

*Проф. др ЈЕЛЕНА МИЛОГРАДОВ-ТУРИН*  
*Математички факултет*  
*11000 Београд*  
*Студентски брз 16*  
*e-mail: jelenam@matf.bg.ac.yu*

**РАДОВИ ЂОРЂА СТАНОЈЕВИЋА ИЗ ФИЗИКЕ  
АТМОСФЕРА СУНЦА И ЗЕМЉЕ – ПРВИ  
АСТРОФИЗИЧКИ РАДОВИ КОД СРБА**

**ЂОРЂЕ STANOJEVIĆ'S WORKS IN THE PHYSICS OF  
THE SUN AND EARTH ATMOSPHERE – THE FIRST  
ASTROPHYSICAL WORKS AMONGST SERBS**

**САЖЕТАК:** Дат је преглед свих Станојевићевих астрофизичких радова. Истраживање фотосферских мрежа које је открио Станојевићев ментор Жансен су два најважнија Станојевићева научна рада. То су истовремено и први астрофизички радови код Срба. Снимање Сунчевог помрачења 19. августа 1887. и мерења обављена том приликом су изнети и резултати упоређени са циклусом Сунчеве активности. Учесће Станојевића у снимању и истраживању телурских линија је размотрено.

**SUMMARY:** This paper presents and analyzes Stanojević's astrophysical works. The first two related to photospherical nets discovered by Janssen are Stanojević's most important scientific works. They are at the same time the first astrophysical works amongst Serbs. Measurements and photographs made during the Solar eclipse of 19 August 1887 are described and compared with the current solar cycle. Participation in photographing and research of telluric lines is discussed.

## Увод

Сви астрофизички радови Ђорђа Станојевића се односе на атмосферу Сунца и Земље. Могу се условно поделити на три групе. Прва два рада су везана за Сунчеву фотосферу и, како је он мислио, за слој изнад фотосфере, а како се испоставило за слој Земљине атмосфере близу телескопа. Рад из друге групе је повезан са помрачењем Сунца и односи се на горње слојеве Сунчеве атмосфере јер се таквом приликом управо они снимају. Трћа група је била намењена истраживању састава и стања Земљине атмосфере снимањем и испитивањем телурских линија.

Радови из прве две групе потичу из кратког временског интервала: 1886-1887. То су године полета талентованог младића који је умео да искористи свој боравак у иностранству и освоји благоданост ментора. Посматрање телурских линија потиче из зиме 1889/90. и резултат је очуваних веза са ментором – професором Жилом Жансеном (Jules Janssen) и по повратку у Србију.

С обзиром да астрофизика почиње Кирхофовим радом идентификације линија у Сунчевом спектру из 1859. године, почетак астрофизике код Срба није сувише окаснιο. Нажалост, после тога је следио дуг застој.

У астрофичке радове стриктно речено не спадају ни први<sup>1</sup> ни други<sup>2</sup> рад у којима је поменуто Станојевићево презиме, и то као помоћника Жансена. Односе се на испитивања састојака Земљине атмосфере у лабораторији опсерваторије у Медону. С једне стране то је лабораторијски посао, али с друге стране ти гасови су састојци атмосфере планете Земље па је допуштиво бар их поменути. Сам Станојевић каже да га је рад на томе инспирисао за астрономска дела. Оба та лабораторијска истраживања нису довела ни Жансена до пресудних закључака.

Сви ти радови су урађени у иностранству и објављени или поменути у чувеном часопису Париске академије наука *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* - краћено CR.

## О пореклу фотосферских Сунчевих мрежа

Овај рад је први прави самостални научни рад Ђорђа Станојевића и то несумњиво из астрофизике. Тиме је то и први научни рад из астрофизике код Срба.

---

1 Jules Janssen. Analyse spectrale des éléments de l'atmosphère terrestre, CR, CI, (1885), 649-650.

2 Jules Janssen. Sur les spectres d'absorption de l'oxygène, CR, CII, (1886), 1352-1353.

У време када је Станојевић стигао у Медон, Жансен је био светски славан научник. Његово главно поље рада је било Сунце и његово зрачење. Као директор новоосноване Астрофизичке опсерваторије Париза са седиштем у Медону, увео је снимање Сунца као сталан задатак и већ 1877. приметио је мрежасте структуре на фотографијама фотосфере. О томе је известио Академију наука<sup>3</sup> и заинтересовао светску јавност. Протумачио их је као реалан феномен узрокован кретањем гасова на Сунцу. Ускоро су се јавила и нека друга схватања, али ни једно није преовладало.

Природно је било да се Станојевић као његов блиски сарадник интересује за тај проблем. Он се озбиљно спремио. Упознао се са схватањима и других научника: Хагинса и Ленглија (види у уводу Станојевићевог рада, референци 5) а и почео сам да снима Сунце. Искуство из лабораторије му је помогло да помисли да би фотосферске мреже могле бити узроковане различитим преламањем светлости на нехомогеностима у гасовима.

Да би проверио ту своју хипотезу Станојевић је извео овакав експеримент:

Помоћу дурбина испред којег је ставио окно снимно је храпав зид суседне зграде. На правилном растојању, неравномерности у стаклу су на фотографијама давале мреже веома сличне онима какве је Жансен видео на фотосфери. Зрнца на зиду играла су при томе улогу Сунчевих гранула. Стога је Станојевић донео следеће закључке:

1. Без обзира на природу гранулације, фотосферске мреже не постоје на површини Сунца.

2. Мреже се појављују због ирегуларне рефракције, у провидном телу ирегуларне грађе које се налази између грануларне површине и камере.

3. Ирегуларна рефракција настаје у провидном Сунчевом омотачу који узбуркавају струје са разних страна, представљајући тако тело веома ирегуларне структуре.

Иако је Жансен имао друкчије схватање, он је дозволио да Станојевић свој рад изнесе пред париске академике и објави у *Comptes rend-u*.<sup>4</sup>

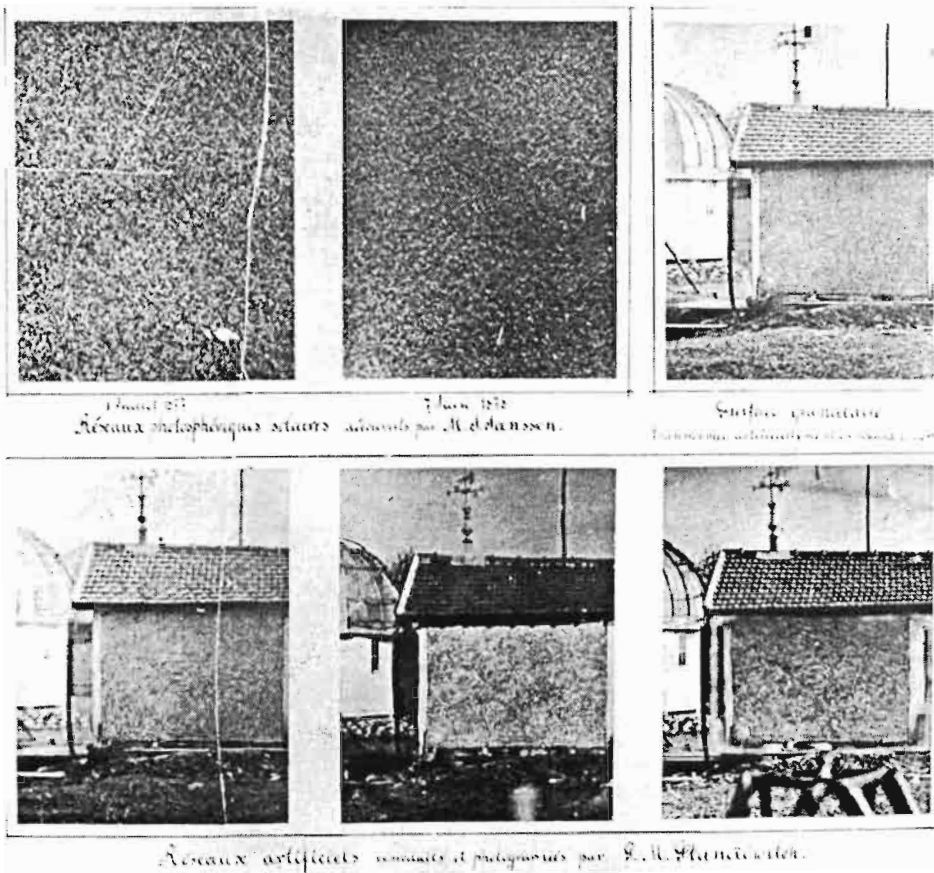
Тај рад је регистрован као Станојевићев научни рад и у чувеном Погендорфовом<sup>5</sup> попису научних радова и у Опитем садржају научних радова Академије наука.<sup>6</sup>

3 Jules Janssen, Sur le réseau photosphérique solaire, CR, LXXXV, (1877), 775-776.

4 M. G. Stanoiéwitch, Sur l'origine de réseau photosphérique solaire, CR, CII, (1886), 853.

5 Poggendorff, J. C. Mitglied Akademie Wissenschaften zu Berlin, Biographisch-Literarisches Handwörterbuch.

6 Table Générale des Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, XCII-CXXI, Paris, (1900).



Сл. 1. Поређење Жансенових снимка фотосфере са снимцима храпавог зида добијеним кроз прозорско стакло. Ову композитну слику начинио је сам Ђорђе Станојевић и написао поднасловe.

## О директном фотографисању барометарског стања Сунчеве атмосфере

Станојевић је наставио и проширио своје идеје у вези са фотосферским мрежама.

Замолио је Жансена да му дозволи да види све медонске снимке, што му је Жансен предуретљиво дозволио. Прегледао је преко 4000 снимка и скупио додатну аргументацију за своју теорију. нашао је случајеве када је мрежа лежала не само преко гранула него и преко пега и факула. Мреже су се померале.

Станојевић је логично закључио да мрежа мора бити формирана изнад фотосфере. Исто тако за њега је први непосредни кандидат била

Сунчева атмосфера. Сматрао је да чисти и магловити делови представљају области максимума и минимума атмосферског притиска.

Станојевић је на неким снимцима уочио и мрежу унутар основне мреже. То је приписао ирегуларној рефракцији унутар Земљине атмосфере.

И овај рад је приказан пред париским академицима и објављен у *Comptes rend-u*.<sup>7</sup> Регистрован је као Станојевићев научни рад и у чувеном Погендорфовом попису научних радова и у Општем садржају научних радова Академије наука.

Судбина ових радова није била пријатна.

Када је Станојевић покушао да објави рад о фотосферским мрежама у Српској Краљевској Академији наука био је одбијен. Прво је Комисија преко академика Клерића дала негативно мишљење а онда је рад одбијен јер је већ штампан. О томе је Станојевић написао опширан чланак.<sup>8</sup>

Станојевићева идеја се показала погрешном утолико што је он главног кривца у стварању мреже видео у Сунчевој атмосфери а не у правом узрочнику, Земљиној атмосфери (више у референци).<sup>9</sup> Још за Станојевићевог живота (а делимично и за Жансеновог живота јер је преминуо 1907) појавили су се први докази о непостојању фотосферских мрежа. Хански (1905, 1906, 1908) и Шевалије (1908, 1910, 1912) пружили су снажне доказе против постојања мрежа на Сунцу.<sup>10</sup> Мрежа потиче од ирегуларних конвективних ћелија ваздуха.<sup>11</sup> Шевалије сматра да је конвекција испред самог објектива главни кривац (види референцу 11). Снимци са сателита таквих мрежа немају.

### Потпуно помрачење Сунца 19. августа 1887. године

На основу предлога Жила Жансена, српска влада је послала Ђорђа Станојевића да обави научна посматрања потпуног Сунчевог помрачења од 19. августа 1887. године. Место посматрања је био Петровск, у Јарославској губернији, у Русији. У тој области се очекивало да ће у време помрачења временске прилике бити повољне. Жил Жансен је Станојевића снабдео уређајима и написао програм посматрања.

7 G. M. Stanojević, Sur la photographie directe de l'état barométrique de l'atmosphère solaire. CR, CIV (1887), 1263.

8 Ђорђе Станојевић, Сунчеве фотосферске мреже пред Краљевско-српском Академијом природних наука, *Отаџбина* 7, 20, (1888), 595.

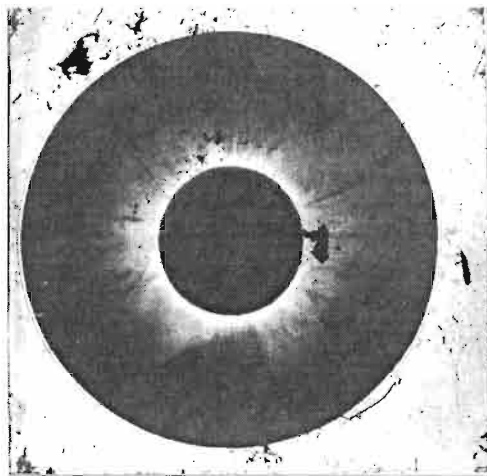
9 Jelena Milogradov-Turin. Origin of the photospherical network – the main astrophysical research of Đorđe Stanojević. Publ. Astron. Obs. Belgrade No 80, (2006), 265-268.

10 P. C. Keenan. Photography of the Sun's disc in integrated light. in: *The Solar System I, The Sun*, ed. Kuiper, G. P., Chicago, The University of Chicago Press, (1953), 598.

11 Marcel Minnaert. The Photosphere, in: *The Solar System I, The Sun*, ed. Kuiper, G. P., Chicago, The University of Chicago Press, (1953), 169.

Станојевић је требало да изврши фотометријско поређење светлости пуног Месеца и светлости короне помоћу апарата које је специјално за ту прилику направила фирма Дибоск. С друге стране, сам Станојевић је желео да посматра структуру короне помоћу дурбина, као и њен спектар помоћу спектроскопа који је конструисао Лиц а и да неколико тренутака ту појаву гледа голим оком. Сем тога барометром и термометром високе осетљивости требало је обавити мерења из којих би се испитао утицај помрачења на притисак и температуру ваздуха. По програму мерило би се пре, за време и после фазе тоталитета. Нацрт плана је био веома амбициозан за једног човека, али је Станојевић веровао у себе.

На жалост, време се показало нестабилним. Станојевић се трудио да оствари што се остварити могло. Успео је да у процепу између облака сними корону помраченог Сунца. Сунчева активност је тада била близу минимума. Историјски то је прво снимање Сунчевог потпуног помрачења од стране Срба.



Сл. 2. Станојевићев снимак Сунчеве короне у рано јутро 19. августа 1887. године. Црне неправилне мрље су оштећења на фотографској плочи. На ивници круга је бројчана скала ради читавања снимка. Означени су правац ка западу (W), северу (N) и положај еклиптике (ECLIPHTIC), пола (POLE) и путање (PATH).

Што се тиче других мерења, и она су била погођена облачношћу и влагом која се појавила на инструментима. Зато је тачно фотометријско поређење снимака постало неизводљиво. Иако је у једном тренутку Станојевић успео да добије континуирани спектар короне, веома брзо је слика ишчезла. Није постигнут континуитет било којег од планираних пројеката, што је знатно обезвредило резултате.

Жансен је оценио да је Станојевић учинио све што је било могуће и извукао највише што се могло у датим условима.

Рад је изашао као комуникација под Станојевићевим презименом<sup>12</sup> и наведен је у Оиштем садржају под презименом Жансена,<sup>13</sup> по обичајима тог времена.

### Сунчеви спектри у Сахари

Ђорђе Станојевић је 1889. године био позван од стране Жила Жансена да му помаже при снимању Сунчевог спектра у Сахари. Према извештају који је Жансен поднео Академији наука<sup>14</sup> то путовање у Сахару трајало је 4 и по месеца, имало је разне задатке али је најважнији био спектрална анализа гасова и пара у Земљиној атмосфери.

До тада су, наиме, спектри били снимани око пролаза Сунца кроз меридијан, па су у њима линије које је Жансен назвао телурским биле најмање могуће изражене. Нарочито су му биле важне линије: кисеоника, азота, водене паре, угљене киселине и др. Требало је стога Сунчев спектар добити близу хоризонта где је утицај наше атмосфере наизраженији.

Када је Жансен почео своја истраживања утицаја атмосфере, фотографије црвене и жуте области спектра нису постојале. Међутим, са употребом желатина и сустанци осетљивих на те области постало је могуће да се и тај део спектра истражи.

Жансен је одабрао Сахару јер је тамо небо чисто и постоји континуитет повољних дана за посматрање. Француска војска му је дала једно мало утврђење на стени одакле је био отворен поглед на југ.

Са посматрањима се кренуло почетком јануара 1890. Сваког дана стизало се из хотела у Бискри на тврђаву пре изласка Сунца и одлазило по његовом заласку. Спектри су снимани помоћу фотоспектрометра са Роуландовом оптичком решетком помоћу дурбина са жижом од око 1.10 метара и сабирног објектива жижне даљине од 2.20 метара. Жансен је желео да добије исте делове спектра у разним редовима, према захтевима или могућностима које су пружале осетљиве фото-плоче. Како наглашава Жансен, овај обимни посао природно није могао бити завршен, али без постојања горе наведених повољних атмосферских услова ништа се не би могло урадити.

Жансен дословце о сарадницима каже: „У том раду, био сам помаган сукцесивно од стране господe Станојевића и Габриела Гопија.” Асистенција је недовољна да Станојевићево презиме уђе према том раду

12 G. M. Stanojewitch. L'éclipse totale du Soleil du 19 août 1887, observée en Russie (Pétrowsk). CR. CVI. (1888).

13 Table Générale des Comptes Rendus des Séances de l'Academie des Sciences, XCII-CXXI, Paris, (1900), 294.

14 Jules Janssen, Note sur des travaux récents exécutés en Algérie, Comptes rendue, CX, Paris. (1890). 1047-1049.

у Погендорфов попис научних радова а ни у Општи садржај Академије наука. Унет је Жансен.

Овај рад је урађен у оквиру пројекта бр. 146022 „Историја и епистемологија природних наука” Министарства за науку и заштиту животне средине Републике Србије.