

МАТЕМАТИЧКА ГИМНАЗИЈА

МАТУРСКИ РАД

- из астрономије -

Сунце - општа тема

Ученик:
Јована Бркљач IVa

Ментор:
Слободан Спремо

Београд, јун 2022.

Садржај

1	Увод	1
2	Митско-религиозни и уметнички контекст Сунца	3
3	Научне области за стицање сазнања о Сунцу и васиони	5
4	Хронологија научних сазнања о Сунцу и васиони	7
5	Основне научне чињенице о Сунцу	11
5.1	Подаци о Сунцу	11
5.2	Сунчев систем и структура Сунца	13
5.3	Сунчево језгро	14
5.4	Радијациона и конвективна зона	16
5.5	Фотосфера	16
5.6	Хромосфера	18
5.7	Корона	19
6	Значај Сунца за живот на Земљи и ризици	21
6.1	Фотосинтеза	21
6.2	Оријентација и мерење времена	22
6.3	Сунчана батерија	22
6.4	Могућа обољења проузрокована Сунчевим утицајем	23
7	Закључак	25
8	Литература	27

1 Увод

У раду су презентовани резултати истраживања научних чињеница на општу тему о Сунцу. Много је аспеката са којих је било могуће истраживати задату тему. За потребе овог рада, истражене су чињенице у неколико аспеката, и то: митско-религиозни и уметнички аспект; затим хронологија научних открића о Сунцу и васиони; потом, идентификација основних научних чињеница (података) о Сунцу и на крају аспект утицаја Сунца на живот на Земљи.

У другом поглављу рада наведени су резултати истраживања Сунца у митско-религиозном и уметничком контексту. Са историјског аспекта, а у условима недостатка научно доказаних чињеница, Сунце, као предмет интересовања човека, имало је своју митско-религиозну конотацију у разним друштвеним заједницама. Такође, уметници су се бавили темом Сунце као вечитим извором инспирације.

У трећем поглављу идентификоване су научне области за стицање сазнања о Сунцу и васиони, као што су: Положајна астрономија, Теоријска астрономија, Небеска механика, Астрофизика, Радио-астрономија, Космогонија и Космологија.

У четвртном поглављу наведена је хронологија научних сазнања о Сунцу и васиони у контексту астрономије. Наведени су подаци у вези са научним чињеницама које проистичу из најранијих научних радова из ове области.

У петом поглављу сажето су приказани подаци о Сунцу и Сунчевом систему. Наведени су основни подаци о: структури Сунца, радијационој и конвективној зони, фотосфери, пегаме, факулама, хромосфери, корони итд.

У шестом поглављу наведени су резултати истраживања ефеката које Сунце остварује у смислу утицаја на живот на Земљи. Наведени су конкретни позитивни утицаји од значаја за опстанак живих бића на Земљи (флоре и фауне). Поред тога, наведене су и неке чињенице у вези последица за човека и жива бића, ако се не примењују адекватне мере заштите од Сунчевог зрачења.

У закључку сам навела мотиве за писање на задату тему, која нова сазнања сам добила током израде овог рада и колико ме је задата тема мотивисала да се у будућности бавим научноистраживачким радом.

Ауторка

2 Митско-религиозни и уметнички контекст Сунца

У околностима вишевековних недостатка научно доказаних чињеница, створени су услови за развој митско-религиозних схватања Сунца и васионе.

По једној класификацији митова С. Руане¹ (*Suzanne Rouanet*) митови се деле у четири основне групе: *небески митови*, *митови из света воде*, *митови земље и вегетације* и *митови подземног света*. Небо је код античких људи било предмет који је међу првима персонификован. Код Сумераца је небо бог Ана (*Анум*), муж богиње *Антум*; код Египћана је богиња *Нут*, зооморфно божанство, жена-крава са сунчаним диском изнад рогова; у Индији богови браћа близанци *Ашвини*, утиру пут зори и доносе небу јутарњу светлост. У грчкој, германској, словенској и другим митологијама **небо је боравиште богова**. У астешкој митологији Сунце и Месец су мртви богови који се поново рађају, а у кинеској митологији, *Хи-Хо*, богиња мајка десет сунца, сваког јутра умива једно сунце, а девет остаје у шушљем купиновом стаблу. Бог сунца има различите називе у појединим митологијама, у Вавилону је *Шамши*, у Египту је *Ра*, а у Грчкој је *Хелиос*. Персијски мит *Митри* говори о његовом поистовећивању са Сунцем. Бог сунца и ватре код Словена је Сварог (*Svarožić*), Дајбог, Даџибог – то су називи у руском, српском и пољском језику. [13]

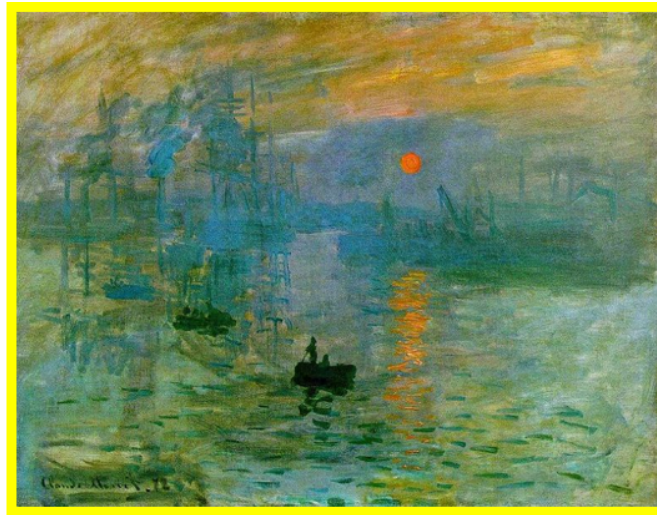


Слика 2.1: Бог сунца Ра

¹ Илић В. (1988), *Митологија и култура*, Књижевне новине, Београд.

Сунце у контексту уметности

”Импресија, рађање сунца” је једна од најпознатијих слика француског сликара Клода Монеа² (*Claude Monet*) по којој је читав правац (импресионизма) добио име. Слика је настала 1872. године и представља приказ француске луке Авр (*Le Havre*). Техника којом је слика направљена је уље на платну, а димензије слике су 48 cm x 63 cm.



Слика 2.2: Клод Моне—Импресија, рађање Сунца

Сунце се често појављује као мотив у народној и страниј књижевности. Символ сунца може бити поток, злато, ватра, соко, коњ, јелка, људско око и др.

”Сунце, извор осећајности и живота, просипа своју ватрену љубав на усхићену Земљу”

Артур Рембо (*Arthur Rimbaud*), француски песник.



Слика 2.3

²www.claudemonetgallery.org/biography.html

3 Научне области за стицање са-знања о Сунцу и васиони

Астрономија¹ је наука о небеским телима и појавама у васиони. Проучава физичко–хемијски састав, кретања и законе кретања тих тела и звезданих система које она образују, као и порекло, структуру и еволуцију тих система и читаве васионе. Настала је из практичних потреба друштва: оријентације по звездама, рачунања времена, одређивања повратка сезона (због пољских радова) итд. У почетку астрономија није имала карактер науке, већ службе, што потврђује и њен назив (астрон–небеско тело, номос–закон чије је првобитно значење била служба). Том службом која је имала митско-религиозни карактер, бавили су се свештеници. Да би астрономији дали научни карактер, Грци су у доба Платона увели назив астрологија (логос–наука). Пошто је, међутим, религија наставила да тумачи небеске појаве као знаке богова, све се више ширило веровање о утицају небеских тела на судбину људи, па и на физиолошка збивања у човеку, те су у средњем веку чак и лекари почели лечити на основу звезда. Астрологија је тако постала шарлатанство, па је поново уведен термин астрономија за науку о небеским телима.

Подела астрономије

Положајна Астрономија одређује положај и кретање небеских тела. Међу њене важне гране спадају *Служба времена* (Астрономско време), *Служба ширине* (Међународна служба ширине) и *Меридијанска служба* (Ефемериде)

Теоријска Астрономија на основу положаја небеских тела даје методе израчунавања њихових путања као и ефемериде. **Небеска механика**, на основу закона гравитације, теоријски испитује кретање небеских тела, одређује њихове облике и масе и проналази утицаје које небеска тела врше једна на друге.

Астрофизика проучава физичке особине небеских тела (температуру, сјај, боју, густину, атмосферу, кретање, еволуцију) и дели се на *практичну астрофизику*, која даје опис инструмената за потребе астрофизике и методе изучавања физичких особина тела и *теоријску астрофизику*, која објашњава наведене особине на основу закона савремене физике и хемије. У астрофизици су веома важне гране: стеларна астрофизика, соларна астрофизика и радио астрофизика. **Стеларна астрофизика** изучава кретање звезда и звезданих система (стеларна динамика), структуру васионе и међусобни однос звезданих система (стеларна статистика). **Соларна астрофизика** бави се физиком Сунца. Нарочито је значајна због испитивања утицаја Сунчеве активности на појаве на Земљи, као што су, на пример, атмосферски електрицитет, Земљин магнетизам и јонизација слоја атмосфере на висини 80-800 km. **Радио-астрономија**, уз помоћ радио телескопа и радарског телескопа, испитује зрачења која долазе са Сунца и из васионе, и открива небеска тела

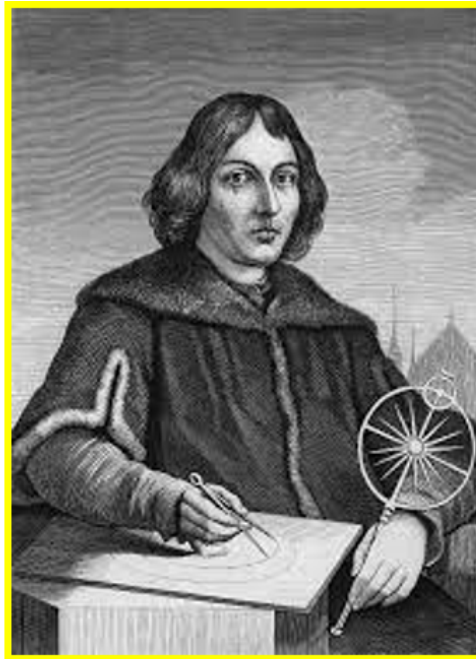
¹Вујаклија М.: „Лексикон страних речи и израза“: астрономија је наука о кретањима, величини небеских тела, о оном што је геометријски код небеских тела.

која се не могу видети оптичким инструментима. У целини, астрофизика је важна за телекомуникације и астрономску навигацију ваздухоплова, бродова и ракетних пројектила. **Космогонија** проучава постанак и еволуцију небеских тела, Сунчевог система и развој читаве васионе. **Космологија** изучава проблем коначности или бесконачности васионе у простору и времену. [12]

4 Хронологија научних сазнања о Сунцу и васиони

У старом веку развоју астрономије највише су допринели Асирци, Халдејци, Египћани и Грци. Халдејци су још око 720. године п.н.е записали да међу звездама има и таквих које мењају свој положај у односу на остала небеска тела, па су их назвали планетама, за разлику од оних које задржавају исте релативне положаје, и које су назвали звездама некретницама. Они су открили Меркур, Венеру, Марс, Јупитер и Сатурн, али су прве две планете дуго рачунали двоструко, као јутарње и вечерње (Зорњача и Вечерњача). Халдејци су открили и привидни годишњи пут Сунца – који су Грци назвали еклиптиком и поделили зодијак на 12 сазвежђа. Најлепше наслеђе које су они оставили је Сурусов период (интервал времена од 18 година и 11 дана који раздвајају два узастопна помрачења Сунца која су се десила у истом месту и под истим условима); он омогућава предвиђање помрачења Сунца. Као народ који се бавио сточарством, Халдејци су посвећивали највећу пажњу Месецу; у односу на њега рачунали су и календар. Египћани, међутим, као народ који се бавио земљорадњом, обраћали су већу пажњу Сунцу, па су по њему рачунали календар. Они су први тачно одредили трајање године од 365 дана и 6 часова. Грци су дали астрономији научни карактер. По Анаксимандру (око 610-547 п.н.е) Земља је изолована у простору. Парменид (500-460 п.н.е) учи о сферном облику Земље и о том да Сунце обасјава Месец. Питагора (582-507 п.н.е) први даје идеју о геоцентричном систему: у средишту света је Земља око које се обрће 8 сфера (небеса) од којих прва носи Сунце, друга Марс, трећа-пета пет планета а последња звезде. Филолај (у V веку п.н.е) каже да се земља окреће око своје осе. Метон (око 440 п.н.е) говори о неједнакости сезона. Анаксагора (око 500-428 п.н.е) учи да су планете и Месец истог састава као и Земља и објашњава помрачење Месеца његовим уласком у сенку Земље. Аристарх (око 310-230 п.н.е) **ставља Сунце у средиште света (хелиоцентрични систем)**, говори да се Земља налази између Венере и Марса и да се креће око Сунца које је непокретно. Ератостен у III веку п.н.е оснива геодезију и врши прва позната мерења ради одређивања димензија Земље. Најзад, долазе два највећа астронома старог века – Хипарх и Птоlemeј. Хипарх (око 140 п.н.е) постаје оснивач астрономије као науке. Он уводи тригонометрију за потребе астрономије, израчунава неједнакост сезона, открива процесију, усавршава астрономске инструменте, саставља **први каталог звезда**. Птоlemeј (II век н.е) популаризује Хипархово учење. У свом делу Математички зборник (*Almagest*) даје целокупно знање старих народа из астрономије и **дефинитиван облик геоцентричног система**. Последња реч грчке астрономије био је управо тај систем. [12] Даљи развој астрономије нагло је био укочен уским привредним и интелектуалним интересима хришћанске цркве. Птоlemeјев геоцентрични систем држао је човечанство у заблуди скоро 14 векова, све до Н. Коперника, Т. Брахеа и Ј. Кеплера који су, у три фазе, увели хелиоцентрични систем. Коперник је четрдесетих година XVI века изнео јединствену идеју о топографији Сунчевог система: **Сунце је у средишту око кога круже планете, дакле и Земља, која се обрће око своје осе за дан**. Брахе је у другој половини XVI века на својој опсерваторији

Ураниборг (*Uraniborg*) дуго посматрао Марс и сакупио драгоцени материјал нужан за откриће закона планетских кретања. Кеплер је почетком XVII века, на основу Брахеових опажања и својих рачуна, пронашао законе планетских кретања од којих је најважнији први: **планете се обрћу око Сунца по елипсама у чијој је једној жижи Сунце**. Црква је анатемисала хелиоцентрични систем 5. марта 1616. односно 73 године после његовог објављивања 1543. године, кад се појавило Коперниково дело "*De revolutionibus orbium coelestium*".



Слика 4.1: *Н.Коперник*

Увођењем хелиоцентричног система почиње модерна астрономија. **Дурбином**, који је 1610. године израдио Г. Галилеј (*Galileo Galilei*) могле су се опажати не само планете, већ и њихови сателити, сунчане пеге и милијарде звезда. Галилеј је њиме 7.01.1610. открио прва три, а одмах затим 13. јануара и четврти Јупитеров сателит. Проналазак дурбина отворио је пут даљем усавршавању астрономских инструмената: П. Верње (*Pierre Vernier*) уводи 1631. године **нонијус**; В. Гаскојн (*William Gascoigne*) око 1638 године израђује **микрометар са кончаницом**; К. Хајгенс (*Christiaan Huygens*) проналази 1657. године **прецизни часовник**; О. Ремер (*Olaf Romer*) уводи око 1690 године **меридијански круг**; телескоп и **рефрактор** (дурбин), који су омогућили да се временом тачно одреде положаји звезда и да се дође до **јасне слике о структури Сунчевог система и читаве васионе**. Истовремено, развија се даље небеска механика. Ремер 1675. године одређује брзину светлости и тиме омогућује добијање астрономске јединице за дужину (раздаљина Сунца-Земља). Полазећи од Кеплерових закона и Галилејеве механике, И. Њутн (*Isaac Newton*) проналази 1682. године узроке планетских кретања које је сажео у својој **формули опште гравитације**: *небеска тела привлаче се силом сразмерном њиховим масама, а обрнуто сразмерно квадрату њихових раздаљина*. Џејмс Бредли (*James Bradley*) открива 1729. године **аберацију светлости** (чиме је доказано обртање Земље око Сунца), а 1748. године и **нутацију** (чиме је потврђен закон гравитације). Едмунд Халеј (*Edmund Halley*) открива **периодичност комета**, а Р. Бошковић даје **једначину путање** комета из три узастопна опажања.

Обраћајући пажњу скоро искључиво Сунчевом систему, астрономи су до XVIII века одредили тачне раздаљине, положаје, величине, масе, атмосфере, температуре и саставе планета и Сунца. Поред тога што су до тад познавали само мали број звезда (Улуг Бегов (*Ulugh Beg*) каталог из 1437. године садржао је свега 1018 звезда, док каталог звезда Удружења немачких астронома из 1900. године бележи 1 000 000 звезда са знатно већом тачношћу), они су дуго веровали да се звезде не крећу. **Сопствена кретања звезда** открио је тек Е. Халеј 1718. године, упоређујући њихове старе и нове положаје. Јохан Мајер (*Johan Majer*) објављује 1760. године листу од 80 таквих кретања. Јан Орт (*Jan Oort*) одређује 1928. године из тих кретања **ротацију наше галаксије**, а Е. Хабл (*Edwin Hubble*) констатује исте године бежање спиралних маглина, из чега је **закључио да се васиона шири**.

Испитивање атмосфера, температура, радијалних брзина, маса и других карактеристика звезда омогућено је радовима Ј. Фраунхофера (*Joseph Fraunhofer*) који је 1814. године у спектрима Сунца и звезда, запазио тамне линије, затим Г. Кирхофа (*Gustav Kirchhoff*), Р. Бунзена (*Robert Bunsen*) и В. Хагинса (*William Huggins*) којима су **ударени темељи астрофизици**. Фридрих Бесел (*Friedrich Bessel*) је 1838. године **први одредио даљину до једне звезде** (бр.61 из сазвежђа Лабуда). Он је то учинио користећи се **тригонометријском паралаксом**. Касније су пронађене спектроскопска, динамичка и хипотетична паралакса, и на основу њих одређене раздаљине до многих звезда и звезданих система.

Увођење **фотографског дурбина** на Париској опсерваторији 1884. године, довело је до открића многих звезда, маглина и малих планета које се нису виделе ни најбољим инструментима. Захваљујући даљем развоју фотографије и спектроскопије, Е. Пикеринг (*Edward Pickering*) открива 1890. године **спектроскопске двојне звезде** (фотометријске је још 1784. године открио Џ. Гудрик (*John Goodricke*)). Спектроскопске двојне звезде које су откривене последњих година показују да поред Сунца постоје у васиони и друге звезде које имају тамне пратиоце-планете. Сматра се да су планетски системи скоро општа карактеристика звезда, чиме се повећава вероватноћа настањености васионе живим бићима.

Кад је 1938. године напредак атомске физике омогућио да се каталогује знатан број нуклеарних реакција, Х. Бете (*Hans Bethe*) и К. Вајцзакер (*Carl Weizsacker*), одредили су независно један од другог низ таквих реакција којима се у језгру Сунца и звезда, где владају температуре од 20 000 000 С°, водоник претвара у хелијум. Тај низ нуклеарних реакција, назван **Бетеов или угљеников циклус** (Сунце), не објашњава само одакле Сунцу и звездама толике температуре и енергија зрачења, већ и ток еволуције звезда и то, најпре, по улазној грани Герцспрун-Раселовог дијаграма, тј. од рођења (црвени џинови) до зрелог доба звезда (плави џинови или тзв. Wolf-Rayet звезде), а затим по силазној грани поменутог дијаграма, која показује ток старења звезда, обележен прво њиховим претварањима у беле патуљке, затим у црвене патуљке и, најзад, у црне патуљке, који представљају крај живота звезда.

Педесетих година XX века, В. Амбарцумјан (*Виктор Амазаспович Амбарцумјан*) открива у извесним регионима васионе групе физички сродних звезда, са многим заједничким особинама (исти спектарски тип, исти начин кретања, корпускуларно зрачење) које је назвао **звезданим асоцијацијама**. Њих образују младе звезде, млађе од 10 милиона година, а има их и од 100 000 година старости, **што показује да се у васиони још увек рађају нове звезде**.

У последње време астрономија је дошла још до неколико врло крупних сазнања. Радио-астрономија је открила да, поред већ познатих тела, наш звездани систем насељавају и необични становници – **тела која једва или уопште не светле, већ испуштају радио-галасе**. Оне се, понекад, називају радио-звездама. 1963. године откривене су тзв. **квазари** или **надзвезде**. То нису ни обичне звезде, ни обичне галаксије, већ можда посебна класа небеских тела. Спектралне линије квазара јако су померене ка црвеном крају спектра, што значи да се неки од њих удаљавају од нас брзинама од 80% брзине светлости. Квазари су удаљени од Земље више милијарди светлосних година, те спадају међу најудаљенија небеска тела. Радио-астрономи с опсерваторије у Кембриџу (*Cambridge*) открили су фебруара 1969. године четири радио извора и назвали их **пулзарима**. Они припадају нашем звезданом систему.

У **XIX и XX веку је откривена структура васионе**. Нађено је да је образује два милиона звезданих система – вангалактичких маглина сличних нашој галаксији. Само се мање од половине вангалактичких маглина налазе изоловано у васионском простору. Најчешће се јављају у богатим групама. Тако наша галаксија – наш звездани систем с још других 19 звезданих система чини тзв. **Локалну групу** која у простору образује елипсоидни издужени систем, чија већа оса износи милион светлосних година, а мања оса 200 000. Јата маглина образују пар стотина вангалактичких маглина. Нама најближе јато, маглина у Девици, удаљено од нас 3,2 милиона светлосних година, садржи 300 маглина и удаљује се од нас брзином од 900 km/s. Једно друго јато маглина, Велики Медвед II, образује 400 вангалаксија; удаљено је од нас 24 милиона светлосних година, а удаљује се брзином од 42 000 km/s. Облаци маглина откривени су 1938. година и налазе се на удаљености од 100 милиона светлосних година од нас. Све маглине, групе маглина, јата и облаци маглина образују **Метагалаксију**, највиши структурни облик васионе, такве какву данас познајемо.



Слика 4.2: Х.Бете

5 Основне научне чињенице о Сунцу

5.1 Подаци о Сунцу

Сунце (енг. *sun*, фр. *soleil*, итал. *sole*, нем. *sonne*, рус. *солнце*) најбоље проучена звезда, спектралне класе **G2**. G2 означава да је температура на површини приближно 5780 °К. Правилног је лоптастог облика и линеарног пречника 1 392 000 km (око 109 пута већи него екваторски пречник Земље). Види се на небу као сјајни котур привидног пречника од 31'31" до 32'36", зависно од положаја Земље на путањи око Сунца. Запремина Сунца је око 1 300 000 , а површина 11 900 пута већа него запремина, односно површина Земље. Маса му је $1989 \cdot 10^{30}$ kg (око 333 400 пута већа него маса Земље), средња густина 1,41 g/cm³ (у језгру износи око 100 g/cm³), а тежа на екватору 28 пута већа од теже на екватору Земље, тако да је убрзање слободног пада 274 m/s². Средња удаљеност између Сунца и Земље је 149 600 000 km или једна астрономска јединица, што светлост пређе за 8 минута и 18 секунди. Сунце се састоји од усјаних гасова. На њему је данас откривено (спектралном анализом) око 65 хемијских елемената, од којих су највише заступљени водоник, хелијум, кисеоник, угљеник и азот. Сунце је старо око 5 милијарди година, налази се на средини свог животног циклуса.



Слика 5.1: Сунце

Сунце непрекидно зрачи светлост чија је јачина око $3 * 10^{27}$ кандела. Кад је Сунце у зениту, јачина осветљености на површини Земље је око 100 000, а на граници њене атмосфере 136 000 лукса. Извор Сунчеве енергије потиче из нуклеарних реакција које се дешавају у језгру Сунца, а састоје се у претварању (трансмутацији) по 4 језгра атома водоника (маса $4 * 1,008u$) у језгро атома хелијума (маса $4,003u$), при чему разлика њихових маса ($0,029u$) ослобађа енергију од 0,000043 ерга. То значи да се претварањем (у једној секунди) 564 милиона тона водоника у 560 милиона тона хелијума смањује маса Сунца за 4 милиона тона, стварајући притом одговарајућу количину енергије коју, у облику светлости, топлоте и невидљивих зрачења, Сунце зрачи са своје површине. Ма колико ти губици изгледали огромни, они су ипак мањи од једног хиљаду билионитог дела масе Сунца, тако да оно садашњим интензитетом може зрачити још $12 * 10^9$ година. Од укупне количине Сунчевог зрачења Земља прима око 1,99 грамкалорија ($0,137W$) у минути и по квадратном центиметру, што се назива **соларном константом**. Том количином енергије одржава се топлота Земље, греје њена атмосфера, испаравају реке и океани, обезбеђује опстанак људског живота, фауне и флоре и стварају извори енергије на Земљи (угаљ, нафта, вода и др.).

Сунце се не окреће као чврсто тело. Делови његове видљиве површине (нпр. пеге) који се налазе око екватора начине за 25 дана пун обрт око његове осе, они око 45° ширине то учине за 27 дана, а они око полова за 33 дана.

Посматрано са северне Земљине полулопте, Сунце у привидном годишњем кретању описује око Земље (последича стварног обилажења Земље око Сунца) на небеској сфери у директном смеру (са запада на исток) елиптичну путању у чијој се једној жижи налази Земља, док у привидном дневном кретању описује у смеру исток – запад навојницу. Раван те путање назива се еклиптика. Елементи Сунчеве путање подлежу врло малим променама (пертурбацијама) под дејством планета (осим Земље). Сунце се у односу на околне звезде креће брзином од око 20 km/s према тачки на небеском своду који се налази на граници између сазвежђа Лире и Херкулеса и зове се апекс Сунчевог кретања; супротно од ње је антапекс, који се налази у сазвежђу Колумба (Columba). Сунце обиђе нашу галаксију (звездани систем којем припадамо) за 220 милиона година (космичка година). [12]

5.2 Сунчев систем и структура Сунца

Сунчев систем

Сунчев систем је област наше галаксије у којој око Сунца, као централног тела, круже планете са својим сателитима, комете и метеори. У Сунцу је сконцентрисано 99,866% масе целог система. Остала тела, незнатних маса у односу на Сунчеву, окрећу се око Сунца под дејством његове привлачне силе. Раздаљине које раздвајају Сунце од других тела, чланова система, огромне су у односу на њихове димензије. Раније се сматрало да је земља централно тело, а да Сунце и сва небеска тела круже око ње (геоцентрични систем), све док Н. Коперник није 1543. године објавио дело "De revolutionibus orbium coelestium", изложивши опште прихваћени хелиоцентрични систем, по ком сва тела Сунчевог система, па и Земља, круже око Сунца.

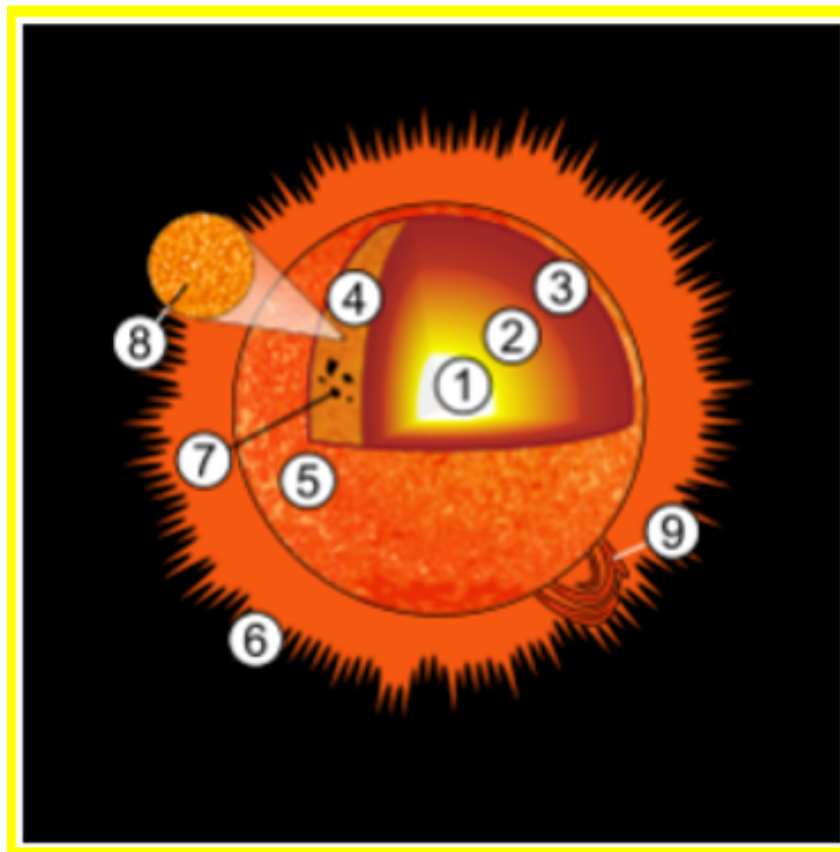


Слика 5.2: Сунце и планете Сунчевог система

Осам планета, које су у саставу система, разврстано је у две групе, унутрашњу или терестричку (Меркур, Венера, Земља и Марс) и спољашњу или јовијанску (Јупитер, Сатурн, Уран и Нептун). Терестричке планете су стеновите, с танким атмосферским слојем (без њега је једино Меркур). Јовијанске планете су гасовите с малим стеновитим језгром, и њихов састав је сличан саставу протопланетног облака из којег су планете настале. Разлика између те две групе планета настала је као последица развоја у којем је зрачење младог Сунца загрејало језгра ближих планета и очистило их од лако испаривих елемената. На тако насталој чврстој површини, развила се геолошким процесима секундарна атмосфера од претежно угљен-диоксида (Венера и Марс) и терцијарна атмосфера Земље од кисеоника и азота. Планете су добиле име по римским и грчким божанствима, осим Земље.

Структура Сунца

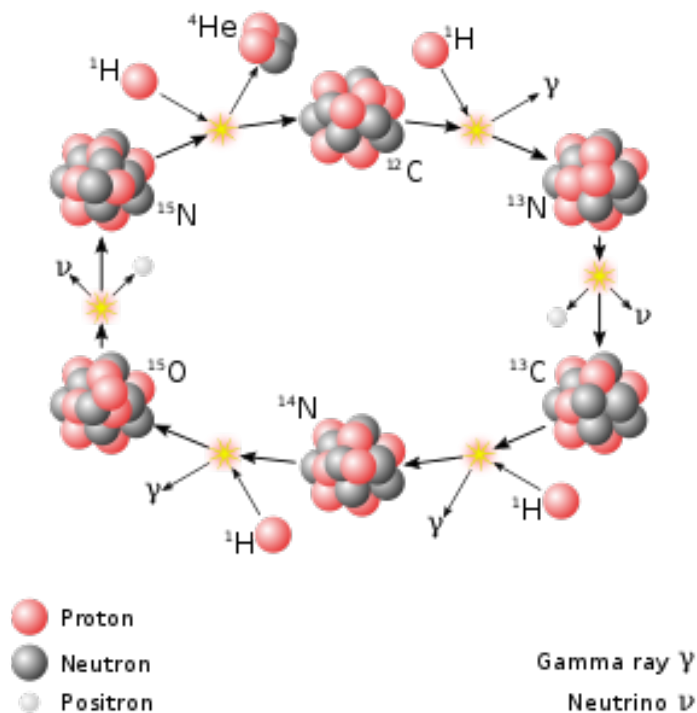
На Сунцу се, посматрано са Земље, разликују његова непосредно видљива површина (фотосфера) и виши слојеви: хромосфера и корона, који чине атмосферу Сунца. Унутрашњост Сунца чине: језгро, радијациона и конвективна зона.



Слика 5.3: Приказ структуре Сунца: 1. Сунчево језгро 2. Зона радијације 3. Зона конвекције 4. Фотосфера 5. Хромосфера 6. Корона 7. Сунчеве пеге 8. Грануле 9. Протуберанце.

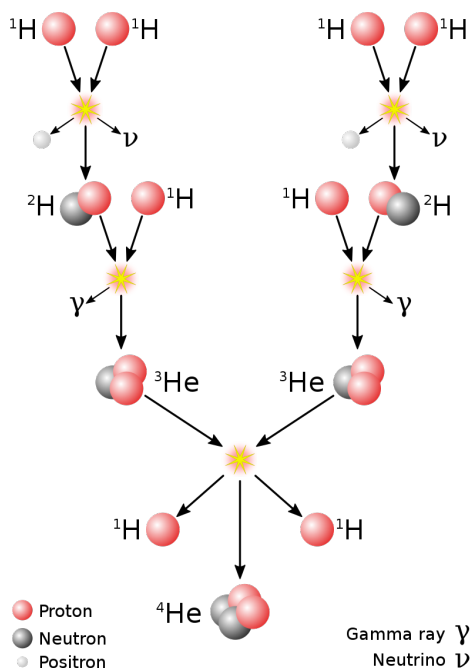
5.3 Сунчево језгро

Налази се у центру Сунца, димензија око $1/5$ сунчевог полупречника. Температуре приближне $15,6$ милиона $^{\circ}\text{K}$. У поређењу с тим, температура Сунчеве површине је приближно $5\,800^{\circ}\text{K}$. У језгру се ствара Сунчева енергија која потиче из нуклеарних реакција. Термонуклеарни процес стварања Сунчеве енергије открили су 1937. године Американац Бете и Немац Вајцекер. Претпоставља се да се он састоји од серије повезаних трансформација које, узете заједно, чине Сунчеву ланчану реакцију познату под именом Бетеов циклус или циклус угљеника. Та реакција чини затворени кружни ланац који се после 6 етапа враћа на почетну тачку. У њему учествују атоми угљеника и азота и језгро водоника. После завршеног циклуса претворена су 4 језгра водоника у језгро хелијума, а атом угљеника остаје нормалан и може да учествује у наредном циклусу. Ток реакције је следећи:



Слика 5.4

Иако је Бетеов циклус ефикасан и добар извор енергије, он је ипак главни произвођач енергије за звезде већих размера и температура од Сунца. Око 10% енергије Сунца генерише се из овог процеса. Остатак енергије Сунце добија из термонуклеарног процеса, **протон-протонски циклус**. На крају овог циклуса 4 језгра водоника су претворна у језгро хелијума уз ослобађање енергије (фузија). Ток реакције је следећи:



Слика 5.5

5.4 Радијациона и конвективна зона

Радијациона или **радијативна зона** је зона у којој се енергија произведена у језгру преноси зрачењем, тј. радијацијом. Гама зраци који су настали у језгру, пролазе кроз густу радијативни слој. Због велике густине, гама зраци имају интеракцију са материјом после 1mm свог кретања, а са тим интеракцијама почињу да губе енергију и даље се емитују као, мање моћни, X-зраци. Радијациона зона досеже до око 70% полупречника Сунца.

Енергији је потребно око 170 хиљада година да изађе из радијационе зоне и кад изађе потребан је нови механизам да дође на површину Сунца. Зона у коју енергија даље улази је **конвективна зона**. Нови механизам је потребан јер је температура доста мања у односу на радијативну зону (око 2 милиона °К, у односу на 5 милиона °К у радијативној зони). Кретање материје у конвективној зони је директна последица Архимедовог закона. Гас који се налази близу конвективне зоне се загрева, његова запремина се повећава, а густина се смањује. Сила потиска делује на гас и потискује га навише. Када доспе у горње слојеве конвективне зоне са нижим температурама и притисцима гас наставља да се шири али и хлади. Даље понашање гаса зависи искључиво од брзине промене температуре средине. Ако се температура не би мењала довољно брзо дошло би до изједначавања температуре гаса и околине и процес конвекције би брзо престао. Срећом, при бржим променама, без обзира на хлађење, гас остаје топлији од околине што обезбеђује његово даље подизање, све док не доспе до фотосфере, видљиве површине Сунца. Губећи енергију на фотосфери, сада релативно хладнији, гасови почињу дуг пад назад до доњег дела конвективне зоне, да би процес поново почео.

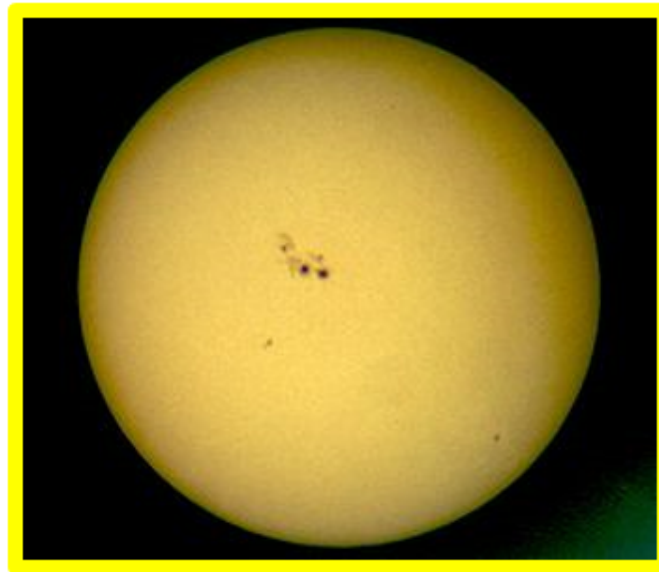
5.5 Фотосфера

Фотосфера је дебљине неколико стотина километара, густине 10^{-7} g/cm³, што одговара десетохиљадитом делу густине ваздуха на морској површини Земље и температуре око 5700°К. Она емитује, у облику видљивог и невидљивог зрачења, највећи део Сунчеве енергије. При доброј видљивости, запажа се да је структура фотосфере грануларна (зрнаста). Грануле су димензије 200-1500 km, облик им се мења за неколико минута, а крећу се највише брзином до 40 km/s. Простор између гранула нешто је већи од њихових димензија, тамнији је и има за 300°К нижу температуру од просечне температуре фотосфере која, иначе, расте са дубином. Претпоставља се да унутар фотосфере постоји појас у којем се гасови крећу горе и доле, стварајући пењуће млазеве који се виде као грануле. На фотосфери се уочавају **тамне (пеге)** и **сјајне (факуле)**, међусобно зависне површине.

Пеге

Пеге су пролазне и нестабилне појаве у фотосфери. Може се посматрати како настају, мењају облик и ишчезавају. Трају од неколико часова до неколико месеци. Њиховој појави претходи узнемиреност фотосфере, појава факула и ерупција. Затим се грануле размичу и између њих појављују црне тачке (поре) димензије 2000-3000 km. После се тамна места прикривају велом који се цепа и расипа да би се, најзад, појавила пега која може достићи величину и до 120 000 km.

Две мале сунчеве пеге у средини слике (5.6) су исте величине као Земља. Ако је дуготрајна, пега се, због обртања Сунца око своје осе, појављује на источном рубу диска Сунца, креће се паралелно са екватором и залази на западној страни. Пеге се јављају у групама дугуљастог облика и у току развоја групе мењају положај. Кретање је брже у



Слика 5.6: Сунчеве пеге снимане 22. јула 2004.

лонгитуди него у латитуди, а и брже код пега која претходи (пега водилња), у смеру Сунчевог обртања, него код пега која следи (пега пратилња). Пега се, најчешће, састоји од тамнијег језгра (сенка, 1. умбра) и нешто светлијег прстена који окружује језгро (полусенка, пенумбра). Ефективна температура сенки је 4300°K , дакле за 1400°K нижа од просечне температуре фотосфере, због чега оне и изгледају тамније. Иако сенка изгледа веома тамно, њено зрачење је интензивно и износи око 40% зрачења исте површине светлог дела фотосфере. Пега су средишта веома јаких магнетних поља, чија јачина, у средини, може изнети и 4000 ерстеда, док је општи ниво магнетног поља Сунца свега неколико ерстеда. Пега водилња и пратилња имају обично супротан магнетни поларитет; водилњин поларитет на северној хемисфери супротан је истом поларитету на јужној хемисфери. Број пега правилно се мења унутар циклуса од 11 година (циклус Сунчеве активности). Размак између две узастопне епохе највећег броја пега варира између 7 и 17 година; иако је колебање максималног броја забележено у периоду од 80 година. Пега се јављају нарочито између $\pm 50^{\circ}$ и $\pm 40^{\circ}$ хелиографске ширине, групишући се око неке средње ширине која се мења за време циклуса. Прве пега новог циклуса јављају се на високим ширинама, док су пега претходног циклуса још увек у околини екватора. Нарочито је важан распоред пега по лонгитуди, јер у појединим временским размацама постоје активне лонгитуде у којима долази нарочито до изражаја Сунчева активност како у погледу пега тако и других појава, чиме се могу објаснити извесне појаве забележене у Земљиним магнетизму и јоносфери, као и радиофреквентна и космичка зрачења Сунца. За време максимума Сунчеве активности, јачина Сунчевих дециметарских и метарских електромагнетних таласа, у непосредној близини извесних пега, нагло расте неколико дана (радио-електрична бура), када се запажа и пораст магнетне активности на површини Земље. У тренутку максимума Сунчевих пега, амплитуда магнетне деклинације стално показује мале неправилности. Понекад она добија велику вредност која може достићи 2° - 3° с обе стране средњег положаја, када и настају магнетне буре и промене стања у Земљиној јоносфери; то изазива прекид радио-везе на одређеним фреквенцијама. [12]

Факуле

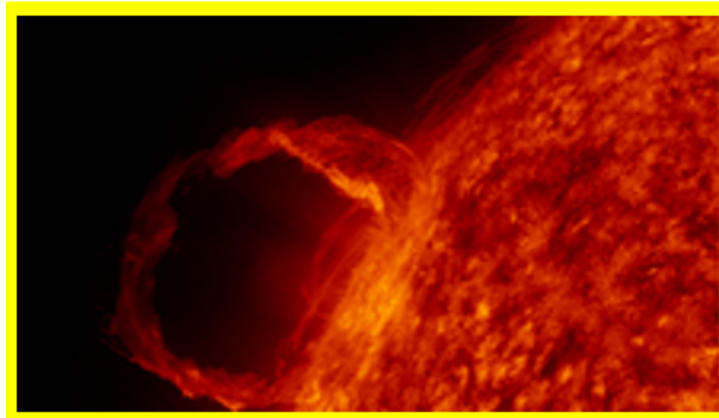
Факуле су сјајни облици гасова непосредно изнад фотосфере; запажају се на тамнијем рубу диска. Када због Сунчеве ротације дођу ближе централним и сјајним деловима диска, контраст према фотосфери настаје, и факуле се не виде. Оне, такође, показују грануларну структуру, али је однос сјаја њихових гранула према позадини на којој се пројектују већи него фотосферски, а и живот дужи и траје до неколико часова. Слично пегамма, укупна површина факула мења се за време циклуса Сунчеве активности. Факуле се срећу у две зонама; прва се приближно поклапа са зоном у којој се јављају пеге, а друга је поларна, где се запажају факуле незнатних размера.



Слика 5.7: Светле факуле се виде наранџастом бојом

5.6 Хромосфера

Хромосфера је слој над фотосфером, дебљине до 12 000 km. За време потпуних помрачења Сунца види се као светао прстен, изразито црвене боје. Снимци хромосфере (начињени инструментом званом спектрохелиограф, а у светлости спектралних линија водоника и калцијума) показују да су факуле светлије, виде се по читавом Сунчевом котуру, а не само на рубу у фотосфери, и прекривају пеге. Запажа се и мрежа неправилно расутих пахуљастих мрља грануларне структуре, званих флокули. На снимцима у водониковој светлости запажају се, такође, млазеви хромосферске материје, тзв. **протуберанце**, које у пројекцији на Сунчев котур изгледају као дугачке, тамне и неправилне уске црте, назване влакна или филаменти. Понекад се нагло појачава водоников флокул (од неколико минута до неколико часова). Та појава назива се хромосферска ерупција, хромосферски блесак, или флер. Ерупција је праћена врло јаким ултраљубичастим зрачењем, избацавањем корпускуларних потока, космичким зрачењем, радио-зрачењем, а понекад и емисијом видљиве „беле“ светлости. Хромосферске ерупције јављају се скоро искључиво у околини група пеге у кругу полупречника од око 100 000 km.



Слика 5.8: Протуберанца

У вези са хромосферским ерупцијама су и **еруптивне протуберанце** – огромни млазеви усијаних гасова (водоника и мање количине хелијума, калцијума и неких других елемената), дужине око 200 000 km и дебљине 10 000 km, који достижу висину и до милион и више километара, а настају нагло попут експлозије. Почетна брзина им је неколико стотина km/s. На висини од 100 000 km за тренутак се заустављају па убрзано опадају. Већина протуберанци настаје у близини пега, стварајући са факулама, флокулима и блесковима **центре Сунчеве активности**. Хромосферске ерупције изазивају јонсферске поремећаје у Земљиној атмосфери, услед чега настаје привремени прекид кратких и појачање дугих радио-таласа.

5.7 Корона

Корона (лат. *corona* – круна, венац) је спољни слој Сунца који постепено прелази у међупланетарни простор. Беле је боје, а њен сјај једва да износи милионити део Сунчевог сјаја, смањујући се с повећањем удаљења од Сунца. Корона се ипак види и до 1 500 000 km од Сунца па и више, зависно од услова посматрања. Њен изглед се мења са циклусом Сунчеве активности. У доба максимума Сунчевих пега корона је скоро кружна, а у доба минимума изгледа као серија танких праменова издужених у равни Сунчевог екватора. Густина короне је врло мала: 10⁴ – 10⁸ честица у cm³. Кинетичка температура честица у корони је веома висока, око 1 000 000 °К, што је несразмерно више од температуре фотосфере. Отуда су у спектру короне линије високо јонизованих атома гвожђа, никла, калцијума. Корона се стално обнавља расипањем честица у међупланетарни простор и приливом нових честица из нижих слојева Сунца. Као и хромосфера, корона се, такође, опажа за време потпуних помрачења Сунца, у новије време и нарочитим инструментима као што су спектрохелиограф, затим спектрохелиоскоп, лиотов филтар и коронограф.

Материја се у Сунчевој корони креће великом брзином, а неке честице чак толиком да могу да умакну Сунчевом гравитационом пољу. Такви атоми и јони стварају **Сунчев ветар**, струју плазме избачену из горње атмосфере Сунца. Сунчев ветар углавном сачињавају електрони са високим нивоом енергије и атомска језгра хелијума и водоника. Када ови јони и електрони стигну до Земље, Земљино магнетно поље даје им убрзање које их издиже у Земљину атмосферу. Као последица реакција између ових високоенергетских честица и горњих слојева Земљине атмосфере настаје ефекат познат као **северна и јужна светлост** (*aurora borealis* i *aurora australis*).



Слика 5.9: Слика короне снимљена током помрачења Сунца



Слика 5.10: *Aurora borealis*

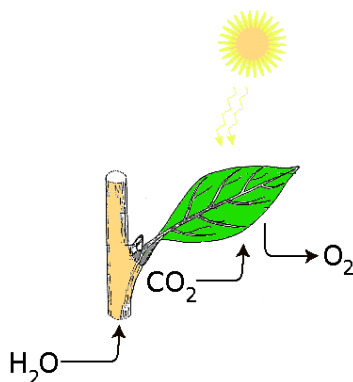
6 Значај Сунца за живот на Земљи и ризици

„У ствари, постоји само Сунце, а све што живи, дише, гамиже, лети, сја или цвате, само је одблесак тог Сунца, само један од видова његовог постојања. Сва бића и све ствари постоје само утолико уколико у својим ћелијама носе резерве Сунчевог даха. Сунце је облик и равнотежа; оно је свест и мисао, глас, покрет, име.“

Иво Андрић

6.1 Фотосинтеза

Сунчева светлост је неопходна за фотосинтезу, која представља процес у којем биљке, алге и неке бактерије користе енергију сунчеве светлости као извор енергије за синтезу хране (шећера). За процес фотосинтезе биљкама је неопходан, поред сунчеве светлости, угљен диоксид и вода. Процес се одвија у хлоропластима, малим органелама у цитоплазми биљних ћелија које садрже зелени пигмент звани хлорофил. Фотосинтеза се највећим делом одвија у листовима биљака, а веома мало или никако у другим деловима биљке (стаблу, корену и др.).



Слика 6.1: Фотосинтеза

Као нуспродукт процеса фотосинтезе, испушта се кисеоник. Управо због те чињенице, **фотосинтеза је од виталног значаја за живот на Земљи**. Готово сва жива бића су директно или индиректно везана за фотосинтезу као извор енергије или хране.

Поред фотосинтезе, Сунце је неопходно човеку за синтезу витамина D који доприноси развоју и здрављу костију и зуба, правилном раду срца, мишића и нервног система.

6.2 Оријентација и мерење времена

Сунце служи за оријентацију на копну, мору и ваздуху, за одређивање позиције брода или ваздухоплова. На основу података о Сунчевој активности (број Сунчевих пега) и сондирања јоносфере, израђују се дугорочне прогнозе (за неколико месеци) за избор радних фреквенција на којима се одржавају радио-везе. Кад настану хромосферске ерупције, које изазивају магнетне буре, а тиме и прекид радио-веза на одређеним радним фреквенцијама, указује се на које фреквенције треба прећи ради одржавања радио-веза.

Први сунчани сат који познајемо потиче из 15. века п.н.е. а састојао се од полуге вертикално постављене на кружницу подељену на четири квадранта. Сваки квадрант био је раздељен на шест мањих делова, чиме је заправо постављен данашњи временски систем од 24 сата. Имао је облик слова L које се налазило наслоњено на свој дужи крај и на себи је имао показатеље који показују шест временских зона.



Слика 6.2: Мерење времена помоћу Сунчаног сата

6.3 Сунчана батерија

Сунчана (соларна) батерија представља прибор за непосредно претварање светлосне енергије Сунца у електричну енергију. Састоји се од више сунчаних ћелија, спојених серијски (ради добијања већег напона) и паралелно (ради добијања јаче струје).

Сунчана ћелија је полупроводнички елемент састављен од два слоја р и п типа силицијума, који образују рп-спој у којем се приликом осветљавања одиграва процес претварања светлосне у електричну енергију (полупроводник, електрични). Процес претварања заснива се на фотоелектричном ефекту. Деловањем светлосних фотона, на крајевима ћелије се ствара разлика напона, а тиме и ток струје кроз прикључни потрошач. Век трајања им је теоријски неограничен, јер се за време процеса претварања светлости у електричну енергију ништа у њима не троши и не разара. Недостак је ограниченост употребе само на сунчани део дана па је потребно да се енергија складишти уколико

желимо да је употребимо касније .

Сунчане батерије се широко примењују у вештачким сателитима, као извор електричне енергије у електронским апаратима и уређајима, системима за наводњавање, затим у разним фотоелектричним уређајима, појачивачима и сл. Данас се граде електране са сунчаним батеријама, а батерије се уграђују и у приватне куће.

6.4 Могућа обољења проузрокована Сунчевим утицајем

Сунчаница

Сунчаница је болест која настаје прекомерним излагањем главе и врата (нарочито потиљка) Сунчевим зрацима, од којих су најопаснији инфрацрвени и ултраљубичати (UV). Њиховим деловањем настаје проширење крвних судова главе и мозга, те се стварају штетне материје због повећаног распадања ткивних протеина. Сунчаницу условљавају: топла и влажна клима, непрописна заштита главе и врата од Сунчевих зракова (дебела капа, непокривен потиљак, непрописна топла одећа), недовољна снабдевеност питком водом и неадекватан програм вежби. Знаци сунчанице су јака главобоља, мучнина, повраћање, мали и убрзан пулс, проширене зенице, смањен крвни притисак, крварење из носа и, као најтежа компликација, несвесно стање. Смртни случајеви су ретки, а излечење је у највећем броју случајева потпуно.

Оштећења коже

Рак коже је канцер који настаје у кожи. Он се јавља услед развоја абнормалних ћелија које имају способност инвазије или ширења на друге делове тела. Сунчево UV зрачење је фактор број један у провоцирању рака коже али битни фактори су и радијација, генетика, пад имунитета, имуносупресивне терапије, загађење, као и друга малигна обољења. UV зраци оштећују ДНК ћелије коже. Рак на кожи настаје кад то оштећење погађа гене који контролишу раст ћелија коже. Природна одбрана од UV зрачења је озонски омотач и меланин. Рак коже је смртоносан, али уколико се открије на време може се у потпуности излечити.

Поред рака коже, сунчево зрачење има многобројне последице по кожу као што су опекотине, хиперпигментација, алергије на сунце, фотостарење (превремено старење).

7 Закључак

Не постоји ни једна реч (предмет), у историји људске цивилизације, која има већи значај од речи „Сунце“. Сунце значи живот на Земљи. У вези са Сунцем су настала многа научна открића. У историјском контексту имамо мицко-религиозни карактер Сунца. У Сунцу многи ументници су нашли инспирацију. Зато је мој рад на задату тему „Сунце“ био пун инспирације, процес усвајања нових научних спознаја и, на крају, велико лично задовољство са резултатима рада у смислу аспеката сагледавања на задату тему.

Рад на задатој теми ми је помогао да боље разумем основне елементе неопходне за научноистраживачки рад. Ти елементи су: расположивост података у виду научних чињеница које су већ верификоване; затим, знање из математике; као и расположивост савремених техничких уређаја за мерење и посматрање и на крају расположивост других ресурса као што су инфраструктура и време издвојено за бављење науком.

Радећи овај рад дошла сам до утиска да ће будућа научна открића у вези са Сунцем, пре свега, бити базирана на **знању из математике и радио-астрономије**, где ће се, уз помоћ радио телескопа и радарског телескопа, истраживати зрачења која долазе са Сунца и из васионе и откриваће се **нова небеска тела**, која се нису могла видети оптичким инструментима.

У материјалном свету у којем данас живимо, где је новац на првом месту, довољно је помислити да смо аутор неке нове научне чињенице и да схватимо да су научна открића нешто узвишеније од самих материјалних преокупација. Зато ми је овај рад побудио још већу научну радозналост.

8 Литература

1. Bounama C., Bloh W., Franck S.: (2004). Das Ende des Raumschiffs Erde, In: Spektrum der Wissenschaft. Spektrum, Heidelberg, 10 (Okt.), pp. 52–59. ISSN 0170-2971;
2. Bruhat G.: (1931). Le Soleil, Paris;
3. Bigourdan G.: (1911). L'astronomie evolution des idees et des methods, Paris;
4. Boquet F.: (1925). Histoire de l'astronomie, Paris;
5. Cohen, R. (2010). Chasing the Sun: the Epic Story of the Star that Gives us Life, Simon Schuster, ISBN 978-1-4000-6875-3;
6. Couderec R.: (1931). Dans le champ solaire, Paris;
7. Dambeck T. : (2012). Der Hexenkessel im Sonnenofen Wayback Machine (PDF; 2,0 MB) in: MaxPlanckForschung, 1/2008, pp. 28–33, ISSN 1616-4172;
8. Фесенков В.: (1944). Космогонија солнечној системи, Москва-Ленинград;
9. Гајић Д.: (2005). Физика сунца, Просвета, Природно-математички факултет Ниш, Ниш.
10. Graff K.: (1928). Astrophysik, Leipzig-Berlin;
11. Herrmann F., Hauptmann H. (1997).: Understanding the stability of stars by means of thought experiments with a model star, Am. J. Phys. 65, 292–295;
12. Група аутора: (1975), Војна енциклопедија, Београд;
13. Илић В. (1988), Митологија и култура, Књижевне новине, Београд.
14. Krogdahl W.: (1962). The Astronomical Universe, New York;
15. Kenneth R. Lang: (1996). Die Sonne – Stern unserer Erde, Springer, Berlin – Heidelberg – New York. ISBN 978-3-540-59437-6;
16. Кузнецов А. Н.: (1966). Геодезическаја астрономија, Москва;
17. Kippenhahn R.: (1990). Der Stern von dem wir leben, DVA. Stuttgart: ISBN 978-3-421-02755-9;
18. Lebon E.: (1899). Historie obrege de l'astronomie, Paris;
19. Ley W.: (1963). Watchers of the Skies, New York;
20. Mattig W.: (1995). Die Sonne, C. H. Beck. München: ISBN 978-3-406-39001-2;
21. Mattig W. : (2002). Bevor die Sonnenbeobachtung zur Sonnenphysik wurde – in Deutschland und Umgebung, (PDF; 61 kB) In: SONNE. Mitteilungsblatt der Amateursoronnenbeobachter. Berlin, 103, 67 (online – pdf). ISSN 0721-0094;
22. Menzel D.: (1949). Our Sun, Philadelphia-Toronto;
23. Миланковић М.: (1948). Историја астрономске науке, Београд;
24. Паннекоек А.: (1961). A History of Astronomy, London;
25. Pringsheim .: (1910). Physik der Sonne, Leipzig-Berlin;
26. Рассел Т.: (1944). Солнечнаја активности и ее проишождение, Москва; 27. Rozgaj S.: (1951). Razvitak astronomije, Zagreb;
28. Scheffler H., Elsässer H. (1990). Physik der Sterne und der Sonne, BI-Wiss.-Verl., Mannheim. ISBN 978-3-411-14172-2;
29. Sackmannu I. (1993). Our Sun, T 3. Present and Future. In: Astrophysical Journal. University of Chicago Press, Chicago Ill 418. 11 (Nov.), 457–468 (Online). ISSN 0004-637X;
30. Stix M.(2004). The Sun – An Introduction, New York: Springer, ISBN 978-3-540-20741-2;

31. Thompson, M. J. (2004). „Solar interior: Helioseismology and the Sun’s interior”. *Astronomy Geophysics*, 45 (4): 21-25;
32. Вујаклија М.: (1980). Лексикон страних речи и израза, Просвета, Београд;
33. Шкловский И.С.: (1953). Радиоастрономија, Москва.
34. ads.harvard.edu/books/1543droc.book