

АРТУР ЕДИНГТОН И ЊЕГОВА КЊИГА „ЗВЕЗДЕ И АТОМИ“

ЖАРКО МИЈАЈЛОВИЋ

Математички факултет, Београдски универзитет
Студентски трг 16, 11000 Београд
E-mail: zarkom@matf.bg.ac.rs

Резиме: Поред часописа *Сатурн* и *Васиона*, Астрономско друштво „Руђер Бошковић“ објавило је од свог оснивања 26 књига и зборника радова. Део ових публикација на популаран начин представљају астрономију и друге природне и математичке науке. Већину књига ипак чине зборници радова са конференција у организацији Друштва. Овде приказујемо прву књигу из ове едиције објављене пре Другог светског рата и биографију њеног аутора Артура Едингтона.

Кључне речи: Артур Едингтон, Астрономско друштво "Руђер Бошковић", историја науке

1. УВОД

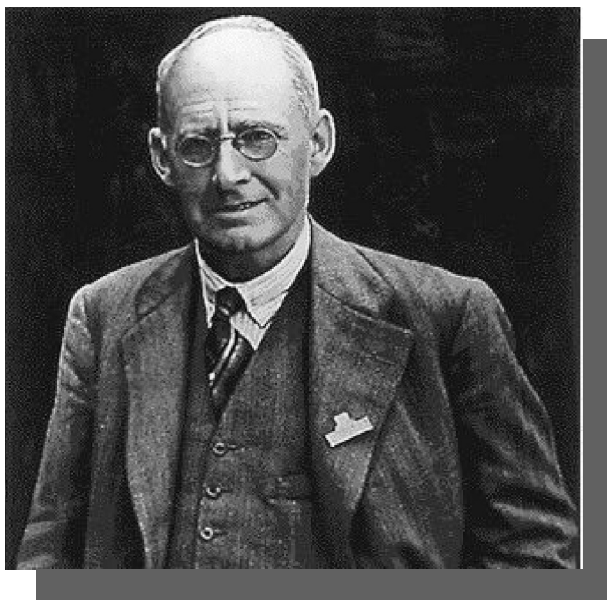
Пре Другог светског рата није штампано много књига из астрономије и популарне науке. Прегледи раних астрономских књига које су штампане у Србији или су аутори страни писци српског порекла, могу се наћи у Пејовић и Мијајловић (2011), Martocchia i Marchionni (2013) и Милисављевић и други (2011). Такође, драгоцене историјске информација из тог домена редовно се објављују у зборницима радова конференција *Развој астрономије код Срба* које се одржавају сваке друге године у организацији нашег угледног астронома, професора Милана Димитријевића.

Астрономско друштво „Руђер Бошковић“ (АДРБ) оснивано је средином 1930-их и одмах по оснивању почиње да објављује часопис *Сатурн*. То је било прво српско гласило намењено широј публици заинтересованој за астрономију и друге науке које се ослањају на астрономију. Са почетком Другог светског рата часопис је престао да излази. О томе је опширније писано у Пејовић и Мијајловић (2021) и Мијајловић и Пејовић (2021). Пред рат, АДРБ објављује преводе двеју књига, *Звезде и атоми*, Артура Едингтона, 1938, у преводу Милорада Б. Протића и *Улога Француске у развоју*

математике, Елиа Картана, 1941, са предговором који је написао Михаило Петровић Алас. Овом приликом представљамо прву књигу из ове едиције, Едингтонову *Звезде и атоми*. Поред прегледа књиге дајемо изводе из биографије аутора и преводиоца, а такође ћемо се посебно осврнути на астрофизичке теорије и филозофске погледе Артура Едингтона, знаменитог енглеског астрофизичара из прве половине 20. века. Дигиталне копије обе споменуте књиге депоноване су у Виртуелној библиотеци Математичког факултета у Београду.¹ Урађено је препознавање текста (OCR - optical character recognition) доста високог нивоа за обе књиге. То даје посебну техничку вредност дигиталним верзијама књига јер је овим омогућено брзо претраживање текста по било којим речима.

2. АРТУР ЕДИНГТОН

Изложићемо нешто детаљније Едингтонову биографију, јер као што ћемо видети његово породично порекло, образовање и верска уверења осетно су утицала на његов поглед на свет, па и на целокупно његово научно и филозофско дело. Његови радови из теорије гравитације, значајно су унапредили Ајнштајнову теорију релативности, а његова филозофија природе и данас је актуелна и о њој се расправља у филозофским круговима.



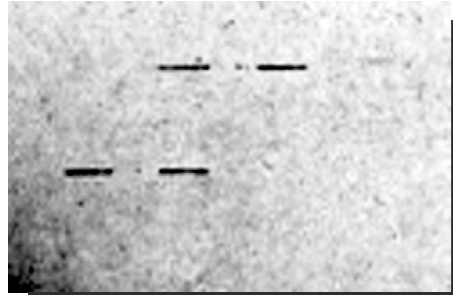
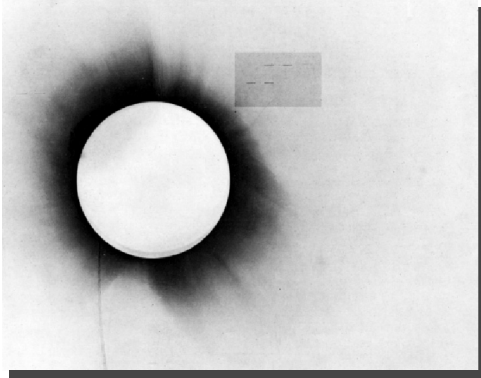
Сер Артур Стенли Едингтон

¹ *Virtual Library*, <http://elibrary.matf.bg.ac.rs>, Математички факултет у Београду.

Артур Едингтон (1882, Кендал, Вестморленд, Енглеска — 1944, Кембриџ, Кембриџшир), био је енглески астроном, физичар и математичар који је највећим делом радио у астрофизици, истражујући кретање, унутрашњу структуру и еволуцију звезда. Био је први који је излагао теорију релативности на енглеском језику. Едингтон је био син директора школе Страмонгејт, квекерске фондације у Кендалу близу језера Виндермер на северозападу Енглеске. Његов отац умро је од тифуса 1884. Удовица је одвела ћерку и малог сина у Вестон-супер-Маре у Сомерсету, где је млади Едингтон одрастао и школовао се. Уписао је Овенс колеџ у Манчестеру 1898. Добио је све математичке почасте, као и Сениор Вранглер (1904), Смитову награду и стипендију Тринити колеџа. Звање Плумиан професор астрономије добио је 1913. на Кембриџу, а 1914. постао је и директор опсерваторије. Од 1906. до 1913. Едингтон је био главни асистент Краљевске опсерваторије у Гриничу, где је стекао практично искуство у коришћењу астрономских инструмената. Утврдио је географску дужину Малте и истраживао дистрибуцију и кретање звезда.

Дао је видне доприносе у изучавању динамике глобуларних јата. У књизи *Кретање звезда и структура универзума* (1914) сумирао је своја математички елегантна истраживања кретања звезда у Млечном путу. Током Првог светског рата огласио се као пацифиста. Ово његово убеђење произашло је из његових јаким квекерских уверења. Његова религиозност такође је нашла израз у његовим популарним списима из филозофије наука. У *Науци и невидљивом свету* (1929) написао је да се значење света не може открити из науке, већ да се мора тражити кроз схватање духовне стварности. Ово уверење је изразио и у другим својим филозофским књигама: *Природа физичког света* (1928), *Нови путеви науке* (1935) и *Филозофија физичке науке* (1939). У то време, поред наставе и предавања, бавио се астрофизиком и теоријом релативности.

Предводио је 1919. експедицију на острво Принципе (Западна Африка) која је пружила прву експерименталну потврду опште теорије релативности, да гравитација према њеном резултату савија пут светлости када пролази близу масивне звезде. Током потпуног помрачења Сунца, откривено је да су позиције звезда које се виделе одмах поред помраченог соларног диска мало померене од центра диска, како је то иначе предвиђала општа теорија релативности,



Негатив историјског снимка помрачења Сунца посматраног са острва Принципе. Снимљено рефрактором , пречник објектива 10 цм.



Ајнштајн и Едингтон у Кембриџу, 1930.

Његов *Извештај о теорији релативности гравитације* (1918) који је написао за Физичко друштво, затим спис *Простор, време и гравитација* (1920) и његов велики трактат *Математичка теорија релативности* (1923), који је Ајнштајн сматрао најбољом презентацијом ове теорије на било ком језику, учинили су Едингтона водећим научником у области теорије релативности. Његов главни лични допринос била је бриљантна модификација афине (не-еуклидске) геометрије, којом је описао геометрију Космоса.

На неки начин Едингтон је антиципирао позадинско микроталасно зрачење (СМВ), 40 година пре његовог открића. У књизи *Унутрашња структура звезда* из 1926. израчунао је ефективну температуру 3.18 К дифузно расуте материје у космосу полазећи од дистрибуције звезда и међузвезданог гаса у галаксијама. Ова температура врло је блиска температури 2.725 К која се везује за СМВ, врсти космичког зрачења које је откривено тек 20 година после његове смрти. На основу овог рачуна Едингтон је поставио модел спектра којим се процењује међузвездано радијационо поље. У оптичком делу његов модел се у потпуности поклапао

са измереним подацима. Неки астрофизичари полазећи од овог Едингтоновог прорачуна одбацивали су данас владајући модел великог праска којим се данас СМВ објашњава и за који је СМВ главни доказ. Наравно, већина савремених космолога обацују ово Едингтоново објашњење, али ипак аргумент им се често своди на то да су ова поклапања „чиста коинциденција“². Више о овој теми читалац може наћи на пр у Gherab-Martin (2013).²

Касније, када је белгијски астроном Жорж Леметр изнео хипотезу о ширењу универзума, Едингтон се бавио том темом. Ова истраживања представио је књизи *Универзум који се шири* (1933). Овде Едингтон описује космолошки модел, који почиње као Ајнштајнов статички модел у којем репулзивна космолошка константа Λ само балансира гравитационо привлачење услед присуства материје. Показао да је ова равнотежа нестабилна, а Ајнштајнов модел би колапсирао или започео бесконачну експанзију. Пошто је већ онда примећено да се Универзум шири (Хаблова константа), Едингтон је претпоставио да је првобитно статични Универзум еволуирао из равнотеже у ширење. Приметимо да је према савременом Λ CDM моделу у којем Ајнштајнова Λ константа представља тамну енергију, пре отприлике седам милијарди година тамна енергија заиста била у равнотежи са барионском материјом. У другој књизи, *Теорија релативности протона и електрона* (1936), бави се квантном теоријом. Одржао је многа популарна предавања о релативности, што је допринело да многе убеди у исправност ове теорије.

Едингтонова филозофија

Сходно свом филозофском уверењу сматрао је да би кроз уједињење квантне теорије и опште теорије релативности било могуће израчунати вредности универзалних константи, посебно *константе фине структуре* (њоме се одређује елегроматгнетна интеракција између елементарних наелектрисаних честица), *однос масе протона и масе електрона*, и *број атома у универзуму*. Ово је био његов покушај, никада довршен, велике синтезе познатих чињеница о физичком универзуму. Ова истраживања објављена су постхумно у књизи *Фундаментална теорија* (1946), коју је уредио Едмунд Тејлор Витакер. Књига која је у главном неразумљива већини читалаца и збуњујућа на многим местима, ипак за многе истаживаче и даље представља велики и стални изазов, видети нпр. Gherab-Martin (2013). Следећи цитат из његовог дела *The Nature of the Physical World*, (стр. 276–81) описује његов на поглед на ум (*mind*) и свест, оне елементе субјекта - личности који омогућавају да субјекат буде свестан спољног света и својих искустава, да мисли и осећа, својства која чине заправо главне претпоставке и способности свести и мисли:

² Види и: *Eddington's temperature of space*, <https://astro.ucla.edu>

Умна супстанца света је, наравно, нешто опитије од наших индивидуалних свесних умова... Умна супстанца није распрострањена у простору и времену; то је део цикличне шеме која је на крају изведена из ње... Неопходно је да се стално подсећамо да су сва сазнања о нашем окружењу од којег је изграђен физички свет ушла у облику порука које се преносе нервима до седиште свести ...

Свест није оштро дефинисана, већ бледи у подсвести; а даље од тога морамо да постулирамо нешто неодређено, али ипак сагласно са нашом менталном природом... Физичару је тешко да прихвати став да је супстрат свега менталног карактера. Али нико не може порећи да је ум прва и најдиректнија ствар у нашем искуству, а све остало је удаљен закључак.

Чарлс Де Конинк, белгијско-канадски филозоф, истиче да је Едингтон веровао у објективну стварност која постоји одвојено од наших умова, али је користио фразу *умна супстанца света* да би истакао инхерентну природу разумљивости света: да су наши умови и физички свет направљени од истих „ствари“ и да су наши умови неизбежна веза са светом. Своје мишљење потврђује занимљивим Едингтоновим цитатом:

Постоји доктрина добро позната филозофима да Месећ престаје да постоји када га нико не гледа. Нећу расправљати о доктрини јер немам ни најмање представу шта је значење речи постојање када се користи у вези са тим. У сваком случају, наука о астрономији није заснована на овој спазматичној врсти Месеца. У научном свету (који мора да испуни функције мање нејасне од пуког постојања) постоји Месећ који се појавио на сцени пре астронома; рефлектује сунчеву светлост када је нико не види; има масу када масу нико не мери; удаљена је 240.000 миља од Земље када нико не мери удаљеност; и помрачиће Сунце 1999³. чак и ако је људска раса успела да се истреби пре тог датума.

Идеализам као закључак није био саставни део његове епистемологије, већ би могао бити заснован на два главна аргумента. Први произилази директно из савремене физике. Механицистичке теорије етра и понашања елементарних честица су одбачене и у теорији релативности и у квантној механици. Едингтон одатле закључује да је материјалистичка метафизика превазиђена и с обзиром да је дисјункција материјализма и идеализма ексклузивна (... или ... или), мора се претпоставити идеалистичка метафизика.

Други, занимљивији аргумент, заснован је на Едингтоновој епистемологији и може се сматрати да се састоји од два дела. *Прво* све што знамо о објективном свету је његова структура, а структура објективног света се управо огледа у нашој сопственој свести. Стога немамо разлога да сумњамо да је и објективни свет „ствар ума“. Дуалистичка метафизика, дакле, не може бити евидентно подржана. *Друго*, не само да се не може

³ Тотално помрачење видело са севера Србије, напомена аутора.

знати да је објективни свет не-менталан, већ не можемо ни разумно претпоставити да би могао бити материјалан. Замишљање дуализма подразумева приписивање материјалних својстава објективном свету. Међутим, то претпоставља да објективни свет има материјална својства. Али ово је апсурд, јер све што се посматра мора на крају бити садржај наше сопствене свести, а самим тим је и нематеријалан.

Едингтона су многи велики филозофи и физичари цитирали, а такође су расправљали о његовим филозофским погледима. Није једноставно Едингтонову филозофију физике сврстати у неки одређени филозофски правац. Неки аутори сматрају да је његова филозофија смештена између идеализма и мистицизма. Други Едингтона одређују као блиског логичком позитивизму. Трећи пак пишу да је Едингтонова филозофија коју је проповедао сасвим супротна од оне за коју је инсистирао да се расправља. Овде није место да дубље улазимо у ову тему, али постоје многи прегледи и доста детаљне анализе овог метафизичког дела Едингтоновог стваралаштва, нпр. Gherab-Martin (2013).

Цртице из Едингоновог живота

Едингтон је добио многа признања, укључујући почасне докторате са 13 универзитета. Био је председник Краљевског астрономског друштва (1921–23), Британског Физичког друштва (1930–32), Британског математичког удружења (1932) и Међународне астрономске уније (1938–44). Проглашен је витезом 1930, а Орден за заслуге добио је 1938. Састанке Краљевског астрономског друштва често су обележавали драматични сукоби Едингтона и сер Џејмса Хопвуда Џинса или Едварда Артура Милна око валидности научних претпоставки и математичких процедура.

Његов рад у астрофизици представљен је у књизи *Унутрашње устројство звезда* (1925) и јавним предавањима објављеним као *Звезде и атоми* (1927). У својим добро написаним популарним књигама он је такође изложио своју научну епистемологију, коју је назвао „селективни субјективизам“ и „структурализам“ – то јест, сматрао је да је то међуигра физичких посматрања и геометрије. Веровао је да велики део физике једноставно одражава тумачење које научник намеће својим подацима. Међутим, бољи део његове филозофије није била метафизика већ његова „структурна“ логика. Његов теоријски рад у физици је стимулативно деловао на мисао и истраживање других, а као резултат његовог рада отвориле су се многе нове странице научног истраживања.

Поред свега, Едингтон је био ентузијаста и учесник у многим атлетским дисциплинама, ограничавајући се у каснијим годинама на бициклизам, пливање и голф.

Постоје и многе анегдоте о Едингтону. На пример, током предавања које је одржао 1938. као Гарнер предавач на Тринити колеџу у Кембриџу, Едингтон је изјавио да:

Верујем да има

15 747724 136275 002577 605653 961181 555468 044717 914527 116709
366231 425076 185631 031296

протона у Космосу и исти толики број електрона.

Овај заиста велики број $\approx 1.57 \times 10^{79}$ убрзо је назван „Едингтоновим бројем“. Занимљиво је да Едингтонов број мало одступа од савремене процене која износи 10^{80} .

Чувена је и следећа анегдота о броју познаваоца опште теорије релативности. Сир Џозеф Џон Томсон, нобеловац, је као председник Краљевског друштва, једном приликом закључио састанак Друштва изјавом *Морам признати да још нико није успео да јасно каже шта је заправо Ајнштајнова теорија*. Док се састанак разилазио, Лудвиг Силберстајн, аутор једне од раних књига о релативности, пришао је Едингтону и рекао му: *Професоре Едингтон, ви мора да сте једна од три особе на свету које разумеју општу релативност*. На Едингтоново ћутање, подразумевајући и себе поред Ајнштајна и Едингтона, Силберстајн се поново јавио *Не будите тако скромни и уздржани Едингтоне*. Едингтон је на то одговорио: *Напротив, покушавам да се сетим ко је трећа особа!*

3. КЊИГА ЗВЕЗДЕ И АТОМИ

Едингтон је био велики популаризатор науке, држао је јавна предавања и писао популарна дела из астрономије. Књига *Звезде и атоми* базирана је на Едингтоновим расправама и предавањима из 1926. године. Првобитна верзија потиче са вечерње расправе која је одржана на састанку Британског удружења у Оксфорду у августу 1926. Затим је књига проширена и поново објављена 1927. у облику три приступачна и занимљива предавања. Књига је преведена на више језика: немачки, француски, српски и друге. Поред излагања у оно време основних знања из астрофизике, избор тема у потпуности рефлектује Едингонова занимања за одређене области из ове науке.

Књига се састоји из следећих поглавља: *Унутрашњост звезде, Температура унутрашњости, Јонизација атома, Зрачење, притисак и маса, Унутрашњост звезде, Непрозирност звездане материје, Нека недавна истраживања, Прича о Алголу, Прича о Сиријусовом пратиоцу, Прича о Бетелгези, Спектрални низ, Сунчева хромосфера, Пулсирајуће звезде, Цефеиде - светлосни еталон, Еволуција звезда*.

Књига нуди знање из астрофизике, атомистике и физике Сунца из 1930-их, не користећи математички апарат. Уз додатак формула и данас би била одличан уџбеник астрофизике. Велике енглеске издавачке куће и данас је прештампавају и објављују.

A. S. EDDINGTON

ЗВЕЗДЕ И АТОМИ

ПРЕВЕО
М. Б. ПРОТИЋ

БЕОГРАД
ИЗДАЊЕ АСТРОНОМСКОГ ДРУШТВА
1938

Ова проницљива и занимљива збирка есеја о атому, звездама и космосу препоручује се читаоцима који су заинтересовани за историју и развој астрономије и представља одличан додатак библиотекама сродне литературе. Писац овог текста имао је прилику да се сусретне са овом књигом и прочита је у својим гимназијским данима, крајем 1960-их. Она је свакако утицала да је његово велико занимање за астрономију остало до данас, мада његово образовање и професија леже у сасвим другој области.

Код нас је књигу превео угледни српски астроном **Милорад Б. Протић** (1911-2001) 1938. године и у овој верзији садржи четири предавања и на крају књиге два мања додатка. Протић је провео највећи део свог радног века на Астрономској опсерваторији у Београду. Бавио се углавном малим планетама и рекордер је међу српским астрономима по броју открића ових малих небеских тела. Открио је седам нових астероида и независно пронашао тридесетак других за које се испоставило да су их већ открили други астрономи у свету. Један астероид носи његово име 22278 Protic, а поменутих седам је сам именовао. Занимљиво је да постоје и астероиди

названи по по његовој ћерци Војислави и унуку Владимиру, који су такође астрономи.

У два мандата био је директор Астрономске опсерваторије у Београду. Такође је био члан Комисије 20 за мале планете и сателите у оквиру Међународне астрономске уније.



Милорад Протић

Литература

- Dimitrijević, M. S.: 1998, *Serb. Astron. J.*, **158**, 131-145.
- Faulkner, D. 2014, *Comments on the cosmicmicronjave Background*, *Answers Research Jour.*, **20**, 83-90.
- Karim J. Gherab-Martin: 2013, *From structuralism to neutral monism in Arthur S. Eddington's philosophy of physics*, *Studies Hist. Phil. of Science Part B: Studies in Hist. and Phil. of Modern Physics*, **44**, 4, 500-512
- Martocchia, A. and Marchionni, S.: 2013, *Semantic scholar*, Corpus ID: 219332281.
- Milislavljević, S., Samardžija, B., Marčeta, D. and Šegan, S.: 2011, *NCD Review*, **18**, 75-82.
- Rejović, N. and Mijajlović, Ž.: 2011, *NCD Review*, **19**, 11-25.
- Rejović, N. and Mijajlović, Ž.: 2021, *Saturn - a Serbian journal on astronomy from the past*, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, **100**, 301-305.
- Мијајловић, Ж и Пејовић, Н.: 2021, *Електронска архива научно-популарних часописа из астрономије*, 36. Радова конф. „Развој астрономије код Срба“, Београд, април 2021, АДРБ, св. 22, 303-310.
- Протић Бенишек, В., Димитријевић, М. С.: 2014, *Publ. Astr. Soc. "Rudjer Bošković"*, **13**, 625-630.

ARTHUR EDDINGTON AND HIS BOOK STARS AND ATOMS

In addition to the magazines *Saturn* and *Vasiona*, the Astronomical Society "Rudjer Bošković" has published 25 books and collections of papers since its foundation. Some of these publications present astronomy and other natural and mathematical sciences in a popular way. The majority of the books, however, consists of proceedings from the conferences organized by the Society. Here we present the first book from this edition published before the Second World War and a biography of its author, Arthur Eddington.

Key words: Arthur Eddington, Astronomical Society "Rudjer Bošković", history of sciences