

## ДОПРИНОС МИХАЈЛА ИДВОРСКОГ ПУПИНА АСТРОНОМИЈИ

НЕНАД Ђ. ЛАЗАРОВ<sup>1</sup> и ДРАГОЉУБ А. ЦУЦИЋ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду, Институт за Нуклеарне Наука “Винча” —  
Институт од националног значаја за Републику Србију, Лабораторија  
за теоријску физику и физику кондензоване материје, Мике Петровића  
Аласа 12-14, 11 001 Београд, Република Србија;

<sup>2</sup>Регионални Центар за Таленте “Михајло Пупин”, Димитрија Туцовића 2,  
26000 Панчево, Република Србија;

E-mail: lazarov@vinca.rs and dragoljub.cucic@rctpupin.edu.rs

**Резиме:** Представљамо рад Михајла Идворског Пупина - математичара, астронома физико хемичара, физичар, електроинжињера, писца и новинара који је покушао помоћу рада на експериментима, објављеним у радовима из 1892. и 1893. године да објасни појаву сунчеве короне. У овом раду смо разматрали Пупина као астронома. Његови радови о коронарном пражњењу су представљени на Националној Академији Наука у Вашингтону 22. априла 1892. године. Његови експерименти су у сагласности са експериментима Николе Тесле и професора Ц. Ц. Томпсона. Слике сунчеве короне које је добио у лабораторијским условима се поклапају у доброј мери са астрономским посматрањем сунчеве короне.

**Кључне речи:** Михајло Пупин, историја астрономије, коронарно пражњење

### 1. УВОД

ЕЛЕКТРИЧНО ПРАЖЊЕЊЕ КРОЗ СЛАБ ВАКУУМ И О КОРОНАРНОМ  
ПРАЖЊЕЊУ  
ИЗЛОЖЕНО У НАЦИОНАЛНОЈ АКАДЕМИЈИ НАУКА, Вашингтон 22.  
априла 1892. године

Разматра пражњење кроз слаб вакуум јер то није заинтересовало друге експериментаторе. У овим експерименталним истраживањима се користи вакуумска посуда са металним електродама, који се спајају на електрични генератор малог капацитета, који не омогућавају лако и брзо подешавање експерименталних параметара:

- варијација димензије и облика електроде
- фреквенције пражњења
- јачина електромоторне силе итд.

Зашто разматра пражњења у слабом вакууму!

Таква пражњења личе на сунчеву корону.

Циљ овог рада је да се други заинтересују за овај проблем, који имају боље апартуре и више новца.

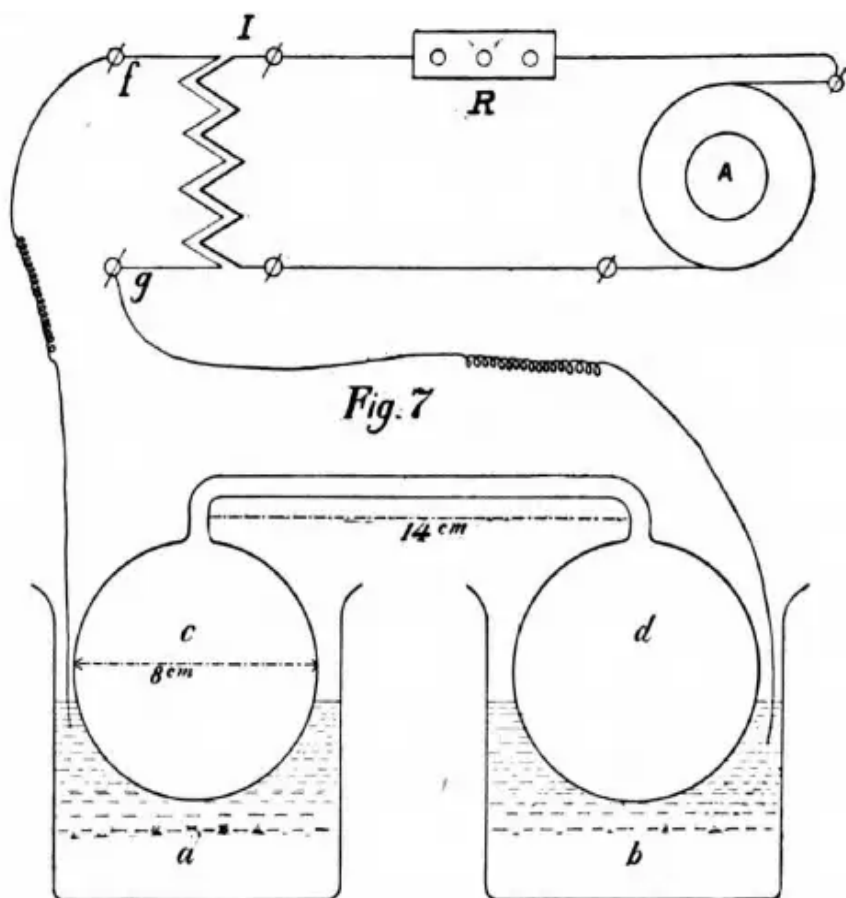
## **2. ОПИС МЕТОДЕ ДОБИЈАЊА ВАКУМСКИХ ПРАЖЊЕЊА ЈЕ ПРИКАЗАН СЛЕДЕЋИМ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОМ МЕТОДОМ**

Експеримент је приказан на слици 7. Полови  $f$  и  $g$  малог Ричијевог намотаја су повезани са два теглама  $a$  и  $b$  које садрже воду до извесног нивоа. Примарни калем је напајан струјом из алтернатора  $A$  јачине  $0,25$  КС, који даје наизменичну струју од око  $80$  периода. Отпорна кутија  $P$  регулише јачину примарне струје. Брзина мотора који покреће алтернатор регулише периодичност струје.

Вакумска посуда с  $i$   $d$ , која се састоји од два стаклена балона (сијалице), сваки пречника око  $8$  цм, спојена су уском цевчицом и уроњена сваки у своју теглу. Повезане сијалице садржавају разређени ваздух притиска од око  $5$  mmHg. Чим је сијалица достигла одређену дубину, дошло је до пражњења које је произносило савршено стабилни и континуални сјај тамно црвени и дисперзован. Интензитет осветљености се повећавао са повећањем површине контакта између воде и сијалица.

Исти ефекат је постигнут постављањем Холц машина уместо индукционог калема и алтернатора. У овом случају ефекат је, наравно, био последица осцилација које ствара варница између полова машине. Две вакуумске сијалице уроњене у воду повезане цевчицом изгледају као два кондензатора спојена у серију. Чини се сувишним описивати очигледне експерименте које је морао да изведе, да бих доказао следеће чињенице: Интензитет осветљења расте са површином кондензатора сијалица, са учесталашћу промена и са ефективном електромоторном силом уређаја за пуњење. Укупна количина произведене светлости ће се повећати са повећањем проводљивости вакуума, ако узмемо да је геометрија апаратуре иста као и остали параметри: утопљеност сијалица у воду, јачина електромоторне силе итд. И раније су постојали слични закључци који су били недоречени. Светлећи ефекти које је успео да произведе на описани начин били су толико моћни, да је сматрао да вреди да направи електричну лампу на овом принципу. Ово помињемо да би смо истакли да је ову методу добијања веома моћних вакуумских пражњења разрадио неколико месеци пре објављивања величанствених експеримената Николе Тесле и професора Џ. Џ. Томсона. Значајан број резултата које је добио у својим експериментима су једноставно понављање, на малим скалама, резултата

које су добили ови научници. Међутим постоји значајна разлика између његовог рада и њиховог када је у питању истраживања односа између карактера пражњења, притиска у вакууму, и ефективне е. м. с. који производи пражњење.

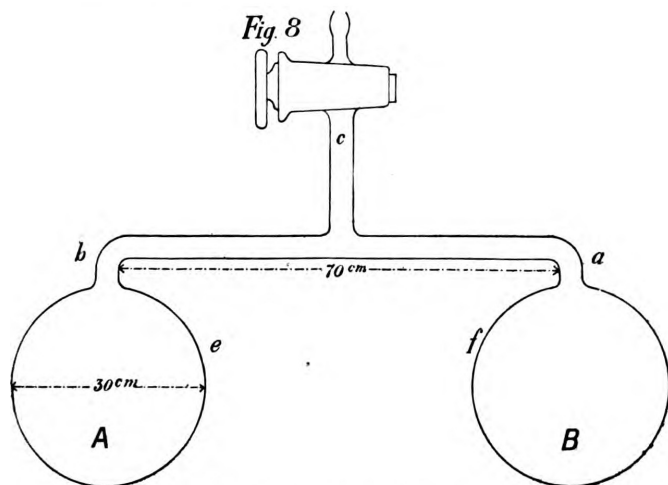


Следећи експерименти ће показати неке од карактеристичних особина овог односа.

### 3. КРИТИЧНЕ ТАЧКЕ ПРАЖЊЕЊА

На горњој слици су дати балони већих димензија него на претходној слици. Узимамо балоне малих димензија као на претходној слици. Балони А и Б су до краја уроњени у воду дестиловану и закисељену. Притисак у балонима је 2мм Hg стуба. Напаја се из велике машине наизменичне струје. Пражњење је почињало пре него што је отпорник R показивао да је ЕМС секундара достигла своју максималну вредност. Тамно црвени сјај био је врло благ, миран и стабилан. Додиривањем уске цеви у било којој тачки

повећавало је сјај испод тачке додира као и пражњење, које ће почети на много нижој ЕМС ако се потпомогне додиром жице савијене у облику проводника.



Смањењем ЕМС долази се до критичне тачке престанка пражњења, која је много нижа од тачке на којој се поново успоставља, а размак између те две тачке се смањује честим понављањем стварања пражњења и његовог прекидања. Урањењем балона до одређене дубине долазило је до пражњења, док је пражњење потпуно престајало тек када су балони издигнути изнад воде. Дубина до које су поново потопљени балони је мања него у претходном случају и све мања и мања уколико је интервал између урањања и извањања балона све чешћи. Додиривањем проводника смањује се критична тачка, а сталним додиривањем цевчице на сваки секунд добијамо жмигавце, вакумска цев се брзо пали и гаси. Овакво пражњење при свим притисцима подупиरे теорију дисоцијације професора Томсона.

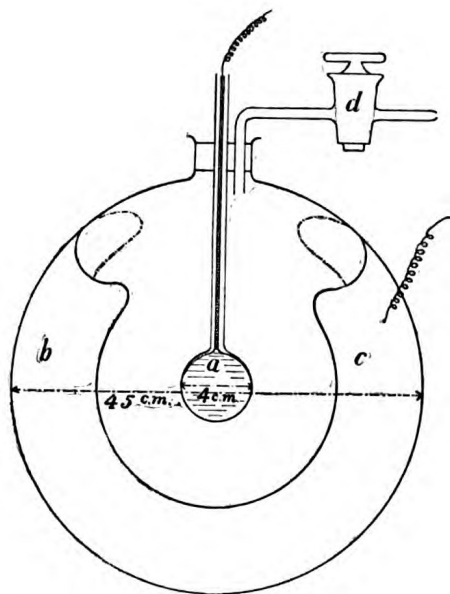
#### 4. ФЕНОМЕН КОЈИ УКАЗУЈУ НА ДИСОЦИЈАЦИЈУ МОЛЕКУЛА

Истраживањем пражњења која се јављају у сијалицама А и Б утврђено је да је електрични ток концентрисан у танком слоју разређеног гаса који је у додиру са унутрашњом површином сијалице за време када ЕМС није била знатно изнад критичне тачке и када ток струје није био знатан. Постојао је клизећи слој светлог гаса у сваком балону који је кретао од улаза у балон па по целој унутрашњости површине балона и завршавао се на дну балона у немирном магловитом светлу. Када је вакум био добар није било клизећег слоја ни облака, изгледало је као да не постоји кретање дела гаса, а пражњење је јасно светлело

## 5. ЕКСПЕРИМЕНТ КОЈИ ОБЈАШЊАВА ПРЕТХОДНЕ ЧИЊЕНИЦЕ

Стаклени балон **a** са излазом у облику дебеле цевчице са малим пречником напуњен је закисељеном водом и постављен у средиште већег стакленог балона као на следећој слици. Балон је обложен широком траком од металне фолије која заузима трећину површи балона (ц, б). Ваздух је испумпан кроз цев (д) до притиска 8ммHg. Течност у балону (а) и метална фолија биле су повезане на секундар индукционог калема. ЕМС је мало изнад критичне тачке; тада је пражњење било у облику треперећих струја у облику конусне површине са центром у средишту балона (а) и изводницама упереним ка ивици металне фолије. Није било видљивог пражњења између балона и средишњег дела фолије. Када се потенцијал повећавао пражњење је захватило и средишњи део фолије а струјница је било мање и биле су стабилније што је пражњењу давало магловити изглед. Пражњење увек започиње између делова највеће густине наелектрисања и свако потоње пражњење тежи да пролази истом путањом, као и почетно, због повећане проводности дуж ове путање. Међутим то да се формира танка струјница кроз гас а да се при загревању гаса оне не распршује већ остаје стабилно дефинисан правац, као и појава флуоресцентног ореола око струјнице одговара закључку професора Џ. Џ. Томпсона да се ради о дисоцираним молекулама ксеоника који су одбачени са пута пражњења.

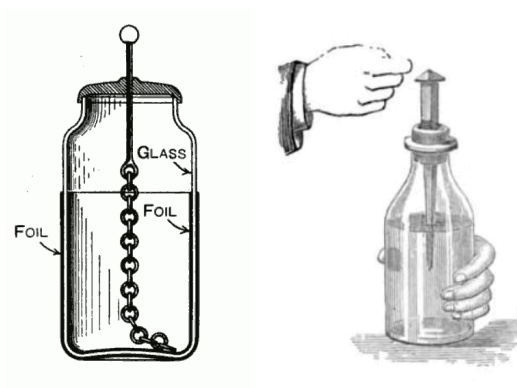
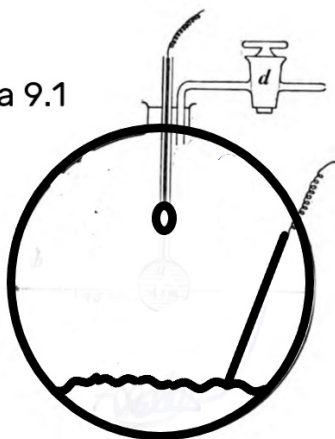
*Fig. 9*



## 6. ЕКСПЕРИМЕНТ КОЈИ ДОКАЗУЈЕ ДИСОЦИЈАЦИЈУ МОЛЕКУЛА КИСЕОНИКА

Дебела жица од немачког сребра дужине 60 цм била је савијена у 12 цикцак делова и постављена хоризонтално на дну боце. Жица је провучена кроз гумени запушач у грлу боце и повезивала је цикцак электроду са једним крајем индукционог калема, док је друга електрода, мала месингана сфера, била постављена вертикално, одмах испод гуменог запушача, као на следећој слици. Најкраће растојање између њих је 30 цм. Пражњење је било између најниже тачке електроде и највише тачке цикцак жице. Пражњење је имало облик траке ширине 3 цм, интензивно светлећи на крају електрода док слабије светли дуж осталих делова траке. Постојало је пузање пражњења дуж цикцак електроде у облику светлог ореола који је окруживао электроду налик на уску светлу цев. Ово пражњење је подсећало на *aurore Borealis* од 13. 02. 1892. године, а тај ефекат може да се изазове наглим пражњењем лајденске боце.

slika 9.1



Слике приказују Лајденске боце.

## 7. ФЕНОМЕН КОЈИ УКАЗУЈЕ НА ТРАНСЛАТОРНО КРЕТАЊЕ ГАСА

Окретањем славине С неколико пута смањиван је вакуум, тако је притисак у вакууму износио 20 мм Hg.

Опис пражњења:

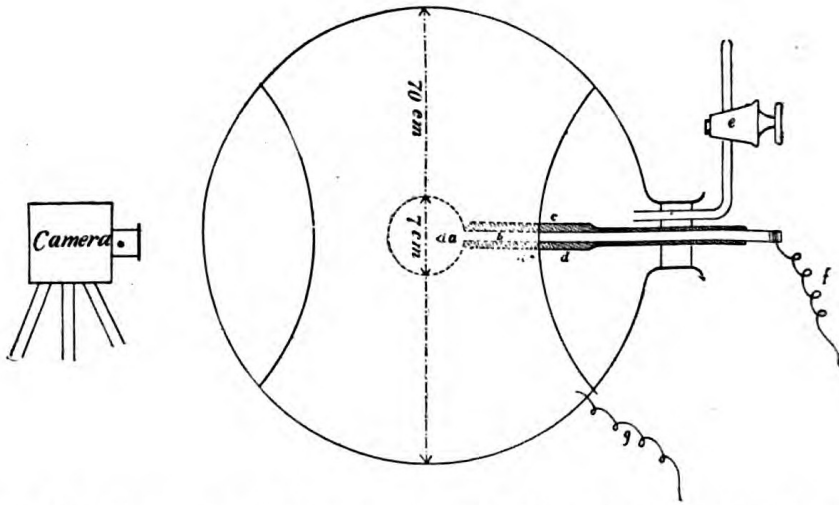
Пражњење је било као светли млаз који избија из цеви у балоне. У пролазу кроз кривине а и б се рефлектује па клизи дуж површине балона ка тачкама е и f. Унутар балона, млаз је брзо осциловао, био је подењен на неколико делова од којих се сваки састојао од мање више интезивних струјница. Мала промена кривине грлића доводила је до промене облика млаза. Са повећањем притиска гаса јавља се фосфоресценција која изгледа најјача у тачкама а и б. Била је јака у цеви С и ако тамо нема пражњења. Висина фосфоресценције у овој цеви се повећавала са повећањем струје. Свака мала промена јачине струје проузрокује промену висине фосфоресцентног стуба у цеви С, док, када пражњење престане, дуж целе цеви се види фосфоресцентни јак сјај. Ове чињенице указују да се гас трансляторно креће услед тога што је избациван са путање главног пражњења. И феномен који се дешава, је да се струјница пражњења закривљује услед одбојне силе друге паралелне струјнице и да се одбија о зид, као што би учинио млаз воде, када би ударио у круту површину.

## 8. КОРОНАРНО ПРАЖЊЕЊЕ

Експеримент:

Велики стаклени балон је покривен танком фолијом дуж оних делова спољне површине, који би приближно одговарали температурним зонама, док је грлић био један пол. Покривка од металне фолије је била преко жице g, повезана са једним полом индукционог калема и имала је улогу једне електроде балона. Друга електрода је била месингана сфера а, спојена за месингану шипку b.

*Fig. 10*



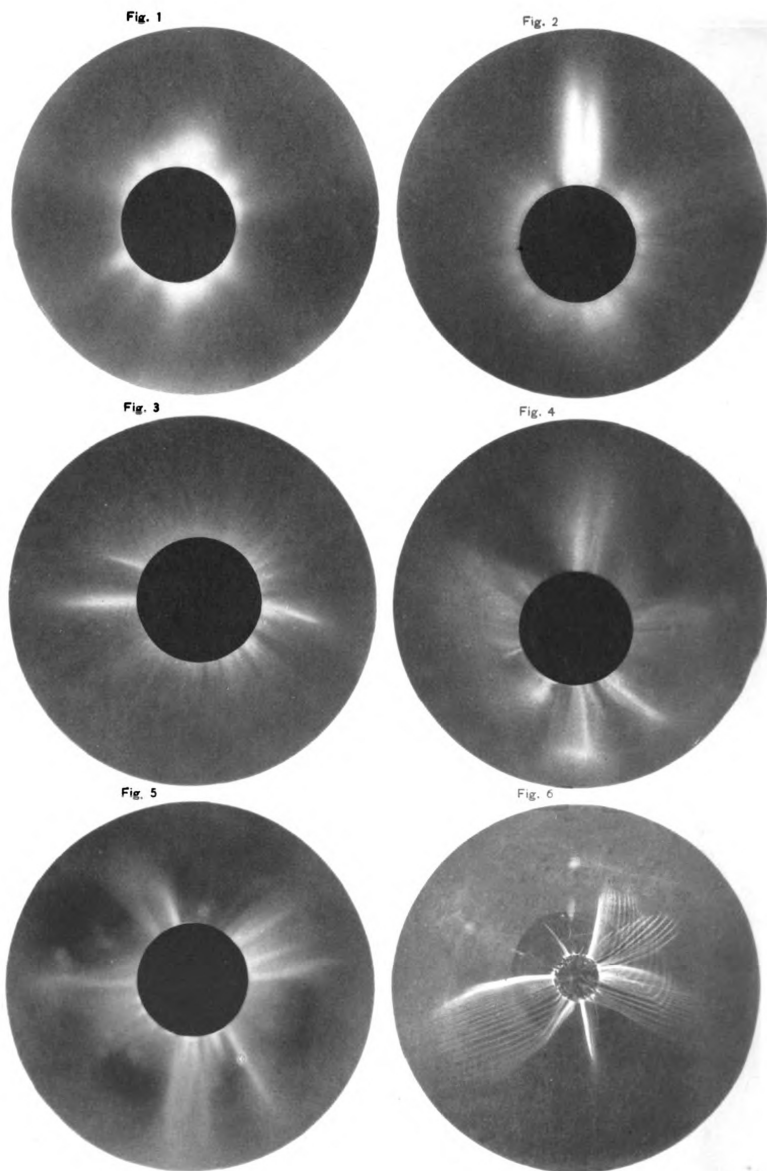
Ова месингана шипка је била окружена стаклестим цевим *c* и *d*, а међупростор је попуњен заптивним воском. Таква конструкција је мењала притисак до 100 ммHg без ризика да индукциони калем неће моћи да изазове пражњење. Пражњење је снимано камером постављеном испред балона као на горњој слици. Досадашње слике приказују пражњења при различитим притисцима. На горњој слици је притисак 60 ммHg, значи врло слаб вакуум.

Опис горње слике.

Пражњење је отпочињало у облику четири велике струјнице, са кратким светлим млазевима којих је било у великом броју и били су униформно распоређени по сфери. Изглед сфере подсећа на грануларну структуру Сунчевог диска као што је објављено на фотографијама Сунца Радерфорда, Јенсена и Вогела.



Фотографија Сунца Радерфорда, Јенсена и Вогела.



CORONOIDAL ELECTRICAL DISCHARGES (PUPIN)

Струјнице и млазеви су ротирали. Необична закривљеност појединих токова струјница означава постојање две врсте кретања. Једно транслаторно дуж продужетка радијуса мале сфере и друго ротационо. Ово ротационо кретање настаје услед одбојне силе која делује међу струјницама у вакуумском пражњењу. Овакво дејство је демонстрирано претходним експериментима. Даља истраживања у овом смеру су навела на закључак да

се две струјнице међусобно одбијају због кретања хладнијег гаса између њих а ово кретање је било изазвано огромним загревајућим ефектом при пражњењу. Последица овога је да се честице које формирају пражњење сукцесивно померају и да свако следеће сукцесивно пражњење преферира пражњење кроз које је свако претходно пражњење прошло. Следи да је ротационо кретање успостављено у различитим деловима пражњења. Додатна потврда у прилог кретању дуж струјнице је чињеница да дуж читаве унуташње површине великог стакленог балона, који је испод делова покривеног металном фолијом, постоји слаба осетљивост која се повећава са пражњењем, а која потиче од усијаних молекула гаса који су ударили у површину балона и били рефлектовани од ње. Ако се излазни део цевчице спусти до нивоа пражњења, уочава се да усијани гас лети кроз ову цев према запушачу на излазу балона.

## 9. ЗАКЉУЧАК

Михајло Пупин је успео да направи апаратуре за своје експерименте. Експериментисањем у лабораторијским условима успео је доста реално да репрезентује сунчеву корону. Резултате које је добио у доброј мери описују реално стање сунчеве короне.

## Литература

М. И. Pupin : 1892, *American Journal of Sciences*, **XLIII**, 463-475.

М. И. Pupin : 1892, *Astronomy and Astrophysics*, **XI**, 484-496.

Војин Поповић: 1998 *Књига Чланци Михајло Пупин*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.

## THE CONTRIBUTION OF MICHAEL IDVORSKI PUPIN TO ASTRONOMY

We present the work of Michael Idvorski Pupin - mathematician, astronomer physicist, chemist, electrical engineer, writer and journalist who tried, using work on experiments, published in papers from 1892 and 1893, to explain the phenomenon of solar corona. In this paper we considered Pupin as an astronomer. His works on coronary discharge were presented at the National Academy of Sciences in Washington on April 22, 1892. His experiments are in agreement with the experiments of Nikola Tesla and Professor J. J. Thompson. Pictures of the solar corona which are obtained in laboratory conditions coincide to a good extent with astronomical ones. obtained by observing the solar corona.

**Key words:** Michael Pupin, History of Astronomy, coronal discharge