamo i naše odlučnosti da pronalazimo istinu i smisao u mnoštvu nepoznanica. Naravno, ta povijest nije nimalo uredna. Postoje nagla ubrzanja i iznenadne stanke, postoje razdoblja tišine, pogrešnih skretanja i neslaganja. Ali tijekom našeg putovanja, razumni čovjek polako je odlamao djelić po djelić golemyh tajni koje nas okružuju.

U ranim danima svoje priče činili smo to slikajući ono što vidimo oko sebe po zidovima pećina. U današnje vrijeme to činimo cijepajući genome, šaljući vozila na Mars i sudarajući čestice u divovskim sudaračima. Još uvijek nemamo sve odgovore, još ima mnogo toga za otkrivanje. Ali ako postoji zajednička nit koja se proteže cijelom povijesti znanosti, to je ovo: sve što znamo o svijetu jest proizvod sposobnosti čovječanstva za čuđenje.

Vi ste dio ove priče jer dijelite duh znatiželje koji pogoni znanstveni napredak. Naš urođeni osjećaj za čuđenje jest ono što nas čini ljudima i ono što nas – sve nas – čini znanstvenicima. I tako, prije no što uronite u povijest znanosti, znajte ovo: priča još nije gotova. Nastavlja se sa svima nama. Nastavlja se i s vama.



PRVI DIO

DREVNA POVIJEST: 3000 GODINA PR. KR. – 5. STOLJEĆE

Kad razmišljamo o znanosti, obično na umu imamo poznate predodžbe futurističkih strojeva, složene opreme za pokuse, ljudi u laboratorijskim ogrtačima. Ali znanost postoji mnogo dulje od toga. Zapravo, mogli bismo reći da se ljudska bića tisućama godina bave nekakvom vrstom znanosti.

Podrazumijevamo li pod znanošću potragu za znanjem utemeljenim na dokazima, onda je jasno da čovječanstvo i znanost idu rukom pod ruku davno prije početaka povijesnih zapisa. Pogledajmo rane dane civilizacije i godine koje su vodile do toga. Umjesto onoga što zovemo znanost, postojao je samo sustav vjerovanja. Rane civilizacije smatralle su da zbivanja u svemiru uzrokuju božanstva te da prirodnim svjetom upravljuju duhovi i energije. I dok možda nisu razumjeli znanstvenu metodu, vjerojatno su ipak propitivali svijet oko sebe i stvarali teorije o tome kako stvari funkcioniraju. Koji su, dakle, bili neki od najranijih primjera „znanosti“ kako je shvaćamo danas i koju je ulogu znanstvena metoda imala u važnim otkrićima i prijelazima u podlozi ljudskog napretka?

Utvrđili smo da je čovječanstvo postavljalo pitanja otkako postoji naša vrsta. Sada pogledajmo kako smo se počeli služiti znanošću da pronađemo odgovore.

LIJEVO: Asteroid pada kroz noćno nebo na putu prema Zemlji. Od prapovijesnih vremena ljudi su gledali u nebo da bi razotkrili tajne života.

Era drevne povijesti započinje s nastankom pisma 3200 godina pr. Kr., a završava oko 476. godine, s padom Zapadnoga Rimskog Carstva. Obično znanost u tom razdoblju povezujemo sa starom Grčkom, ali ona je zapravo bila globalni pothvat. Od Indije, preko Egipta, do Srednje Amerike, drevno razdoblje svjedočilo je kako različite skupine ljudi ostvaruju znanstveni napredak u različitim područjima i na različite načine. Kvaliteta koja je ujedinjavala rane znanstvenike – bili oni filozofi iz stare Grčke ili liječnici iz ajurvedske Indije – bila je njihova želja da traže red u prirodi, i negdje u to vrijeme prvi su znanstvenici počeli tražiti dosljedne zakone i strukture koji su mogli objasniti fenomene koje su opažali oko sebe. To nije bila znanost kakvom je zamišljamo danas. Protoznanstvene ideje često su – iako ne uvijek – pomiješane s religijom i misticizmom. No taj tip razmišljanja bio je važan prijelaz s upotrebe opservacije i logike, isključivo kako bi se ostvarili praktični ciljevi, prema potrazi za znanjem radi znanja. Ljudi se više nisu zadovoljavali samo time da opserviraju i iskoristavaju prirodno okruženje i fizičke fenomene, željeli su ih *razumjeti*. Kako su počeli stjecati dublje razumijevanje svijeta, bili su sve sposobniji manipulirati svojim okruženjem, pridonoseći razvoju većih i moćnijih civilizacija. Znanost je od ključne važnosti za priču o ljudskim civilizacijama, i oduvijek je to bila, od samog početka.

1. POGLAVLJE MATEMATIKA

„Gdje god je broj, ondje je ljepota.“
– PROKLO DIJADOH, GRČKI FILOZOF

Matematika je znanost brojeva, količina, mjeranja i oblika. No to nije znanost na način na koji su to biologija ili fizika. Umjesto da se služi znanstvenom metodom, koja je utemeljena na opažanju, teorijama i znanosti, matematika je utemeljena isključivo na logici, pa su njezina otkrića apstraktna, nevezana za fizički svijet. No iako matematika nije poput ostalih znanosti, ona je temelj za znanstvena istraživanja. Od mikrobiologa do astrofizičara, svi se znanstvenici služe matematikom kao alatom za istraživanje svijeta. Matematika je podržavala i osnaživala civilizacije diljem svijeta. Od svojih

izvora u Mezopotamiji i Egiptu, do sazrijevanja u znanstvenu disciplinu u staroj Grčkoj, povijest matematike duga je i složena, no njezin utjecaj na naše svakodnevne živote posve je jasan. Kad razmišljamo o matematici, u početku možda zamišljamo razlomke i duga dijeljenja, ali u njoj ima mnogo više od toga. Matematika je pomogla istraživačima da bolje razumiju svijet oko nas i imala je ulogu u cijelom nizu inovacija – od arhitekture, preko aviona, do androida. I ništa od toga ne bi bilo moguće bez domišljatosti starih naroda koji su prije više tisuća godina maštom stvorili matematiku. .

Približno 3000 g. pr. Kr.
Sumerani počinju primjenjivati geometriju i množenje

Približno 3. st. pr. Kr.
Euklid organizira i dijeli temeljna pravila matematike

Približno 3. – 2. st. pr. Kr.
Arhimed točno izračunava vrijednost broja pi

**PRIJE
5 000 GODINA**

Približno 6. st. pr. Kr.
Pitagora osniva društvo matematičara

3. do 4. st. pr. Kr.
Prva zabilježena upotreba nule

2 200

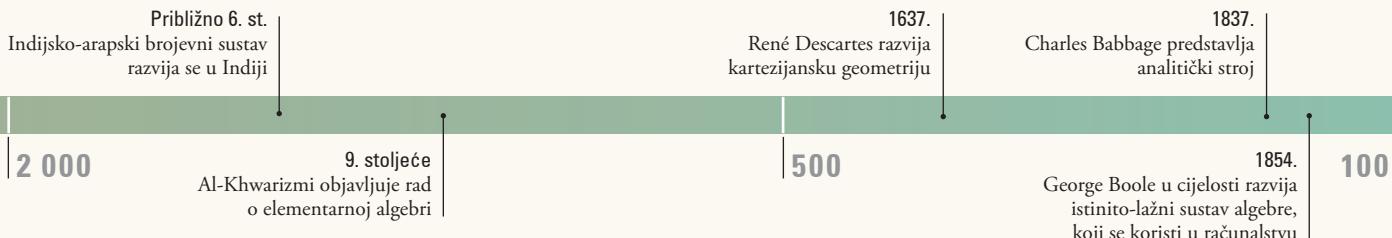


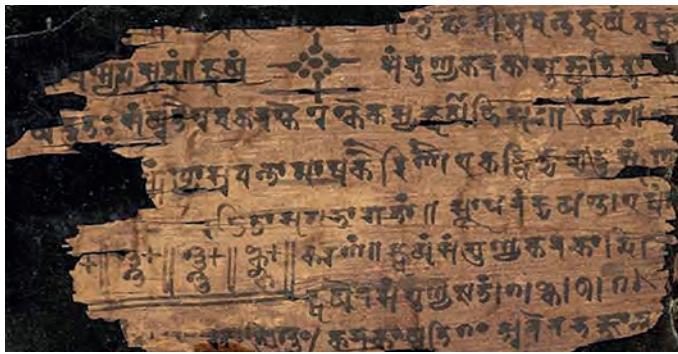
DREVNA MATEMATIKA

Iako je u međuvremenu postala znanstvena disciplina, matematika je izvorno nastala iz nužnosti. Prvi pisani dokazi dolaze od sumerskih naroda Mezopotamije, područja na kojem je danas u najvećem dijelu moderni Irak. Ta civilizacija – koja je trajala približno od 4500. do 1900. godine pr. Kr. – služila se matematikom kao alatom za potporu poljoprivrednom društvu u nastanku. Približno u trećem tisućljeću pr. Kr., Sumerani su počeli primjenjivati geometriju

GORE: Sumeranska ploča s temom trgovanja pisana klinastim pismom, iz približno 2300. godine pr. Kr. Klinastim se pismom nije zapisivao nijedan jezik. Umjesto toga, niz znakova služio je da se kvantificiraju riječi, slogovi, znakovi i rani oblik brojeva.

i množenje, upisujući svoje račune u vlažnu glinu. Od poreza na žetve do mjerena parcela zemljišta, matematika je pomagala Sumeranima da kvantificiraju i organiziraju materijal.





GORE: Rukopis Bakšali sadržava najstariju zabilježenu upotrebu simbola nule, vjeruje se da je zapisan u Indiji u 3. ili 4. stoljeću

JESTE LI ZNALI?

Sumerani, Maje i indijska civilizacija, neovisno jedni o drugima, izumili su koncept nule.

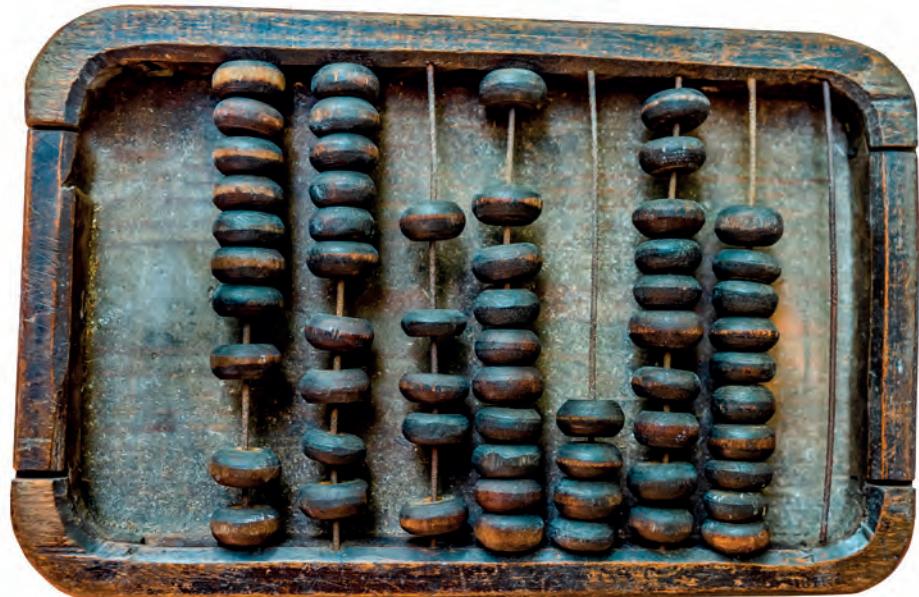
Babilonci, kasnija mezopotamska civilizacija, dodatno su razvili matematiku. Oni su prvi osmislili pozicijski brojčani sustav u kojem pozicija broja označava njegovo značenje. I mi se danas još uvijek služimo pozicijskim brojčanim sustavom – brojka 5 napisana sama znači samo 5, ali kada prethodi drugoj brojci, onda znači 50, a kad prethodi dvjema drugim brojkama, znači 500. Babilonci su se služili svojim sofisticiranim matematičkim znanjem da izrade kartu sazviježđa, što im je omogućilo da predvide mjeseceve faze i planetarne cikluse i da stvore vlastiti 12-mjesečni kalendar. Uspostavljanje kalendara omogućilo im je bolju kontrolu nad poljoprivrednim sezonoma i podržalo razvoj religijskih svetkovina i proslava.

Poznavanje matematike starih Egipćana bilo je manje razvijeno nego u Babilonaca, ali ipak su ostavili traga u povijesti. Matematičke aktivnosti u toj regiji uglavnom su bile usredotočene na

aktivnosti pisara: mladih ljudi koji su među rijetkima u Egiptu učili čitati i pisati. Pisari su bili civilni dužnosnici svojeg vremena i bavili se računovodstvom, pisanjem bilješki i pisama te mnogim drugim administrativnim aktivnostima koje su zahtijevale matematičko znanje. Pisari su se služili hijeroglifima kako bi označili brojeve, a služili su se decimalnom shemom koja se zasnivala na broju 10. Međutim, Egipćani nisu imali pozicijski sustav, što je značilo da su morali zbrajati svaki broj zasebno. Primjerice, 600 bi napisali tako što bi šest puta naveli znak za 100. Ta metoda bila je spora i neučinkovita, ali omogućila je ujednačen sustav za računanje velikih brojeva. Vjerojatno je da je egipatski sustav matematike utjecao na stare Grke – poput Talesa

JESTE LI ZNALI?

Abakus je drevni uređaj za računanje koji su vjerojatno izumili Babilonci. Moderni abakusi uglavnom se koriste tako da se kuglice vuku po šipkama u okviru, ali skromni je abakus imao brojne varijante u različitim kulturama tijekom stoljeća.



DOLJE: Abakus je izumljen između 2700. i 2300. godine pr. Kr

i Platona – koji su posjetili Egipat i donijeli kući njihove ideje.

Ovaj utjecaj važan je zato što će Grci prigrli matematičku znanost kao nitko prije njih.

Iako Grci ni u kom slučaju nisu bili prvi mislioci koji su istražili matematičke koncepte, u staroj Grčkoj matematika je postala zasebna disciplina. Grci su također izumili riječ „matematika“, koja dolazi od stare grčke riječi *mathema*, koja znači „ono što je naučeno“.

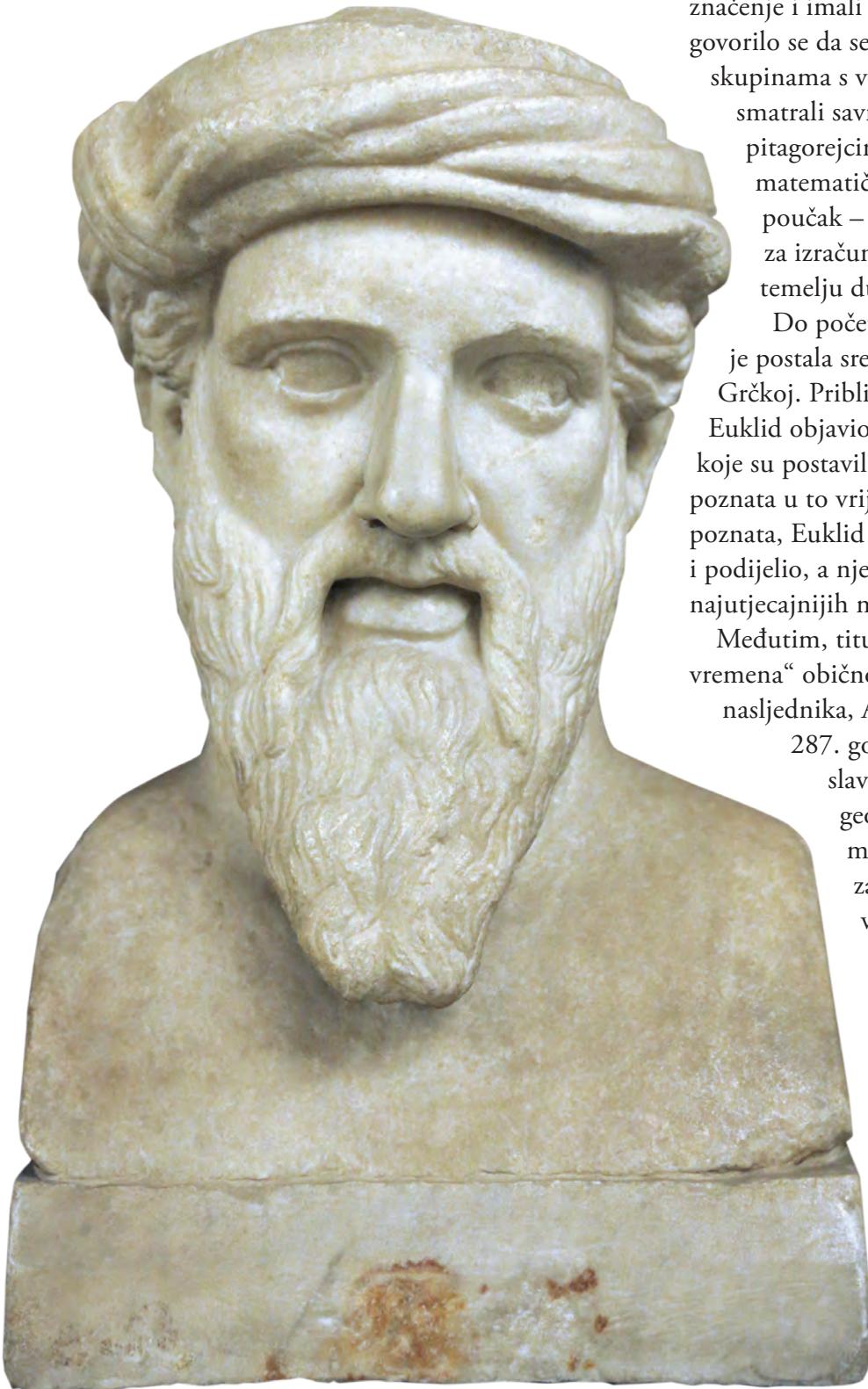
Mislioci su bili zainteresirani za matematičke koncepte, a ne za ono u čemu se matematika može

upotrijebiti. Osmislili su koncept „dokaza“: logične formule koje demonstriraju da je matematičko pravilo – poput onoga $a^2 + b^2 = c^2$ – uvijek točno. Dokazujući postojanje čvrstih matematičkih zakona, stari Grci uspostavili su matematiku kao zasebno područje izučavanja i način razumijevanja svijeta.

Pitagora i njegovi sljedbenici bili su među prvim filozofima koji su potpuno prigrli matematiku u 6. stoljeću pr. Kr.

DOLJE: Papirus iz Rhinda jedan je od najbolje poznatih primjera matematike starih Egipćana.





Smatra se da je moto pitagorejaca bio „Sve je broj“ – vjerovali su da brojevi nisu samo važni, nego da su i sveti. Nekim su brojevima pripisivali religijsko značenje i imali su neobična vjerovanja – primjerice, govorilo se da se pitagorejci nikad ne sastaju u skupinama s više od 10 ljudi, jer su broj 10 smatrali savršenim. Unatoč tim neobičnostima, pitagorejcima se pripisuju neka značajna matematička otkrića, uključujući Pitagorin poučak – formulu koja se može upotrijebiti za izračunavanje jedne stranice trokuta na temelju dužina ostalih dviju stranica.

Do početka 3. stoljeća pr. Kr. matematika je postala središnje područje izučavanja u staroj Grčkoj. Približno u to vrijeme veliki matematičar Euklid objavio je slavni rad *Elementi*, serijal knjiga koje su postavile temeljna matematička pravila poznata u to vrijeme. Iako su ta pravila već bila poznata, Euklid je bio prvi koji ih je organizirao i podijelio, a njegov rad postao je jedan od najutjecajnijih matematičkih radova u povijesti.

Međutim, titula „najvećeg matematičara svih vremena“ obično se povezuje s jednim od Euklidovih nasljednika, Arhimedom. Rođen oko

287. godine pr. Kr., Arhimed je bio slavan po svojem širokom poznavanju geometrije i mehanike. Dokazao je metodu za izračunavanje površine i zapremljene tijela, točno izračunao vrijednost broja pi i utvrdio zakone plovnosti.

Iako su prošle tisuće godina, doprinos starih Grka matematici i danas se smatra iznimno velikim. Samo postojanje matematike kao akademske discipline rezultat je fasciniranosti te civilizacije brojevima.

LIJEVO: Bista grčkog filozofa Pitagore (približno 569. – 475. g. pr. Kr.), izumitelja formule $a^2 + b^2 = c^2$.



>> Pi je omjer opsega i promjera kružnice. Kolika god bila veličina kružnice, pi ostaje isti: 3.14159265... i tako dalje. Broj se nije nazivao „pi“ sve do 18. stoljeća, kad ga je velški matematičar William Jones nazvao tako po slovu „p“ u grčkom alfabetu. Izabrao ga je zato što je prvo slovo u riječi „perimetar“. <<

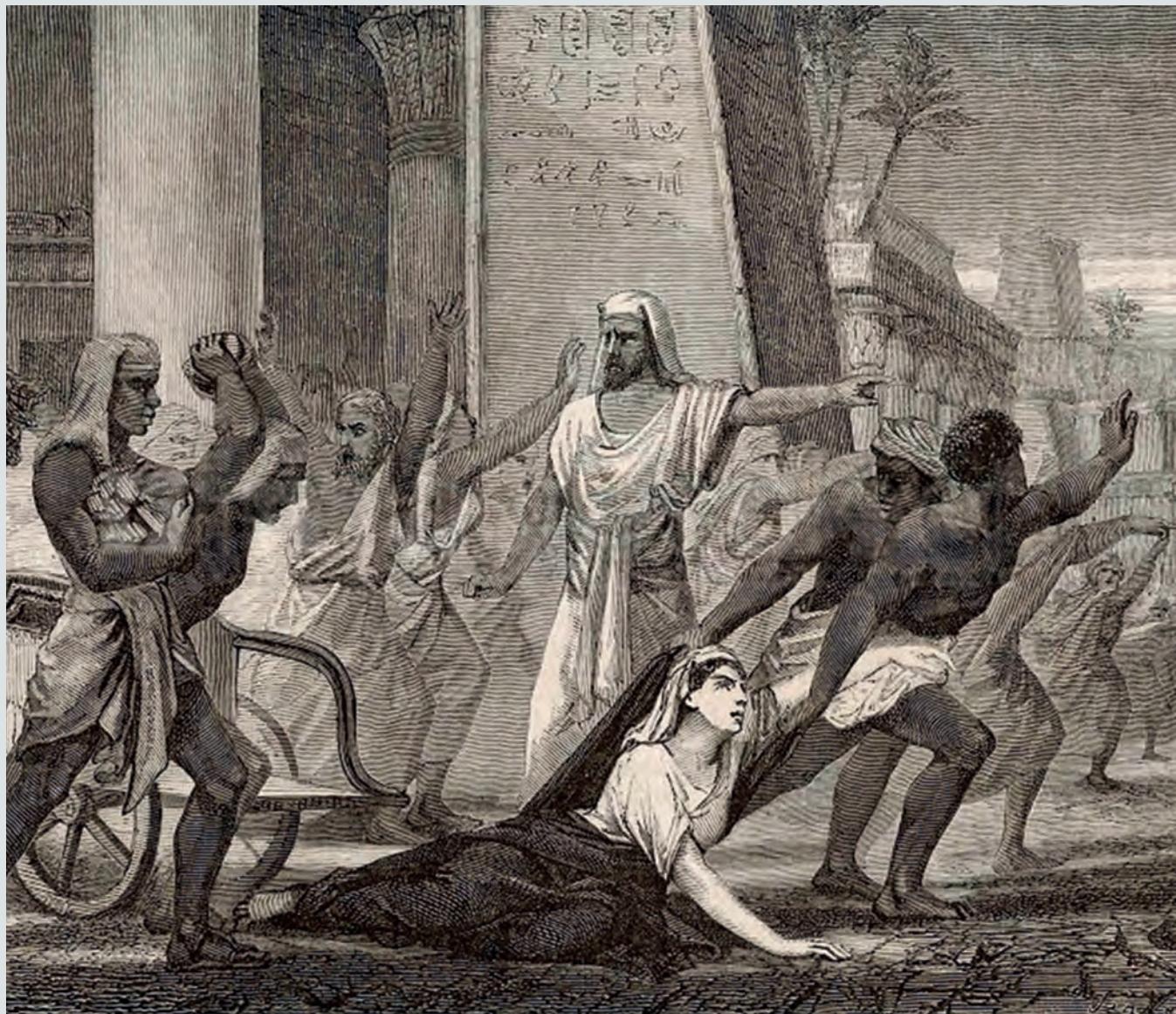
GORE: Portret matematičara, fizičara, inženjera, izumitelja i astronoma Arhimeda (približno 287. – 212. g. pr. Kr.). Rođen u Sirakuzi na Siciliji, središtu trgovine, umjetnosti i znanosti, putovao je u Egipat kako bi učio u Aleksandriji, gradu koji je bio poznat po sjajnoj učenosti i akademskoj zajednici.

TKO JE TKO – HIPATIJA

Hipatija je bila astronomkinja, matematičarka i filozofkinja, a rođena je u Aleksandriji u drugoj polovini 4. stoljeća. Jedna od najboljih učenjakinja svojeg vremena, Hipatija je bila vrlo cijenjena osoba u staroj Grčkoj. Objavljivala je komentare o geometriji i aritmetici i imala važnu ulogu u očuvanju velikih radova znanstvenika koji su joj prethodili, uključujući erudita Ptolemeja i matematičara Euklida, u vremenima političkih i vjerskih nemira u Aleksandriji. Zahvaljujući svojoj reputaciji i mudrosti,

Hipatija je postala povjerljiva savjetnica rimskom upravitelju Aleksandrije. Nažalost, našla se zahvaćena borbom za moć između upravitelja i biskupa Aleksandrije i ubila ju je kršćanska svjetina. Njezina brutalna smrt izazvala je masovni skandal i dovela do toga da Hipatiju štiju kao mučenicu za filozofiju. I danas se pamti kao jedna od velikih misilaca tog vremena te kao simbol znanosti i prosvjetljenja suprotstavljenog tlačenju i fanatizmu.

DOLJE: *Hipatija je ubijena u Aleksandriji 415. godine.*





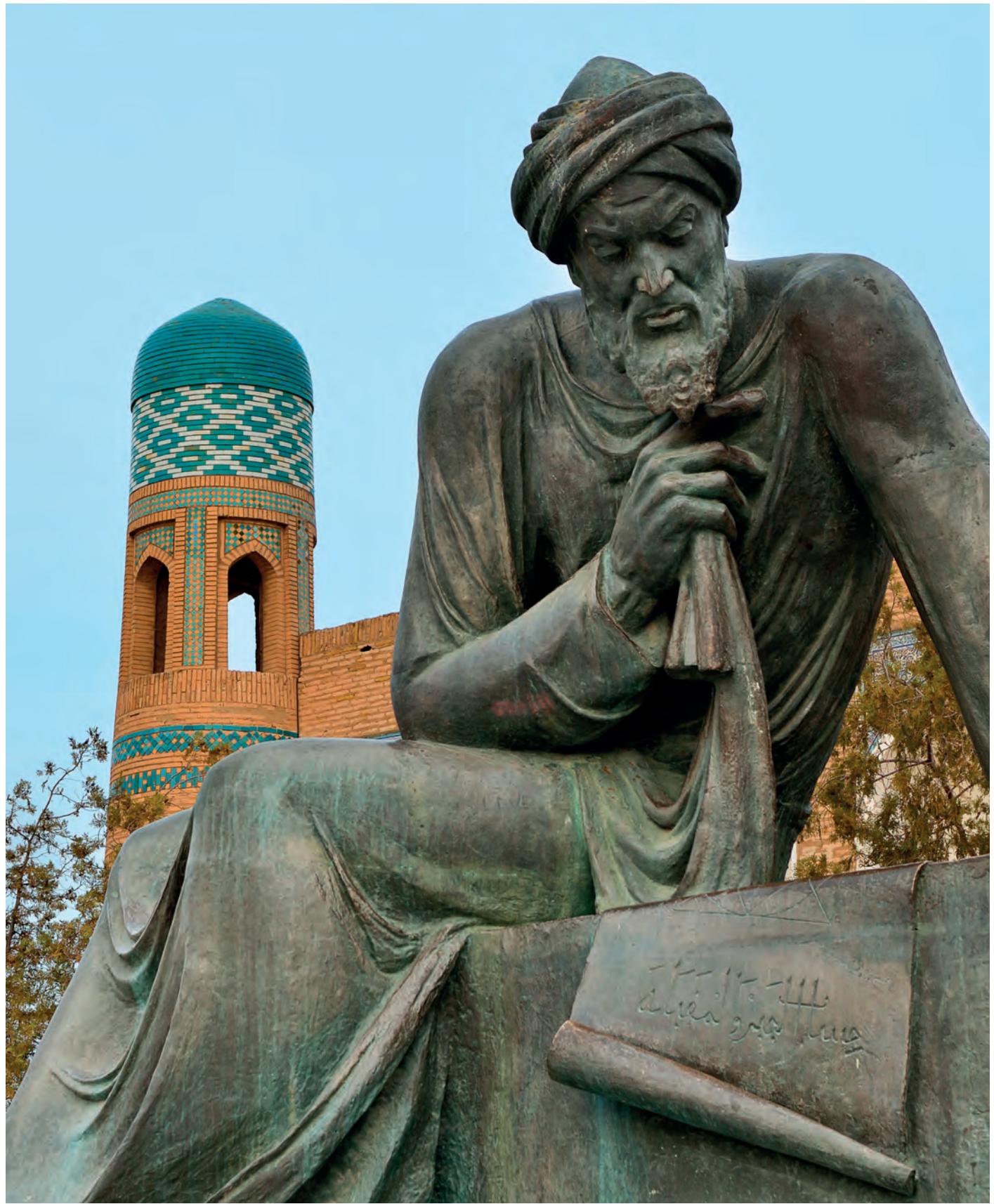
PUT K MODERNOJ MATEMATICI

Napredak u matematici ostvaren tijekom antičkog razdoblja tek je djelić učenja u tom području. Nakon što su Rimljani osvojili staru Grčku, napredak se u matematici usporio. Rimljani su bili sjajni graditelji i služili su se matematikom u razvoju iznimnih strojeva i infrastrukture, ali matematika je procvala u islamskom svijetu.

Na islamski napredak u matematici u srednjem vijeku utjecao je rad indijskih učenjaka. Decimalni sustav koristio se u Indiji od početka 7. stoljeća te je ondje nastao indijsko-arapski brojevni sustav. Na islamske matematičare znatno su utjecali grčki matematički učenjaci, s obzirom na to da su preveli i očuvali klasične matematičke tekstove, ali i sami su ostvarili značajne doprinose.

GORE: Rimski akvadukt u Segoviji, izgrađen oko 50. godine, u doba cara Trajana, još uvijek služi za usmjeravanje vode u taj grad.

Jedan od najplodnijih islamskih matematičara bio je perzijski učenjak Muhamed Ibn Musa al-Khwarizmi. Rođen 780. godine, Al-Khwarizmi je živio u Bagdadu i radio u slavnoj Kući mudrosti (vidi str. 54), gdje je bio cijenjen mislilac. Al-Khwarizmi je napisao knjigu o algebri. Njegov rad o elementarnoj algebri dao je naziv toj disciplini, a njegovo vlastito ime poslije je postalo osnova za riječ „algoritam“. Osim što je proširio vokabular svijeta, Al-Khwarizmi je svojim radom predstavio Zapadu indijsko-arapski brojevni sustav i s njim povezanu aritmetiku.



INDIJSKO-ARAPSKI BROJEVNI SUSTAV

Između 6. i 7. stoljeća, indijski su matematičari razvili indijsko-arapski brojevni sustav, sustav kojim se većina svijeta služi i danas. Taj sustav sadržava 10 različitih znamenaka, broji u deseticama i služi se položajem znamenaka da označi vrijednost. Indijski matematički sustav nije bio sličan nijednom prijašnjem sustavu brojenja i preobrazio je matematiku.

No indijsko-arapski brojevni sustav proširio se na Zapad preko islamskog svijeta. Radove bliskoistočnih matematičara Al-Khwarizmija i Abu Yusuf al-Kindija čitali su europski učenjaci iz 12. stoljeća, šireći revolucionarni brojčani sustav diljem svijeta. Primjenjivost indijsko-arapskog brojevnog sustava učinio ga je moćnim alatom u znanosti i kamenom temeljcem znanstvenoga istraživanja od postklasične ere nadalje. I premda se brojčani sustav koji poznajemo danas čini posve prirodnim, to nije slučajno – brojevi koje poznajemo danas proizvod su stoljeća napornog rada i promišljanja drevnih učenjaka.

Zapravo, može se reći da je Al-Khwarizmi jedna od najutjecajnijih osoba u povijesti matematike, a njegova sposobnost da primijeni svoje matematičko razumijevanje na druga područja, poput geografije i astronomije, pomogla je razvoju znanstvene spoznaje i u islamskom svijetu i izvan njega. U postklasičnoj eri, islamski matematičari postali su najnapredniji mislioci u tom području. No, do 15. stoljeća, centar matematičkog učenja polako se vraćao u Europu, gdje će se razvijati u stoljećima koja dolaze.

U Europi se matematika počela više izučavati tijekom renesanse, šireći se sa sveučilišta u urede trgovaca i prodavača, pa čak i u umjetničke ateljee, gdje se koristila za dodavanje novih slojeva perspektive i simetrije u slike. Matematika je uskoro ponesena znanstvenom revolucijom u 16. i 17. stoljeću, kad su se razvile moderne ideje o

LIJEVO: Perzijski učenjak Al-Khwarizmi (približno 780. – 850.), prema čijem je imenu nastala riječ „algoritam“.

znanosti i znanstvenom razmišljanju, a znanost prerasla u općeprihvaćenu disciplinu. Ovo razdoblje svjedočilo je valu matematičkih otkrića i uvida. Matematičke ideje pomogle su misliocima poput Galilea Galileija i Johanna Keplera da razviju znanstvenu astronomiju te omogućile Isaacu Newtonu da opiše zakone fizike.

Francuski erudit René Descartes priznat je kao jedan od najnaprednijih matematičkih mislilaca 17. stoljeća. Njegov rad pomogao je u povezivanju algebre i geometrije razvojem novog tipa geometrije poznatog kao kartezijanska geometrija. Smatra se da je Descartes počeo upotrebljavati simbol „x“ u algebarskim jednadžbama kako bi označio nepoznanicu. Tijekom 18. stoljeća, švicarski matematičar i fizičar Leonhard Euler postao je jedan od najproduktivnijih matematičkih umova svoje generacije, objavivši radove koji su obuhvaćali mnoge grane matematike, uključujući algebru, geometriju, račun i trigonometriju. Predan apstraktnim matematičkim konceptima, Euler je pomogao u razvoju rastućeg područja čiste matematike.

Do 19. stoljeća vidimo prve znakove ključne uloge koju će matematika imati u modernom svijetu. Tijekom 1830-ih, engleski erudit Charles Babbage izumio je svoj „analitički stroj“, rani prethodnik modernog računala, koji je mogao vršiti izračune i pohranjivati brojeve u memorijskoj jedinici. Sredinom 19. stoljeća, engleski matematičar George Boole osmislio je sustav algebre koji se isključivo bavi istinitim i lažnim tvrdnjama i može se primijeniti na logičke probleme. Booleova algebra postat će temelj moderne računalne znanosti. U isto vrijeme, diljem svijeta pojavio se veći broj matematičkih društava, od Engleske, preko Italije, do Sjedinjenih Država. Do kraja stoljeća, matematika je postala zasebna disciplina, posve različita od fizikalnih znanosti.

>> Čista matematika apstraktna je znanost matematičkih konceptata, za razliku od primijenjene matematike, koja se fokusira na praktičnu upotrebu matematike. <<



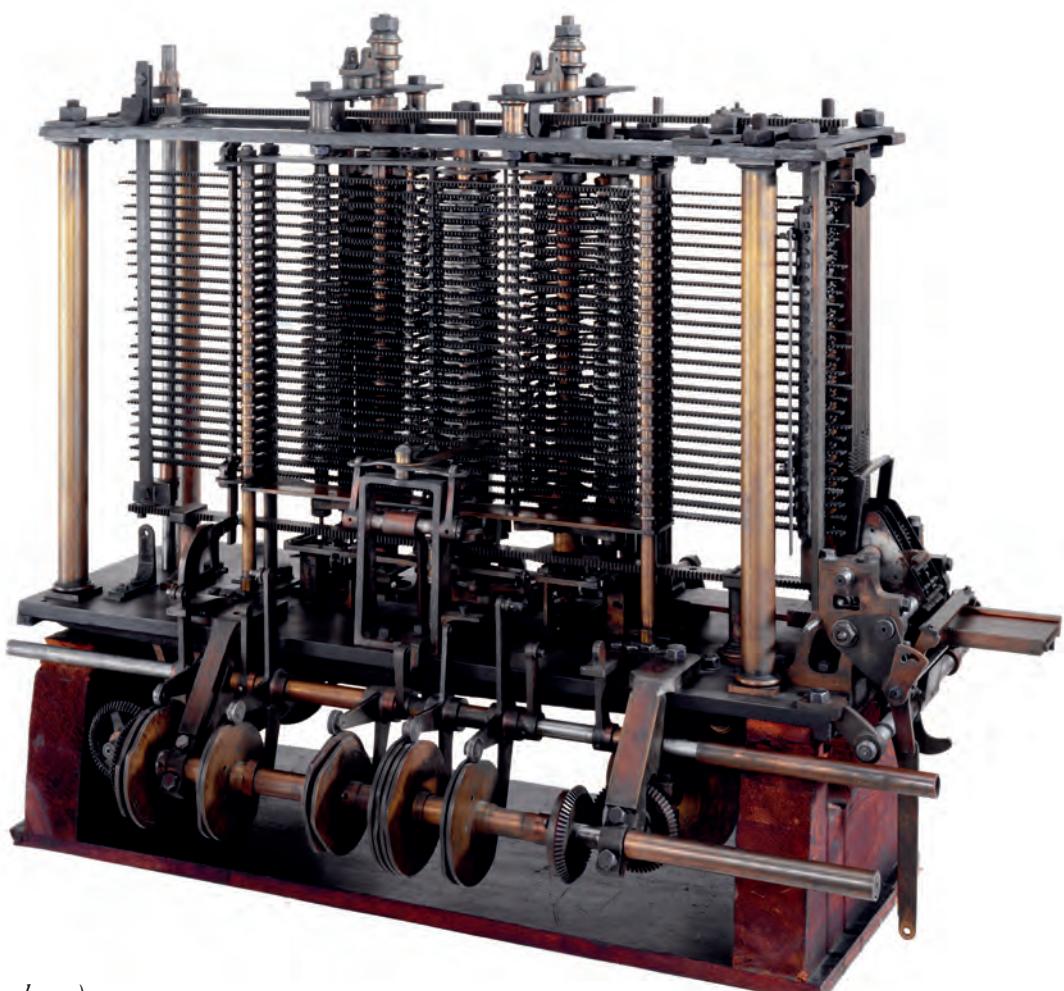
Matematika je nastavila rasti u dubinu i širinu tijekom 20. i 21. stoljeća, i na kraju postala ključnom za najnaprednija istraživanja. Matematički modeli i tehnike koriste se u različitim područjima, od teorijske fizike do proizvodnje lijekova, a matematika je središnja komponenta u prikupljanju i analizi podataka u modernim eksperimentima. Osim u znanosti, matematika je u našem svakodnevnom životu važnija nego ikad prije. Razvoj računalne tehnologije, kao i stalno širenje te tehnologije u sve više područja naših života, učinilo je matematiku jednom od najvažnijih disciplina u moderno vrijeme.

Otkako se pojavila, matematika je tijekom mnogo stoljeća omogućila razvoj inovativne infrastrukture i strojeva, podržavala razvoj znanosti i istraživanja, i pružila misliocima dublje razumijevanje brojeva i načina na koji oni oblikuju svijet. To je bilo tako prije više tisuća godina, kad su se razvijale prve matematičke ideje, a tako je i danas. Od tehnologije i inženjerstva, o kojima ovisimo, do medicinskih otkrića i istraživanja svemira, veći dio modernih inovacija i izuma ovisi o matematici i radu matematičara tijekom stoljeća.

JESTE LI ZNALI?

Početkom 20. stoljeća, njemački matematičar David Hilbert postavio je niz od 23 neriješena matematička problema. Hilbertovi problemi smatrani su najvećim matematičkim izazovom razdoblja, kao i izazovom za buduće generacije matematičara. Od 23 problema, deset je riješeno, a još sedam ih je djelomice riješeno. Četiri se smatraju previše nejasnima da bi se doista mogli riješiti. Ostaju još dva.

DOLJE: *Analitički stroj koji je osmislio Charles Babbage.*



LIJEVO: René Descartes (za stolom, desno) podučava na švedskom kraljevskom dvoru.

2. POGLAVLJE MEDICINA

„Od svih vještina, medicina je najplemenitija.“
– HIPOKRAT, GRČKI LIJEČNIK

Medicina je znanost i praksa dijagnoze, liječenja i prevencije bolesti. Suvremena je medicina naprednija no ikad prije, a medicinsko je polje isprepleteno s mnogim drugim znanstvenim područjima. U poglavljima koja slijede pozabaviti ćemo se modernim granama medicinskih istraživanja, uključujući genetiku, farmakologiju i mikrobiologiju, ali u ovom poglavlju načinit ćemo širok pregled medicinskog područja kakvo se razvijalo u drevnim kulturama i izvan njih.

Od Grčke do Kine, od Indije do Rima, korijeni medicine idu duboko do drevnih civilizacija diljem svijeta, granajući se u najrazličitijim smjerovima. No to nije medicina kakvu mi poznajemo – drevni medicinski tretmani izgledali su znatno drukčije u odnosu na skrb kakvu imamo danas. Narodne predaje i magija bili su utjecajni i blisko vezani za liječenje bolesti u ranim civilizacijama. Nadalje, nedostatak znanstvenih alata i metoda značio je da je velik dio onoga što smo znali o tijelu i

Približno 2000 g. pr. Kr
Nastanak *Veda*, svetih indijskih
tekstova koji sadržavaju
medicinske informacije

Približno 1600. g. pr. Kr.
Egipćani stvaraju
Papyrus Edwin Smitha

Približno 300. g. pr. Kr.
Bian Que služi se općom
anestezijom za pacijente na
kojima se vrši operacija

**PRIJE
4 000 GODINA**

Približno 1700. g. pr. Kr.
Babilonske pločice sa
zakonom o medicinskom
postupanju

Približno 5. st. pr. Kr.
Hipokrat se zalaže za
racionalnu medicinu,
odbacujući božanski utjecaj

njegovoj reakciji na bolest utemeljeno na promatranju u kombinaciji s metodom pokušaja i pogrešaka. Ipak, drevni narodi imali su strategije za brigu o zdravlju, a neki tretmani primjenjivani u stara vremena zaista su imali terapeutsku vrijednost. Na koncu, ideje koje su razvijene u ranim danima medicine pomogle su u oblikovanju medicinske prakse kakva postoji danas. Od zmije i štapa, koji simboliziraju zdravstvenu skrb u velikom dijelu zapadne kulture, do našeg trajnog poštovanja prema Hipokratovoj zakletvi, utjecaj tih izvora medicine i danas je moguće vidjeti i osjetiti. Ovo je priča o tome kako se medicina razvijala na različite načine u nekoliko ranih civilizacija. Ovo je i priča o tome kako su ljudska bića počela bolje shvaćati svoja tijela i uvjete potrebne za zdravlje i preživljavanje.



GORE: Medicinska karta koja prikazuje meridijane u akupunkturi, vrsti tradicionalne kineske medicine.

19. g. pr. Kr.
Prve javne kupelji
– terme – pojavljuju se u
starom Rimu

2 000

1025.

16. stoljeće Praksa cijepljenja primjenjuje se naširoko u Kini

1840.

1849.



DREVNA MEDICINA

Arheološki dokazi sugeriraju da su ljudska bića primjenjivala medicinu još u kameno doba. Ljudski ostatci otkriveni iz tog razdoblja pokazuju da su namještane slomljene kosti te da su rane šivane i iscijeljivane. Praksa bušenja lubanje također je vidljiva u arheološkim otkrićima: to je često bio fatalan postupak.

Tijekom mnogo godina, medicinska mudrost o liječenju bolesti prenosila se usmenim putem s jedne generacije na drugu, ali razvoj pisma u

Mezopotamiji 3500 godina pr. Kr. omogućio je liječnicima da prvi put izravno zabilježe svoje znanje. Jedna od babilonskih pločica iz 18. stoljeća pr. Kr. sadržava navode o plaći kirurga i opise posljedica pogrešnog liječenja, koje uključuju amputaciju kirurgove šake ako ubije pacijenta.

Stari Egipat bio je jedna od prvih kultura u kojoj su provodilo ono što bismo prepoznali kao medicinsku njegu.

GORE: Drevna lubanja s dokazom bušenja.

Stari Egipćani bili su slavni po naprednom medicinskom znanju. Oni su bili pioniri kirurgije i zubarstva, a usto su i naglašavali važnost zdrave prehrane i nutricionizma. I premda su stari Egipćani bili napredni u mnogim aspektima medicinskog znanja, magija i misticizam i dalje su bili ključni u mnogim njihovim terapeutskim praksama i vjerovanjima. Liječnici su djelovali i kao magovi,

recitirali su čarolije i napjeve osmišljene da se zatraži pomoć bogova u iscjeljivanju pacijenata. Unatoč tome, stari Egipćani bili su poznati kao zdrava i medicinski napredna civilizacija, a prakse koje su razvili utjecat će na medicinske spoznaje Grčke i Rima.

DOLJE: *Papirus starih Egipćana koji prikazuje oftalmološki medicinski tretman.*



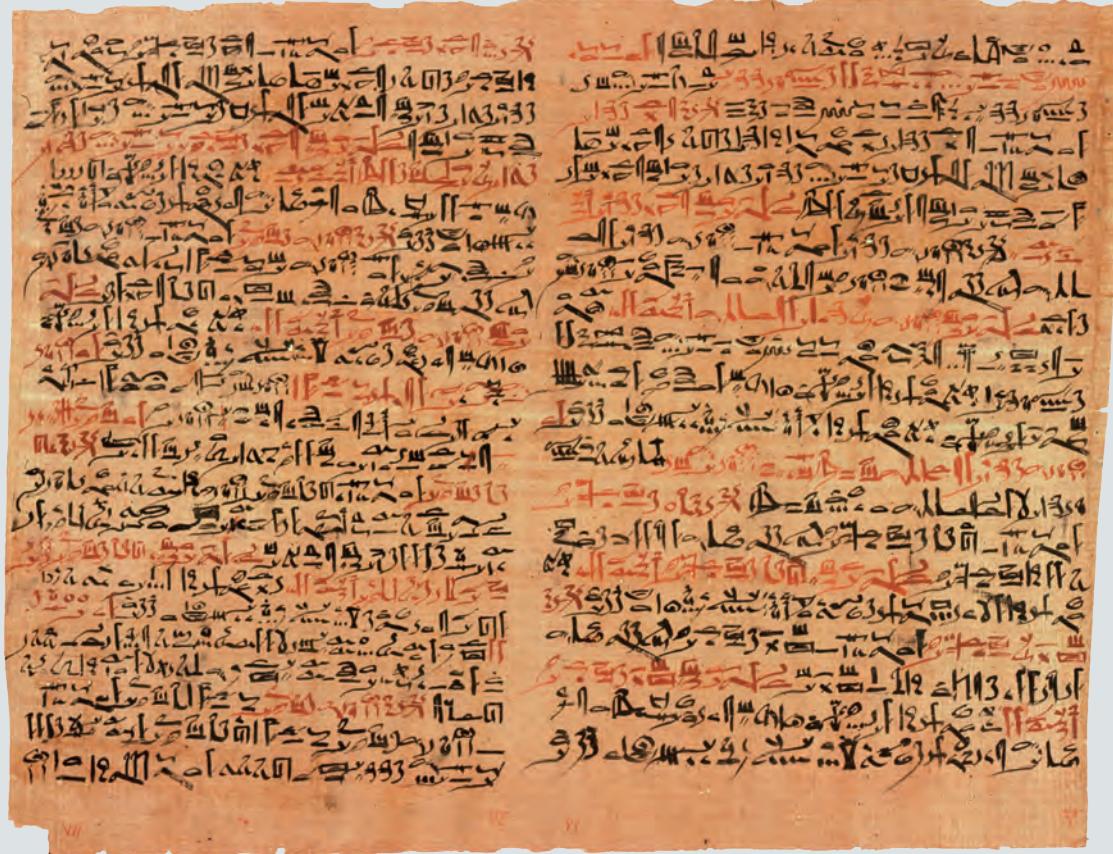
PAPIRUS EDWINA SMITHA

Jedan od izvora naših znanja o medicini starih Egipćana jest niz medicinskih tekstova napisanih na *papirusu* i otkrivenih u 19. stoljeću. Ti dokumenti sadrže medicinske opservacije i savjete o svemu, od temeljne anatomije do ginekologije. Jedan takav tekst, *Papirus Edwina Smitha*, drevni je priručnik za kirurški tretman rana i najstariji poznati dokument te vrste na svijetu. Nazvan po trgovcu koji ga je kupio 1862. godine, *Papirus* datira iz približno 1600. godine pr. Kr., a smatra se da je kopija još starijeg dokumenta. Za razliku od drugih tekstova svojeg vremena, *Papirus Edwina Smitha* utemljen je na racionalnom opažanju, a ne na magiji. Opisuje 48 različitih primjera traumatskih ozljeda – od otvorenih rana na glavi do porezane usnice – i preporučuje odgovarajuću proceduru pretrage, kao i dijagnoze, prognoze i potencijalne tretmane.

Papirus demonstrira iznimnu razinu znanja za vrijeme u kojem je napisan. Ovdje se prvi put

pojavljuje zapis riječi „mozak”, a pisac pokazuje razumijevanje utjecaja različitih ozljeda mozga na kretanje. Rad opisuje i odnos između pulsa i srca, kao i funkciranje nekih unutarnjih organa. Dugačak više od pet metara, *Papirus Edwina Smitha* pruža detaljan uvid u rane kirurške procedure u starom Egiptu i dubinu znanja koje je posjedovala ta civilizacija.

DOLJE: *Dvije stranice iz Papirusa Edwina Smitha, koje uključuju anatomska opažanja i druge medicinske informacije. Napisan hijeratskim pismom starog Egipta približno 1600. godine pr. Kr. Papirus uključuje opis pretraga, dijagnoza, liječenja i prognoza za 48 primjera medicinskih problema. Među opisanim je tretmanima zatvaranje rana šavovima, sprečavanje i liječenje infekcija medom i pljesnivim kruhom, zaustavljanje krvarenja sirovim mesom te imobilizacija glave i ozljeda leđne moždine.*





I azijske su civilizacije imale važnu ulogu u oblikovanju razvoja medicinske skrbi. Rani oblici medicine u Indiji datiraju tisućama godina u prošlosti, s nekim načelima istaknutim u *Vedama*, svetim rukopisima koji su nastali u 2. tisućljeću pr. Kr. Ti drevni tekstovi govore nam mnogo o praksi medicine u ranoj Indiji i sadrže informacije o

>> Sanskrt je jedan od najstarijih svjetskih jezika i smatra se korijenom mnogih modernih jezika. <<

rezova, kirurške procedure u Indiji bile su vrlo napredne, tako da čak i neki od najranijih zapisa o rekonstruktivnoj kirurgiji datiraju iz tog razdoblja. U to vrijeme, osuđenicima je ponekad rezan nos kao kazna za neke zločine, uključujući krađu i preljub. U isto vrijeme, indijski kirurzi naučili su rekonstruirati

anatomiju, medicinskim spoznajama i liječenju. Drevni indijski liječnici bili su osobito vješti u kirurgiji. Od amputacija do carskih

GORE: *Sushruta Samhita* najraniji je poznati rukopis na sanskrtu. Napisao ga je kirurg Sushrata, koji je živio prije više od 2000 godina. Tekst se bavi mnogim aspektima medicine i kirurgije i opisuje više od 300 kirurških procedura koji zahtijevaju upotrebu 120 kirurških instrumenata.

nos služeći se dijelovima kože s drugih područja lica, i time su uveli praksu rinoplastike. *Charaka Samhita* – sanskrtski tekst o ajurvedi, tradicionalnoj indijskoj medicini – za koju se smatra da je objavljena prije 2. stoljeća pr. Kr., navodi stotine mišića, kostiju, zglobova i krvnih žila u ljudskom tijelu i demonstrira dubinu medicinskog znanja starih Indijaca. Sustavni pristup medicini u drevnoj Indiji utemeljen na dokazima govori da je u to vrijeme indijska medicina i kirurgija bila možda naprednija od svih drugih u tadašnjim civilizacijama.



Tradicionalna kineska medicina razvijala se neovisno o zapadnjačkoj tradiciji, ali ima paralela s njom. Utemeljena je na zamisli da su ljudska bića povezana s višim kozmičkim načelima reda i ravnoteže, a praktičari su pomagali u razriješavanju nesklada u ljudskom zdravlju pomoću liječenja biljnim lijekovima i akupunkturom. Još 300. godine pr. Kr., cijenjeni kineski kirurg Bian Que služio se općom anestezijom da uspava pacijente za kirurške procedure, a do 2. stoljeća pr. Kr. veliki liječnik Zhang Zhongjing objavio je važan rad u kojem preporučuje liječenje za tifusnu i druge groznice.

GORE: Drvorez prikazuje kirurga Bian Quea.

Starogrčka tradicija općenito se smatra začetkom zapadnjačke medicine, iako su na Grke utjecala stoljeća medicinskih istraživanja koja su se u prethodnim razdobljima provodila diljem svijeta. U ranim danima grčke civilizacije, smatralo se da je bolest rezultat djelovanja božanstava pa su bolesnici molili bogove za izlječenje. Međutim, rani filozofi, koji su naglašavali promatranje i logično razmišljanje, pridonijeli su tome da se fokus medicine postupno premjesti s magije prema znanosti.

Najpoznatiji grčki liječnik, Hipokrat, zaslužan je za velik dio tog prelaska na racionalnu medicinu. Pišući o epilepsiji, koju su dotad smatrali „božanskom bolešću“ poslanom od bogova, Hipokrat je rekao: „Ona nije ništa više sveta od bilo koje druge bolesti, i ima prirodnih uzroka, a njezino navodno božansko porijeklo pripisano joj je zbog ljudskog neiskustva. Svaka bolest ima svoju prirodu i nastaje od vanjskih uzroka.“ Bila je to revolucija u razmišljanju. Ako bolest ima vanjske uzroke, onda ju je moguće liječiti ljudskim djelovanjem umjesto božanskim utjecajem.

Iako su bili napredni u medicinskim spoznajama, stari Grci nisu u svemu bili u pravu. Vjerovali su da se kozmos sastoji od četiri elementa – zemlje, zraka, vatre i vode – i da se tijelo sastoji od četiri vrste tvari – sluzi, krvi, crne žući i žute žući. Smatralo se da te tvari trebaju biti u ravnoteži da bi se očuvalo zdravlje.

Neuravnotežene tvari i bolest koja nastaje zbog toga mogu se liječiti pomoću niza metoda, ovisno o tome koje su tvari poremećene

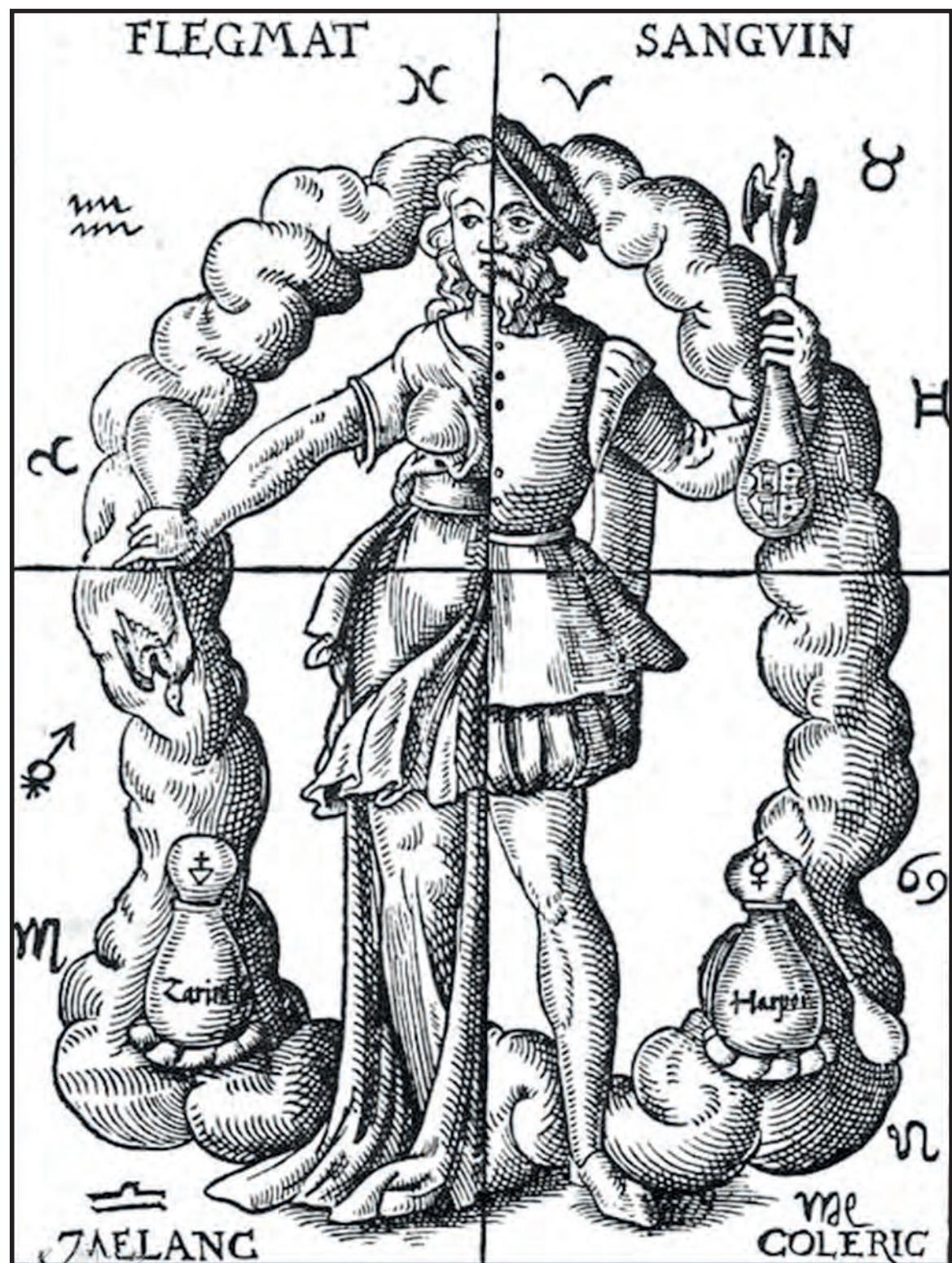
- primjerice, ravnoteža krvi može se ostvariti puštanjem krvi, dok se ravnoteža žući može ostvariti pročišćavanjem. Ta teorija bila je na snazi gotovo 2000 godina i snažno je utjecala na medicinu u ranom islamu i srednjovjekovnoj Europi.

JESTE LI ZNALI?

Stari Kinezi uveli su praksu cijepljenja – prethodnika modernim cjepivima. Cijepljenje djeluje tako da se živi patogen unese u pacijenta na kontrolirani način, kako bi se potaknula reakcija imunosnog sustava.

FLEGMAT

SANGVIN



GORE: Umjetnički doživljaj četiriju tvari: sluzi, krvi, crne
žući i žute žući.

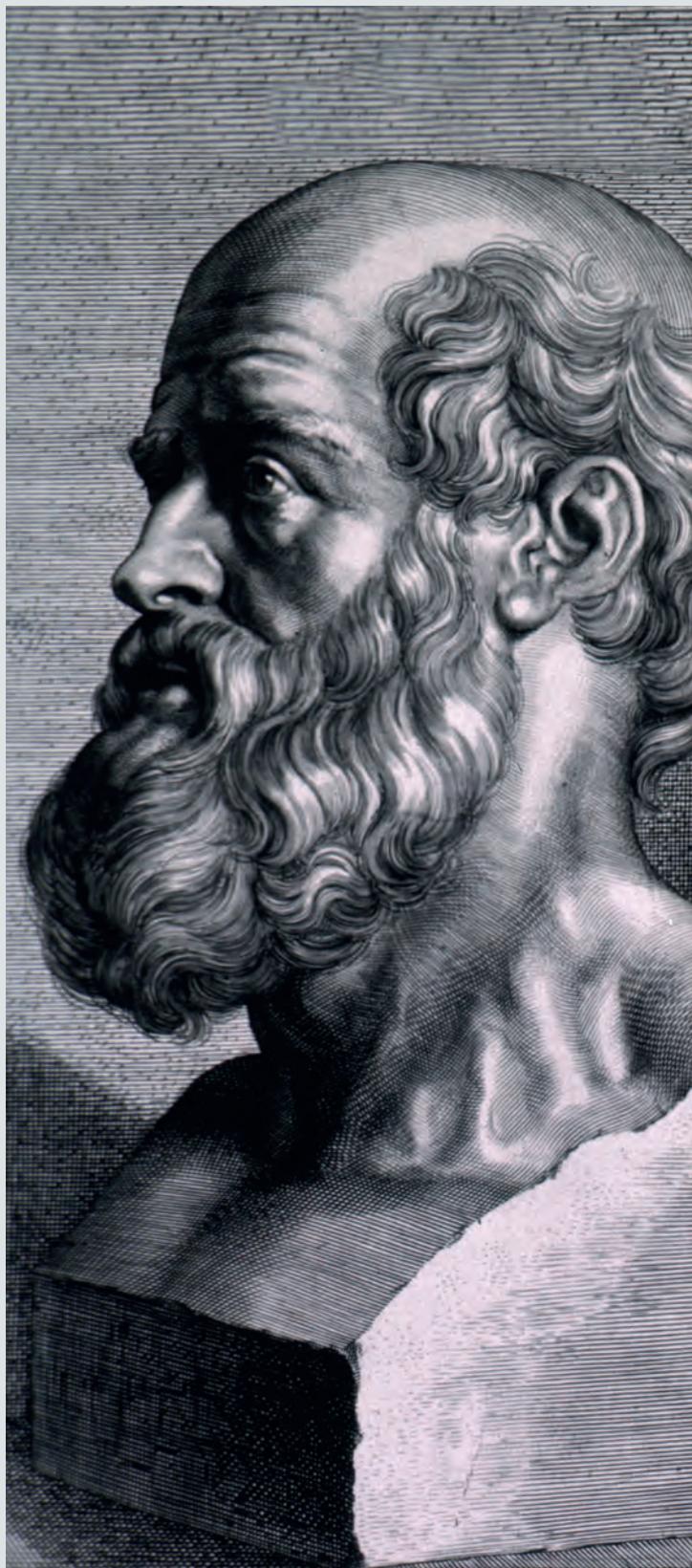
TKO JE TKO – HIPOKRAT

Hipokrat je jedna od najcjenjenijih osoba iz stare Grčke, i to s dobrim razlogom. Više od bilo kojeg mislioca prije njega, Hipokrat je naglašavao važnost razuma i opažanja u medicini. Ustvarao je na tome da bolest izaziva okruženje, a ne bogovi, i da je rješavanje problema bolesti unutar ljudske moći.

I dok znamo da je rođen na otoku Kosu približno 460. godine pr. Kr., Hipokrat je i dalje obavljen tajnom. O njemu postoji vrlo malo zapisa iz onog vremena, a velik dio literature čine pretjerivanja. Nekoliko godina nakon njegove smrti, tijekom helenističkog razdoblja, Hipokrat je postao simbol grčke medicine, a tijekom vremena učenjaci su mu počeli pripisivati zasluge za postignuća drugih. Međutim, iako Hipokrat nije zaslužan za sve što mu se pripisuje, ostavio je golem trag u kulturi stare Grčke i medicinskoj spoznaji u cijelini.

Hipokrat je vjerovao u teoriju koja je prevladavala u to vrijeme: da se ljudsko tijelo sastoji od četiriju tvari. I dok je ta pretpostavka očigledno pogrešna, liječenje koje je Hipokrat preporučivao kao odgovor na „neravnoteže“ – uključujući prehranu, odmor, tjelovježbu i biljne lijekove – bilo je korisno i utemeljeno na opažanju. Hipokrat i njegovi sljedbenici također su prvi identificirali i opisali velik broj različitih bolesti te ih kategorizirali kao akutne, kronične, endemiske i epidemische.

Hipokrat je možda najbolje zapamćen po profesionalnom pristupu i predanosti liječenju pacijenata prema strogom etičkom kodeksu. Iako on vjerojatno nije tvorac Hipokratove zakletve (poput mnogih drugih ostvarenja koja se pripisuju njemu, nju je vjerojatno stvorio neki drugi nepoznati učenjak), Hipokratova medicinska praksa naglašavala je dobrobit pacijenta i humani pristup liječenju. Zbog toga, kao i zbog racionalnih, sustavnih ideja o medicini, Hipokrat će zauvijek ostati upamćen kao jedan od najvećih liječnika svih vremena.



DESNO: Bista medicinskog učenjaka Hipokrata