

# АРХИМЕД (287. – 212. пре Христа)

## УМ КОЈИ КЛАДЕ ВАЉА

*У Архимедовој глави је било више маште него у Хомеровој.*

*Волтер*

Према познатом историчару математике Е. Т. Белу, Архимед, Њутн и Гаус су у посебној класи међу математичарима, и није за обичне смртнике да их рангирају по заслугама.

Иако му се отац звао Фидија, Архимед није био ни у каквом сродству са знаменитим творцем Зевса Олимпијског и девице Атине, вајарем Фидијом. Архимедов отац Фидија био је астроном и настојао је да свог сина при образовању усмерава више на математику и астрономију, а мање на филозофију.

Архимедову биографију написао је његов пријатељ Хераклид, али је нажалост то дело изгубљено.

Родио се у Сиракузи (на Сицилији) и био је сродству са владарем Сиракузе, Хијероном. Као младић, Архимед је отишао у Александрију, која је већ тада била највећи научни центар света. Сигурно је доста времена провео шетајући улицама Александрије или посматрајући са фароског светионика луку претрпану грчким, римским, феничанским, персијским и бродовима из свих крајева света, али је највећи део времена проводио у библиотеци, чијем би богатству позавиделе и многе данашње велике библиотеке. Претпоставља се да је учио код Еуклида, од чије се књиге „Елементи“ није растајао целог живота.

Повратак из Александрије био је драматичан. Архимед је у Сиракузу стигао полумртав, јер је брод којим је путовао, био изложен страховитој бури, и упловио је у сиракушку луку скоро уништен, са поломљеним јарболима и поцепаним једрима. Можда у тој чињеници треба тражити разлог што је Архимед скоро цео живот провео у Сиракузи. За време релативно кратког боравка у Александрији спријатељио се са Кононом са острва Самоса и Ератостеном из Кирене, са којима се касније интензивно дописивао. Ценио их је као математичаре, иако му Ератостен није био симпатичан, због понизности и полтронства које је испољавао према моћницима у Александрији. Редовно их је обавештавао о својим открићима, а после Кононове смрти дописивао се са његовим учеником Доситејем. Сачувано је једно његово писмо из кога наводимо само почетак:

„Архимед жели добро здравље Доситеју. Сазнавши да је мој бивши пријатељ Конон умро, и да си му као и ја био близак, а да си усто познавалац геометрије, одлучио сам, и поред све моје жалости изазване губитком не само пријатеља него и изврсног математичара, да ти пошаљем писмо које је било намењено Конону, и да ти пошаљем у њему геометријску теорему којом се досад нико није бавио, а које сам се сада латио. Ја сам је прво нашао помоћу механике а затим сам је доказао и геометријски...“

Антички свет изгледао би много сивљи и досаднији без генијалних особењака, какви су били Талес, Питагора, Емпедокле, Зенон и многи други. Иако је Архимед био можда мало мање „откачен“ и имао чвршћи ослонац у стварности, његова расејаност, типична научничка особина, била је пословична.

Наполеон је говорио да је од величанственог до смешног само један корак. Једна епизода из Архимедовог живота, коју нам је предање пренело као куриозитет, потврђује то мишљење.

Према легенди, неки златар је за Хијероновог сина Гелона израдио круну, и владар, који је био уверен да га је мајстор преварио и да круна није од чистог злата, затражио је од Архимеда да реши тај проблем. Данас сваки средњошколац зна како се тај проблем лако решава, баш захваљујући томе Архимедовом открићу. Идеја о решењу синила је у Архимедовој глави у тренутку кад је улазио у каду напуњену водом и видео да се том приликом вода прелива преко ивице каде. Слична ствар десила му се стотинама пута, али се овај пут Архимед замислио над том појавом, питајући се: „Колико сам воде истиснуо улазећи у каду?“ Знајући да је злато теже од сребра, Архимед је закључио да ће круна од чистог злата стављена у каду са водом истиснути мање течности него круна исте тежине направљена од легуре злата и сребра. Кад је на тај начин Архимед открио познати закон хидростатике, који и данас носи његово име, искочио је из каде, и вичући „еурека“ („нашао сам“), трчао го кроз град да би цару Хијерону саопштио своје откриће.

О Архимедовој расејаности говори и Плутарх: „Будући непрекидно очаран својом сиреном, тј. својом математиком, Архимед је заборављао да једе и пије и да води рачуна о себи; често су га силом одводили у купатило, а тамо би цртао геометријске фигуре у пепелу на огњишту, и прстом цртао линије по телу намазаном уљем, будући у стању велике екстазе и божански обузет својом науком.“ Још једна Архимедова изјава остала је запамћена све до данас. Одушевљен својим открићем закона о полугама, узвикнуо је: „Дајте ми тачку ослонца и померићу Земљу.“

Приписују му се и речи: „Постоје ствари које изгледају немогуће већини људи који нису учили математику.“

Захваљујући историчару Плутарху (око 46. – око 120.) више знамо о Архимедовој смрти него о његовом животу, иако је прича о Архимеду уткана као споредна епизода у биографију римског војсковође Марсела. Типичан биограф историјских личности, Плутарх је очигледно сматрао да је римски војсковођа важнија личност од једног од највећих научника свих времена, иако се Марсела сећамо само захваљујући Архимеду. Кад су за његов родни град Сиракузу наступила трагична времена, и војска моћног и немилосрдног Рима устремила се на његове зидине, Архимед је већ био старац од 75 година, али се његова генијалност испољила у пуној мери. Према легенди, спаљивао је непријатељске бродове помоћу параболичних огледала, подизао их системом полуга и котурача, да би их затим разбио о стене, док су његови катапулти избацивали на непријатеља камене громаде. Можда је баш захваљујући томе Сиракуза пуне две године пружала отпор неупоредиво надмоћнијем непријатељу. Опсада Сиракузе се на крају ипак завршила њеним падом, а освета непријатеља је била сурова. Будући у годинама кад се није могао борити са мачем у руци, док су римски војници пљачкали град и убијали његове последње браниоце и недужне становнике,

Архимед је био у својој кући и нагнут над цртежом решавао математичке проблеме. Ту га је и задесила смрт од руке римског легионара. Према легенди, последње његове речи биле су: „Не дирај моје кругове!“ Могуће је да није Архимедова расејаност била одлучујућа за његову смрт и да он није био колатерална штета, него је, као мозак одбране Сиракузе, био „легитимни“ циљ римских војника. Римски војници били су познати

по својој суровости. Историчар Тацит (1. век нове ере) у свом делу *Agricola* (XXX, 4) цитира једног британског вођу који се борио против римљана: *Ubi solitúdinem fáciunt Románi, расетm appéllant* . (Где Римљани начине пустош, то називају миром.) Нарочито су окрутно Римљани кажњавали градове који би „вероломно“ нарушили уговор са Римом. Између осталог, преживели грађани Сиракузе нису смели одржавати Архимедов гроб. Много касније, римски конзул Цицерон (106. – 43. пре н. е.), пронашао је Архимедов гроб, зарастао у коров, захваљујући цртежу који се налазио на споменику. Наиме, Архимед је завештао да се на његов надгробни споменик уреже слика лопте и око ње описаног ваљка, као илустрација његове теореме о односу запремина та два тела (2:3). Архимед је имао веома високо мишљење о тој својој теореме, али више од саме теореме ценио је методу којом је до ње дошао. У својим „Тускуланским беседама“ Цицерон овако описује тај догађај: „За време боравка на Сицилији ја сам се распитивао о Архимедовом гробу у Сиракузи. Показало се, међутим, да овдашњи људи мало знају о томе и чак су тврдили да од његовог гроба није остало ни трага. Ја сам наставио да тражим са великом преданошћу, тако да сам најзад успео да пронађем његов надгробни споменик између трња и чичака. Нашао сам га захваљујући стиховима за које сам знао да се морају налазити на овом споменику, као и захваљујући цртежу лопте и ваљка, који се морао налазити изнад ових стихова. По изласку кроз градску капију нашао сам се у пустари покривеној многобројним гробовима. Пажљиво сам гледао на све стране и одједном сам спазио мали стуб чији се врх издизао изнад коприва; на њему су били представљени лопта и ваљак које сам тражио. Одмах сам рекао представницима Сиракузе, који су ме пратили, да је пред нама бесумње Архимедов надгробни споменик. И заиста, чим су позвани људи да исеку коров и да нам прокрче пут, и чим смо се приближили овом стубу, видели смо у његовом подножју натпис. Део уклесаних стихова могао се још прочитати, све остало је сатрло време. И тако, један од најславнијих градова Грчке, који је некада дао свету толико научника, није више знао чак ни где се налази гроб најгенијалнијег његовог грађанина, све док се није појавио „човек из малог града Арпина да би им показао тај гроб.“

Међу Грцима и нешто касније Арапима, Архимед је уживао репутацију какву су уживали само Њутн у седамнаестом и осамнаестом веку и Гаус међу својим савременицима.

Леонардо да Винчи је рекао да је механика рај за математичке науке, јер помоћу ње долазимо до плодова математике. Платон је у своје време оштро негодовао против Архита, Еудокса и Менехма, који су се усудили да примењују механичке справе за решавање геометријских проблема. Са још већим негодовањем и презрењем Платон је морао гледати на филозофе који су се непосредно бавили механиком. Архимед је спадао међу оне грчке математичаре који су се усудили да се по овим питањима не сложе са владајућим ауторитетима Платона и Аристотела. Архимед постаје оснивач нове науке – статике. Његова књига „О равнотежи равних тела или о тежиштима равних тела“ посвећена је теорији двокраке полуге и одређивању тежишта равних тела. Према Феликсу Клајну, највећи математичари, као Архимед, Њутн и Гаус, увек су обједињавали теорију и примене у истој мери. У астрономији се Архимед истакао пре свега конструкцијама сложених механичких инструмената, као што је справа за одређивање пречника Сунца. Највећу славу, међутим, донела му је „сфера“, тј. небески глобус, који је освајач Сиракузе Марцел као ратни плен однео у Рим. У време Цицерона „сфера“ се још увек налазила у Риму и он је детаљно описује у својој књизи „*De republica*“, где између осталог каже: „Генијалност Архимедовог проналаска била је у вештини да сједини у једном систему и оствари помоћу обртног кретања тако

разнолика кретања небеских тела. Када је Гал покретао „сферу“ могло се пратити како при сваком обрту Месец уступа место Сунцу на Земљиним хоризонту, слично ономе како му он уступа место и свакодневно на небу; као и на небу могло се посматрати помрачење Сунца, како Месец постепено тоне у Земљину сенку...“ Из других извора сазнајемо да су се на овој „сфери“ могле посматрати Месечеве мене, кретање планета, помрачења Сунца и Месеца, да је била направљена од бакра, да је стављана у покрет помоћу механизма који се налазио у њеној унутрашњости и који је вероватно покретан водом. Архимед је толико ценио овај свој проналазак да је о томе написао посебну књигу „О изради небеске сфере“, која није сачувана. Архимеду се такође приписује проналазак „пужа“ - уређаја који је служио за наводњавање поља у Египту, а дуго је коришћен и за испумпавање воде из рудника. Поставио је основне законе механике, а своје механичке принципе користио је за израчунавање површина и одређивање тежишта равних фигура и чврстих тела разних облика. Засновао је хидростатику и применио је на проучавање равнотеже пловних објеката.

Поред механичких проналазака и великог доприноса астрономији, Архимед је открио опште методе за израчунавање површина неправилних равних фигура и запремина тела ограничених неправилним површинама. Пронашао је методу за израчунавање броја  $\pi$  (однос обима кружнице и њеног пречника) и утврдио да се број  $\pi$  налази између  $\frac{22}{7}$  и  $\frac{223}{71}$ . Велика Архимедова заслуга је био и нови систем ознака за вишецифрене бројеве. Грчки систем писања бројева није био позициони. У позиционим системима једна иста цифра добија различите бројне вредности у зависности од положаја. У грчкој нумерацији свака цифра има увек одређену вредност, независну од места које заузима (као цифре коришћена су слова грчког алфабета). Архимед је користио метод потписивања бројева при рачунским радњама; знаци исте класе потписују се један испод другог. У грчком фолклору као пример „бесконечно великог“ броја навођен је број зрна песка. Још је Аристофан у шали за тај број употребљавао посебан назив „песаксот“. Назив Архимедовог дела „Psamit“, које нетачно преводимо као „број зрна песка“ има исто значење као „песаксот“. Дело је посвећено владару Гелону, који је управљао заједно са Хијероном. У њему Архимед доказује да је нетачно да је број зрна песка већи од сваког броја. Чак и ако повећамо број свих постојећих зрна песка толико да она испуне цео свет, и онда њихов број неће бити већи од сваког броја. При томе он полази од Аристарховог хелиоцентричног система света (што показује да је он прихватио то учење), рачунајући да је пречник целог света отприлике онолико пута већи од пречника Сунчевог система, колико је пута овај пречник већи од пречника Земље. Два фрагментарно сачувана рукописа, један арапски превод и један грчки препис из 10. века, пронађен у Истанбулу 1899. године, приписују Архимеду откриће или бар геометријско истраживање игре stomachion. Игра се састојала из 14 плочица полигоналног облика од слоноваче, који се могу сложити у квадрат, а циљ је да се њиховим распоређивањем добију разне фигуре другог облика (човек, животиње, разни предмети). Римски песник и државник из 4. века, Еусоније, упоређује stomachion са песничком формом у којој се комбинују стихови различитог метра. Овим откривамо и другу страну Архимедове личности, као популаризатора, који је већ у трећем веку пре Христа антиципирао чувену Паскалову мисао да је математика толико озбиљна наука да не треба пропустити ниједну прилику да се она учини забавном. Друго дело сличног типа је чувени Архимедов проблем о биковима бога сунца Хелиоса. У једном писму Ератостену, Архимед је у облику епиграма послао проблем александријским математичарима. Проблем се своди на решавање диофантских једначина (названих тако касније по грчком математичару Диофанту из 3. века нове

ере). Као решења добијају се толико велики бројеви да је њихово тачно израчунавање морало да сачека компјутерску еру.

Од Архимедових дела која нису сачувана, највећи губитак вероватно представља дело посвећено оптици – „Katoptrika“. О основним питањима која се предмет ове расправе, извештава нас римски архитекта Витрувије, који је живео два века после Архимеда:

„Зашто у равним огледалима предмети задржавају своју природну величину, а повећавају је у испупченим и смањују у издубљеним; зашто се леви делови предмета виде десно и обрнуто; зашто се помоћу издубљеног огледала може запалити неки предмет; зашто се на небу види дуга; зашто се понекад на небу виде два Сунца, и много другог о чему се прича у великој Архимедовој књизи.“ Архимедова „Katoptrika“ била је врло популарна у старо време и вероватно је послужила као извор легенде о томе да је Архимед спалио римску флоту помоћу огледала која је сам конструисао. Арапски математичар Ал-Бируни (973 – 1948) у књизи „О налажењу тетива круга“ (која је пронађена тек 1910. године) саопштава да је познату „Херонову формулу“ за одређивање површине троугла на основу страница, пронашао Архимед и да се налазила у његовој „Књизи кругова“.

Архимед је широко примењивао метод ексхаустије (исцрпљивања), који је најранији облик интегралне методе, да би добио низ значајних резултата. Усавршавање тога метода омогућило му је да одреди површине и запремине многих геометријских фигура. Тај његов приступ је усмерио касније европске математичаре према проналаску инфинитезималног рачуна кроз радове Кеплера, Кавалијерија, Фермаа, Лајбница и Њутна. В.Ф.Каган је то изразио следећим речима: „Ако су „очеви“ савременог интегралног рачуна били Лајбниц и Њутн, онда је њихов рођени „прадеда“ несумњиво био Архимед.“ Према Лајбницу, ко разуме Архимеда и Аполонија, дивити се мање достигнућима људи каснијих времена.

Европским математичарима су биле често нејасне методе којима су Архимед и други грчки математичари долазили до својих резултата. Добрим делом је то резултат чињенице да су се они о Архимедовим радовима упознали преко арапских превода и коментара. Декарт је о томе имао своје мишљење: „Склон сам да верујем да су ти аутори оштроумно прикривали своја знања, слично неким занатлијама, који крију своје тајне; можда су се бојали да би се, ако лакоћа и једноставност њихових метода постану општепознати, умањио њихов значај. Више су волели да им се дивимо, дајући нам као производ свога знања извесне голе истине, уместо да нас науче како се до тих истина долази.“ Слично гледиште имали су и остали европски математичари, као што су енглески математичари из 17. века – Волис и Бароу.

То мишљење је промењено после изненадног открића Архимедовог дела „Метода“. Чудесна је судбина овог Архимедовог дела, које је било изгубљено више од 800 година. То је расправа писана у облику писма Ератостену, која нам помаже да схватимо структуру доказа неких теорема које се налазе у другим Архимедовим делима. Да је којим случајем ова расправа била доступна у време Ренесансе, кад је поново почео развој науке у Европи, научна открића до којих ће се доћи тек у овом веку, била би остварена пре сто година; данас бисмо већ путовали на друге планете и користили компјутере који располажу скоро људском интелигенцијом.

У Средњем веку, због недостатка пергаментa, многи антички рукописи претворени су у палимпсесте. Првобитни текст би био испран, а преко њега су онда писани рели-

гиозни текстови. То се десило и са Архимедовом списом „Метода“, који се налазио у једном манастиру у Константинопољу. У дванаестом веку, на њему су, после брисања првобитног текста, исписане молитве. У таквом облику књига је dospела у манастир Мар Саба на Средњем истоку, где је лежала заборављена. Непознатим путевима, молитвеник је поново враћен у Истанбул. Ту га је 1906. године у градској библиотеци пронашао дански научник Јохан Лудвиг Хајберг (Johan Ludwig Heiberg), који је испод рукописа назрео грчка слова и закључио да је текст из Средњег века нанесен преко оригиналног садржаја. Наслутио је да је у питању велико откриће, али је његово истраживање прекинуо Први светски рат. Књига је на необјашњив начин нестала, да би је касније на аукцији у Њујорку откупио непознати милијардер за два милиона долара. Уз помоћ снимака начињених ултраљубичастим зрацима, садржај књиге је у потпуности одгонетнут (један недостајући лист, после дуготрајне потраге, пронађен је у Универзитетској библиотеци у Кембриџу). „Метода“ садржи нека од најзначајнијих Архимедових открића, која су научници поново откривали вековима.

Архимед је одиграо огромну улогу у историји математике, како у хеленском периоду, тако и у средњовековном периоду арапске математике и у почетку најсјајнијег периода бурног развоја математике (17. век). Даламбер је оценио значај Архимедовог рада следећим речима: „Архимеду ће се сачувати углед једног од највећих генија који су се икад посветили математици. И поред преимућства нових метода, које увиђају сви геометричари, сваки математичар треба да се интересује каквим је оригиналним путевима и дубоким размишљањем могао Архимед да постигне тако сложене резултате.“

Према Вајерштрасу, „машта је потребна у математици као и у поезији.“ Кад су великог немачког математичара Давида Хилберта питали о судбини једног од његових бивших ученика, он је одговорио: „Ах, тај! Постао је песник. Није био довољно маштовит за математичара.“

Наведимо још и речи познатог математичара Г. Х. Хардија: „Архимеда ће се сећати и кад Есхил буде заборављен, јер језици умиру, а математичке идеје не.“