

Исак Њутон и његова теорија гравитације

I

Исак Њутон рођен је 25-ог Дец 1642 г. у селу Вулсторпу (*Woolsthorpe*), које се налази на десет километара јужно од варошице Грентема (*Grantham*) у грофовији Линколн у Енглеској. Отац (који је био доста имућан сељак) умро му је пре његовог рођења. Како се мати Њутонова убрзо по смрти мужа преудала, Њутон је остао код своје бабе у селу, која се слабо бринула за његово духовно образовање. Пошто је нередовно посећивао основне школе у околним местима, послан је у дванаестој години у колеџ у Грентем. Сам Њутон прича како је у школи упочетку заузимао једно од последњих места у рангу. Али свађа између њега и једног његовог друга, кога је најпре физички савладао, побудила је у њему честољубље, те је не само постао бољи ђак од свога супарника него и од свију својих другова (тако да је пред крај школовања важио за украс колеџа). Како је и други муж Њутонове матере умро и она се вратила поново у Вулсторп, Њутон је морао за извесно време да прекине школовање. Мати је наиме желела да јој син постане што и отац — угледан земљорадник. Али како Њутон није показивао никакве воље за то, већ се напротив продужио бавити прављењем механичких модела, чиме се радо бавио у слободним часовима у школи, мати га, по савету свога брата пастора у једној оближњој општини, пошље натраг у Грентем. По свршетку средње школе Њутон одлази на универзитет у Кембриџ, где у Тринити Колеџу (*Trinity College*) завршује 1664-е студије из Математике и Физике. Ту је за учитеља имао чувеног математичара Исака Барова, који је убрзо запазио његове изванредне математичке способности и толико био одушевљен својим учеником, да се 1665-е својеволјно повукао са своје катедре уступивши је Њутону. Као члан (*fellow*) колеџа Њутон је остао у њему све до свога преселења у Лондон (1702-е), али је наскоро напустио редовна предавања и одао се потпуно својим научним студијама. Само се, кад се појавила куга у Кембриџу, повукао био у своје село и провео у њему читаву годину.

Први радови Њутонови били су на пољу Оптике; проналазак телескопа (1671) учинио је те је одмах изабран за члана краљевског друштва у Лондону, а проналазак развог преламања боја при пролазу беле сунчане светлости кроз призму (1672)

учинио је име Њутоново познатим у целом ученом свету. Још у 1666-ој г. бавио се је *Њушон* проблемом гравитације. Али своју претпоставку идентитета теже са снагом која Месец одржава на његовој путањи око Земље могао је *Њушон* да потврди тек 1673-е год., када је Пикар у Француској дошао до тачних података односно полупречника Земљине лопте. Тада *Њушон* започиње писање свога великог механичко-астрономског дела „*Philosophiae naturalis principia mathematica*“, коме тек од 1684-е даје дефинитиван облик и које излази 1687-е год. Ово дело убрзо је у Енглеској стекло извесан број одлучних обожаваалаца и присталига, али је на универзитетима њеним још задуго владала доктрина Декартова. Теорија гравитације, садржана у овом делу, призната је на континенту тек после Њутонове смрти, у току осамнаестог века. Својим оптичким и математичким радовима *Њушон* је међутим стекао велико признање у Енглеској: био је постављен за управника краљевске ковнице у Лондону (где се настанио 1702-е) са за оно време огромном платом од 1500 фуната годишње, биран је више пута за члана парламента, постао је председник краљевског друштва, и то остао све до своје смрти. Његов научни утицај био је за све то време пресудан и свемоћан.

Умро је 21-ог Марта 1727-е год. у дубокој старости од 85 година. Сарањен је у енглеском Пантеону, у Вестминстерској цркви, са дотада незапамћеним почастима за једног научника.

Колико је *Њушон* за живота цењен у Енглеској показују и натписи на његовом надгробном споменику у Вестминстерској цркви. Тако у једном от тих натписа стоји: *Tibi gratulentur martales. tale tantumque exstitisse generis humani decus.* У другом: *Hic depositum quod mortale fuit Isaaci Newtoni.* А на једној од статуа Њутонових стоји: *Qui genus humanum ingenio superavit.* Тако исто необичне је лепоте и дистихон који је енглески песник *Поп* предлагао да се стави на Њутонов надгробни споменик: *Nature and Nature's laws lay hid in night: God said, Let Newton be! — and all was light.*

А највећу похвалу Њутона изразио је чувени астроном *Халеј* у својој у стиховима састављеној посвети Њутону, штампаној у почетку првог (и трећег) издања Њутоновог главног дела, у завршном стиху њеном:

Nec fas est propius mortui attingere divos.

Ове су похвале потпуно оправдане: *Њушон* је доиста био један од највећих стварачких генија које је човечанство произвело. Продужујући радове Галилејеве, он је Механици дао њен дефинитивни облик. Проналаском закона гравитације и његовом применом на небеска тела *Њушон* је довршио астрономску зграду коју су започели и изграђивали *Коперник* и *Кеплер*. Осим тога *Њушон* је и један од највећих математичара: он је један од тројице проналазача инфинитезималиог рачуна. Напослетку и његови оптички радови од епохалног су значаја.

Као карактер *Њутон* је био повучен, чак стидљив, и јако побожан. Није волео научне полемике, па је ипак често био приморан да их води, каткада и дуго и огорчено (ово је нарочито случај са његовом полемиком са Лајбницом око проналаска инфинитезималног рачуна). Његова способност интелектуалне концентрације била је необична, чак баснословна (о њој постоје многобројне анегдоте).

Списи Њутонови многобројни су и разнолики. Најважнији му је спис; *Philosophiae naturalis principia mathematica*, чије је прво издање изашло 1687-е год' о трошку краљевског друштва у Лондону и од којег су изашла још два издања за живота Њутонова (тај спис представља највеће научно дело у Новом Веку, а вероватно и највеће и најважније научно дело које је икада написано); 2. *Opticks: or, a Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light*. 1704 (латински превод под насловом *Optice* изашао је 1706-е); 3, *Tractatus de quadratura curvarum*, публикован 1704-е као један од два математичка додатка Оптици; 4. *The Method of Fluxions and Infinite Series*, 1736 (превод са латинског оригиналног рукописа издан после Њутонове смрти) и т. д. Осим тога Њутон има и историјских и теолошких дела (*Observations upon the Prophecies of Daniel and the Apocalypse of St. John*, 1733 и др).

II

У овом чланку ми ћемо се ограничити на излагање најважнијег научног проналаска Њутоновог, његове теорије гравитације.

Есенцијелни садржај те теорије изражен је у Њутоновом закону свеопште гравитације који гласи:

„Свака два тела (одн. свака два материјална делића) у васиони привлаче се снагом која је управно сразмерна њиховим масама а обрнуто сразмерна њиховом растојању“.

Како је *Њутон* дошао до тога да тврди, да је гравитација свеопшта сила природе, да она расте са величином масе а опада са квадратом растојања?

Сила Земљине теже била је позната и њена егзистенција доказана пре Њутона. Нужност њене егзистенције први је увидео *Коперник*, али је њену егзистенцију први утврдио *Галилеј* откривши законе слободног падања тела $(v = gt, s = \frac{1}{2}gt^2)$.

Откривши законе планетских кретања *Кеплер* је из егзистенције тих закона закључио, да мора постојати привлачна снага Сунца, око кога се као свога заједничког средишта крећу све планете.

Да је Земљина тежа идентична са привлачном снагом којом Сунце одржава планете у њиховим путањама око њега и са привлачном снагом којом планете одржавају сателите у њихо-

вим путањама око планета, да је тежа само једна специјална манифестација свеопште гравитационе силе, до тих тврђења дошао је први *Њутон*.

У својој теорији гравитације *Њутон* је пошао од кретања Месечевог око Земље. Према једној причи, коју је *Волпер* чуо од саме синовике Њутонове приликом свог бављења у Енглеској, прва идеја о идентитету теже са привлачном силом, којом Земља присиљава Месец да се око ње креће, дошла је Њутону кад је као младић (кад се после бегства од куге из Кембриџа бавио у своме селу) седео под једним дрветом са кога е пала јабука. Ако је Земља способна да невидљивом силом, својом тежом, присили јабуку да пада у правцу њеног средишта, зашто се та иста сила неби протезала до самог Месеца, па и њега присиљавала да пада у правцу њеног средишта?

Али овде се јављају две тешкоће: прво, ако тежа утиче на Месец, зашто Месец не падне на Земљу?; и друго, по ком закону опада тежа са удаљавањем од Земље у васионском простору?

Прву тешкоћу отклонио је лако *Њутон* позивајући се на тзв. хоризонтални хитац тела на Земљи. Једно тело пада у вертикалној линији ако или нема почетне брзине или ако му је почетна брзина и сама управљена вертикално наниже. Ако пак једном телу придамо једну почетну брзину у хоризонталном правцу, његово кретање биће сложено из једнаког кретања у хоризонталном и једнако убрзаног кретања у вертикалном правцу. *Галилеј* је показао, да ће линија кретања таквог тела бити парабола и да ће тело све даље пасти на Земљу што му почетна брзина буде већа. Рачун показује, да једно топовско ђуле, које би са високог брега било избачено у хоризонталном правцу у безваздушном простору са брзином од нешто мање од осам километара у секунди, неби више уопште пало на површину Земљину, већ би као прави мали сателит непрестано обилазило Земљу. Месец, иако на њега дејствује тежа, не пада, закључио је *Њутон*, зато што је његова сопствена линеарна брзина толика и тако управљена да он, као и замишљени мали сателит, описује непрестано кружну путању око Земље.

Теже је било отклонити другу тешкоћу, тешкоћу опадања теже са удаљавањем од Земље. По аналогiji са светлосним зрацима могло се помислити, да она опада са квадратом растојања (на то је закључио већ и *Кеплер*), па је вероватно, да се и *Њутон* у прво време послужио овом аналогijом. Рачун међутим, којим је Њутон покушао да утврди овај идентитет, није га у ово прво време довео до жељеног резултата, и то зато што тада још није био познат тачан обим Земљиног екватора.

Ако бисмо тај погрешни рачун Њутонов хтели да репродуцирамо по обрасцу његовог доцнијег тачног рачуна, онда би он изгледао овако.

На површини Земљиној износи пређени пут једног тела у првој секунди при слободном падању (у безваздушном простору) 16 стопа (половину од убрзања у првој секунди). Према томе пређени пут тог тела у првој минути износиће (према формули $s = \frac{1}{2}gt^2$) $16 \cdot 60^2$ стопа. Како је Месец шесет пута даљи од средишта Земљиног но што је удаљено тело на површини њеној од тог средишта, то би тело на даљини Месечевој прешло при слободном падању у првој минути пут који би био за 60^2 мањи, т. ј. тај би пут износио $\left(\frac{16 \cdot 60^2}{60^2} =\right)$ 16 стопа, дакле таман толико колико износи пређени пут тела на површини Земљиној у првој секунда. За 16 стопа у минути треба дакле Месец да оступа од тангенте своје кружне путање па да се може тврдити, да он то оступање врши под утицајем Земљине теже. Колико стварно Месец оступа од тангенте своје путање, то се да израчунати на основу тзв Хајгенсове формуле за центрипетално убрзање у јединици времена $\left(\gamma = \frac{v^2}{r}\right)$, одн. формули за пређени пут у јединици времена у правцу седишта централне силе $\left(s = \frac{2r\pi^2}{T^2}\right)$. У овој последњој формули r представља полупречник кружне путање Месечеве око средишта Земљиног а T периоду Месечевог оптицања око Земље. Ова друга количина давно је позната и износи 39.343 минута. Она прва количина може се одредити само ако је позната величина једног екваторског степена, а ова је према дотадашњим мерењима износила 60 миља (1 миља = 5280 стопа). Кад је Њутон на основу овог податка изразио пречник Месечеве путање у стопама, његова је формула дала за резултат за Месечево оступање од тангенте у минути 13.88 стопа место шеснаест. Њутон је неслагање од нешто више од две стопе сматрао за сувише велико и напустио је своју теорију.

Тек на седам година доцније, 1673-е, Њутон је сазнао за нова мерења мередијанског степена које је извела једна научна експедиција француска и из којих је излазило да екваторски степен износи 69 миља. Њутон је поновио свој ранији рачун и његова хипотеза била је сада потпуно потврђена. Ми ћемо овде поновити тај рачун у модернизираним облику, у метрима и секундима.

Ако пређени пут у првој секунди при слободном падању тела на Земљиној површини означимо са s_1 а са s_2 оступање Месечево од тангенте његове кружне путање у секунди, биће, према претпоставци да тежа опада са квадратом растојања,

$$s_2 = \frac{s_1}{60^2} = \frac{4,89 \text{ м.}}{3600} = 0,00135 \text{ м. у секунди.}$$

Тај исти пређени пут износи, ако се у Хајгеновој формули

$$s_2 = \frac{2\pi^2}{T^2}$$

г изрази у метрима а Т у секундима,

$$s_2 = \frac{2:385000000 \cdot 3,1416^2}{2361600} = 0,00136 \text{ метара у секунди.}$$

Слагање је дакле потпуно и Њутонова хипотеза потврђена.

Да су планетске путање потпуно кружне лако би се, на основу трећег Кеплеровог закона и Хајгенсове формуле, дало закључити, да и привлачна сила Сунчева опада са квадратом растојања и да је према томе и она идентична за Земљином тежом. Али те су путање по другом Кеплеровом закону елиптичне са седиштем Сунца у једној од жижа елипсе. Требало је дакле доказати, да привлачна сила Сунчева и у овом случају опада са квадратом растојања. *Њутон* је тај тешки доказ и извео, и даље на основу трећег Кеплеровог закона закључио, да та привлачна сила доиста опада са квадратом растојања у свима могућим елиптичким путањама. Он је даље показао, да тај закон важи и кад су путање параболске и хиперболске.

Одвојивши појам масе од појма тежине (маса једног тела свуда је у Вациони иста, док се његова тежина мења на површинама разних небеских тела) *Њутон* је даље доказао, да привлачна снага зависи, и то управно, и од масе тела која се привлаче, и на тај начин дошао до оне форме закона свеопште гравитације коју смо раније навели.

Да завршим. Открићем гравитације *Њутон* је открио најраспрострањенију и најдубљу природну силу и тиме потпуно заслужио похвалу у Халејевом наведеноме стиху.

Д-р Бранислав Петронијевић