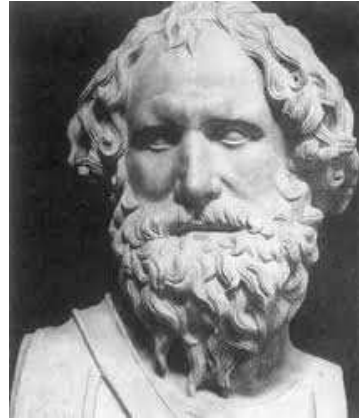


DIN ISTORIA MATEMATICII

Arhimede (c. 287 – 212 î.Hr.)

Arhimede este considerat cel mai mare, fecund și ingenios matematician al Antichității. Lumea matematicii, apreciind aportul științific avut de Arhimede la progresul matematicilor, îl așează printre primii trei mari matematicieni ai tuturor timpurilor, alături de *I. Newton* și *K.F. Gauss*. Arhimede a avut contribuții de cea mai mare importanță și în fizică, astronomie și inginerie.

Sunt cunoscute puține date sigure din biografia lui Arhimede; nu dispunem de mărturii directe asupra vieții sale, ci doar de relatări ulterioare (istoricii *Titus Livius* (59 î.H.–17 d.H.), *Plutarh* (40–120 d.Hr.)), multe dintre informațiile pe care le avem provenind din legende. Aceleași dificultăți sunt



prezente și în alcătuirea biografiei științifice a lui Arhimede, singura cale sigură de urmat fiind, după cum se spune în [1], „studierea atmosferei istorice în care a lucrat Arhimede și [...] indicațiile bibliografice răspândite în propriile sale opere”. O cronologie a operei sale științifice a fost stabilită în 1879 de *J.L. Heiberg*, pe baza referirilor din lucrările lui Arhimede la lucrări anterioare. În 1899 a fost descoperit un palimpsest¹—numit apoi *palimpsestul lui Arhimede*—, care, sub un text religios din sec. al XII-lea, păstra urmele unei scrieri de matematică. În 1906, *J.L. Heiberg* a identificat în aceasta o copie datând din sec. al X-lea a mai multor opere ale lui Arhimede, fapt ce a contribuit la importante clarificări privind opera și rolul lui Arhimede în matematică.

Arhimede s-a născut în c.287 î.Hr. în orașul Siracuza, un oraș-stat independent al Greciei, situat în sud-estul Siciliei. Tatăl său, *Fidias*, era un respectat astronom (calculase raportul dintre dimensiunile Soarelui și Lunii). Arhimede a primit o bună educație în domeniile matematicii și astronomiei. După terminarea studiilor în școlile din Siracuza, tânărul de 20 de ani, înzestrat pentru matematică, a plecat să-și desăvârșească învățătura în Alexandria – centrul de atunci al științei –, unde era prezentă încă amintirea puternicei personalități a lui *Euclid* (c. 325–c. 270 î.Hr.). Aici, el a studiat sub îndrumarea matematicianului *Conon* și a lui *Eratostene*—directorul vestitei biblioteci din Alexandria. Arhimede a câștigat aprecierea acestora, cu care a comunicat și colaborat.

¹Pergament de pe care s-a ras sau s-a șters scrierea inițială pentru a se putea utiliza din nou și pe care se mai văd încă urmele vechii scrieri (DEXI, Arc&Gunivas, 2007).

Reîntors în Siracuză, orașul său natal, cu un renume de mare învățat în tot Imperiul Roman, găsește aici condiții materiale excelente și o atmosferă favorabilă pentru o activitate științifică liniștită. Se presupune că se înrudea cu *Hieron II* (270–215 î.Hr.), regele Siracuzei. În partea finală a vieții sale, prin puterea geniului său tehnic, a avut o contribuție importantă la apărarea Siracuzei asediată de armatele romane. În primăvara anului 212 î.Hr., Siracuză a fost cucerită de forțele romane conduse de generalul Marcellus, iar în această împrejurare Arhimede și-a aflat moartea.

Legende legate de moartea lui Arhimede sunt numeroase. Cităm doar relatarea lui Plutarh: „În momentul cuceririi Siracuzei, Arhimede era absorbit de contemplarea unei figuri geometrice. Cufundat în gândurile sale, el nu auzea zgomotul și strigătele romanilor care împânzeau întreg orașul și nici nu știa că cetatea căzuse în mâinile lor. Deodată, în fața lui, se ivește un soldat roman și îi cere să-l urmeze imediat la generalul Marcellus. Arhimede a refuzat să plece înainte de a termina demonstrația pe care o studia. Înfuriat, romanul a scos sabia din teacă și l-a ucis...” [3]. Se spune că ultimele cuvinte ale lui Arhimede ar fi fost: „*Noli turbare circulos meos*” („Nu te atinge de cercurile mele”). Aflând de uciderea lui Arhimede, Marcellus, mâhnit, a ordonat să i se facă o înmormântare fastuoasă. Pe mormântul său a fost ridicată o coloană pe care a fost sculptată o sferă înscrisă într-un cilindru cu același diametru și înălțime care să amintească posterității despre importanța lui descoperire expusă în lucrarea *Despre sferă și cilindru*. În anul 75 î.Hr., *Cicero*, fiind chestor al Siciliei, a căutat mormântul lui Arhimede și a dispus restaurarea sa [6].

Arhimede a fost preocupat de teme foarte variate, acoperind domenii ca: matematica, mecanica, fizica, astronomia și ingineria. Au ajuns până la noi un număr de douăsprezece lucrări. Din nefericire, o serie din scrierile sale s-au pierdut de-a lungul timpului. O listă a lucrărilor de matematică cunoscute cuprinde: *Despre echilibrul figurilor plane* (cartea I), *Despre echilibrul figurilor plane* (cartea II), *Despre sferă și cilindru* (cărțile I și II), *Măsurarea cercului*, *Psammit* (sau *Numărarea firelor de nisip*), *Catoptrica*, *Despre metodă* (sau *Metoda mecanică*), *Cuadratura parabolei*, *Despre spirale*, *Despre conoizi și sferoizi*, *Despre plutirea corpurilor* (cărțile I și II). A considerat inutil să-și prezinte în scris lucrările de inginerie.

Ca matematician, Arhimede este în primul rând geometru, ceea ce se reflectă și în lista prezentată mai sus. Cea mai cunoscută lucrare a lui Arhimede este *Măsurarea cercului*, în care indică un procedeu ce permite obținerea unei aproximații oricât de bune dorim a numărului π . El folosește o metodă cunoscută, *metoda exhaustivii*, care fusese formulată riguros de către *Eudoxus* din Cnidos (sec IV î.Hr). Arhimede consideră un hexagon regulat înscris în cerc și un altul circumscris cercului (tangent cercului în vârfurile celui înscris) și stabilește că adevărata valoare a lui π este cuprinsă între numerele 3,00 și 3,47 (perimetrele acestor hexagoane). Prin dublarea repetată a numărului de laturi (în mod obișnuit), a trecut la poligoane regulate înscrise și circumscrise cu 12, 24, 48 și 96 de laturi și astfel obține că $3\frac{10}{71} < \pi < 3\frac{1}{7}$, prin urmare π este între 3,1408 și 3,1429.

În *Cuadratura parabolei* (o scrisoare adresată prietenului său *Dositheus*), Arhimede stabilește că aria unui segment de parabolă – suprafață mărginită de parabolă și o coardă oarecare a sa – este egală cu $\frac{4}{3}$ din aria triunghiului înscris în segment și având arie maximă (i.e. triunghiul înscris a cărui mediană este paralelă cu axa parabolei).

Tratatul are trei părți: a) proprietăți generale ale parabolei, b) considerațiile mecanice care l-au condus la acest rezultat și o demonstrație mecanică a lui, c) o demonstrație geometrică prin metoda exhaustiunii. În cuvintele explicative de început, Arhimede menționează că, pentru obținerea rezultatului, va folosi o „premiză”, utilizată de geometri și înaintea lui; această „premiză” este tocmai ceea ce astăzi numim *axioma lui Arhimede*. Tratatul este unul dintre primele texte ce prezintă o cuadratură a unei suprafețe mărginită de o curbă.

În tratatul *Despre sferă și cilindru*, utilizând metoda exhaustiunii, Arhimede calculează ariile și volumele sferei și cilindrului. Rezultatele găsite îi permit să stabilească faptul că raportul dintre volumul sferei și cel al cilindrului circumscris ei, cât și raportul ariilor acestora are valoarea $\frac{2}{3}$. Arhimede a acordat o importanță deosebită acestui rezultat și a cerut ca pe mormântul său să fie gravată o sferă înscrisă într-un cilindru.

Despre Spirale este una din cele mai importante lucrări ale lui Arhimede. Spirala este generată de un punct care se mișcă uniform pe o dreaptă care, la rândul ei, se rotește uniform în plan în jurul unui punct fix; această curbă poartă astăzi numele de *spirala lui Arhimede* (ecuația ei în coordonate polare este $\rho = a\theta$). În tratat, Arhimede obține două rezultate de mare importanță: 1) Arată că aria suprafeței primului tur al spiralei (i.e., aria suprafeței plane $\{(\rho, \theta); 0 \leq \rho \leq a\theta, 0 \leq \theta \leq 2\pi\}$) este o treime din aria cercului care o conține (i.e. cercul cu centrul în pol și raza $2a\pi$) [5]. 2) Utilizează tangenta la spirală pentru a propune o rectificare a cercului.

Ultima sa lucrare de geometrie este cartea *Despre conoizi și sferoizi* (scrisoare adresată lui *Dositheus*), în care se ocupă cu calculul volumelor segmentelor corpurilor generate prin revoluția secțiunilor conice (cerc, elipsă, parabolă sau hiperbolă) în jurul axelor lor [4].

În *Despre metodă* (scrisoare către *Eratostene*), Arhimede descrie procesele experimentale, metodele mecanice prin care a ajuns la multe dintre ideile pe care le-a dezvoltat în teorii matematice.

Prin ideile originale și surprinzătoare, metodele folosite și rezultatele obținute privind calcularea unor arii și volume sau privind tangentele la spirale, Arhimede este un precursor al calculului diferențial și integral, care a apărut mult mai târziu, după două mii de ani, grație matematicienilor *I. Newton* (1642–1727) și *G.W. Leibniz* (1646–1716).

Despre preocupările de aritmetică ale lui Arhimede aflăm din lucrarea *Psammit* (*Numărul firelor de nisip*). Sistemul de numerație utilizat de greci nu era pozițional, dar se apropia de un sistem de acest fel. Ei aveau denumiri diferite pentru numerele până la o *miriadă* (adică până la 10 000), iar apoi socoteau în miriade; ca urmare, „miriada de miriade” era cel mai mare număr ce putea fi exprimat în acest fel. Dar, pentru cercetări astronomice, era nevoie de numere cu mult mai mari. Grecii aveau părerea că numărul firelor de nisip era cel mai mare număr care se putea imagina. Arhimede arată că, chiar dacă întregul Univers ar fi umplut cu nisip, există numere și mai mari decât numărul firelor acestuia. El perfecționează sistemul de numărare grec numind numere „de primul ordin” numerele ce nu depășesc „miriada de miriade”, apoi numere „de al doilea ordin” numerele ce nu depășesc o „miriadă de miriade” de unități, unitatea fiind „miriada de miriade” ș.a.m.d. Astfel, sunt organizate numerele

până la ordinul „miriadei de miriade”. Toate aceste numere formează primul ciclu etc. etc. De altfel, pentru a exprima numărul firelor de nisip din Univers, nu este necesar să se treacă de primul ciclu.

Arhimede este și un strălucit fizician. Multe dintre descoperirile sale pun bazele unor capitole ale fizicii. În lucrarea *Despre echilibrul figurilor plane*, el expune descoperirile sale asupra pârghiilor și centrelor de masă. Și-a uimit contemporanii cu câteva demonstrații practice făcute cu mecanisme bazate pe pârghii și scripeți. A rămas celebră afirmația sa: *Dați-mi un punct de sprijin și voi mișca Pământul!*

În tratatul *Despre plutirea corpurilor* (epistolă către *Hieron*), pune bazele hidrostaticii; lui Arhimede îi datorăm principiul care-i poartă numele, *legea lui Arhimede*: *orice corp scufundat într-un fluid este împins de jos în sus cu o forță egală cu greutatea fluidului pe care-l deslocuiește*. Se spune că Arhimede ar fi descoperit acest principiu în timp ce făcea baie și, cuprins de entuziasm, ar fi rostit celebrele cuvinte: *Eвриka! Eвриka!* (Am găsit! Am găsit!) Cu acest principiu, a putut rezolva o problemă pusă de Hieron, anume, dacă o coroană comandată de acesta era în întregime din aur sau conținea și argint; Arhimede a stabilit că bijutierul folosise și argint.

Se știe, indirect, că în *Catoptrica*, o lucrare acum pierdută, Arhimede prezintă studiile sale referitoare la reflexia și refracția luminii.

În direcția astronomiei, Arhimede s-a remarcat prin inventarea unor dispozitive mecanice complicate: un aparat pentru măsurarea diametrului Soarelui, o „sferă” care era acționată hidraulic și reprezenta un model al Universului așa cum era cunoscut în acel timp, pentru a reda mișcarea Soarelui, Lunei, planetelor și stelelor în jurul Pământului, precum și producerea eclipselor de Soare și Lună. Arhimede considera „sfera” o realizare importantă, întrucât relativ la ea a scris o carte, *Despre construirea sferei cerești*, singura lucrare cu subiect tehnic pe care a scris-o.

De existența unor tratate ale lui Arhimede se știe numai din referințele făcute la ele de către alți autori. *Papus* din Alexandria menționează lucrarea despre „sferă” și o alta despre poliedre, pe când *Theon* din Alexandria citează o remarcă asupra refracției din *Catoptrica*.

Arhimede este nu numai un eminent teoretician și experimentator, ci și un remarcabil inginer. Una dintre cele mai celebre invenții ale sale este *șurubul fără sfârșit* (*șurubul lui Arhimede*), un dispozitiv format dintr-un cilindru și o elice ce se rotește în jurul axei sale, care permite să fie ridicată apa sau să fie deplasate diverse materiale. Se consideră că Arhimede a conceput acest mecanism pe când era în Alexandria, pentru ca apa Nilului să fie folosită la irigarea terenurilor agricole. Arhimede a inventat, de asemenea, *bulonul* (format dintr-un șurub și o piuliță) și *roata dințată*.

În timpul celui de-al doilea război punic, Siracuza, aliată cu Cartagina, a fost atacată de armatele romane conduse de consulul Marcellus. Pentru apărarea Siracuzei, Arhimede inventează mai multe mașini de război, ce îngrozesc pe romani, iar atacurile galerelor romane sunt respinse timp de trei ani: catapultele capabile să arunce blocuri enorme la distanțe mari, ghiare de fier atârinate de lanțuri care apucau, ridicau și distrugau vasele, dispozitive de oglinzi care dirijau razele soarelui către galerile romane și le incendiau. Numai prin trădare, Siracuza este cucerită și devastată de romani în anul 212 î.Hr., anul morții savantului.

Arhimede era faimos pentru abilitatea cu care rezolva probleme complicate și capacitatea lui de a stabili legături între fapte dintre cele mai diverse; în această privință sunt lucrările: *Stomation* (analiza unui joc de societate), *Cartea lemelor* (o culegere de probleme „recreative”), *Problema taurilor lui Helios*.

Deși vastă și originală, creația lui Arhimede a avut o influență limitată în epoca sa; opera sa matematică nu a fost continuată sau dezvoltată în nici o direcție importantă de către matematicienii antichității. Scrierile lui Arhimede au fost colectate de arhitectul bizantin *Isidore din Milet* (c. 530 d.Hr.), iar comentariile lui *Eutocius din Ascalon*, sec. al VI-lea, aduc scrierilor sale o audiență mare. Opera lui Arhimede a fost tradusă în arabă de *Thābit ibn Qurra* (836–901), și în latină de *Gerard din Cremona* (c. 1114–1187). Un impact deosebit asupra matematicienilor a avut *Editio Princeps*, Basel, 1544, publicată de *Johann Herwagen*, cu lucrările lui Arhimede în greacă și latină. Traducerea în latină și comentarea multor lucrări ale lui Arhimede de către *F. Commandino*, 1588, au contribuit la răspândirea cunoștințelor din aceste lucrări, fapt reflectat în opera celor mai de seamă savanți ai timpului, incluzându-i pe *J. Kepler* (1571–1630) și *G. Galilei* (1564 – 1642). Ediția lui *D. Rivault*, 1615, a operei complete a lui Arhimede în latină, a influențat enorm pe mulți matematicieni ai secolului al XVII-lea, printre care *R. Descartes* (1596–1650) și *P. Fermat* (1601–1665).

Pentru cinstirea lui Arhimede, mai multe corpuri sau obiecte cerești au primit numele său: *craterul Arhimede* (29.7° N, 40° V) și *muntele Arhimede* (25.3° N, 4.6° V) pe Lună și *asteroidul 3600 Arhimede*. De asemenea, *Medalia Fields*, acordată pentru realizări remarcabile în matematică, are pe o parte efigia capului lui Arhimede înconjurat de fraza (în latină) atribuită lui: *Transire suum pectus mundoque potiri!* (Înălță-te peste tine însuși și vei cuprinde lumea!), iar pe cealaltă parte, în fundal, mormântul lui Arhimede cu gravura descoperirii sale preferate: „sfera și cilindrul”.

Prin întreaga sa operă, originală și profundă, prin ingeniozitatea metodelor și invențiilor sale, **Arhimede** reprezintă o figură emblematică a Antichității, un genial matematician, fizician și inventator, cu contribuții remarcabile la progresul științei și tehnicii.

Bibliografie

1. **S.I. Luria** – *Arhimede*, Ed. Științifică, București, 1958.
2. **E. Kolman** – *Istoria matematicii în antichitate*, Ed. Științifică, București, 1963.
3. **O. Onicescu** – *Figuri ilustre ale antichității*, Ed. Tineretului, Cluj, 1967.
4. **R. Taton** – *Știința antică și medievală*, vol. I, Ed. Științifică, București, 1970.
5. **M.J. Bradley** – *The Birth of Mathematics*, Chelsea House Publishers, 2006.
6. – <http://en.wikipedia.org/wiki/Archimedes>
7. – <http://www.britanica.com/biography/Archimedes>

Prof.dr. Temistocle BÎRSAN
Conf.dr. Vitali GHEORGHÎĂ