



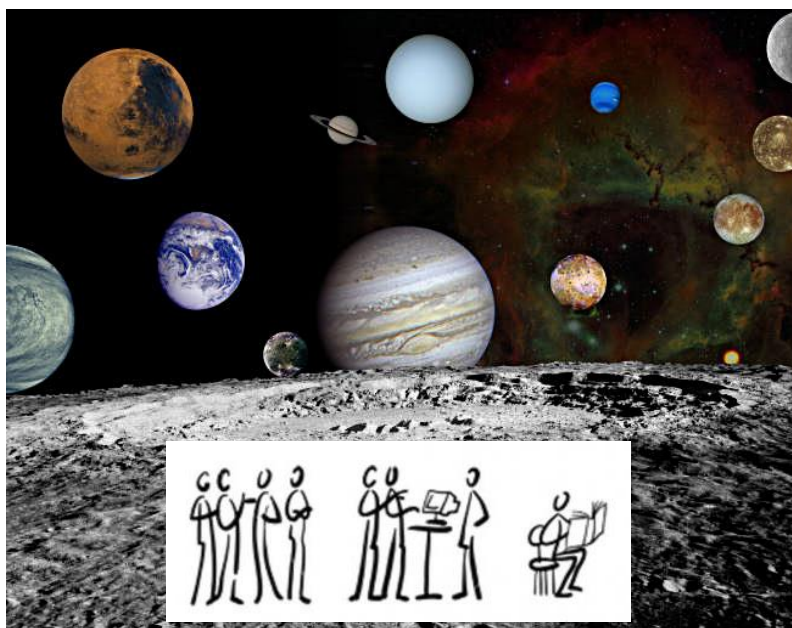
Технически университет София



Катедра Приложна физика

Сборник популярни и научни доклади

**Дни на физиката 2019
Том 11**



София, 17 - 20 Април 2019 г.

Дни на физиката 2019

Сборник популярни и научни доклади

Редактори: Е. Халова
С. Александрова
Н. Кожухарова

ИЗДАТЕЛСТВО НА ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

ISSN 1313-9576

Предговор

Настоящият „Сборник популярни и научни доклади“ е поредният единадесети том и включва представени доклади на традиционните “Дни на физиката”. Организиран от вече 15 години „Дни на физиката“ са част от „Дни на науката“ в Технически университет – София, които тази година се проведеха в периода 17-20 април 2019г. и както всяка година по традиция бяха посветени на годишнини на бележити физици, учени или събития, като 150 години периодична таблица на елементите на Д. И. Менделеев и 50 години от стъпването на човек на Луната, както и на Нобеловата награда по физика за 2018 година. Акцентите в представените теми от студентите – бакалаври и магистри, бяха свързани с основните тематик в обучението им, а дори и като част от дипломните им работи. Тази година участниците с доклади бяха студенти от ТУ-София, от МГУ "Св. Иван Рилски", от СУ „Св. Климент Охридски“ и преподаватели по физика от КПФ към ТУ-София и МГУ “Св. Иван Рилски”, преподаватели и от други звена на ТУ-София, както и учени от БАН.

Докладите бяха посветени на интересни и актуални теми от различни области на физиката, свързани с фундаментални проблеми на модерната наука и теми от историята на физиката. Общият брой на представените презентации бе 17. Те обхващат по оригинален и увлекателен начин теми, разбираеми за широка и разнообразна аудитория в атмосфера на научен семинар. Радостен е фактът, че към проявите в областта на физиката има подчертан и траен интерес както от студентите първокурсници, изучаващи физика в момента, така и студенти от по-горните курсове на ТУ-София, дори и от студенти в магистърски програми, участвали със свои представяния от първата година на тяхното обучение в бакалавърската програма. Докладите на студентите бяха много добре представени на сесиите и оформени за публикуване в настоящия сборник. По общо мнение на студентите “Дните на физиката” са една добра възможност да придобият опит в излагане на научни проблеми, подготвянето им за публикуване и участие в научни дискусии.

Традиционно научната сесия бе проведена в последния ден от “Дни на физиката” и това даде възможност за среща на учени и преподаватели по физика от различни университети и институти на БАН. Представени и дискутирани бяха проблеми от широк спектър от съвременни научни области, по които работят преподавателите от различните университети. Фактът, че макар и съботен ден, научната сесия бе посетена и от студенти, е показател за интереса им към физиката.

Традиционните демонстрации на физични явления и закономерности, представени по много атрактивен начин от ас. инж. Л. Георгиев, предизвика

голям интерес у студентите, поради възможността за допир до реалните физични експерименти и изследвания.

Пълен списък на презентациите от Дните на физиката, са дадени в края на сборника. Всички включени статии, представени на „Дни на физиката-2019“, са рецензирани от учени с познания и авторитет в съответната област.

Надяваме се поредният том на сборника, насочен главно към студентската аудитория, да представлява интересно, увлекателно и информативно четиво за всички, които проявяват интерес към физиката, да допринесе за повишаване на интереса на бъдещите инженери към тази красива и винаги модерна наука, чиито приложения са в основата на съвременната техника и технологии.

Изказваме благодарности на всички участници в “Дни на физиката - 2019”, както и на членовете на Организационния комитет.

Организирането и провеждането на „Дните на физиката“, както и издаването на настоящия сборник са съфинансирани по вътрешния конкурс на ТУ-София 2019 със средства от субсидията за научна дейност. От името на Организационния комитет и на студентите изказваме благодарност за финансовата подкрепа на НИС към ТУ-София.

Изказваме благодарност и на „Завод за Оптика - АД“ за финансовата подкрепа, която също ще позволи за пореден път представените доклади да бъдат публикувани в отделен том в Университетското издателство.

*Доц. д-р Елена Халова
Проф. д-тн Сашка Александрова
Ас. Невена Кожухарова*

СЪДЪРЖАНИЕ

ПРЕДГОВОР

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНИ ДОКЛАДИ

И. Копринков, Нобелова награда по физика за 2018г	6
Сашка Александрова, Жените-учени и Нобеловите награди	16
Н. Кожухарова, Е. Халова, 1, 2, 3,12 Астронавти, стъпили на Луната	25
Е. Халова, Н. Кожухарова, 150 години Периодична таблица на Менделеев	32
В. Копчев, Белтъчни макромолекули. Функция на потенциалната енергия	39
Б. Борисов и С. Стефанов, Спектроскопични изследвания на някои източници	49
М. Спасов, Екзопланетите - отвъд хоризонта	50
Г. Георгиев, Надпреварата на частните ракетни компании за космоса	55

НАУЧНИ ДОКЛАДИ

В. Rangelov, PROJECT CABARET, WP7 AND THE DEVELOPMENT OF MOOC's	58
С. Александрова, Н. Кожухарова, Е. Халова, Свърхтънки оксиди върху плазмено хидрогениран силиций	65
Р. Ташева, И. Стефанов, Оценка за оптималните стойности на параметрите на милисекундния пулсар XTEJ 1807-294 според няколко основни модела	69
Т. Желязов, Алгоритми за определяне на моделните параметри. Пример	76
Е. Ойнаков, Д. Солаков, Б. Рангелов, Сеизмопрогностичните свойства на микросеизмичния шум в минутния диапазон	84

Р. Кобиларов, Екологичната обстановка през 21 век: подобрение или деградация?	94
Б. Георгиева, Физични предпоставки за търсене и проучване на въглеродороди.....	99
П. И. Иванов, Съвременни фотоволтаични технологии, потенциал и тенденции за развитие.....	106
С. Тодоров и Л. Попова, Изпарение на капка като начин за тестване на водната памет.....	116
Авторски указател	120
Програма на Дните на физиката	121

НОБЕЛОВИ НАГРАДИ ПО ФИЗИКА ЗА 2018г

Иван Г. Копринков

Катедра „Приложна физика“, ФПМИ, ТУ-София, бул. „Кл. Охридски“ 8, София 1000
e-mail: igk@tu-sofia.bg

Резюме. Нобеловата награда по физика за 2018 г. се присъжда „за преломни открития в областта на лазерната физика“. Половината от нея е дадена на Артър Ашкин за разработването на т.н. оптически пинсети, а втората половина – на Жерар Муру и Дона Стрикланд за разработка на метод за генериране на свръхинтензивни свръхкъси лазерни импулси. Оптическите пинсети са инструменти, направени от светлина. С тяхна помощ могат да се захващат, позиционират и движат в пространството атоми, молекули, нано и микрочастици, клетки, бактерии, и др. Методът за генериране на свръхинтензивни свръхкъси лазерни импулси позволява получаването на рекордни къси и мощни светлинни импулси и изследване на материята при екстремни условия, които вече не съществуват в съвременната Вселена, изследвания в областта на вътрешно-молекулната и вътрешно-атомната динамика, в областта на ядрената физика, физиката на елементарните частици, и др.

Ключови думи: Нобелови награди, лазерна физика, оптически пинсети, свръхкъси и свръх мощни лазерни импулси.

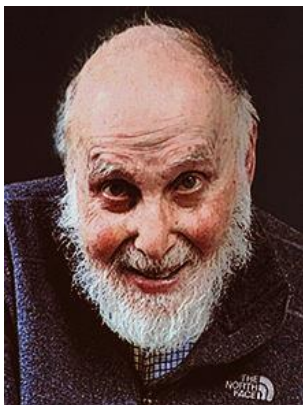
1. Увод

Нобеловите награди са основани от Алфред Нобел през 1895г. Съгласно волята на Нобел, те се присъждат всяка година на тези, които са направили изключителен принос за развитието на човечеството чрез своите научни изследвания, открития и технологии или са дали огромен принос за утвърждаване в обществото на висши идеали чрез своята творческа и обществена дейност. Нобеловите награди са сред най-високите категории на обществено признание.

Във областта на физиката, а и в останалите сфери, Нобеловите награди обикновено са кулминация на многогодишни научни изследвания, които биват приети от научната общност след надеждни и много стриктни експериментални проверки. Те не само отбелязват един успешен етап от развитието на физиката, но и оказват голямо влияние върху нейното развитие за много години напред. Ето защо физическата общност проявява голям интерес към ежегодните носители на тази най-престижна награда и областите, в които те работят.

Нобеловите награди по физика за 2018 година, съгласно заключението на Нобеловия комитет, са връчени на Артър Ашкин (половината от наградата) и на Жерар Муру и Дона Стрикланд (останалата половина от наградата) „за преломни открития в областта на лазерната физика“ [1]. По-специално,

наградата на Артър Ашкин е присъдена за разработването на *оптически пинсети и тяхното приложение в биологията*, а наградата на Жерар Муру и Дона Стрикланд е присъдена за *техния метод за генериране на свръхинтензивни свръхкъси оптически импулси*. В настоящия доклад ще бъдат разгледани накратко основните принципи на действие и някои основни приложения на оптическите пинсети и на метода за генериране на свръхинтензивни свръхкъси лазерни импулси.



Артър Ашкин, 1922 г.



Жерар Муру, 1944 г.



Дона Стрикланд, 1959 г.

2. Оптически пинсети

Оптическите пинсети (или още, *оптически капани*) дават възможност за захващане на обекти, атоми, молекули, нано/микрочастици, както и живи клетки, вируси, ДНК материал с помощта на лазерни снопове и извършване на манипулации с тези обекти, без тяхното повреждане [2-4]. Накратко казано, това са инструменти направени от светлина. Оптическите пинсети работят на принципа на взаимодействие на светлината с веществото, което намира различни проявления, като упражняване на сила, налягане или отдаване на импулс върху материалните обекти. Това позволява тяхното захващане и придвижване в пространството с помощта на лазерни снопове. Възникващите сили са в диапазона от фемто- до пико-нютони, но са достатъчни за тази цел. Първото експериментално доказателство, че светлината упражнява налягане върху твърдо тяло е представено от Лебедев още през 1901 г.

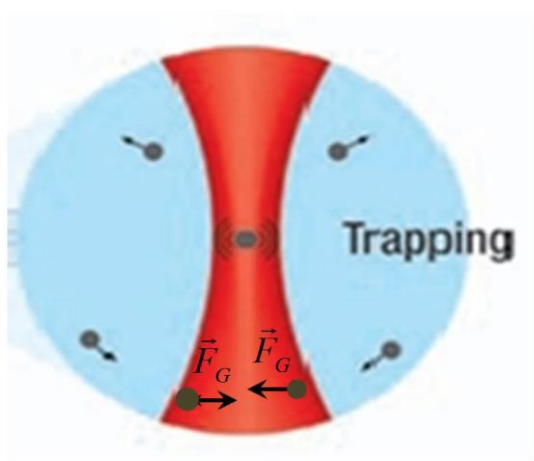
Могат да се разграничат *два различни режима* на действие на оптическите пинсети: (а) обекти с *малки размери* (атоми, молекули, ...), $\lambda \gg d$ и (б) обекти с *големи размери* (микрочастици, капчици, ...), $\lambda \ll d$, където λ е дължината на светлинната вълна, с която се въздейства върху обекта, а d е характерният размер на обекта, върху който се въздейства.

а) обекти с малки размери (атоми, молекули, ...)

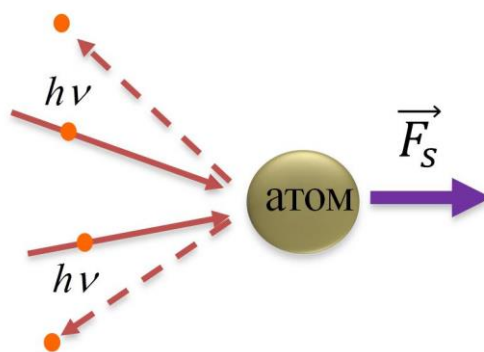
Когато даден атом/молекула се намира под въздействие на светлина с интензитет на електрическото поле $\vec{E}$, в него се индуцира диполен момент

$\vec{\mu} = \alpha \vec{E}$, където α е поляризуемостта на атома. Енергията W на индуцирания диполен момент в електрическо поле на светлината се дава с израза $W = -(1/2)\vec{\mu} \cdot \vec{E} = -(\alpha/2)\vec{E} \cdot \vec{E} \propto -(\alpha/2)I(\vec{r})$, където $I(\vec{r})$ е интензитетът на светлината. В резултат на това възниква *градиентна сила* $\vec{F}_G = -\text{grad} W \propto (\alpha/2)\text{grad} I(\vec{r})$, насочена към областта с по-голям интензитет на лазерния сноп, т.е., към центъра на снопа, захващайки по този начин обекта върху който се въздейства, фиг.1(а).

Върху обектите може да се въздейства и чрез ефективна сила на разсейване, която възниква в резултат на обмяна на импулс при разсейване или поглъщане на фотони от обекта (атоми, молекули,...). Промяната на импулса на фотона варира от $\vec{p}$ до 0 , при поглъщане, и от $\vec{p}$ до $-\vec{p}$ (в максималния случай), при разсейване. При поглъщане, например, на N фотона с импулс $p = h/\lambda$, силата на разсейване върху обекта има вида $F_s = \frac{d}{dt} \left(\frac{Nh}{\lambda} \varepsilon \right)$, където коефициентът ε отчита ефективността на поглъщане на фотоните, фиг.1(б).



(а)



(б)

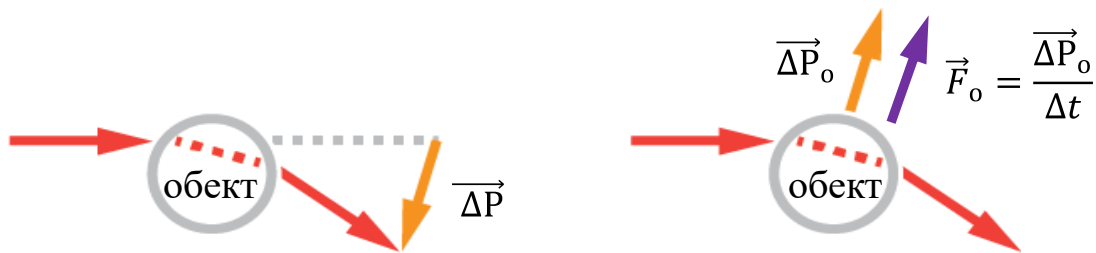
Фиг. 1. Въздействие върху атом чрез (а) градиентна сила F_G и (б) сила на разсейване F_s от фотони с енергия $h\nu$.

б) обекти с големи размери (микрочастици, капчици, ...)

Когато светлинен лъч попадне върху оптически прозрачен обект (капка, микросфера,...), той изпитва, в общия случай, отражение, пречупване и разсейване. При пречупване лъчът променя посоката си на разпространение, с което се променя и импулса на фотоните с $\Delta \vec{p}$, фиг.2. От закона за запазване на импулса, равен по големина и обратен по посока „откатен“ импулс $\Delta \vec{p}_0$ изпитва и обекта. Това води до ефективна сила $\vec{F}_0$ по посока на импулса $\Delta \vec{p}_0$.

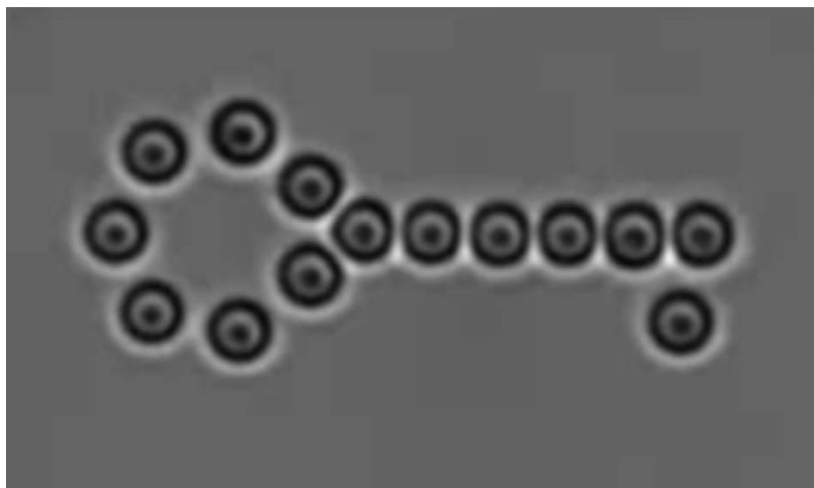
В случай на нефокусиран сноп, ако сферата е в центъра на снопа, *радиалните сили* се уравновесяват и се получава само слаба резултантна

аксиална сила по посока на разпространение на светлината. Ако сферата е изместена от центъра, по-интензивната част на снопа води до по-голям откатен импулс и по-голяма ефективна *радиална сила*, насочена обратно към центъра на снопа. В резултат обектът се захваща около центъра на снопа. При фокусиран сноп *радиалните сили* задържат обекта около центъра на снопа. В този случай, обаче, възникват допълнителни *аксиални сили*, насочени към фокуса (различни пред и след фокуса), и захващат обекта около фокуса. В този случай се получава *пълнен радиален и аксиален захват* на обекта около фокуса.



Фиг. 2. Откатна сила при пречупване на светлина от микросфера.

Чрез подходящо съчетаване на посочените по-горе сили е възможен захват и контрол на положението на обектите в пространството, подобно на захват с обичайните пинсети, фиг.3. С помощта на повече светлинни снопове могат да бъдат захванати и движени независимо един от друг множество обекти в пространството. Оптичните пинсети позволяват сложни движения, свързани с многократно пресичане на светлинните снопове, нещо което не е възможно при твърдите пинсети. Тъй като оптичните пинсети са формирани от светлина (чиста енергия), те са абсолютно стерилни и не водят до химическо или генетично замърсяване на обектите на въздействие.



Фиг. 3. Подреждане, контролиране на положението и придвижване в пространството на микросферички с помощта на оптически пинсети.

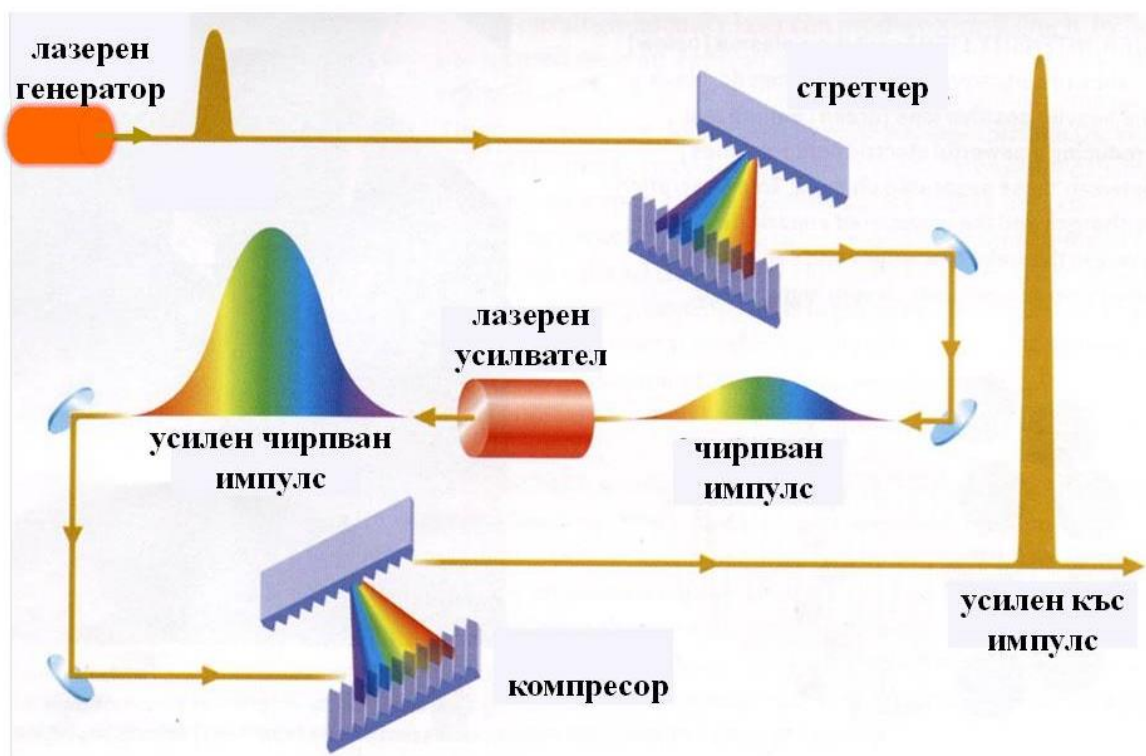
3. Генериране на свръхинтензивни свръхкъси оптически импулси

Едно от основните усилия в лазерните изследвания е насочено към постигането на рекордни параметри на лазерното лъчение. Тези усилия, разбира се, не са самоцелни. Както показва историята на тези изследвания, това не само дава отговор за пределните възможности на определени лазерни технологии, но и стимулира прилагането на нови физични принципи и технологични решения. В резултат, приложението на лазерите се разширява към области, в които това преди е изглеждало невъзможно. Методът за генериране на свръхинтензивни свръхкъси светлинни (оптически) импулси (СССИ) [5-7], известен още като метод за усилване на чирпови импулси (оригинална терминология - chirped pulse amplification, CPA), позволява генерирането на рекордно къси и рекордно мощни лазерни импулси и изследване на материята при условия, които, най-вероятно, вече никъде повече не съществуват във Вселената след големия взрив.

Какво най-общо ще разбираме под СССИ. Това са *импулси*, чиято пикова мощност е от порядъка на гигават ($1GW=10^9W$), но може да достига или дори да превишава терават ($1TW=10^{12}W$), петават ($1PW=10^{15}W$), а продължителността на импулса е около и под $100fs$, $1fs=10^{-15}s$. За сравнение, GW -мощности са съпоставими с мощността на енергийната система на страна като България, а TW -мощности са съпоставими с мощността на енергийната система на света. Следователно, PW -лазерите генерират импулси, чиято импулсна мощност превишава хиляди пъти мощността на енергийната система на света.

В какво се състои проблемът при постигане на рекордни параметри на лазерното лъчение. Съществуват физически ограничения, които не позволяват директно от лазерния генератор да се получат импулси, които да съчетават едновременно няколко рекордни параметъра, като например да имат много тесен (или широк) спектър или пък да имат много къси импулси (както е в нашия случай) и същевременно да бъдат много мощни. За да се постигне това, при конструиране на лазерния генератор вниманието се фокусира върху един, най-важен параметър, а високата мощност се постига като лъчението се усилва от поредица усилватели. Съществуват, обаче, ограничаващи фактори. Така например, при много високи мощности в някой от усилвателите може да се достигне прага за оптическия пробив на материала и той да се разруши. За да се преодолее този проблем, лъчението, а и размерът на всеки усилвател, се разширява в напречна посока и по този начин се поддържа интензитетът на светлината под границата на оптическия пробив. За съжаление, при свръхкъсите (фемтосекундни) импулси, този подход вече не е приложим, тъй като освен от разрушаване на усилвателите, фемтосекундните импулси започват да се разширяват и във времето, поради дисперсионните характеристики на материала на усилвателя и престават да бъдат толкова къси. Тук е ключовия момент в идеята на Жерар Муру и Дона Стрикланд. За да се минимизира влиянието на дисперсията (както и да се контролира интензитета на лъчението в усилвателите), импулсът се разширява във времето, но по специален начин,

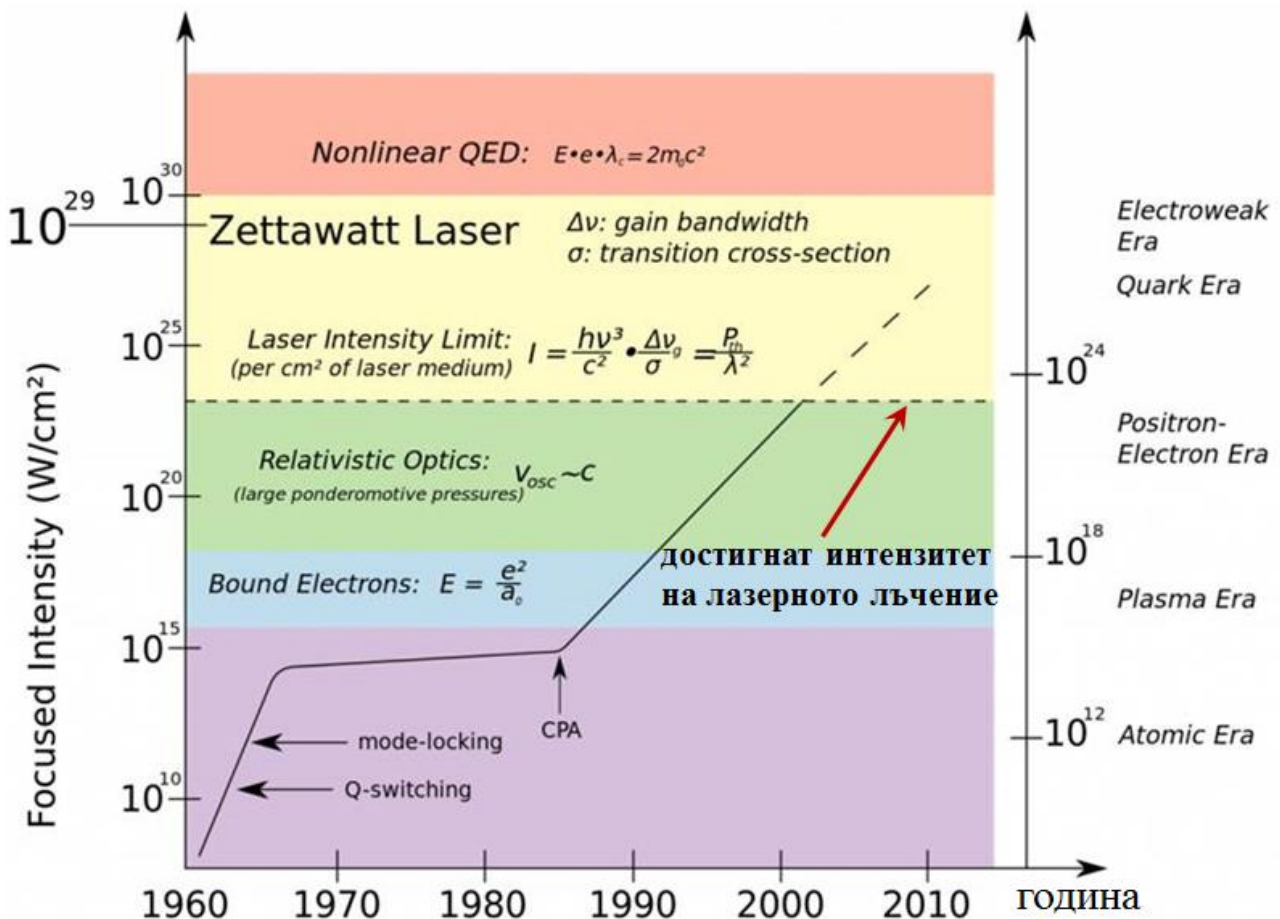
наречен *чирване*. Това означава, че при това разширяване на импулса, спектралните компоненти се подреждат в импулса във времето така, че оптичестката честота или монотонно расте във времето (*положителен чирп*) или монотонно намалява (*отрицателен чирп*). Устройството, с което това се постига, се нарича оптически *стретчер* (от английски, общоприет български термин няма установен) и може да се реализира по различни начини: с двойка дифракционни решетки, призми, брягови-решетки, оптично влакно, и др. Така полученият чирпов импулс, фиг.4, се усилва през един или повече усилватели и след това се компресира с оптически *компресор*, който има обратна дисперсия на стретчера. По този начин, усиленият импулс се компресира във времето - в идеалния случай до изходния лазерен импулс. Илюстрация на концепция CPA и принципна експериментална схема за нейната реализация е показана на фиг.4.



Фиг. 4. Принципна схема на лазерна система за чирпово усиление на свръхинтензивни свръхкъси светлинни импулси, състояща се от лазерен генератор, стретчер, усилвател и оптически компресор.

CPA концепцията, както и самите лазерни генератори, непрекъснато се усъвършенстват с развитието на лазерните технологии. Огромен скок в развитието на тази концепция бе направен с въвеждането на лазерите с активна среда титан:сапфир. Те съчетават няколко основни за тази концепция свойства: (а) рекордно широк спектър на излъчване, позволяващ генерация на рекордно къси импулси и (б) малко сечение на стимулирана емисия, което осигурява запасяване на голяма енергия в усилвателите и високи нива на насищане на интензитета на усиленото лъчение.

Най-мощният генериран импулс по CPA метода достига мощност от $10PW$ при продължителност на компресираните импулси около $20fs$ [8]. След фокусиране на подобни импулси се достигат интензитети от порядъка на $10^{23}W/cm^2$ и интензитет на електрическото поле от $10^{13}V/cm$. За сравнение, интензитетът на ускоряващото електрическо поле при големия адронен колайдер е $10^6V/cm$. Типичният интензитет на светлината от най-мощните естествени източници на светлина, на повърхността на свръхнова звезда, е само $10^{10}W/cm^2$. Подобни екстремални физични условия са съществували само в много ранната Вселена, фиг.5, и днес могат да бъдат възпроизведени само във физичните лаборатории. Попадали под въздействието на подобни силни електрически полета, електроните получават ускорения от порядъка на $10^{25}g$ (g е земното ускорение) и могат да достигат релативистки скорости и енергии от порядъка на GeV само за няколко сантиметра разстояние на ускоряване. Това позволява въвеждане на нови методи за ускоряване на елементарни частици.



Фиг. 5. Хронология на генерацията на СССИ с развитието на лазерните технологии. Достигнатите интензитети (плътност на енергията) са съотнесени към съответните ери от еволюцията на Вселената.

Обичайните области на приложение на лазерите се ограничават до градивните структури на веществото, които могат да поглъщат или излъчват

кванти с енергия от порядъка на лазерните фотони. Това са свободни атоми, молекули или материя в кондензирано състояние. Със създаването на свръхмощни лазери, особено след въвеждане на СРА-концепцията, лазерите все по-масово навлизат извън обичайните области и се прилагат в области като: лазерен термоядрения синтез (една отдавна развивана област), ускорители на елементарни частици, плазмени ускорители, генерация на интензивни потоци от γ -лъчи и изследване на ядрени реакции, релятивистка нелинейна оптика, физика на елементарните частици, поляризация на физическия вакуум, създаване на електрон-позитронна двойка, нелинейна квантова електродинамика и др. Може би най-уникалното от всички приложения е изследване на поведението материята при екстремални физични условия, съществували в ранната Вселена около 10^{-36} - 10^{-32} s след „големия взрив“, т.н. *електрослаба ера*, космологичен период, през който силното взаимодействие се отделя от електрослабото. С оглед реализацията на потенциала на СРА-концепцията, в ход е голям Европейски проект *ELI (extreme light infrastructure* - лазерният еквивалент на *големият адронен колайдер*), в рамките на който в няколко европейски страни се изграждат свръхмощни лазерни системи със специализирано приложение в някои от изброените по-горе области [9].

Не всички приложения на СССИ изискват рекордни мощности и интензитети. Нещо повече, прекалено високият интензитет на лъчението може да доведе до йонизация на изходните частици на средата - атоми и молекули. Това, на практика, е разрушаване на атомите и молекулите и възникване на техни йони (в екстремния случай на многоелектронна йонизация - на голи ядра), които имат много различни характеристики от тези на изходните частици. Ето защо, изследванията в областта на атомната и молекулната физика, и физиката на кондензираната материя, а това са преобладаващата и разнообразната част от приложенията на СССИ, предполагат използването на СССИ с гигаватни мощности. Това определя насоките на развитието на едно друго основно направление, а именно, генерацията на рекордно къси СССИ, най-вече в областта на (и около) гигаватните мощности. Най-късите генерирани импулси директно от лазерните генератори, т.е., преди да бъдат усилены, са с продължителност около $5fs$, но те се характеризират с много малка мощност. От друга страна, получаването на СССИ (след чирпово усиление и компресия) под около $20fs$ е трудно постижима задача поради натрупване в процеса на усиление на сложен временен и пространствен чирп, който не може да се компенсира изцяло от компресора. За по-нататъшно скъсяване на СССИ са известни методите: *вторична компресия* на импулса след спектрално уширение в кухи влакна напълнени с газ [10] и *самокомпресия* на импулса [11, 12]. При тях, СССИ се компресират до рекордни стойности от порядъка на тези, постигнати в най-добрите лазерните генератори. Най-късите генериране импулси по първият метод са с продължителност $4.5fs$ при енергия $20\mu J$ [10], а по втория метод - с продължителност $5.7fs$ и енергия $380\mu J$ [12].

Предложените дотук методи позволяват генериране на СССИ във фемтосекундната временна област. Радикално нов метод, базиран на нелинеен процес от много висок порядък, а именно, генерацията на *висши хармонични* с помощта на СССИ, позволява генерация на *аттосекундни* импулси, $1as=10^{-18}s$. За първи път серия от аттосекундни импулси е наблюдавана в [13], а единични аттосекундни импулси – в [14]. С генерирането на единични аттосекундни импулси, макар и много слабоинтензивни, се поставя началото на аттосекундната метрология и физика, *аттофизика*. Генерацията на единични аттосекундни импулси е много по-сложна задача от генерацията на серия от такива импулси и изисква много къси СССИ с продължителност от около 2-3 оптически цикъла. Това обикновено се постига чрез споменатите по-горе методи на вторична компресия и самокомпресия. Аттосекундните импулси са най-късият изкуствено създаден и управляван от човека процес, а методът на генерация на висши хармонични е единственият известен засега научен метод, с чиято помощ могат да се генерират толкова къси импулси. Най-късите генерирани досега електромагнитни импулси са с продължителност $43as$ и енергия от порядъка на $\times 10pJ$ [15].

С помощта на свръхкъсите фемтосекундни и аттосекундни импулси става възможно да се изследва динамиката на процесите вътре в молекулите и атомите, а именно, ротационните и вибрационни движения на атомните ядра на молекулата, както и много по-бързото движение на електроните в атомите и молекулите. Нещо повече, варирайки параметрите на свръхкъсите импулси, тези движения могат да бъдат манипулирани и контролирани. Това, засега, е единственият научен метод, с който можем да проследим в реално време какво се случва с градивните частици на материята вътре в атомите и молекулите.

С помощта на генерираните СССИ по метода СРА бяха направени преломни открития и в други научни области. За изследване в областта на вътрешно-молекулната динамика и, по-специално, на процеса на протичане на химичните реакции *в реално време* с помощта на СССИ и изучаване на т.н. *преходни състояния*, през които тези реакции преминават, през 1999 г. беше присъдена Нобелова награда по химия на Ахмед Зевейл, изследовател от египетски произход, работещ в калифорнийския технологичен институт [16]. С тези изследвания, както и с приложението на СССИ в областта на изследване на динамиката на електроните в атомите и молекулите, бе положено началото на нови научни области със свои специфични принципи, подходи и експериментални методи, известни като *фемтохимия* и *аттофизика*.

4. Заключение

Артър Ашкин, Жерар Муру и Дона Стрикланд получават Нобеловата награда по физика за 2018 г. *за преломни открития в областта на лазерната физика*. Тези открития вече доказаха огромният си научен и технологичен потенциал. С тяхна помощ бяха създадени уникални експериментални подходи

за разкриване на тайните на материята, за които други методи в момента в науката не съществуват. Те, обаче, разкриват и един много широк научен хоризонт пред себе си, по който тепърва предстои да се измине дълъг и труден път на обещаващи научни изследвания и открития. Поради уникалните въздействия на които можем да подлагаме материята, се очаква да бъдат разкрити много от нейните тайни. Това ще позволи да реализираме редица научни и технологични идеи, които, до неотдавна, са съществували само в сферата на нашето въображение.

* За илюстрация на темата са използвани някои фигури на други автори, представени в източници от интернет, за което изказвам своите *благодарности*.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] The Nobel Prize in Physics 2018, Press release, NobelPrize.org, <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2018/>
- [2] A. Ashkin, Phys. Rev. Lett. **24**, 156 (1970).
- [3] A. Ashkin and J. Dziedzic, Appl. Phys. Lett. **18**, 283 (1971)
- [4] A. Ashkin and J. Dziedzic, Science **235**, 1517 (1987).
- [5] D. Strickland and G. Mourou, Opt. Commun., **56**, 219 (1985)
- [6] M. Pessot, P. Maine, and G. Mourou, Opt. Commun., **62**, 420 (1987).
- [7] P. Maine, D. Strickland, P. Bado, M. Pessot, and G. Mourou, IEEE J. Quant. Electronics, **24**, 398, (1988).
- [8] <http://www.eli-np.ro/>
- [9] ELI - Extreme Light Infrastructure, WHITEBOOK, Science and Technology with Ultra-Intense Lasers, Eds., G. Mourou, G. Korn W. Sandner and J. Collier.
- [10] M. Nisoli, S. De Silvestri, O. Svelto, R. Szipöcs, K. Ferencz, Ch. Spielmann, S. Sartania, and F. Krausz, Opt. Lett., **22**, 522-524 (1997)
- [11] I. G. Koprnikov, A. Suda, P. Wang, and K. Midorikawa, Phys. Rev. Lett., **84**, 3847, (2000).
- [12] C. P. Hauri, W. Kornelis, F. Helbing, A. Heinrich, A. Couairon, A. Mysyrowicz, J. Biegert, U. Keller, Appl. Phys., **B 79**, 673 (2004).
- [13] P. Paul, E. Toma, P. Breger, G. Mullot, F. Augé, Ph. Balcou, H. Muller, and P. Agostini, Science **292**, 1689 (2001).
- [14] M. Hentschel, R. Kienberger, Ch. Spielmann, G. A. Reider, N. Milosevic, T. Brabec, P. Corkum, U. Heinzmann, M. Drescher and F. Krausz, Nature **414**, 509 (2001).
- [15] T. Gaumnitz, A. Jain, Y. Pertot, M. Huppert, I. Jordan, F. Ardana-Lamas, and H. Wörner, Opt. Express, **25**, 27506 (2017).
- [16]. The Nobel Prize in Chemistry 1999, Press release, NobelPrize.org, <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1999/>

ЖЕНИТЕ-УЧЕНИ И НОБЕЛОВИТЕ НАГРАДИ

Сашка Александрова

Катедра „Приложна физика“, ФПМИ, ТУ-София, бул. „Климент Охридски“ 8, София 1000
e-mail: salex@tu-sofia.bg

Резюме. Нобеловата награда по физика за 2018 г. беше дадена за постижения в областта на лазерната физика. За пръв път от 55 години насам сред лауреатите е жена – Дона Стрикланд (Donna Strickland). Така тя стана третата жена-лауреат на Нобелова награда след Мария Кюри (1903 г.) и Мария Гьоперт-Майер (1963 г.). Това предизвика широк отзвук сред сред учените по цял свят и обществеността. Общият брой жени, получили Нобелова награда в научните области, е изключително малък – всичко 19 жени от общо 607 лауреати (включително тези, спечелили две награди). Нобеловият комитет дискутира този дисбаланс. Подобно е положението сред наградите за постижения в математиката: наградата „Абел“ с единствена жена-лауреат Карин Уленбек и медалът „Филдс“ с единствена жена-лауреат Мериам Мирзахани. В настоящата статия са дадени някои по-важни факти от живота и постиженията на тези забележителни жени.

Ключови думи: Нобелова награда, физика, жените в науката.

1. Увод

Присъждането на Нобеловите награди в началото на октомври всяка година има широк отзвук сред учените по цял свят, също така и сред широката общественост. След обявяването им се дискутират лауреатите, постиженията им, подробности от житейския им път, как са успели да постигнат това, което се е удало на малцина.

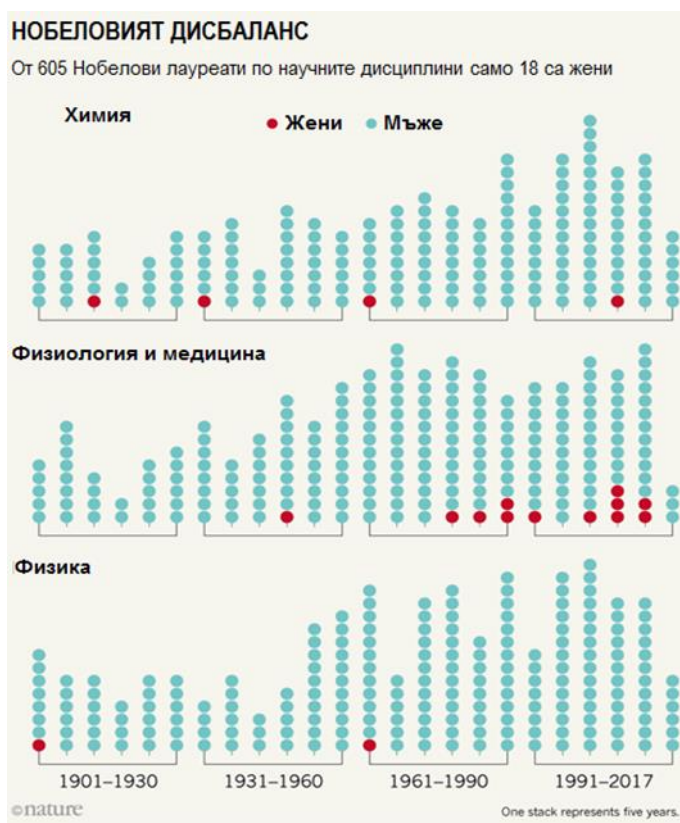
Нобеловата награда по физика за 2018 г. беше дадена за постижения в областта на лазерната физика. За пръв път от 55 години насам сред лауреатите е жена – Дона Стрикланд (Donna Strickland) и това предизвика широк отзвук сред широката публика. Жена-лауреат има и сред отличените в областта на химията – Франсис Арнолд (Frances H. Arnold). Така жените-носителки на най-високото отличие за един учен станаха 3 (след Marie Curie (1903) и Maria Goeppert Mayer (1963)) за физика и 5 за химия. И още една подробност – жена-нобелист нямаше от 2015 г. досега. Значително повече са нобелистките за физиология и медицина (12), литература (14) и за мир (17).

Без съмнение Нобеловите лауреати за 2018 г. Дона Стрикланд и Франсис Арнолд са изключителни учени. Те също така са жени. Защитниците на равенството в науката се чувстват раздвоени между радостта за постиженията на тези жени и факта, че тяхната победа не означава, че проблемът с равенството в науката е решен. Денят, когато атрибути като пол, сексуалност

или етническа принадлежност на Нобеловите лауреати няма да са от значение, ще бъде знаменателен, но днес не е така.

Неравенството при присъждането на Нобеловите награди е очебийно. Общият брой жени, получили Нобелова награда в научните области, е изключително малък – всичко 19 жени от общо 607 лауреати (включително тези, спечелили две награди). Това означава все още само 3%, или 9% за последното десетилетие, както се вижда на фигурата по-долу. Това е важно поради значението на Нобеловите награди в обществото. Лауреатите стават научни суперзвезди и модели за подражание. Мнението им се зачита. Наградите показват на обществеността кой е най-добрият от най-добрите.

Има опит за обяснение на малкия брой жени-лауреати с факта, че много от наградите са призвание за работа, извършена преди доста години още по времето, когато броят на жените е дори по-нисък, отколкото е днес. Такова обяснение едва ли отговаря на истината, напр. през 2017 г. за втора поредна година изобщо няма наградени жени. Изследванията многократно показват, че системните предубеждения остават в науките, а бавните темпове на напредъка са особено очевидни. В същност най-същественото е, че наградите са част от система, в която балансът е изместен в полза на бели мъже от Западния свят.



*Данни за Нобеловите награди по научните дисциплини до 2017 г.
Една колона представя данните за 5 години.*

Когато говорим за предубеждения и стереотипи, да си припомним следните факти. Когато Мария Гьоперт-Майер е удостоена с Нобеловата награда, съобщение в пресата гласи „*Майка на син и дъщеря* печели Нобеловата награда

по физика“. Можем да си помислим, че това е все пак 1963 г. Но през 2018 г. когато са обявени Нобеловите награди, започва усилено търсене на информация за лауреатите. Оказва се че, в Уикипедия за Дона Стрикланд изобщо няма данни. Тогава тя е доцент по физика и астрономия в Университета на Ватерло и бивш президент на Оптичното дружество, но когато потребител на Уикипедия се опитва да създаде профил за нея през март, страницата е отказана. „Данните за предложението не показват, че темата отговаря на условията за статия от Уикипедия“, отговаря модераторът. Веднага след обявяването на наградите в Уикипедия е създаден профил с описание на изследванията, биографията ѝ и най-важното – нейните награди. За разлика от Дона Стрикланд, колегата ѝ Жерар Муру, с когото поделя наградата, има страница в Уикипедия още от 2005 година.

2. Нобеловите лауреатки



Мария Склодовска Кюри



Мария Гьоперт-Майер



Дона Стрикланд

Мария Кюри е може би най-известната жена-учен в историята на науката. За нея е писано много. Тя е първата жена Нобелов лауреат, първият и един от малкото учени, спечелили два пъти Нобелова награда и единствен учен с Нобелови награди в две различни области. Става и първата жена-преподавател в Сорбоната. Рождената ѝ фамилия е Склодовска. Родена е във Варшава и е най-малката дъщеря в семейство на учители. Баща ѝ преподава физика и математика. През 1891 г. Мария е студентка в Сорбоната в Париж. През 1893 г. тя получава диплома по физика, през 1894 г. по математика и през 1896 г. - диплома за преподавател. През 1894 г. тя среща Пиер Кюри и това е началото не само на съвместния им живот, но и тяхното сътрудничество в науката. Резултат от съвместната им работа е Нобелова награда за физика за 1903 г. заедно с Анри Бекерел, както обявява Нобеловият комитет „В знак на признание за изключителните им постижения в съвместните си изследвания върху радиационните явления, открити от професор Анри Бекерел“. Френската академия на науките всъщност номинира само мъжете за наградата. Мария Кюри е включена по настояването на нейния съпруг Пиер Кюри. По-късно Мария Кюри въвежда термина „радиоактивност“. След смъртта на Пиер през 1911 г. Мария Кюри получава втора Нобелова награда, този път за химия „за

откриването на елементите радий и полоний, чрез изолацията на радия и изучаването на природата и съединенията на този удивителен елемент“.

Мария и дъщеря ѝ Ирен (също Нобелов лауреат) не са приети за членове на Френската академия на науките. Едва през 1962 г. жена е избрана за член на академията – физичката Маргарет Катрин Пери.

Мария Кюри вярва във вечната тясна връзка на чистата наука и практическата дейност. Тя пише: „Аз принадлежа към тези, които вярват във величествената красота на науката. Един учен в лабораторията не е само специалист. Той също е дете, стоящо пред природни явления, които поразяват, като вълшебна приказка. Длъжни сме да съумеем да споделим с другите тези си чувства. Не трябва да се съгласяваме с мнението, че целият научен прогрес се свежда до механизми, машини, зъбчати колела, въпреки че и те са много красиви“.

Мария Гьоперт-Майер е втората жена след Мария Кюри, която е получава Нобелова награда през 1963 г. Мария произхожда от високообразовано семейство, 7-мо поколение професори по бащина линия. Още от дете тя е заобиколена от студенти, професори, интелектуалци сред които носители на Нобелова награда като Енрико Ферми, Вернер Хайзенберг, Пол Дирак и Волфганг Паули. През 1924 г. Мария Гьоперт започва следването си в университета в Гьотинген, където нейни преподаватели са бъдещите носители на Нобелова награда Макс Борн, Джеймс Франк и Адолф Виндаус. Ръководител на нейната дисертация е Макс Борн. Тя работи върху теорията на дву-фотонно поглъщане от атомите.

В Гьотинген Мария среща бъдещия си съпруг химика д-р Джоузеф Едуард Майер. През 1930 г. те заминават за САЩ. Там тя работи доброволно в различни университети и научни организации, но без да заема официални позиции. През 1946 г. постъпва в Argonne National Laboratory, секция по Теоретична физика. Там развива математическия модел за обвивките на ядрото, с което печели Нобелова награда (1963) заедно с Й. Ханс Д. Иенсен и Юджин Пол Уигнър.

Посмъртно е учредена стипендия на нейно име, подпомагащи млади жени във физиката. Кратер на Венера носи името на Maria Göppert-Mayer.

Голямата новина - за пръв път от 55 години насам сред лауреатите е жена – Дона Стрикланд (*Donna Strickland*) - широк отзвук сред широката публика. Така жените-носители на най-високото отличие за един учен станаха три.

През 2018 година Дона Стрикланд заедно с научния си ръководител Жерар Муру от Екол Политекник, Франция, поделят Нобеловата награда по физика за 2018 г. с американския физик Артър Ашкин. Наградата на Стрикланд и Муру е „за метод за генериране на интензивни свръхкъси оптични импулси“, както е формулирано от Нобеловия комитет.

Дона Стрикланд е родена на 27 май 1959 в Гелф, Онтарио, Канада в семейство на учителка по английски език и електроинженер. През 1981 година завършва бакалавърска степен по физика в Университета „Мак Мастър“ и

защитава докторат по физика със специалност оптика в Рочестърския университет през 1989 година. Понастоящем тя е професор в Университета във Ватерло.

Стрикланд и Муру публикуват пионерната си работа "Компресиране на усилващите се оптични импулси" през 1985 г., която им донесе Нобеловата награда, докато Стрикланд все още е докторант на Муру в Университета на Рочестър в Ню Йорк.

Кариерата на Дона Стрикланд е пример за други жени-физици и тя работи, за да привлече повече жени в нейния отдел във Ватерло. Тя казва: „Сега не всеки смята, че физиката е удоволствие, аз обаче мисля така“.

3. Награди по математика

Както е известно, Нобелова награда за постижения в областта на математическите науки не се присъжда. Това води до основаването на други награди по математика.

3.1. Наградата „Абел“

Една от най-престижните награди носи името на норвежкия математик Нилс Хенрик Абел. Наградата „Абел“ се присъжда ежегодно от Норвежката академия на науките и литературата. Често тя се разглежда като аналог на Нобеловата награда. Дава се сравнително отскоро, от 2002 г., когато е създаден



Карен Уленберг

Мемориален фонд Нилс Хенрик Абел, който се управлява от Норвежкото министерство на образованието и науката. Основната цел на фонда е да присъжда международна награда за „изключителни научни постижения в областта на математиката“. Наградата е предназначена също така за повишаване на статуса на математиката в обществото и за стимулиране на интереса на младите хора към математиката.

За пръв път лауреат на наградата Абел е на жена – Карен на Уленбек от Тексаския Университет в Остин. Наградата е присъдена за „пионерни постижения в геометричните диференциални уравнения с частни производни, калибровъчната теория и интегрируемите системи, както и за фундаменталното влияние на нейната работа върху анализа, геометрията и математическата физика“.

Карен Кескула Уленбек е родена през 1942 г. в Охайо. „Все още се подписвам с Карен Кескула Уленбек. Дядо ми беше естонец, въпреки че е роден в Рига, която е в Латвия. “Keskulla” е оригинален правопис. Той идва от финландско-естонския език и означава „център на селото“. Ако отидете в Хелзинки и се разходите наоколо, ще видите знаците за „Keskulla“ навсякъде!“

– пише Карен. Баща ѝ Арнолд Кескула е инженер, а майка ѝ Каролин Винделер Кескула е художник и преподавател в училище. Карен е била много любознателно дете, но особено обичала да чете. Използва всяка възможност за това – до късно вечер и дори в час и е разочарована, когато е прочела всички научни книги в библиотеката на училището.

Увлечението на Карен Кескула към математиката започва едва след като влиза в университета. Следвайки вдъхновението си от гимназията тя се записва в Мичиганския университет специалност физика. Скоро обаче тя открива за себе си интелектуалното предизвикателство на чистата математика и е очарована. Завършва математика през 1964 г. През 1988 г. се премества в Тексаския университет в Остин като ръководител на катедра, където работи до пенсионирането си. В момента Уленбек е почетен професор в Тексаския университет в Остин, асоцииран сътрудник в Института за авангардни изследвания и гостуващ старши изследовател в Принстънския университет.

Едно от най-значимите открития на Uhlenbeck се отнася до привидно обикновена тема: сапунени мехури. Това е резултат от съвместната ѝ работа с математика Джонатан Сакс. Двамата изучават „минимални повърхности“, математическа теория за това как сапунени слоеве се подреждат във форма, която минимизира тяхната енергия. В закривени пространства от по-високи измерения тези блестящи сфери са ключови примери за „минимални повърхности“, заемайки възможно най-малко площ. Но теорията не обяснява появата на точки, в които енергията се оказва безкрайно концентрирана. Уленбек показва причинната - образуване на нов балон, който се отделя от повърхността. Това е резултат, с който тя казва, че е най-горда. Изследванията, проведени в края на 70-те и началото на 80-те години заедно с Джонатан Сакс, са от съществено значение за възникването на нов клон на математиката, известен като „геометричен анализ“.

Изглежда сякаш Карин се занимава с чиста математика, но тя черпи вдъхновение от теоретичната физика, което от своя страна я води до генериране на идеи с широк и разнообразен диапазон на приложение. Така например физиците предричат съществуването на математически обекти, наречени инстантони, описващи поведението на повърхности в четиримерно пространство-време (пространствено-времеви континуум). Карин Уленбек се превръща в един от най-големите специалисти в света в тази област. Класическият учебник „Инстантони и четиримерни многообразия“, написан в съавторство с Дан Фрид през 1984 г., представлява вдъхновение за цяло поколение математици.

Една от най-известните ѝ работи е посветена на калибровъчната теория. Статията, съдържаща анализ на уравненията на Янг-Милс за четиримерно многообразие, частично поставят аналитичната основа за много от най-впечатляващите идеи в съвременната физика, от Стандартния модел на физиката на елементарните частици до изследвания в областта на квантовата теория на гравитацията.

През 1990 г. тя става втората жена след Еми Нютер през 1932 г., която представя доклад на Международния конгрес на математиците. В допълнение, Уленбек винаги е обръщала внимание на факта, че жените получават незаслужено малко възможности за самореализация в науката. През 2007 г., когато тя получи наградата от Американското математическо общество, Карен заяви, че има твърде малко жени на ръководни постове в науката.

3.2. Медалът „Фийлдс“

Другата особено престижна награда е медалът „Фийлдс“.

Наградата е основана в чест на канадския математик Джон Чарлз Филдс (*John Charles Fields*). Филдс играе важна роля в създаването на наградата, проектирането на самия медал и финансирането му. Медалът се присъжда на всеки 4 години от Международния математически съюз на математици: на



двама, трима или четирима математици до 40-годишна възраст, за особени постижения в областта на математиката. Наградата включва златен медал и парична сума в размер на 15 000 канадски долара.

Медалът за първи път е присъден през 1936 г. на финландския математик Ларс Алфорс (*Lars Ahlfors*) и американски математик Джеси Дъглас (*Jesse Douglas*), и от 1950 г. насам се връчва на всеки четири години. Целта е да се даде признание и подкрепа на по-младите математици изследователи, които имат значителни постижения.

През тази година се навършват и 5 години откакто жена-математик – Мериам Мирзахани – стана носител на медала. Това се случи за пръв път в историята на наградата.

Медалът „Фийлдс“

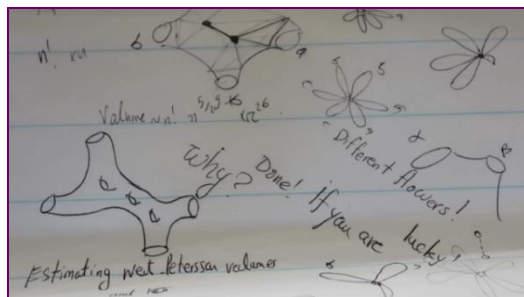
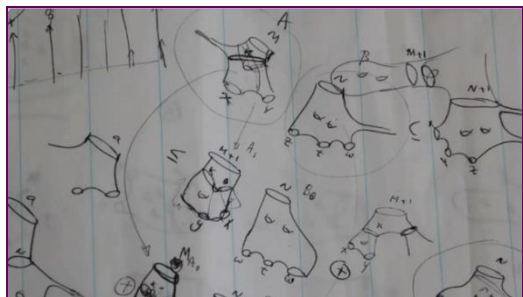
На 13 август 2014 г. Мирзахани бе удостоена с медала „Фийлдс“ „за изключителен принос към динамиката и геометрията на римановите повърхности и техните модулни пространства“. Тя е първата и засега единствена жена носител на медала.

Мирзахани е родена на 12 май 1977 година в Техеран. Завършва средното училище Farzanegan за момичета в Техеран. Това училище, администрирано от Националната организация за развитие на изключителни таланти на Иран, има за цел да образова най-изявените момичета. В първата година в Farzanegan тя не се справя особено добре в математиката и учителката ѝ казва, че не е особено талантлива в тази област. Това е удар за нейната увереност и тя загуби интерес към нея. Въпреки това, през втората година идва друг учител по математика, който я насърчава и тя показва голям талант. Като ученичка 2 пъти печели златен медал на Международна олимпиада по математика. Следва математика в Технологичния университет Шариф в Техеран. Още като студентка публикува

научни статии. Заминава за Харвард, където получава докторска степен през 2004 г. за дисертацията си от 130 страници на тема „Геодезия на хиперболични повърхности и обем на модулни изкривени пространства (Simple Geodesics on Hyperbolic Surfaces and Volume of the Moduli Space of Curves)“. За тази изключителна дисертация тя е наградена с наградата „Леонард М. и Елиноор Б. Блументал“ за постижения в научните изследвания в чистата математика през 2009 г. През 2004 г. тя става асистент по математика в Принстънския университет, а през 2008 г. – професор по математика в Станфордския университет.

През 2014 г. Мерием стана първата жена, получила медал „Филдс“. Този медал ѝ беше връчен от Международния математически съюз на 13 август 2014 г. на Международния конгрес на математиците, проведен в Сеул, Южна Корея „изключителен принос към динамиката и геометрията на Риманови повърхности и техните модулни пространства“. За краткия си живот (Мерием си отиде от този свят през 2017 г.) тя печели още много други награди.

Когато работи над даден проблем, Мерием рисува скици на листове хартия и пише математически формули около чертежите.



Скиците на Мерием Мирзахани

Дъщеря ѝ описва работата на майка си като „рисуване“. Съпругът ѝ Ян Вондрак казва: „тя поставя огромни парчета хартия на пода и прекарва часове наред, рисувайки фигури отново и отново, които ми изглеждат като една и съща картина“.



Мерием рисува своите скици

Мерием Мирзахани е първата жена, приета за член на Иранската академия на науките. По повод нейната смърт иранските медии нарушават съществуващото табу и публикуват съобщение, в което е показана нейна снимка с непокрита глава.

Смъртта ѝ е тъжно събитие за цялата математическа общност. Един от колегите ѝ казва, че постигнатото от нея за 40-те години на краткия ѝ живот се равнява на 400 годишен принос.

Успехите на Карен и Мерием, куражът, увлечението и упоритостта им да се реализират в една традиционно мъжка област на познанието, са вдъхновение за много млади момичета, които биха искали да се занимават с математика.

Нека накрая да дадем думата на двете удивителни дами на математическата наука. Според Мерием: "Трябва да вложите малко енергия и усилия, за да видите красотата на математиката". Карен Уленбек казва „В крайна сметка открих голяма радост и удоволствие в заниманията ми с математика. По пътя спечелих страхотни приятели и работих с много творчески и интересни хора. Бях спасена от скука, досада и самопоглъщане. Човек не може да иска повече“.

ЛИТЕРАТУРА

Nature news, 28 september 2018, *What the Nobels are – and aren't – doing to encourage diversity*

<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1903/marie-curie/biographical/>

<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1963/mayer/biographical/>

<https://www.nobelprize.org/womenwhochangedscience/stories/donna-strickland>

<https://www.nature.com/articles/d41586-018-06995-w>

http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Uhlenbeck_Karen.html

http://celebratio.org/Uhlenbeck_K/article/634/

<https://www.britannica.com/science/Abel-Prize>

<https://www.sciencemag.org/news/2019/03/top-stories-jack-ripper-engineering-coral-and-first-woman-win-math-s-nobel>

“A Personal Profile of Karen K. Uhlenbeck”, in S. Ambrose et al.: *Journeys of Women in Science* <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/karen-uhlenbeck-first-woman-win-maths-top-prize>

<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Mirzakhani.html>

1,2,3...12 АСТРОНАВТИ, СЪПЬПИЛИ НА ЛУНАТА

Невена Кожухарова, Елена Халова

Катедра „Приложна физика“, ФПМИ, Технически университет - София, бул. „Кл.Охридски“ №8, e-mail: nkojuharova@tu-sofia.bg , ehalova@tu-sofia.bg

Резюме. През настоящата година се навършват 50 години от първото стъпване на човек на лунната повърхност. Това е поводът отново да се обърнем към събитията от тогава в традиционната рубрика в „Дните на физиката“, посветени на годишнини.

Ключови думи: Програма „Аполо“, космически полети и пилотирани мисии до спътника на Земята

1. Програмата „Аполо“

Програмата „Аполо“ (на името на гръцкия бог Аполон) е на Американската Космическа Агенция (НАСА). Началото на програмата е по времето на администрацията на президента Дуайт Айзенхауер. Но самият президент има инертно отношение към програмата и това пречи на нейното напредване, както и получаване на необходимото огромно финансиране. В периода на „студената война“ една от основните задачи и на двете свръхсили – САЩ и СССР е постигането на военно превъзходство, което е съпроводено и с непрекъснато съревнование между тях. През 1960 година новоизбраният президент Дж.Ф. Кенеди обещава „ракетно превъзходство“ пред СССР и обещава да направи САЩ „първа сила“ в това отношение. Поради тези причини той назначава нов Директор на НАСА – Джеймс Уеб, и увеличава бюджета с 30%. Декларацията за това е подписана през април 1961 година, няколко дни след полета на Юрий Гагарин в космоса на 12 април същата година. Тъй като разходите за мисия до спътника на Земята са много големи, има идея от страна на САЩ за обща мисия



Президентът Кенеди при подписване на проекта през 1961г.

със СССР, но от страна на управляващите там и по-специално на Никита Хрущов има съмнения за използването от страна на САЩ на мисията за разсекретяване на съветските ракетни тайни.

Проектът за изпращане на американски астронавт на Луната преди такъв от СССР започва. Внушителни са числата, които описват развитието на проекта. Включени са 400 000 души и около 20 000 предприятия и университети. Стойността на проекта е огромна и достига до процент от БВП на страната за някои от годините,

като половината от целия бюджет на НАСА е предназначен за тази програма. В първоначалния план разходите са били още по-внушителни, но икономическите и технологичните възможности на страната през 60-те години на XX век не са неограничени и се съкращават част от разходите, което води до забавяне на разработката и производството на космически кораб от четвърто поколение – космическа совалка.

2. Основни възможности за развитие на програмата „Аполо“

Обсъдени още на политическо ниво са четири възможности:

1. Директен полет – планът предвижда изстрелването на космически кораб, който директно достига, каца на Луната и се завръща на Земята. Проектът изисква ракета-носител с много голяма мощност и огромен запас от гориво. Съществуващият и разработван по това време проект Nova не отговаря на изискванията.

2. Среца на околоземна орбита – планът предвижда изстрелването на две ракети-носители *Сатурн V*, първата с космическия кораб, а другата с горивото, необходимо за полета. На околоземна орбита космическият кораб се скачва и напълва резервоарите си с гориво от втората ракета-носител, след което отново цял, както в първият проект, достига до Луната, каца на нейната повърхност и се завръща на Земята. По това време на инженерите става ясно, че най-сериозният проблем, с който ще се сблъскат, е обратният старт от повърхността на Луната.

3. Среца на лунната повърхност – планът предвижда изстрелването на два космически кораба, които достигат до лунната повърхност. Единият без екипаж на борда, на автоматичен режим, първи каца на Луната, а другият – с екипаж, каца на Луната, зарежда с гориво от резервоарите на първия кораб и се завръща на Земята. Този проект е преценен като реално изпълним, но твърде скъп, тъй като за всяка мисия ще са нужни два ракетно-космически комплекса.

4. Среца на окололунна орбита – планът предвижда използването на модулен космически кораб. Според този план, не целият кораб, а част от него достига лунната повърхност. Проектът е най-икономичен откъм изразходване на гориво и масата на десантния модул. Стойността му също е по-ниска в сравнение с другите варианти. Основен недостатък е, че на орбита (околоземна и окололунна) ще трябва да бъдат извършени много маневри и то от екипажа на кораба, тъй като по това време бордовата електроника и автоматика са много несъвършени и далеч от съвременните стандарти.

3. Летателните апарати

Джон Хуболт създава концепцията *Среца на окололунна орбита* (*Lunar Orbit Rendezvous* или съкратено *LOR*) и доказва, че тя е най-икономичният вариант за достигане на Луната. Според тази концепция, ракетно-космическият

комплекс е съставен от ракета-носител Сатурн V, космически кораб Аполо (от своя страна изграден от два модула: команден и сервизен, т. нар. концепция *Command / Service Module* или CSM) и Лунен модул (*Lunar Module, LM*). Командно-сервизният модул (CSM) е предназначен за извеждане на околоземна орбита на тричленен екипаж. Там ракета-носител и космически кораб се отделят при достигане на подходяща скорост и започва петдневно пътуване до Луната. При достигане на естествения земен спътник CSM преминава в окололунна орбита, като двама души от екипажа преминават в LM и с него кацат на Луната. Лунният модул, подобно на космическия кораб, е изграден от две степени – за кацане и излитане. По този начин значително се ограничава масата на излитащата част, с което се реализира голяма икономия на гориво. Със завръщащата се степен на LM астронавтите се скачват с CSM и се завръщат на орбита около Земята. Там сервизният модул се отделя от командния. С последния, в качеството му на спускаем апарат, астронавтите достигат земната повърхност или по-точно водната, тъй като и при Аполо е приета системата на приводняване, както при предишните две поколения американски космически кораби. Този план е приет и разработен от НАСА и по него протича цялата лунна програма. Въпреки изгодната схема, много от инженерите в НАСА са скептични относно практическото ѝ реализиране. В началото на тази фаза на проучването техниката на среща в лунната орбита (LOR) е решение, което има най-малко подкрепа, въпреки подробните демонстрации на Джон Хуболт. В очите на много експерти и служители на НАСА срещата между лунния модул (LM) и командния модул (CSM) на орбита около Луната изглежда твърде рискована. Вернер фон Браун, който е ръководител на екипа, разработващ носителя, е привърженик на концепцията *Среща на околоземна орбита (Earth Orbit Rendezvous, EOR)*, но в крайна сметка се убеждава, че LOR е единственият сценарий, който ще изпълни крайния срок, определен от президента Джон Ф. Кенеди. Изборът на концепцията LOR е окончателно одобрен на 7 ноември 1962 г. През юли 1963 г. 11 американски аерокосмически компании са поканени за изграждане на лунния модул на базата на изработените спецификации.

Носителите, разработени и използвани от американците през 60-те и 70-те години са четири и са следните:

Литъл Джо II е твърдогоривна, едностепенна ракета-носител. *Сатурн I* е първата американска ракета-носител, конструирана специално за извеждане на товари в орбита около Земята, и първа от ракетното семейство Сатурн. Има непропорционално малка втора степен в сравнение с първата. Първоначално е предвидена като универсална военна ракета, но военните не проявяват интерес към нея. Осъществени са само десет старта по програми на НАСА. Заменена е с ракетата-носител Сатурн IB. *Сатурн IB* е модернизирана версия на ракетата Сатурн I, притежаваща много по-мощна втора степен – S-IVB. За разлика от предшественичката си тя може да изведе командния и сервизния модули на кораба Аполо на ниска околоземна орбита. Затова тази ракета е използвана за

изпитания на кораба Аполо, докато ракетата Сатурн V все още не е готова. По-късно е използвана в програмата Скайлаб и проекта Аполо-Союз.

Сатурн V е тристепенна ракета-носител, конструирана от Вернер фон Браун специално за лунната програма и дълги години е най-мощната ракета, произведена от човек. Размерите ѝ са като на съвременна фрегата. Може да изведе полезен товар от почти 50 t на окололунна орбита. Използвана е за полетите до Луната и за извеждане на околоземна орбита (като модификация Сатурн INT-21) на космическата станция Скайлаб, тежаща повече от 77 t.

Космическият кораб Аполо се състои от четири основни части – команден модул (CM), сервизен модул (SM), система за аварийно спасяване (Launch Escape System или LES) и космически адаптер на лунния модул (Spacecraft Lunar Module Adapter или SLA). Максималното стартово тегло на кораба е около 47 t с обем на жилищните сектори от 12,70 m³ (заедно с лунния модул), а максималното време за престой на Луната е над 75 часа. Командния модул (CM) е основният работен и жилищен сектор за екипажа на кораба. В херметизираната кабина са разположени системите за управление и навигация, радио и комуникационна връзка, койките на екипажа, преден люк за преминаване в лунния модул, страничен люк, служещ за вход – изход на екипажа на Земята, пет илюминатора за пряко наблюдение и парашутната система за приземяване. Командният модул има формата на конус със сферична основа с височина 3,50 m (без лунния модул и адаптора SLA) и диаметър на основата 3,90 m с ъгъл на върха от 60° и сухо тегло от 5 806 kg. Максималната маса на кораба е 30 332 kg. Дъното на конуса представлява топлоизолационен щит за предпазване при навлизането в земната атмосфера.

4. Управление на полетите

Мащабите на лунната програма са толкова големи, че НАСА разбира още през 1960 г. необходимостта от нова организация по управлението на полетите. Персоналът, назначен за космическата програма, расте пропорционално. Между 1960 и 1963 г. броят на работещите в НАСА нараства от 10 000 до 36 000. За да посрещне новите си служители и те да разполагат с необходимите условия за работа по лунната програма, НАСА се реорганизира и създава три нови изцяло предоставени на програмата „Аполо“ и точно определени периметъра: Космически център Джонсън, Център за космически полети Маршал и Космически център Кенеди.

Две безпилотни и десет пилотирани мисии по програмата Джемини са контролирани от новия Център за управление на полетите (ЦУП). За целта е използвана мрежата от радиостанции около екватора – мобилни, на кораби в океаните и построените в Австралия и Африка радиотелескопи. Същевременно съществуващата вече глобална мрежа (т.нар. MNT) за засичане и проследяване, която води космическия кораб от старта до приводняването, е разширена значително и са усъвършенствани основните ѝ компоненти. Това дава

възможност за много точна локация и за прецизно управление на космическия кораб от Земята. В Центъра са изградени симулатори за подготовка на астронавтите и специални вакуум стендове за квалификация на космическия кораб и лунния модул. През 1964 г. в центъра работят 15 000 души. От 1973 г. (след смъртта на бившия американски президент) Центърът в Хюстън се нарича Космически център Линдън Джонсън.

Космическия център „Маршал“ е стар изпитателен полигон на американската армия в близост до Хънтсвил, Алабама. През 1960 г. е преподчинен на НАСА. Там се правят разработки и изпитания на ракетни двигатели. Центърът е специализиран в проектиране и квалификация на семейството ракети Сатурн.

Космическият център Джон Ф. Кенеди е разположен на остров Мерит във Флорида. Той контролира всеки старт на програмата „Аполо“. НАСА се нуждае от нови съоръжения, които да заменят съществуващите в близост на Кейп Канаверал. Центърът извършва квалификацията на целия ракетно-космически комплекс и операциите по контрол на старта и самото излитане. В него работят около 20 000 души през 1965 г. В Центъра е построена огромна сграда с височина около 140 m, в която могат да бъдат сглобени няколко ракетно-космически комплекса едновременно. Специално за лунната програма е изграден нов „Стартов комплекс 39“, в който са излети повече от 3,7 млн. m³ подсилен бетон. Центърът разполага със симулатор, който проверява херметичността на транспортната система космически кораб – лунен модул, като симулира височина от 76 km.

5. Астронавтите

В периода 1967 – 1972 г. са извършени 17 мисии на програмата „Аполо“ от които 6 полета (1969 – 1972 г.) са с успешно кацане на Луната.



Екипажът на „Аполо 11“

Общо 12 астронавти от САЩ са стъпвали на лунната повърхност и те са: Нийл Армстронг, Едуин Олдрин, Чарлс Конрад, Алън Бийн, Алън Шепърд, Едгар Митчъл, Дейвид Скот, Джеймс Ъруин, Джон Йънг, Чарлс Дюк, Юджийн Сърнън и Харисън Шмит. Нийл Армстронг е първият, а Юджийн Сърнън – последният човек, който е бил на Луната. При полета на „Аполо 17“ Сърнън е първият, който слиза от лунния модул и 11-ти, който стъпва на Луната. В края на полета се прибира втори в модула и така остава последният човек, пребивавал на лунната повърхност. Алън Шепърд е най-възрастният човек, стъпил на Луната на 47 години и 80 дни. Чарлс Дюк е бил най-младият, на възраст 36 години и 201 дни. Едуин Олдрин, Дейвид Скот, Чарлз Дюк и Харисън Шмит са все още живи; най-скоро е починал Алън Бийн.

Пилотируният космически кораб "Аполо 11" е третият апарат от серията "Аполо", изпратен към Луната в програмата на НАСА. Преди него само "Аполо 8" и "Аполо 10" с екипаж на борда са достигали естествения спътник на Земята, но без да извършват кацане на него. Целта на мисията на "Аполо 11" е да извърши меко кацане на Луната в предварително определен район в Морето на спокойствието, събиране и доставяне на Земята на образци от лунния грунд, фотографиране, провеждане на директна телевизионна връзка със Земята, поставяне на научна апаратура на лунната повърхност и завръщане.

Подготовката за подобен полет започва още на 5 април 1967 г. Тогава 17 астронавти са извикани при Доналд Слейтън - отговорен директор по екипажите в НАСА. На срещата става ясно, че това са хората, върху които ще падне тежестта по осъществяването на лунната програма и сред тях се намира човекът, който ще има честта да стъпи пръв на лунната повърхност. Сред 17-те е и Нийл Армстронг. На него е поверено командването на дублиращия екипаж на "Аполо 8" и на основния - на "Аполо 11". На 14 април 1969 г. на специална пресконференция ръководството на НАСА оповестява решението си за кацането на Луната да се осъществи по време на полета на "Аполо 11" и неговия командир Нийл Армстронг да стане първият човек в света, стъпил на лунната повърхност.

В 20.17:42 ч. (по Гринуич) на 20 юли Лунният модул се прилунява в Морето на спокойствието и Нийл Армстронг докладва: "Хюстън, тук база на Спокойствието, Ийгъл кацна".

На 21 юли в 2.56:20 ч. Армстронг оставя първите следи по повърхността на Луната. 15 минути по-късно Едуин Олдрин също стъпва на Луната и започва да експериментира различни способности за придвижване при слабата лунна гравитация. Най-удачни се оказват дългите "кенгурови" подскоци, при които се прелитат над 2 м. Монтирана е телевизионна камера и след това е развят националният флаг на САЩ. Провежда се директен разговор с президента Ричард Никсън от лунната повърхност. Монтират се научни уреди - сеизмометър и лазерен отражател за определяне на точното разстояние до Земята. Събрани са образци от лунния грунд, общо 21,55 кг, които по-късно са доставени за изследване на Земята. Оставена е паметна плоча от неръждаема стомана с гравирани надпис: "Тук хора от планетата Земя за първи път стъпиха на Луната. Юли 1969 г. след Христа. Ние дойдохме с мир от името на цялото Човечество" и с подписи на Армстронг, Олдрин, Колинс и президента на САЩ Никсън. Олдрин престоява на лунната повърхност 1 час и 30 минути, след което се прибира в Лунния модул, а Армстронг остава общо 2 часа и 10 минути. След това двамата астронавти вечерят и лягат да почиват. Олдрин спи на пода на Ийгъл, а Армстронг използва хамак, закачен под кожуха на основния двигател на завръщащата се степен. От Командния център в Хюстън събуждат астронавтите след 7 часа почивка. Екипажът провежда предстартова подготовка на Лунния модул. В 17.54 ч. на 21 юли са запалени двигателите на завръщащата се част от Ийгъл и след престой от 21 часа 36 минути и 20 секунди първата

експедиция, посетила Луната, я напуска. Сачването с "Колумбия" на окололунна орбита става 3 часа и 30 минути по-късно. На борда на Командния модул екипажът прехвърля всички материали, взети и заснети от Луната, след което лунният модул е разкачен. "Колумбия" потегля на път за дома след престой от 59 часа и 30 минути и 30 обиколки, направени около Луната.

6. Заключение

Третата американска програма за пилотирани космически полети е огромен успех не само за САЩ, но и за цялото човечество. За първи път в своята история хората стъпват на друго небесно тяло. Шест екипажа, общо дванадесет астронавти достигат повърхността на Луната. Полетите по лунната програма са следени с огромен интерес от целия свят. На Земята са доставени 381,7 kg лунна почва и скални образци, които дават на учените уникални данни за произхода и геоложкия ѝ строеж. Проби от тях са изпратени до академиите на науките на 86 страни по света (в това число и БАН). Лунната програма е отражение на бурното развитие на космическата наука и високите технологии .

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. NASA History Series Publications
- [2]. Т. Бърнет, Кой спечели космическата надпревара?, изд. ХЕРМЕС, Пловдив, 2009
- [3]. <https://bg.wikipedia.org/>
- [4]. Scott, David, and Alexei Leonov. Two Sides of the Moon: The Story of the Cold War Space Race. New York: St. Martin's, 2006

150 ГОДИНИ ОТ ПРИОДИЧНА ТАБЛИЦА НА ДМИТРИЙ И. МЕНДЕЛЕЕВ

Елена Халова и Невена Кожухарова

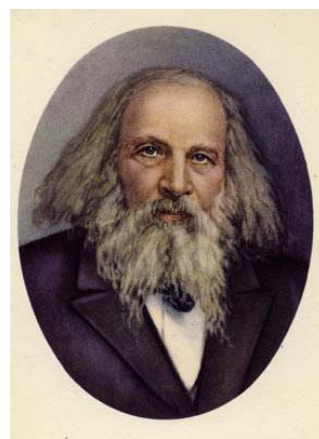
Катедра „Приложна Физика“, ФПМИ, ТУ-София, бул. “Кл. Охридски” №8, София 1000
e-mail: ehalova@tu-sofia.bg, nkojuharova@tu-sofia.bg

Резюме. Настоящия доклад е посветен на 150г. от създаването на Периодичната таблица на Дмитрий Иванович Менделеев.

Ключови думи: Д. И. Менделеев, периодична таблица на химичните елементи, история.

“И понастоящем предизвиква удивление тази точност, с която бяха потвърдени теоретичните предсказания на Менделеев.”

В. Паули



Историята на откритието на периодичния закон е един от ярките примери, когато преподаването може да стане стимул за научно откритие. При разработване на фундаментален курс лекции по „Основи на химията“, Д. И. Менделеев се стремил да построи такава система на елементите, така че студентите да могат по-лесно да запомнят имената на химичните елементи и да разберат свойствата им. Построявайки пасианс от картончета на всяко от които бил написан символът на химичния елемент Менделеев веднъж забелязал периодичността на свойства на елементите с нарастване на атомната им маса. Това бил ключът към разгадаването на великата закономерност. Менделеев веднага разбрал важността на откритието си за по-нататъшното развитие на науката Химия. На фиг. 1 е представен ръкописния вариант на таблицата.

Известна е точната дата на **откритието на периодичния закон - 17 февруари 1869г.**, в този ден Менделеев съставил таблица от известните тогава 63 химични елемента и била отпечатана на отделен лист под заглавие „*Опит за систематизиране на елементите, основан на тяхното атомно тегло и химична прилика*“ в **150** копия. Таблиците били изпратени до много руски учени, както и **50** от тях – до чужди учени (фиг. 2). Тя съдържала 19 хоризонтални реда и 6 вертикални реда.

През втората половина на февруари Менделеев пише статия със заглавие „Съотношение на свойствата на химичните елементи с атомното им тегло“, публикувана през май 1869г., в която излага открития от него закон: химичните и физични свойства на елементите са периодична функция от атомната маса.

Опытъ системы элементовъ
основанной на ихъ атомномъ вѣсѣ и химическомъ сходствѣ

Н = 1

Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Fr = 201
Be = 9,4	Mg = 24	Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Ra = 226
B = 11	Al = 27,4	Sc = 45	Y = 88	La = 138,9	
C = 12	Si = 28	Ti = 48	Zr = 91,2	Hf = 178,5	
N = 14	P = 31	V = 51	Nb = 92,9	Ta = 182	
O = 16	S = 32	Cr = 52	Mo = 95,9	W = 186	
F = 19	Cl = 35,5	Mn = 55	Tc = 98	Rh = 101,1	
Ne = 20,18	Ar = 39,9	Fe = 55,8	Ru = 101,1	Pd = 106,4	
		Co = 58,9	Rh = 101,1	Pt = 195,1	
		Ni = 58,7	Pd = 106,4	Au = 197	
		Cu = 63,5	Ag = 107,9	Hg = 200,6	
		Zn = 65,4	Cd = 112,4		
		Ga = 70	In = 75,5		
		Ge = 72,6	Sn = 118,7		
		As = 75	Sb = 121,8		
		Se = 79,4	Te = 127,6		
		Br = 80	I = 126,9		
		Kr = 83,8	Xe = 131,3		
		Rn = 222			

Д. Менделѣевъ

Фиг. 1. Ръкописният варианта на таблицата

Опытъ системы элементовъ
основанной на ихъ атомномъ вѣсѣ и химическомъ сходствѣ

Н = 1

Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Fr = 201
Be = 9,4	Mg = 24	Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Ra = 226
B = 11	Al = 27,4	Sc = 45	Y = 88	La = 138,9	
C = 12	Si = 28	Ti = 48	Zr = 91,2	Hf = 178,5	
N = 14	P = 31	V = 51	Nb = 92,9	Ta = 182	
O = 16	S = 32	Cr = 52	Mo = 95,9	W = 186	
F = 19	Cl = 35,5	Mn = 55	Tc = 98	Rh = 101,1	
Ne = 20,18	Ar = 39,9	Fe = 55,8	Ru = 101,1	Pd = 106,4	
		Co = 58,9	Rh = 101,1	Pt = 195,1	
		Ni = 58,7	Pd = 106,4	Au = 197	
		Cu = 63,5	Ag = 107,9	Hg = 200,6	
		Zn = 65,4	Cd = 112,4		
		Ga = 70	In = 75,5		
		Ge = 72,6	Sn = 118,7		
		As = 75	Sb = 121,8		
		Se = 79,4	Te = 127,6		
		Br = 80	I = 126,9		
		Kr = 83,8	Xe = 131,3		
		Rn = 222			

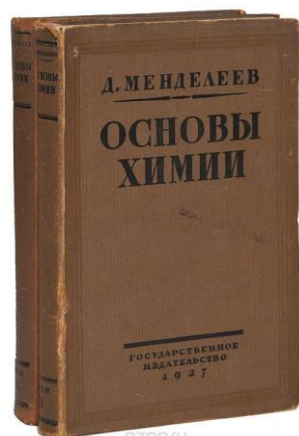
Д. Менделѣевъ

Фиг. 2. Периодичен закон (1869г.)

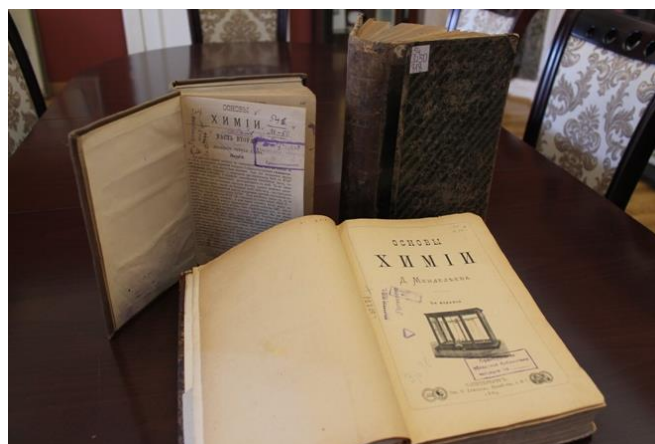
През 1869г. излиза първото издание на учебника по „Основи на химията“, в който е била включена и Периодичната таблица на Менделеев. Учебникът „Основи на химията“ на Д. И. Менделеев е издаван многократно и по него са се учили хиляди известни учени от целия свят (фиг. 3).



Типульный лист учебника «Основы химии»



Фиг. 3. Някои издания на учебника по „Основи на химията“



Фиг. 4. Трите издания на руски език приживе.

От осемте издания на „Основи на химията“ на руски език, издадени когато Менделеев и бил още жив, са запазени три, а именно 4-то (предполага се през 1882 г.), 5-то (1889 г.) и последното 8-то (1906 г.) (фиг. 4). Тези издания , както и други оригинални ръкописи, са изложени в музея на Д.И. Менделеев в Санкт-Петербург.

Предложената периодична система имала огромно значение: тя позволила да се предскаже съществуването на неоткрити до този момент елементи и с голяма точност да се опишат основните им физико-химични свойства.

През 1870г. Менделеев задълбава в идеята си и предсказва свойствата на някои все още неоткрити елементи. В края на същата година Менделеев докладва пред Руското Химическо Общество статията си *"Естествената система от елементи и нейното приложение за посочване на свойствата на неоткритите елементи"*, в която предсказал свойства на неоткрити още елементи – аналози на бор, алуминий и силиций, наричани от Менделеев съответно екабор, екаалуминий и екасилиций. Менделеев уточнява стойностите на атомните тегла на много елементи като берилий Be, индий In, уран U, торий Th, цезий Cs и др., предсказва съществуването на редица неоткрити до този момент химични елементи и пресмята приблизително техните атомни тегла. На фиг. 5 е представено разположението в периодичната таблица на елементите, известни през 1870г. Зелените квадратчета съответстват на елементите, свойствата на които предсказал Д. И. Менделеев.

[illegible]

Фиг. 5. *Периодичен закон (1870г.)*

Следващите открития потвърждават блестящо периодичния закон на Менделеев, който става един от фундаменталните природни закони.

Въпреки недоверието на научните среди, той се оказва изключително прав и критиците му се съгласяват с идеята за периодичната зависимост на елементите, след като през 1875г. е открит първият предсказан от Менделеев елемент екалуминий, понастоящем галий Ga, през 1879г. е открит екабор – скандий Sc и през 1886г. е открит и екасилиций – германий Ge (фиг. 5)

През 1871г. Менделеев в обобщена статия "Периодична закономерност на химичните елементи" дал определение на Периодичния закон: "Свойства на елементите, а следователно и свойствата на образуваните от тях прости и сложни тела, са в периодична зависимост от атомното тегло“. Тогава Менделеев придал на своята периодична таблица класически вид, т.н. кратка таблица (фиг. 6).

T a b e l l e II.

Reihen	Gruppe I. — R ⁰	Gruppe II. — R ⁰	Gruppe III. — R ⁰	Gruppe IV. RR ¹ R ⁰	Gruppe V. RR ² R ⁰	Gruppe VI. RR ³ R ⁰	Gruppe VII. RR ⁴ R ⁰	Gruppe VIII. — R ⁰
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ku=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Co=140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	—
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	—

Фиг. 6. Кратка таблица на Менделеев (1871г.)

Особената заслуга на Менделеев е, че той не само подрежда елементите в определен ред, но представя този модел като общ закон на природата.

Гениалността на Менделеев се потвърждава от таблица, в която той е коригирал атомните тегла на **28** от известните по това време (1871г.) химични елементи. В следващата таблица са представени само **6** от тях (фиг. 7). В първата колона са атомните тегла определени от Менделеев в първата си таблица от 1869г., във втората са коригираните от него атомните тегла на елементите от кратката таблица от 1871г., а в последната са атомните тегла коригирани и общо приети от 1971г. От посочените данни се вижда удивителната точност, с която Менделеев е коригирал атомните тегла на химичните елементи.

Елемент	1869г.	1871г.	1971г.
Er Ербий	56	178	167,26
Y Итрий	60	88	88,906
Ce Церий	92	140	140,12
Th Торий	118	231	232
Os Осмий	199	193	190,23
Ir Иридий	198	197	192,22

Фиг. 7. Данните за атомните тегла на 6 елемента в таблицата от 1869г, коригираните от 1871г и от 1971г.

През 1905г. в своята книга „*Опит за химическо разбиране на световния етер*“ Менделеев представя периодичната таблица на елементите по групи и редове. (фиг. 8)

Откритите в края на XIX - началото на XX век. инертни газове и радиоактивни елементи не отхвърлиха периодичния закон, а само го допълниха. Откритието на изотопите обяснява някои нарушения в последователността в подредбата в реда на елементите по нарастване на техните атомни тегла (т. нар. "Аномалии").

Създаването на теорията за строежа на атома най-накрая потвърди коректността на местоположението на елементите на Менделеев и направи възможно разрешаването на всички съмнения относно мястото на лантанидите в периодичната таблица. (фиг. 9).

Периодическая система элементов по группамъ и рядамъ.

Рядъ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ:											
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
0	х	—	—	—	—	—	—	—	—			
1	у	Водо- родъ. H 1,008	—	—	—	—	—	—	—			
2	Гелий. He 4,0	Литий. Li 7,03	Берил- ий. Be 9,1	Боръ. B 11,0	Углеро- дъ. C 12,0	Азотъ. N 14,01	Кислоро- дъ. O 16,00	Фторъ. F 19,0	—			
3	Неонъ. Ne 19,9	Натрий. Na 23,03	Маг- ний. Mg 24,36	Алю- миній. Al 27,1	Крем- ній. Si 28,2	Фос- форъ. P 31,0	Сера. S 32,06	Хлоръ. Cl 35,45	—			
4	Аргонъ. Ar 38	Калий. K 39,15	Каль- ций. Ca 40,1	Скан- дій. Sc 44,1	Титанъ. Ti 48,1	Вана- дій. V 51,2	Хромъ. Cr 52,1	Мар- ганецъ. Mn 55,0	Же- лезъ. Fe 55,9	Кобаль- тъ. Co 59	Никель. Ni 59	(Cu)
5	—	Медь. Cu 63,6	Цинкъ. Zn 65,4	Гал- лій. Ga 70,0	Гер- маний. Ge 72,5	Мышья- къ. As 75	Селе- ний. Se 79,2	Бромъ. Br 79,95	—			
6	Крип- тонъ. Kr 81,8	Рубидій. Rb 85,5	Строн- цій. Sr 87,6	Йттрий. Y 89,0	Цирко- ний. Zr 90,6	Нобилій. Nb 94,0	Молиб- денъ. Mo 96,0	—	Руте- ний. Ru 101,7	Роди- й. Rh 103,0	Палла- дій. Pd 106,5	(Ag)
7	—	Сере- бро. Ag 107,93	Кад- мій. Cd 112,4	Ин- дій. In 115,0	Оло- во. Sn 119,0	Сурь- ма. Sb 120,2	Телу- румъ. Te 127	Йодъ. I 127	—			
8	Ксенонъ. Xe 128	Цезій. Cs 132,9	Барій. Ba 137,4	Лантанъ. La 138,9	Церий. Ce 140,2	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
10	—	—	—	Иттер- бий. Yb 173	—	Талланъ. Ta 183	Вольф- рамъ. W 184	—	Ос- мий. Os 191	Ири- дий. Ir 193	Плати- на. Pt 194,8	(Au)
11	—	Золото. Au 197,2	Ртуть. Hg 200,0	Таллий. Tl 204,1	Свин- ецъ. Pb 206,9	Висмута. Bi 208,5	—	—	—			
12	—	—	Радий. Ra 226	—	Торий. Th 232,5	—	Уранъ. U 238,5	—	—			

Фиг. 7. От книга на Менделеев -1905г.

Група	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Период																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
* Лантаниди			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
** Актиниди			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	
Алkalни метали		Алкалоземни метали				Лантаниди				Актиниди				Преходни метали				
Слаби метали		Металоиди				Неметали				Халогени				Благородни газове				

Фиг. 9 . Таблица с химически елементи

Едва през XX век се изясни ролята на периодичния закон за развитието на атомната и ядрена физика. През 1913г. холандския учен Ван ден Брук, въз основа на модела на атома на Ръдърфорд, предположил, че номера на елементите в периодичната таблица на Менделеев съвпада със заряда на ядрото на елемента, неречен от него атомен номер.

По този начин, периодичният закон на Менделеев бил окончателно установен: атомното тегло, която преди това е било в качеството на класификационна величина, е била заменена със заряд на ядрото. Периодичната таблица на Менделеев получила теоретично обяснение след създаването на квантовата статистика на Ферми-Дирак.

И до ден днешен създадената от Менделеев периодична таблица позволява да се откриват и изкуствено да се получават все нови и нови елементи, броят на които непрекъснато нараства и към настоящия момент са 118 (фиг. 10).

ПЕРИОДИЧНА СИСТЕМА НА ХИМИЧНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ

The figure displays the periodic table of elements, organized into groups (IA to VIIA) and periods (1 to 7). Each element cell contains its atomic number, symbol, name, and atomic weight. The table is color-coded by groups. A legend explains the color coding: blue for alkali metals, green for alkaline earth metals, yellow for transition metals, orange for post-transition metals, red for metalloids, purple for non-metals, and pink for noble gases. A section titled 'СИЛИЦИЙ' (Silicon) provides detailed information about this element, including its atomic number (14), symbol (Si), atomic weight (28.0855), and electronic configuration ($[Ne]3s^2 3p^2$). It also lists its physical properties, such as melting point (1414°C) and boiling point (2966°C), and its chemical properties, such as its position in the periodic table and its classification as a metalloid.

Below the main table, there is a section titled 'РЕД ЗА ЗАПИСВАНЕ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ В ХИМИЧНИТЕ ФОРМУЛИ НА СЪЕДИНЕНИЯТА' (Order for writing elements in chemical formulas of compounds), which lists the elements in the order they should be written in chemical formulas. This order is: 1. Hydrogen, 2. Helium, 3. Lithium, 4. Beryllium, 5. Boron, 6. Carbon, 7. Nitrogen, 8. Oxygen, 9. Fluorine, 10. Neon, 11. Sodium, 12. Magnesium, 13. Aluminum, 14. Silicon, 15. Phosphorus, 16. Sulfur, 17. Chlorine, 18. Argon, 19. Potassium, 20. Calcium, 21. Scandium, 22. Titanium, 23. Vanadium, 24. Chromium, 25. Manganese, 26. Iron, 27. Cobalt, 28. Nickel, 29. Copper, 30. Zinc, 31. Gallium, 32. Germanium, 33. Arsenic, 34. Selenium, 35. Bromine, 36. Krypton, 37. Rubidium, 38. Strontium, 39. Yttrium, 40. Zirconium, 41. Niobium, 42. Molybdenum, 43. Technetium, 44. Ruthenium, 45. Rhodium, 46. Palladium, 47. Silver, 48. Cadmium, 49. Indium, 50. Tin, 51. Antimony, 52. Tellurium, 53. Iodine, 54. Xenon, 55. Cesium, 56. Barium, 57. Lanthanum, 58. Cerium, 59. Praseodymium, 60. Neodymium, 61. Promethium, 62. Samarium, 63. Europium, 64. Gadolinium, 65. Terbium, 66. Dysprosium, 67. Holmium, 68. Erbium, 69. Thulium, 70. Ytterbium, 71. Lutetium, 72. Hafnium, 73. Tantalum, 74. Tungsten, 75. Rhenium, 76. Osmium, 77. Iridium, 78. Platinum, 79. Gold, 80. Mercury, 81. Thallium, 82. Lead, 83. Bismuth, 84. Polonium, 85. Astatine, 86. Radon, 87. Francium, 88. Radium, 89. Actinium, 90. Thorium, 91. Protactinium, 92. Uranium, 93. Neptunium, 94. Plutonium, 95. Americium, 96. Curium, 97. Berkelium, 98. Californium, 99. Einsteinium, 100. Fermium, 101. Mendelevium, 102. Nobelium, 103. Lawrencium, 104. Rutherfordium, 105. Dubnium, 106. Seaborgium, 107. Bohrium, 108. Hassium, 109. Meitnerium, 110. Darmstadtium, 111. Roentgenium, 112. Copernicium, 113. Nihonium, 114. Flerovium, 115. Moscovium, 116. Livermorium, 117. Tennessine, 118. Oganesson.

Фиг. 10 . Съвременна таблица с химически елементи

6. Заключение

В заключение трябва да се отбележи, че за да стигне до извода, че свойствата на атомите, както и съставът и свойствата на техните съединения, се намират в периодична зависимост от стойността на атомните тегла на елементите и да ги подреди в таблица, която отчита тази периодичност на свойствата, на Менделеев са му били необходими повече от 30 години. За

огромния труд и упоритост всеки от нас трябва искрено да благодари на този велик учен Д. И. Менделеев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. И. Менделеев, Периодический закон. М. 1958.
2. Г. М. Голин, Классики физической науки
3. <https://bg.wikipedia.org>

БЕЛТЪЧНИ МАКРОМОЛЕКУЛИ. ФУНКЦИЯ НА ПОТЕНЦИАЛНАТА ЕНЕРГИЯ

Валентин Копчев

Катедра „Приложна физика”, ФПМИ, ТУ – София, бул. Кл. Охридски №8, София 1000
e-mail: kopchev@tu-sofia.bg

Резюме: Използвайки програмата за молекулярно моделиране МОЕ и четирите „силови полета“ amber94, amber99, amber10 и amber12, получаваме потенциалната енергия на молекулата на myoglobin. Оценяваме приноса на всеки един от енергетичните членове на функцията на потенциалната енергия за съответното силово поле.

Ключови думи: функция на потенциалната енергия, myoglobin

1. Състав и структура на белтъчните макромолекули

Протеините са изградени от 21 аминокиселини. Химичният състав на аминокиселините се състои от въглерод, кислород, азот, водород и сяра, които формират карбоксилна група, amino група и странична верига. Страничната верига е тази, която определя свойствата на аминокиселината.

Аминокиселините се подразделят на три основни групи: хидрофобни, хидрофилни (полярни) и такива, притежаващи електрически заряд.

Първичната структура на белтъчната молекула е линейна последователност от подредени аминокиселини. Аминокиселините се свързват помежду си с пептидни връзки.

Белтъчните молекули се нагъват в два типа вторични структури – алфа спирали и бета листове. Алфа спиралата е дясно навиваща се. Стабилизира се от водородни връзки между amino групите и карбоксилните групи на близките аминокиселини. Бета листовите се образуват когато водородните връзки стабилизират две или повече съседни нишки.

Третичната структура на белтъците е триизмерната форма на белтъчната молекула. Тя се определя еднозначно от подредбата на първичната структура. Един голям нерешен проблем е предсказването на третичната структура от зададена първична структура от аминокиселини. Третичната форма на белтъчната молекула определя и биологичната ѝ функция.

В нашето изследване ще използваме първата белтъчна молекула с известна третична структура, а именно myoglobin. Третичната ѝ структура е взета от Protein Data Bank [1] и има обозначение 1MBN.

2. Функция на потенциалната енергия

Потенциалната енергия на една молекулярна система се представя като функция на атомните координати $E = E(r)$. Мерната единица за измерване на енергията е [kcal/mol]. Във всеки енергетичен член (1) се включва определен тип атомно взаимодействие.

$$E_{\text{total}} = E_{\text{bond}} + E_{\text{angle}} + E_{\text{dihedral}} + E_{\text{vdw}} + E_{\text{coulomb}} \quad (1)$$

Първите три члена описват свързаните атоми с ковалентна връзка помежду им. Ковалентна е връзката, която се осъществява с общи електронни двойки.

Последните два члена описват атоми, които не са свързани, но са достатъчно близо, за да си взаимодействат. Следва представяне на явния вид на всеки един от енергетичните членове.

$$E_{\text{bond}} = \sum_{(i,j) \in B} K_{ij}^b (r_{ij} - \bar{r}_{ij})^2 \quad (2)$$

Това е (2) енергията на връзките между два свързани атома i и j . Разстоянието между двата атома е r_{ij} , а $\bar{r}_{ij}$ е равновесното разстояние между двата атома. Константата K_{ij}^b зависи от типа на атомите, участващи във връзката, и се определя експериментално. B е множеството от двойки свързани атоми.

$$E_{\text{angle}} = \sum_{(i,j,k) \in A} K_{ijk}^a (\theta_{ijk} - \bar{\theta}_{ijk})^2 \quad (3)$$

Този енергетичен член (3) представя енергията на връзките между три атома.

θ_{ijk} е връзката, формирана от атом i и атом k , свързани с атом j , образуващи „свързан“ ъгъл. $\bar{\theta}_{ijk}$ е стойността на равновесния ъгъл между атомите i и k . Константата K_{ijk}^a зависи от вида на атомите и се определя емпирично. Множеството A се състои от всички триплети на атомите i и k , свързани с атоми j .

Третият енергетичен член (4) представя приноса на двустенните ъгли.

$$E_{\text{dihedral}} = \sum_{(i,j,k,l) \in D} \frac{K_{ijkl}^d}{2} \left[1 + \cos(n_{ijkl} \phi_{ijkl} - \gamma_{ijkl}) \right] \quad (4)$$

Φ_{ijkl} е двустенен ъгъл, формиран от четирите последователни атома i , j , k , l . n_{ijkl} е периодичността на двустенния ъгъл, γ_{ijkl} е фазовото отместване на двустенния ъгъл. K_{ijkl}^d е константа за двустенния ъгъл, формиран от четирите последователни атома i , j , k , l . D е множеството от четириплетите, които определят всичките двустенни ъгли.

Van der Waals взаимодействията между два атома се описват от четвъртия енергетичен член (5).

$$E_{\text{vdw}} = \sum_{j \in F} \sum_{[i < j]} \left[\frac{A_{ij}}{r_{ij}^{12}} - \frac{B_{ij}}{r_{ij}^6} \right] \quad (5)$$

A_{ij} и B_{ij} са параметри на Lennard-Jones за атом i , взаимодействащ с атом j . Стойностите на A_{ij} и B_{ij} зависят от типа на атомите, които взаимодействат. r_{ij} е разстоянието между атомите i и j . F е множеството от всички атоми с индекс $i < j$.

Последният енергетичен член (6) описва електростатичното взаимодействие между два атома.

$$E_{\text{coulomb}} = K_c \sum_{j \in F} \sum_{[i < j]} \frac{q_i q_j}{\epsilon_{ij} r_{ij}} \quad (6)$$

Изчислява се само за атоми, които са разделени от най-малко три връзки. K_c е коефициент на преобразование, нужен за да се получи енергията в [kcal/mol].

Основните параметри, нужни за симулация в молекулярната динамика, се дефинират в специални файлове, наречени force field. Понятието „силово поле“ е подвеждащо и няма общо със силовите полета във физиката. Създаването на „силовите полета“ е изключително сложна и трудоемка задача.

Целта на нашето изследване е чрез използване на четири силови полета да получим потенциалната енергия на молекулата на myoglobin, да сравним как зависи стойността ѝ от избора на силово поле, а също и да сравним приносите на различните енергетични членове.

Използваме програмата за молекулярно моделиране MOE (Molecular Operating Environment) на фирмата Chemical Computing Group [2]. Резултатите от симулациите са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Myoglobin Potential Energy

Force field	E_{total}	E_{bond}	E_{angle}	E_{dihedral}	E_{vdw}	E_{coulomb}
AMBER94	10514.63	1375.408	2649.730	818.457	7345.885	-1705.85
AMBER99	11040.71	1375.118	2676.698	1498.779	7160.098	-1705.85
AMBER10	11236.26	1334.078	2684.378	1741.347	7164.270	-1705.85
AMBER12	12203.70	1333.547	2686.446	2707.245	7164.270	-1705.85

Вижда се, че приносът на E_{coulomb} е еднакъв за четирите силови полета. Стойностите на E_{bond} , E_{angle} и E_{vdw} за различните силови полета варират в много тесни граници. Най-голяма е промяната в стойностите на E_{dihedral} . От сравняването на стойностите на E_{total} се вижда тенденцията, че с всяка нова версия на силовото поле потенциалната енергия на молекулата нараства. Може да се направи извода, че това е в резултат на по-доброто описание на силите на взаимодействие между атомите на молекулата, които се моделират от енергетичния член E_{dihedral} (4).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Protein Data Bank <http://www.rcsb.org/>
 [2] Chemical Computing Group <https://www.chemcomp.com/>

СПЕКТРОСКОПИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА НЯКОИ ИЗТОЧНИЦИ

Борислав Борисов¹ и Стефан Стефанов²

¹ Транспортен факултет, ТУ-София, бул. „Кл. Охридски“ №8, София 1000,
email: beborisov99@gmail.com

² Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“, бул. „Джеймс Баучър“, №5, София 1164,
email: sjonkov@uni-sofia.bg

Ключови думи: спектрограф, дифракция, светлина, спектър, лампа, източник, звезди, решетка

1. Увод

Спектроскопията е метод за изследване на веществото, при който на анализ се подлагат лъчи, звуци или частици, изпуснати, погълнати, отразени или взаимодействали по друг начин с изследвания предмет. Спектроскопските методи намират широко приложение във физикохимията и аналитичната химия за идентифициране на веществата чрез спектъра, който те изпускат или поглъщат. Устройството за регистрация на спектъра се нарича спектрометър, а когато данните се записват – спектрограф. Спектралните линии са резултат от взаимодействието между квантова система и единичен фотон. Спектралните линии са строго специфични за атомите и могат да се използват за определяне на химическия състав на всяка среда, пропускаща светлина (обикновено се използва газ). В зависимост от типа на газа, източника на фотони и типа на детектора, се наблюдават емисионни и абсорбционни спектрални линии.

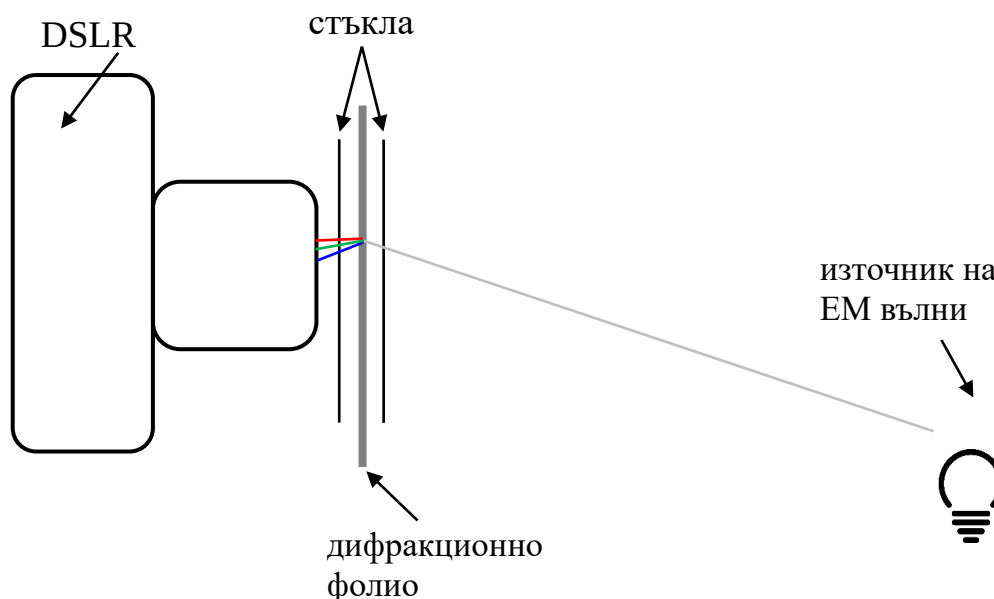
Дифракционната решетка е оптичен елемент, имащ периодична структура, която разделя и пречупва светлината на няколко лъча, пътуващи в различни посоки. В резултат на феномена възниква оцветяване (дифракционна картина). Посоките на тези лъчи зависят от ширината на процепите на решетката и дължината на вълната на светлината, така че решетката играе ролята на дисперсивен елемент.

Дисперсията е физично явление, при което на границата между две среди светлинен сноп се разлага на спектрални компоненти с различна дължина на вълната (за видимия спектър – различен цвят), поради зависимостта на показателя на пречупване от дължината на вълната.

Обработката на кадрите се осъществява посредством софтуери, които позволяват изобразяването на спектъра в графика с оси интензитет на вълната – ангстрьоми.

2. Експериментална постановка

На фигура 1 са изобразени приспособленията, участващи в изследванията. Използван е DSLR (Digital single-lens reflex) апарат с подходящ обектив (структурата на DSLR е разгледана в следващата точка). Непосредствено пред обектива е поставено дифракционно фолио. Плоските стъкла са необходими за задържането на фолиото напълно гладко, за да се получи дифракционна картина. Обективът се насочва така, че дифрактиралата светлина от източника да попадне върху сензора на апарата.



Фиг. 1. Схема на експерименталната постановка.

2.1. Устройство на сензор на DSLR

Сензорът на всеки DSLR се състои от пикселии (отделни сензори) подредени като решетка. Всеки пиксел се състои от 4 отделни фоточувствителни чипа – два зелени, един син и един червен. Тези чипове засичат попадналите фотони върху тях чрез фотоефект. Всеки един от 3-те е чувствителен към различни честоти [1]. Така след комбинация на 3-те канала (зелен, син и червен) се получава готовото цветно изображение.

3. Метод на обработката

На 18.04.2019г. от последния етаж на блок 42Б, в студенски град бяха заснети спектрите представени на фиг. 2, фиг. 3, фиг. 4 и фиг. 6.

3.1. Заснемане на калибрационните кадри

Процедурата по заснемането на кадрите е представена в следния алгоритъм:

1. Правят се директно 10 еднакви кадъра на спектъра, получен от яркия източник (лампа).

2. Правят се 9 кадъра, със същите настройки и на същата температура като в т.1, но всеки един кадър е със завъртяна решетка на различен ъгъл. Правят се 9 кадъра на равномерен фон. Използвана бе тениска сложена пред обектива и решетката.

3.2. Редуциране на кадрите

Обработката на кадрите, описани в т.3.1 бе извършена в безплатната програма за редуциране на изображения IRIS [2]. За да се извлече само желания спектър от изображението се извършват няколко последователни процедури. Всеки кадър представлява таблица от пиксели, като всеки пиксел заема определена стойност.

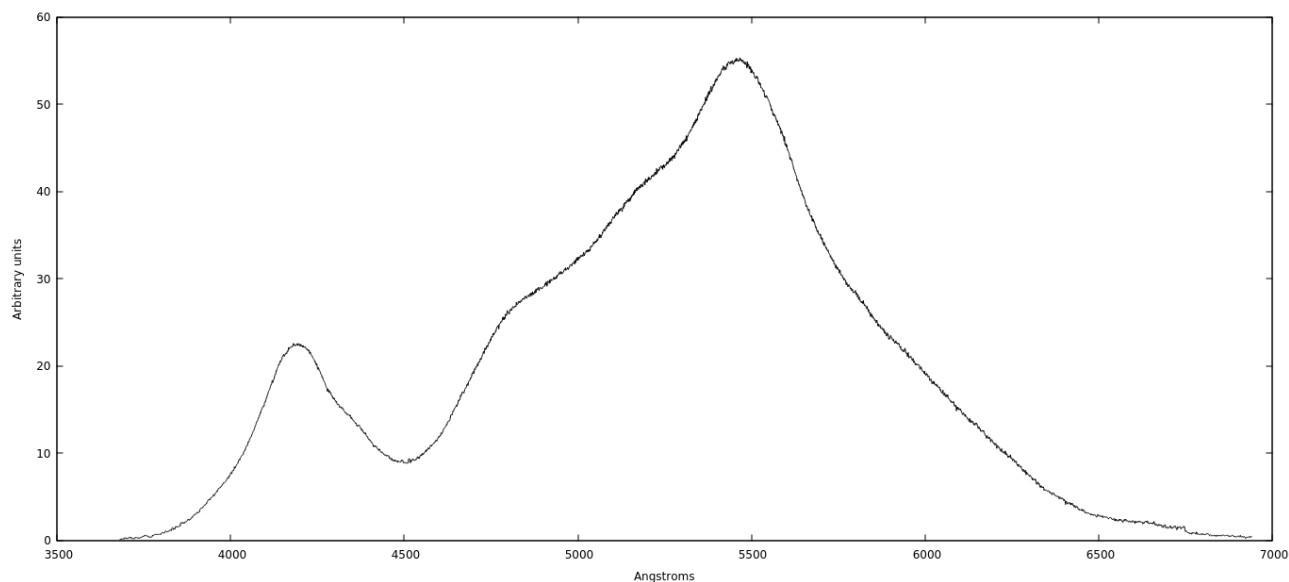
1. *Комбиниране на каналите на всички кадри.* Така информацията от зеления, червения и синия канал се обединяват в една стойност „gray value”, което прави изображенията черно-бели.
2. *Медианно комбиниране на кадрите от т.3.1.2.* Програмата сравнява стойностите на всеки един пиксел по отделно за всички 9 изображения, и създава ново изображение, чиито пиксели имат медианно средните стойности от 9-те заснети. Така, като на всеки един кадър решетката е завъртяна по различен начин, спектърът е на различно място на кадъра и при медианно комбиниране остава само фона.
3. *Изваждане на получения кадър в т.3.2.2 от всеки един кадър от т.3.1.1.* Аритметична операция при която програмата изважда стойността на пикселите от т.3.2.2 от стойността на пикселите на кадрите от т.3.1.1
4. *Медианно комбиниране на кадрите от т.3.1.3*
5. *Създаване на кадър „плоско поле“.* Медианно комбиниране на кадрите от т.3.1.3, след това се дели всеки пиксел на средната стойност на пиксела за кадъра. Полученото изображение е „плоско поле“, което поправя винетирането по краищата на кадъра и потъмняването, получено от пращинки по сензора.
6. *Делене на кадрите, получени в т.3.2.3 на кадъра „плоско поле“.*
7. Готовите кадри с изваден фон и премахнати пращинки се комбинират аритметично и се получава един готов завършен кадър без пращинки, винетиране и фон. Остава само спектър.

3.3. Представяне на данните

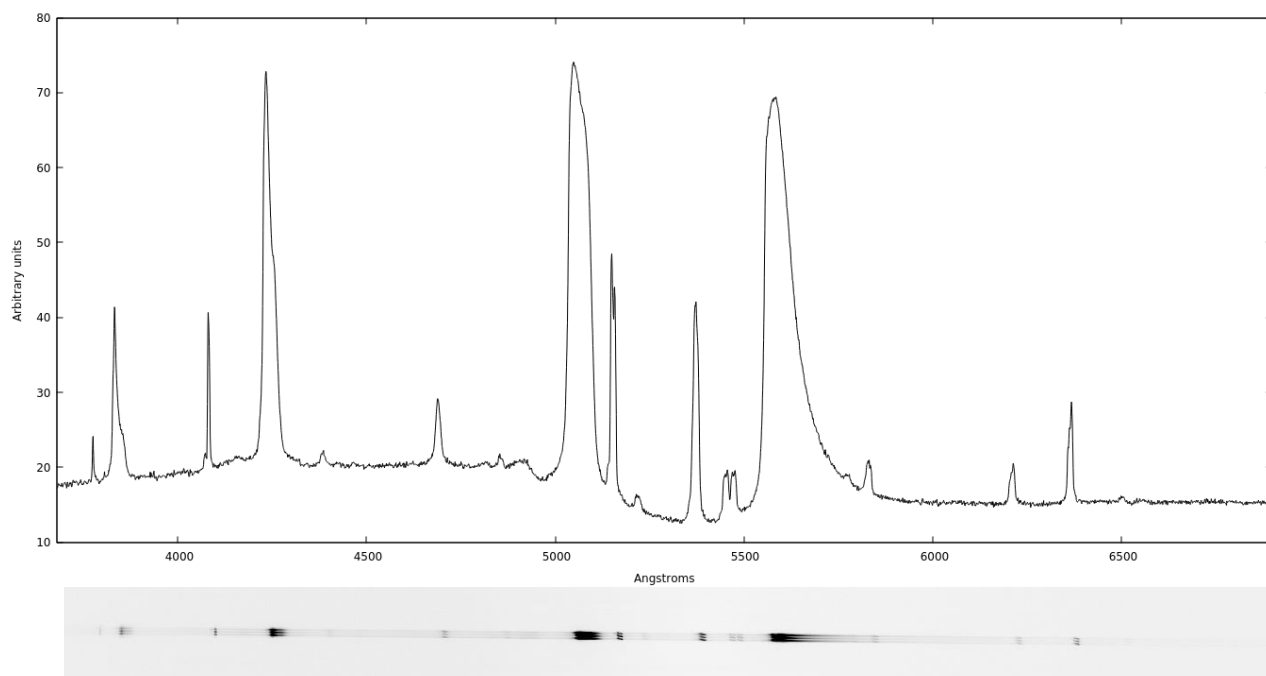
Графиките на спектрите се правят с безплатната програма ImageJ [3], която създава таблици с две колонки, които съдържат брой пиксел по ордината и в другата колона “Gray value“. С получените данни се създават графики в безплатната програма Gnuplot [4]. Преминаването от брой пиксел към Ангстрьоми се осъществява като се определи броя пиксел за две абсорбционни линии. Пресмята се един пиксел на колко Ангстрьома отговаря и се пресмята първия пиксел на колко Ангстрьома отговаря.

4. Опитни резултати

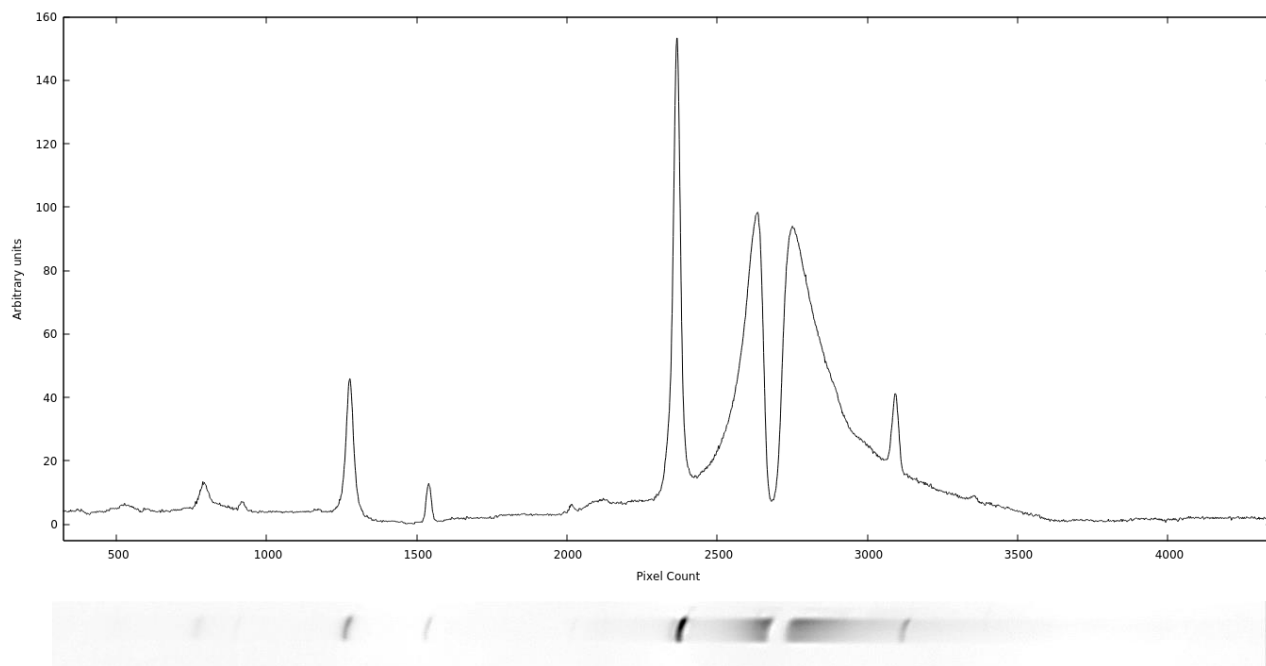
След обработката на данните, спектрите са представени като графики, чиито ординати са с ADU count [5], което може да се интерпретира като мощност на излъчване.



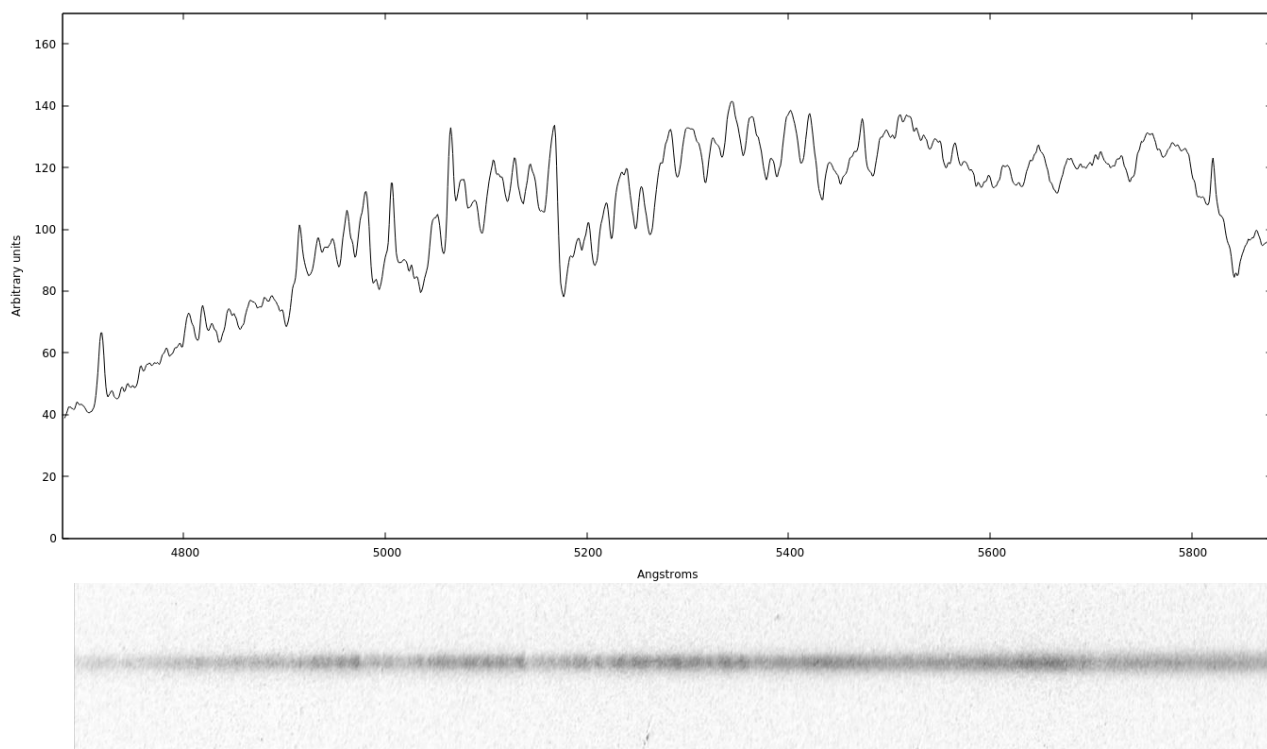
Фиг. 2. Спектър на диодна лампа



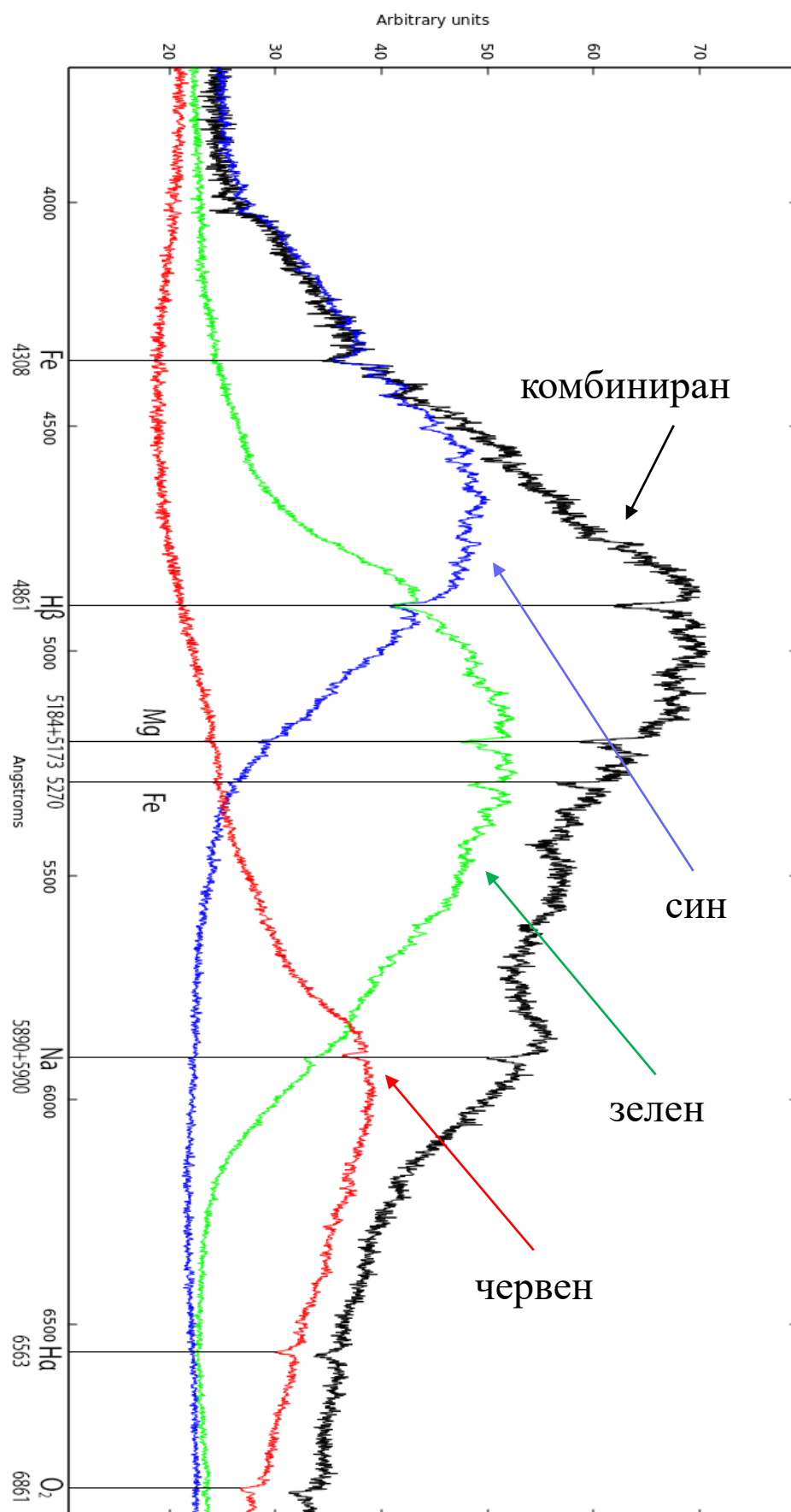
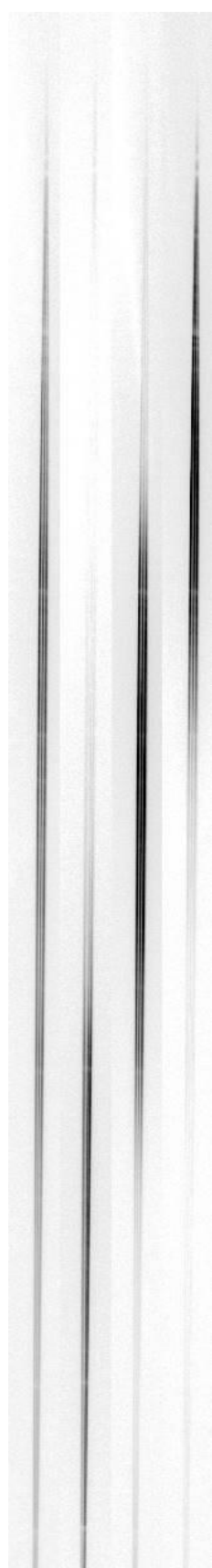
Фиг. 3. Спектър на халогенна лампа



Фиг. 4. *Спектър на натриева лампа с високо налягане*



Фиг. 5. *Спектър на звездата Бетелгейзе*



Фиг. 6. Слънчев спектър във всеки канал.

5. Заключение

От заснетите спектри сме определили вида и химичния състав на лампите на фиг. 2, 3, 4. От анализ на фиг. 5 може да се определи спектралния тип на звездата, нейната металичност, температура и много други характеристики. На фиг. 6 се забелязват почти всички Фраунхоферови линии в слънчевия спектър. В бъдеще смятаме да продължим проекта, като заснемаме спектри и на други звезди, с по-добра точност и по-тъмно небе. Също така смятаме да определим точно чувствителността на апарата към всички честоти, които може да засича, за да може да се правят истински измервания по спектрите.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Bayer_filter
- [2] <http://www.astrosurf.com/buil/iris-software.html>
- [3] <https://imagej.nih.gov/ij/index.html>
- [4] <http://www.gnuplot.info/>
- [5] <http://spiff.rit.edu/classes/phys445/lectures/gain/gain.html>

ЕКЗОПЛАНЕТИ – ОТВЪД ХОРИЗОНТА

Мишел Спасов

Транспортен Факултет, ТУ-София, бул. „К. Охридски“ №8, София 1000;
e-mail:mispasov@tu-sofia.bg

Резюме: В следващия доклад ще бръдат разгледани различните методи за откриване на Екзопланети, ще се обърне внимание на класификацията и основните космически телескопи, предназначени за изследването им.

Ключови думи: Екзопланети, космически телескопи, откриване

1. Увод

Днес, в нашия силно развит технологичен свят, гледаме на Космоса „отвисоко“- продават се парцели на Луната, а новооткритията в тази научна област са станали нещо ординарно. В последните години се наблюдава едно своеобразно „наводнение“ на информационния поток, свързано с едни специфични обекти- Екзопланетите (планети, извън нашата Слънчева система). Към момента ограниченията, свързани с изследването и класифицирането им, разбираемо са големи. Поради изключително големите разстояния, те са невидими за простото око, но са развити надеждни методи за тяхното изследване.

2. В началото

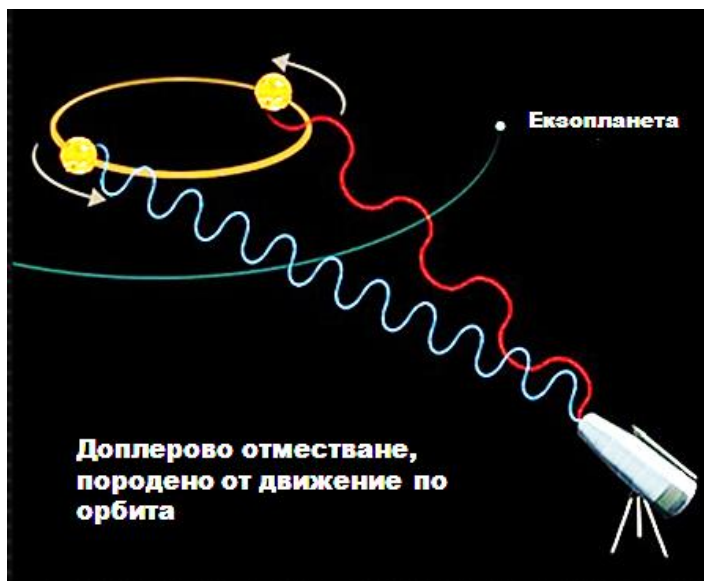
В началото те били възприемани просто като далечни звезди и плод на множество спорове. Всъщност първите екзопланети не били точно това, което очаквали учените. Годината е 1992, когато ученият Александър Волфсцан изучава новооткрития пулсар PSR 1257+12 и открива отклонения в притока на светлина от мъртвата звезда. Това е нещо нормално, защото пулсарите често се намират в отношение и с други зведи. Информацията, която дават те, се използва за изчисляване на масата на звездите. Но в горния случай масите на двете ”звезди” са били малки, няколко пъти тази на Земята. Няколко години по-късно, през 1995г., Мишел Майор и Дидие Келог съобщават за планета около звездата Пегаси 51, която е една нормална звезда, не много по-различна от нашето Слънце. Звездата 51 Peg b, както бива наречена, е с маса, равняваща се на половината от тази на Юпитер, и обикаляща своята звезда само за четири дни. Това е и първият „горещ Юпитер.“

3. Методи за откриване

Директното измерване, от гледната точка на астрономията, към този момент е невъзможно. Повечето параметри трябва да бъдат изчислявани, директното наблюдение също е много трудно, а доста често законите на физиката не са достатъчни за достигането на пълна яснота. За да избегнем „Параграф 22“ трябва да бъдат разгледани отблизо методите за откриване.

3.1. Доплерово отместване

Относителното движение на звездата дава съответни отклонения и различни дължини на вълните, специфични за различните атоми. Тези резултати могат да бъдат сравнени с атоми, изследвани в лаборатория и посредством законите на физиката отчетените изменения могат да бъдат конвентирани в относителна скорост. Този метод е известен и като метод на радиалните скорости, защото измерваната скорост би могла да създаде противоречие. Защото ако измерването е под ъгъл, то ще се получи едно намаляване на действителната скорост, затова е необходимо да се вземе предвид ъгълът на наблюдение, когато това е възможно.



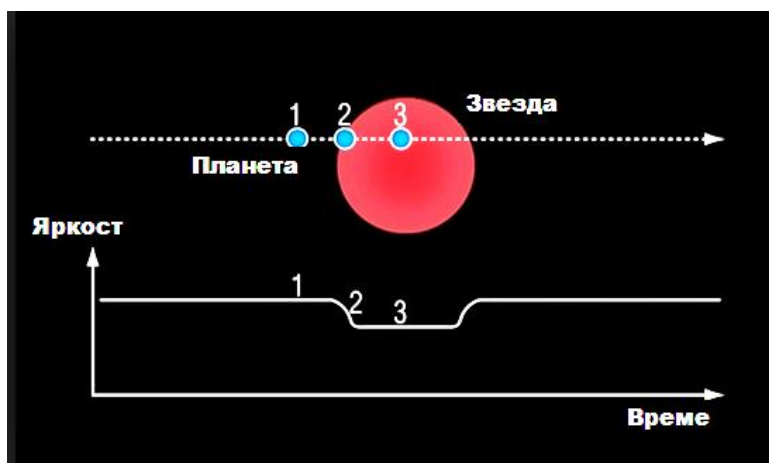
Фиг. 1. Схема на отместване

В метода на радиални скорости се използва още едно физично явление - червеното и синьо отместване (фиг. 1). При отдалечаването на една звезда, дължината на вълната на светлината, излъчвана от нея, се премества към червения спектър и обратно при приближаване – към синия. След това се създава модел, чиито параметри могат да бъдат променяни, така че да може да се измерят всякакви изменения в скоростта на движение на една звезда, поради наличието на планета. Но това е едно голямо предизвикателство с оглед на факта, че е необходима прецизност от порядъка на 0.01% .

3.2 Транзитен метод

Това е индиректен метод за определяне на броя на планетите, техния размер, орбиталния период и орбитални параметри (фиг. 2). Отново се изследва

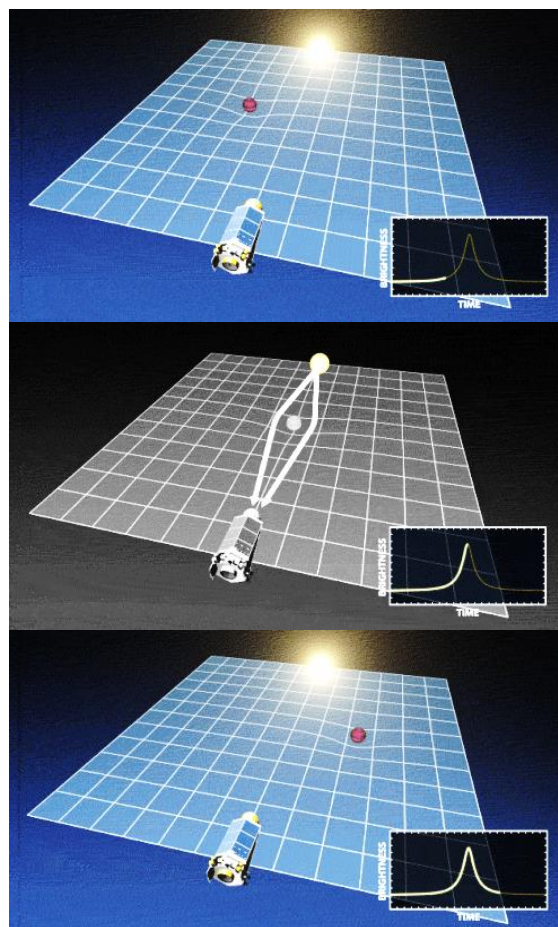
интензитета на светлината, идваща от звездата. Ако в този момент преминава планета, това веднага ще доведе до намаляване в яркостта. Важно е да се отбележи, че това намаляване може да бъде по-малко и от 1% като за малки планети може да стигне до 0.01%. Ясно е, че методът е ориентиран към по-големите планети, намиращи се много близко до своите звезди или т.н. „горещи Юпитери“. Методът е „рекордър“ по открити планети, но използван самостоятелно, не би определил масата на една екзопланета или абсолютният ѝ размер.



Фиг. 2. Схема на транзитен метод

3.3 Метод на гравитационната леща

Това наименование се основава на явлението, при което има наличие на отклонение на светлината при преминаването ѝ близо до масивен обект (фиг. 3). Не само се отклонява, но и яркостта на снимката, направена от наблюдателя, бива засегната диспропорционално. Това е ефектът от „Теорията на относителността“, породена от гравитацията на масивните обекти, в нашия случай звездите. Ефектът на гравитационната леща възниква, ако точно по линията на нашия поглед се окажат две ярки и достатъчно масивни тела. Например звезда от нашата галактика преминава между нас и друга далечна звезда. Гравитацията на близката звезда влияе на светлината на далечния обект, отклонява я и оформя ефект на "леща". В лещата ще се появят нарушения, ако гравитационното поле на съответната звезда бъде деформирано, което би било ясен знак за наличието на Екзопланета.



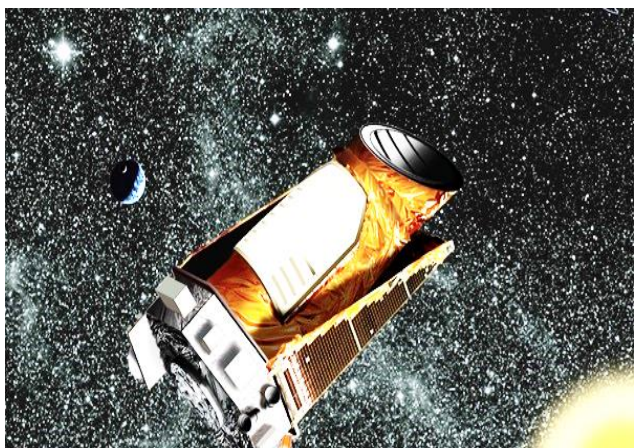
Фиг. 3. Отклоняване на светлината

4. Космически телескопи

Поради всички възможни ограничения, които могат да възникнат поради земната атмосфера, в Космоса биват изпращани космически телескопи, чиито възможности са много по-големи, защото обединяват различните методи за пълна точност.

4.1 „Кеплер“

През 2009г. космическият телескоп „Кеплер“ бива приведен в действие (фиг.4). От този момент започва своеобразният „потоп“ от открития на планети извън нашата Слънчева система, наблюдавайки безброй много звезди и използвайки транзитния метод, в рамките на година се появяват стотици „кандидат-планети“, а астрономите започват да ги групират на големи групи (фиг. 5).



Фиг. 4. „Кеплер“



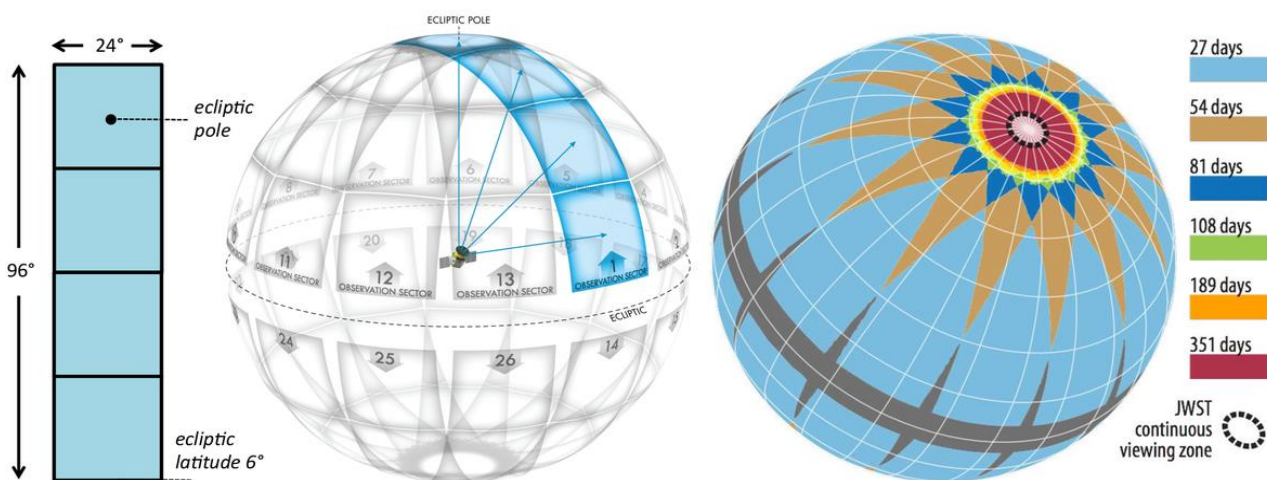
Фиг. 5. Открития на Екзопланети

Оказва се, че разнообразието при звездите е доста по-голямо от очакваното, което затруднява изследванията. Но информацията, получена от апарата, хвърля много по-ярка светлина, отколкото правените десетилетия наред опити. С времето анализите ставали все по-точни, а техниката все по-прецизна. С негова помощ биват открити 2 500 нови планети преди края на мисията му през миналата година, когато горивото му свършва.

4.2 „TESS“

Засега то може да бъде описано с една дума - „TESS“. Това е космически телескоп, предназначен за откриване на Екзопланети по транзитен метод. Телескопът е част от т. нар. „Малка изследователска програма“ на НАСА (Small Explorer program), а мисията му започва на 18 април 2018г. Още през януари тази година астрономите получиха първите по-важни данни и дузина нови

„кандидат-планети,, очакват допълнително потвърждение. Според учените, около 20% от тези планети ще отпаднат от надпреварата, защото не винаги смущенията в светлинния поток биват предизвикани от звезда. „TESS“ използва своите четири широкоъгълни камери като разделя пространството на 26 сектора, наблюдавайки всеки един от тях 27 дни. Засега продължителността на мисията е предвидена в рамките на 2 години, през които се очаква да покрие до 85% от небето. Повечето звезди, които ще изучава, се намират между 30 - 300 светлинни години от нашата планета - по-близки и по-ярки, отколкото тези, изследвани от предшественика му „Келпер“.



Фиг 6. Метод на работа на апарата

Интересно е, че „TESS“ подбира звездите за изследването си по така нареченият „Звезден каталог за обитаеми зони“. Списък от 1822 звезди, които имат в орбита планети с големината на Земята, което е предпоставка за наличието на живот.

ЛИТЕРАТУРА

[1] <http://exoplanets.co/>

[2] <http://www.astronomy.com/>

НАДПРЕВАРАТА НА ЧАСТНИТЕ РАКЕТНИ КОМПАНИИ ЗА КОСМОСА

Георги Георгиев

Факултет Телекомуникации, ТУ София, бул. „К. Охридски“ №8, София 1000;
e-mail:georgi_georgiev@abv.bg

Резюме. В настоящия доклад ще обсъдим как едни от големите хора в предприемачеството развиват космическа ракетна индустрия. В последните 2 десетилетия хора като Илън Мъск, Джеф Безос и Ричард Брансън успяха да издигнат ракетните технологии до нови висоти.

Ключови думи: ракети, носители, Марс, SpaceX, Virgin Galactic, Blue Origin, възобновяемост.

1. Увод

От кацането ни на Луната през 1969 г. с една от най-големите ракетни системи Saturn V на програмата Apollo до началото на 2000 г. ракетната индустрия е в един от дългите си застои. Бюджетът на NASA с всяка година намалявал, а други държавни космически администрации не предприемали никакво развитие в технологията. Причината за този така наречен застой на ракетните технологии е много от смъртните случаи на совалките, т. нар. Space Shuttles на NASA. Мисии като Чалинджър – първият полет на совалка с цивилни се взривява 2 минути след отделяне от Земята. От 2003 г. с много голям труд настъпват първите частни ракетни компании, именно първата на Джеф Безос, открита на 8 септември 2000г., последвана от [3]Илън Мъск и Space Exploration Technologies Corp. или SpaceX през 2003 г. и Ричард Брансън Virgin Galactic 2004 г., като и трите компании се радват на огромен успех, но как са стигнали до тук ?

2. Развитието на частните космически компании

За разлика от държавните космически администрации, които могат да разчитат на един доста голям бюджет, основателите на частните компании в началото е трябвало да разчитат на собствените си приходи, които имат от други техни проекти, а в много от случаите разходите били много повече от приходите или собствената печалба на създателите на тези компании, но това не попречило на инженерите в тези компании да направят невъзможното за NASA, да възстановят ракета-носител за повторно ползване. Първата компания в света, която успява да достигне космоса и да възстанови ракета-носител е

именно SpaceX с ракетата "Falcon". Те успяват да достигнат космоса, да изпратят сателит в геостационарна трансферна орбита и да приберат ракетата обратно на Земята, за да бъде използвана повторно за следваща мисия на компанията. Разбира се, тази новина бързо се разпространява и първата администрация, готова да подпише договор да използва услугите на SpaceX за зареждане на Международната Космическа Станция(МКС), са именно NASA. Те подписват първоначален договор със SpaceX за 1,5 млрд. долара. В момента SpaceX разработва космическия си кораб, който изглежда като нещо излязло от Star Trek, той ще е предназначен за мисии до Луната, Марс.

Blue Origin компанията на най-богатият предприемач в света и създател на amazon.com е най-старата частна компания, тя е по-насочена към т. нар космически туризъм и завръщането на хората на Луната. Компанията се радва на голям успех с тяхната ракета New Shepard. Тя е предназначена за цивилни хора, които искат на изпитат 0 гравитация в продължение на 2 минути и да видят Земята от космоса, която, както всички знаем, не е плоска. Ракетата-носител има до днешна дата 16 успешни мисии и 2 неуспешни, които приключват с разрушаване на ракетата.

Virgin Galactic от трите компании е най-нова и най-различна. За разлика от горните две компании, създателят не използва ракети-носители, а уникалната летателна самолетна система Whiteknight Two, която се състои от два слети самолета и ракетния изстребител Feather. Тя е система, която се управлява от пилоти с дългогодишен опит в управлението на военни изстребители. Както Blue Origin, компанията също се стреми към космическия туризъм и до момента има 3 успешни тестови мисии. Тази година предстои първото комерсиално пътуване, поне на това се надява създателят ѝ Брансън, като той казва, че желае да е първият човек, който ще се качи. Билетите са налични за продажба, като един билет е на стойност 250 000 долара. Известни личност като Кейти Пери и Аштън Кътчър вече са резервирали билети за полет.

3. Ракетни системи.

Както вече казахме, SpaceX използва ракета "Falcon" за първата си фаза и носител Dragon за втората фаза, който поставя товара в геостационарна трансферна орбита [1]. Falcon 9 е усъвършенстваната ракета-носител, тя се състои от 9 Merlin ракетни двигателя, времето за горене на двигателя е 162 секунди, има тяга от 7607 kN и е висока 70 метра (фиг. 1). Както вече споменах, тя е първата ракета-носител, достигнала космоса и върнала се успешно.



Фиг. 1. Ракетата-носител Falcon 9

Връщането може да се случи на мястото, откъдето е изстреляна, с точност до 10 метра или на "Droneship" в океана. Има и случай на приземена Falcon 9 в океана, наранена, но успешно приземила се. SpaceX успява да постигне тази точност като използва висококачествен и точен софтуер за пилотиране на ракетата. Всеки път преди тя да бъде изстреляна, бива програмирана по определен път, през който трябва да мине като използва GPS с висока точност. За да успее да маневрира обратно до Земята и да изпълни т.нар boostback burn или обратно запалзване на двигателите за да намали скоростта си на падане към Земята до mach 2, използва азотни двигатели, които са позиционирани остри на ракетата и постоянно я стабилизират, за да не се върти падайки към земята, също така за намаляване на скоростта и допълнителна точност използва въздушни ребра, които стоят над краката на ракетата. Разбира се краката са нужни, защото за да можем да приземим ракета тя трябва да може да се приземи и да стои на площадката [2]. Falcon Heavy е подобрената версия на Falcon 9 тя използва 3 ракети-носители F9 сляти заедно и съответно 27 двигателя Merlin, FH е най-мощната ракета-носител в света, надхвърляйки Saturn V почти двойно. Heavy има тяга от 22 819 kN, горенето на двигателите е 397 секунди може да носи 63 800 кг до ниска земна орбита и 26 700 кг до геостационарна трансферна орбита. За сравнение совалката на NASA е можела да носи 24 000 кг до ниска земна орбита. Тази година Heavy успешно приключи първата си комерсиална мисия и успя успешно да приземи и 3-те ракети от централното ядро на дроншип в океана и двата странични бустера на площадката в Кейп Канаверал. Първата тестова мисия на Heavy беше с товар собствения роудстър Tesla на Илън Мъск [3].

4. Заключение

В бъдеще ще ни предстоят много активни космически изследователски мисии. Ще видим първите цивилни хора, обиколили Луната и върнали се успешно, плановите за колонизация на Марс и тяхното осъществяване. В момента SpaceX и Blue Origin работят много упорито по успешното изпращане на първите хора на Марс с новите им космически кораби. Илън Мъск е смята, че можем да достигнем до повърхността на Марс най-рано 2025 г. Каквито и неща да се случат в тази индустрия, ние ще сме свидетели, създатели и участници в тази нова велика надпревара на космическите компании за космоса.

ЛИТЕРАТУРА

[1] <https://www.spacex.com/falcon9>

[2] <https://www.spacex.com/falcon-heavy>

[3] Ашли Ванс, Илън Мъск PayPal, Tesla, SpaceX и подходът към невероятно бъдеще, издателство Кръгзор.

PROJECT CABARET, WP7 AND THE DEVELOPMENT OF MOOC'S

Fathimath Shadiya¹, Boyko Rangelov², Fathimath Nistharan¹, Mariyam Humra¹, Mariyam Eeman¹, Mohamed Haikal Ibrahim¹

¹ Faculty of Engineering, Science & Technology, Maldives National University, Male, e-mail: fathimath.shadiya@mnu.edu.mv

² Geology Faculty, Mining and Geology University, Sofia, e-mail: brangelov@gmail.com

*Abstract. The **CABARET** (Capacity **B**uilding in Asia for **R**esilience **E**duca**T**ion) Project is funded by the European Union under the Erasmus+ program, to foster regional cooperation for more effective multi-hazard early warnings and increased disaster resilience among coastal communities. The goal of the Project is to strengthen the evidence-base in support of the implementation of the new framework. The participants constructed of a consortium of 14 European and Asian higher education institutions from nine countries - four from Europe and five from Asia. The Project covers three years period and intend many meetings among participants for data and knowledge exchange. The MGU and MNU participation are active as co-chairs of the WP7 – “Learning and teaching tools methodologies and approaches to the MHEW” and sustainable development of the resilience. The progress and achievements of the WP7 co-chaired by MGU and MNU are presented and the developments of MOOC's (Major Online Open Courses) are under discussion.*

Key words: Project CABARET, WP7, Major Online Open Courses

1. Introduction

One of the most important packages due to the deliverables listed in the Project targeted to all participants is the WP7 entitled “Learning and teaching tools methodologies and approaches” for the mulihazards early warning systems and their applications [1]. The intended educational platform, MOOCs (Major Online Open Courses), technical manuals and brochures, together with the use of the Internet abilities for distant education are the modern tools for Higher Educational Institutions (HEI's) and their high effective performance of the knowledge for real practical purposes could be the most useful outputs [2]. During the last months many activities have been performed and executed following the research program and the practical applications [3], [4], [5].

2. WP7 tasks and MOOC's framework

The curriculum of the MOOC's is adopted on the basis of the Philippine's expertise, especially of the De La Sale University (Manila). The educational platform is decided to use Moodle abilities for distant and on-line education and the experience of MNU. Course skeleton and several MOOC's are proposed with thematic topics and schedule for students in MNU (for example):

A) Course Name - Disaster Preparedness

Course Name - Introduction to Coastal Disasters.

Duration - 3 Weeks (4 hours / week - 12 hours)

1. Earthquakes
2. Tsunami
3. Floods
4. Cyclones

B) Course Name - Science and Technology for Disaster Risk Reduction

Duration - 4 Weeks (4 hours / week - 16 hours)

1. Introduction and Concepts
2. Risk Assessment
3. Prevention
4. Early Warning and Preparedness
5. Disaster Response and Emergency Relief
6. Post-Disaster Recovery and Reconstruction
7. Resilience at multiple governance levels
8. Resilience and Sustainable Development for DRR

C) Course Name - Community Based Disaster Risk Management.

Duration - 4 Weeks (4 hours / week - 16 hours)

1. Introduction to Community Based Disaster Risk Management.
2. Community Based Disaster Risk Assessment.
3. Participatory Disaster Risk Management Planning.
4. Mainstreaming DRR at Community Level.
5. Community Based Emergency Response Management.
6. CBDRM Planning.

Some others were proposed to the MGU educational courses - Magisterial level [6] (for example).

Topic 1 - Natural disasters and people preparedness

Course 1 Natural hazards and negative consequences

Typology of the natural disasters:

Hour 1 Hazards in the Solid Earth and Oceans,

Hour 2 Meteorological hazards,

Hour 3 Pandemics, Space impacts

Hour 4 summary, exercise

Physical Properties of the disasters and the negative consequences:

Hour 1 Scales for the power of the hazards. Magnitude and intensity

Hour 2 Destructive potential in space and time domain

Hour 3 Comparison of the destructive potential

Hour 4 summary, exercise

Early warning systems:

Hour 1 Effectiveness of the early warning systems

Hour 2 Advance time, speed of the alerts distribution

Hour 3 False alarms

Hour 4 summary, exercise

Long and short term protective measures

Hour 1-2. Long term protection

Hour 3-4. Short term and personal protection

Hour 4 summary, exercise

Total time 16 hours

Course 2 Natural hazards and advanced technologies

Space technologies applications

Hour 1 Space technologies applications in natural disasters management

Hour 2-3 Monitoring, space communications, distant assessment of the consequences

Hour 4 Personal safety and societal resilience

Topic 2 - Mulihazards

Hour1 Conditions, complexity, negative effects

Hour2 Economical losses

Hour3 From single events to multiple consequences

Hour4 Nonlinearities of the damages and negative consequences

Topic 3 - Societal resilience

Hour 1 Primary and secondary damages

Hour 2 Methodology of assessment

Hour 3 Social behavior of the groups of people in emergency situations

Hour 4 Emergency planning

Total 12 hours

Topic 4 - Short Courses

Course 3 Multihaards, protection and resilience

Multihazards

Hour 1-2 Kinematic models about multihazards' influence

Hour 3-4 Economic assessment of the protection and safety measures

Early warnings systems

Hour 1-2 Coastal societies and coastal hazards

Hour 3-4 Warning messages and society reaction

Protection, safety and resilience

Hour 1-2 General protective measures – evacuation, zoning,

Hour 3-4 Specific protective measures – mangrove forests, barriers, microzonation

Total 12 hours

Such a composition provides large spectrum of knowledge and experience. Similar MOOC 's intend to be developed for broader number of topics and different HEI's.

3. WP7 - MOOC's development

A progress in MOOC's development has been made during the last year. Lessons structure has been accepted and unified. It consists of the following elements – a general part of the Manual under development for use of the MOOC's lecturers.

- Definitions – the general explanation is described to introduce students to the terminology
- Physical characteristics – the main physical characteristics of the studied disasters are presented by measurable parameters to characterize the destructive potential of the hazards
- Examples – various case studies are demonstrated to illustrate the negative consequences of the disasters
- Lessons learned are summarized to focus the attention of the students to the possibilities to mitigate and eliminate these negative consequences
- Specifics – many specifics of the different disasters and their effects are developed and explained to separate and introduce the students to the different aspects of the consequences – social, economic, psychological, gender, disable people, etc.
- Results achieved are under control by various methods – discussions, tests, seminars, etc.
- Quiz (test) – target tests are developed to control the obtained knowledge, accommodated to the different assessment scales at national and international level.

First Disaster Management Course (DMC) is finished according the preliminary accepted educational program. It includes all above mentioned elements for the following hazards:

1. Disaster, hazard, natural and anthropogenic catastrophes. This module gives knowledge to the students about all definitions, differences between disasters and hazards, natural and man-made catastrophes.
2. Vulnerability, risk, exposure. This module is targeted to the theoretical fundamentals about vulnerability, risk, exposure and quantitative assessment of the risk and resilience
3. Earthquakes, negatives, mitigation. A chapter describes the specific hazards – earthquakes. All possible consequences, prevention, protection and mitigation are included in easy manner for the students.
4. Tsunami, prevention, protection. This chapter is of a high importance for the Maldives, which are under threat of the transoceanic tsunamis.
5. Cyclones, different types and consequences. Cyclones are common for the Indian Ocean that's why the focus is to the different types, names and the consequences they can pose to the coastal communities
6. Floods, different types, consequences. This is also very dangerous and with the high destructive potential disaster. The floods due to the rain, high water level, wind, tsunamis, flash floods, etc. are common and one of the most devastating hazards, which brings every year regular major damages in all Indian Ocean countries

All modules are illustrated by ppt presentations, short movies, teaching exercises and finishing with the developed Quizzes.

4. Proposal for future development of the Educational Platform (EP)

The part of MOOC's is good to follow the Curriculum of Maldives education course (undergraduate level). There some links to other materials (such like larger and deeper content about Multihazards, MHEWS, case studies etc.) could be incorporated for students who like to extend their knowledge about different topics of this issue

Other part of other topics of MOOC's could be developed to the educational platform using ACSENT Platform including specific topics related to MHEW's. (such like:

A book – **Rangelov B., Frantzova A., Multihazards early warnings. Research, models and Bulgarian expertise., LAMBERT Academic Publishing., Saarbrücken, 224 pp.**

Papers:

Ranguelov B., F. Shadiya., 2018., Fractals, natural disasters and ecological problems of Maldives., Ecological Eng. and Envir. Protection, pp. 18-25. ISSN 1311-8668.

B. Ranguelov, F. Shadiya, Y. Ivanov, 2018. FRACTAL NATURE OF THE MALDIVES ARCHIPELAGO. PROC. DAYS OF PHYSICS, TU, SOFIA, 18-21 APRIL. PP. 81-86.

F. Shadiya, B. Ranguelov, 2018. THE MALDIVES NATURAL HAZARDS AND EARLY WARNING SYSTEM. PROC. DAYS OF PHYSICS, TU, SOFIA, 18-21 APRIL. PP. 87-94.

B. Ranguelov, 2018. MULTHAZARDS EARLY WARNING SYSTEMS – CABARET PROJECT (INDIAN OCEAN CASE)., Proc. Conf. Ecology and Health., Plovdiv, 7th June, 2018. pp. 254-257, ISSN 2367- 9530 [http://hst.bg/bulgarian/ECOLOGY%20AND%20HEALTH,%202018%20\(1\).pdf](http://hst.bg/bulgarian/ECOLOGY%20AND%20HEALTH,%202018%20(1).pdf)

B. RANGUELOV, 2019. NEW EMERGING TSUNAMI GENERATORS - A CHALLENGE TO THE MULTI-HAZARD EARLY-WARNING SYSTEMS (PALU AND ANAK KRAKATAU CASES, 2018) (in press)
and many others produced by the CABARET teams.

These materials do not need authorship's permission as they are products of the CABARET activities.

Third part of the CABARET Educational Platform (EP) can use published materials for broader coverage of the topics related to the CABARET activities, using again ACSENT Platform (good horizontal link with similar projects), as well as other developed sources of information (some examples:

Characteristics of a Disaster Resilience Community, A GUIDANCE NOTE, Version 2 November 2009, John Twigg.

THE INTERNATIONAL EMERGENCY MANAGEMENT SOCIETY,

Book – “Coastal protection in the aftermath of the Indian Ocean tsunami.” Proc. of the Regional Technical Workshop, Khao Lak, Thailand, 28–31 August 2006. Compiled and edited by S. Braatz, S. Fortuna, J. Broadhead and R. Leslie FAO, Bangkok.

Developing Early Warning Systems: A Checklist. Third International Conference on Early Warning. From concept to action. 27 – 29 March 2006, Bonn, Germany, etc.)

Such approach gives larger possibilities of the CABARET EP to incorporate specialized knowledge on MHES (as innovative results of CABARET activities), broader coverage of topics for wider public (published materials), as well as MOOC's for student educational courses.

5. Conclusions

- A progress of the work performed in the frame of the WP7 of CABARET Project is displayed including educational platform development and MOOC's skeleton and schedule.
- The co-chaired WP7 by MGU and MNU is under development according to the time schedule of the Project. First results of MOOC's are available.
- New concept for the further development of the structure of the Educational Platform (EP) of the CABARET Projects is proposed.
- Intended international cooperation among participants of the Project is an essential topic for the coastal resilience educational platform development.

REFERENCES

[1] Capacity Building in Asia for Resilience Education – CABARET Project. Detailed Description of the Project. Annex IV. Version 1., 2016, 201 pp.

[2] B. Rangelov, THE EU ERASMUS+ PROJECT C A B A R E T AND MGU PARTICIPATION., Journal of Mining and Geology University, v.60, part I, Geology and Geophysics, 2017, pp.90-93. 2017.

[3] B. Rangelov, PROJECT C A B A R E T - E U TOOL FOR SUSTAINABLE M H E W EDUCATION FOR COASTAL COMMUNITIES., НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ „ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА – ЗА ЛИЧНОСТНО И ОБЩЕСТВЕНО РАЗВИТИЕ”, 27–28 октомври 2017 г. гр. Смолян. pp. 396-404. 2017. <https://uni-plovdiv.bg/pages/index/1318/>

[4] B. Rangelov , F. Shadiya., THE C A B A R E T ERASMUS+ PROJECT - WP7 (PROGRESS AND ACHIEVEMENTS.), S E S 2 0 1 8 , 1 4 ^t Intl. Sci. Conf. “SPACE, ECOLOGY, SAFETY”, 7 – 9 November 2018, Sofia, Bulgaria.

[5] <http://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplus-project-details-page/?nodeRef=workspace://SpacesStore/5315e537-5ff2-42ed-888d-d8f3fb6ce86c>

[6] <http://www.journalriskcrisis.com/mr-rangelov-on-seismic-early-warning-systems/>

Acknowledgments: This work is supported by the CABARET Project No 573816-EPP-1-2016-1-UK-EPPKA2-CBHE-JP of EU Erasmus+ Program.

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

СВРЪХТЪНКИ ОКСИДИ ВЪРХУ ПЛАЗМЕНО ХИДРОГЕНИРАН СИЛИЦИЙ

Сашка Александрова, Невена Кожухарова, Елена Халова

Катедра „Приложна физика“, ФПМИ, ТУ-София, бул. “Климент Охридски“ 8, София 1000
e-mail: salex@tu-sofia.bg

Резюме. Представени са резултати от изследване на свръхтънки оксиди, формирани върху хидрогениран Si чрез термично окисление при понижени температури. Хидрогенирането на Si е постигнато във водородна плазмена среда по два метода – чрез използване на ВЧ плазма и плазмена йонна имплантация на водород. Дадени са сравнителни данни за скоростите на окисление и морфологията на повърхността. Резултатите са интерпретирани на основата на параметрите на плазмената среда и влиянието им върху третираните Si повърхности.

Ключови думи: силиций, силициев диоксид, ВЧ плазма, плазмена йонна имплантация

1. Увод

Модифицирането на повърхностите придобива все по-голямо значение за производството на прибори от следващото поколение, когато активните области са разположени в плитки повърхностни слоеве. Включването на водород в силиций дава възможност за изграждане на много тънки слоеве от наноразмерни силициеви оксиди, които могат да имат различна роля в структурите и устройствата, базирани на силиций.

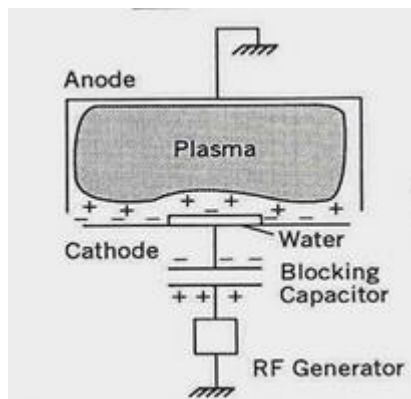
Настоящото изследване е посветено на механизма на влияние на въвеждането на водород в Si чрез йонна имплантация върху процесите на окисление и структурата на наноразмерния повърхностен слой.

2. Хидрогениране на Si

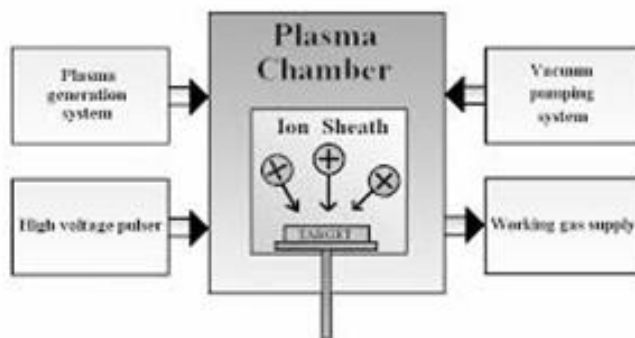
В технологията на получаване на изследваните структури се използва Cz-Si Wacker, ориентация (100) и (111) и съпротивление 5 – 8 ohm cm.

Хидрогенирането на силиция се осъществява по две технологии, като се използва ВЧ планарен плазмен реактор (фиг. 1a) или плазмена йонна имплантация (фиг. 1б). При ВЧ плазмен реактор Si подложки се намират в плазмена среда при налягане 133 Pa. ВЧ генератор (13.56 MHz, 15 W) е капацитивно свързан с реактивната камера. Тези условия гарантират, че при ВЧ напрежение 135 V постоянният плазмен потенциал по отношение на заземяния електрод не надвишава 25V. Пластините се намират на долния заземен електрод.

При хидрогениране чрез плазмена йонна имплантация Si пластините се подлагат на имплантиране с водородни йони H^+ с енергия от 2 keV в имплантационна установка. Дозата на водорода варира от 10^{13} до 10^{15} cm^{-2} .

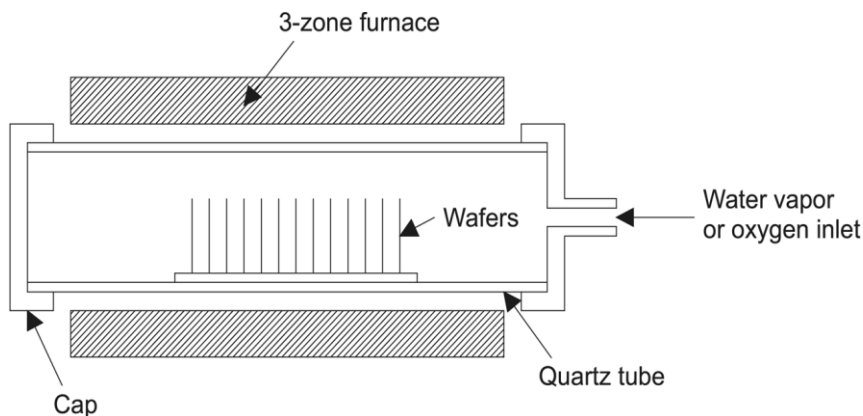


Фиг. 1а. Хидрогениране във ВЧ плазма



Фиг. 1б. Хидрогениране чрез плазмена йонна имплантация

Върху хидрогенираните Si пластини се формират оксидни слоеве чрез окисление при температури между 700 и 850° C в суха кислородна атмосфера в резистивна пещ (фиг. 2). Допълнителни температурни третириания не бяха прилагани.



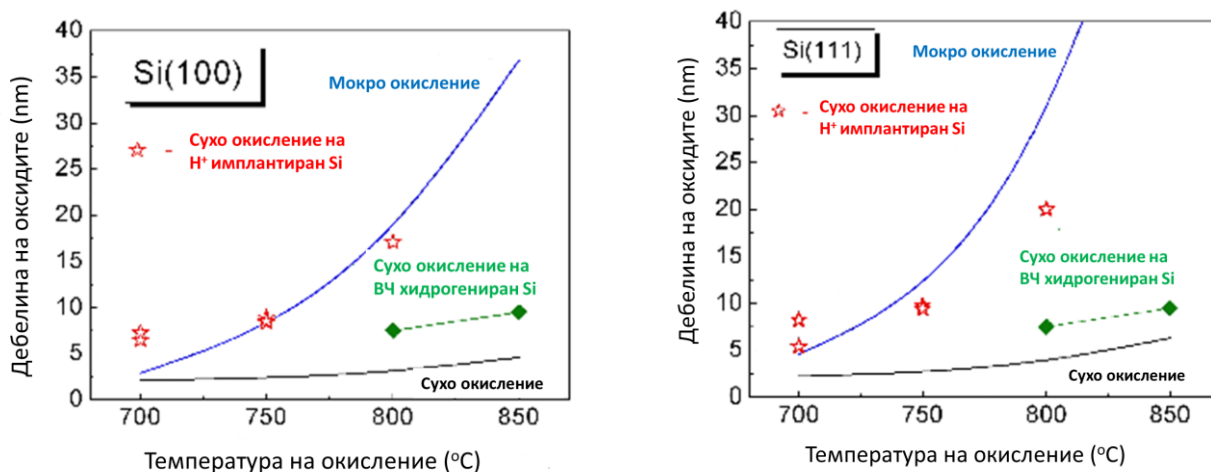
Фиг. 2. Окисление на Si

3. Резултати и обсъждане

Известно е, че плазмена обработка във водород е свързана с модификация на повърхността на Si [1], образувайки слой с по-малка плътност, съдържащ дефектни места и кухни с прикрепени H-атоми [2]. По време на последващото окисление този слой се окислява по-бързо. Интерфейсната област между оксида и Si, разположена точно в този дефектен слой, се насища с водород.

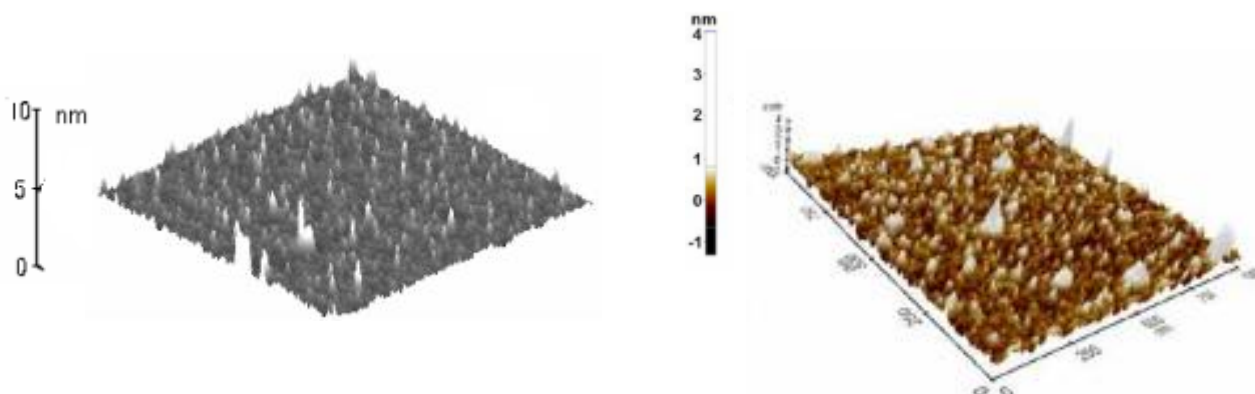
На фиг. 3 е дадено сравнение на данните за окисление на хидрогениран Si със скоростите на окисление на Si във влажна и в суха кислородна атмосфера от класическия модел Deal-Grove (плътни линии) [3]. Установено е повишаване на

скоростта на окисление на Si, хидрогениран във ВЧ плазма, както се вижда на фиг. 3 (квадрати). Съществено повишаване на скоростта на окисление се наблюдава за H^+ плазмено-имплантирания Si (звездички) до стойности, близки до тези за мокро окисление, като увеличението е най-силно изразено при 700°C . Интересно е, че няма установена силна зависимост на скоростта на окисление от дозата на имплантация при дадена температура на окисление.



Фиг. 3. Сравнителни данни за скоростите на окисление на Si.

По-високите скорости на окисление на хидрогенирания Si и по двете технологии може да се обясни с бързото нарастване на първите монослоеве на силициевия диоксид поради наличието на плазмено-модифициран повърхностен слой в Si пластини. Съгласно данни от други автори след водородна обработка може да се формира слой, съдържащ дефекти (кухини), декорирани с водород. Самото присъствие дефекти и на водород в хидрогенирания слой Si влияе върху механизма на растеж на оксидите и следователно на тяхната структура. Дефектите се запазват и след окисление, както се вижда от изображенията, получени от атомносилов микроскоп, показани на фиг. 4.



Фиг. 4. Изображения на оксидните повърхности при окисление на ВЧ хидрогениран Si (ляво) и имплантиран Si (дясно).

Значително по-голямото увеличение на скоростта на окисление за Si, хидрогениран чрез имплантация може да се обясни със значително по-голямата енергия на йоните. За хидрогениране във ВЧ плазма енергията на йоните не може да превишава енергията от максималния потенциал на системата (135 V), докато енергията на йоните при имплантация е 2 keV. Това се потвърждава и от по-силно дефектната оксидна повърхност на фиг. 4.

4. Заключение

Резултатите от настоящото изследване показват, че хидрогенизирането на Si в подходяща плазмена среда (ВЧ плазма или плазмена йонна имплантация) при подходящи параметри (енергия и доза на йоните) позволява значително повишаване на скоростта на окисление при понижени температури на окисление до стойностите, типични за мокро окисление. По-значителното увеличение на скоростта на окисление при хидрогениране чрез йонна имплантация се дължи на по-високата енергия на йоните.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Szekeres A, Lytvyn P, Alexandrova S 2002 Appl. Surf. Sci. 191 148
- [2] Job R, Ma Y, Ulyashin A G 2004 Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 788 L3.34
- [3] Deal B E and Grove A S 1965 J. Appl. Phys. 36 3770

ОЦЕНКА ЗА ОПТИМАЛНИТЕ СТОЙНОСТИ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА МИЛИСЕКУНДНИЯ ПУЛСАР XTEJ 1807-294 СПОРЕД НЯКОЛКО ОСНОВНИ МОДЕЛА

Радостина Ташева и Иван Стефанов

Катедра „Приложна физика“, ФПМИ, ТУ-София, бул Кл.Охридски №8, София 1000
e-mail: rpt@tu-sofia.bg, izhivkov@tu-sofia.bg

Резюме: С помощта на седем различни геодезични модела е изследвана зависимостта между долната ν_L и горната ν_U от двете високи честоти на квазипериодични осцилации за маломасивния милисекунден пулсар XTEJ 1807-294. χ^2 теста е използван за определяне на оптималните стойности на параметрите на неутронна звезда, която е централната част от двойната система.

Abstract: The relation between the lower ν_L and the upper ν_U high frequencies of the quasiperiodic oscillations (QPOs) of the low mass millisecond pulsar XTEJ 1807-294 is investigated using seven different geodesic models. The χ^2 test is the main tool utilized in order to assess the parameters of the neutron star component of the binary.

Ключови думи: пулсари, квазипериодични осцилации, рентгенови спектри

1. Увод

Поради клъстерния характер на възникване на звездите като следствие от уплътняване на големи маси протогаз и последващото му разпадане те често се оказват съставна част от двойни и даже тройни системи от звезди с различни маси. Колкото по-масивна е една звезда, толкова по-бързо тя достига финалните стадии на еволюцията си, така че често неутронните звезди в двойните системи се оказват свързани с гиганти и свръхгиганти, изпълнили повърхността си на Рош, което позволява изтичане на вещество към неутронната звезда и формиращо акреционен диск около нея.

Засмукания от неутронната звезда горещ газ предизвиква излъчване в рентгеновия диапазон, което е променливо по амплитуда, но близко до периодичното т.е. квазипериодично (КПО), пряко свързано с движението на газа в акреционния диск. Това движение е по приблизително ексцентрични орбити с намаляващи с времето оси, заради падането на газът към неутронната звезда. Поведението на този газ се обуславя от наличието на екстремно гравитационно поле, породено от централния обект с голяма плътност и може да служи като тестер за това поле.

Възникналите КПО са две групи - нискочестотни (LF) и високочестотни (HF). Нискочестотните осцилации са обикновено с честоти, непревишаващи 10.Hz и голям интензитет, но силна им променливост ги прави трудноизползваеми при пресмятания, свързани с характеристиките на централния обект. Високочестотните осцилации имат недостатъка от време на

време почти да се сливат с непрекъснатия рентгенов спектър и дори да изчезват, но постоянството на честотите им (които са винаги по-големи от 50 Hz) ги прави по-надеждни източници на информация за процесите, извършващи се в акреционния диск. От тях особено място заемат случаите, в които се наблюдават едновременно двойки високи честоти - горна ν_U и долна ν_L , намиращи се в специално съотношение - най-често 3:2.

Наблюдаваната зависимост между горната ν_U и долната ν_L от високите честоти може да служи като средство за изучаване на параметрите на неутронната звезда - масата M и безразмерния ъглов момент a . Тъй като обаче върху тези величини има ограничения, наложени от спецификата на обекта, може да се постави за решаване обратната задача - по получените им оптимални стойности M_{opt} и a_{opt} да се съди кои от множеството модели, създадени за описанието на високо честотните квазипериодични осцилации (HF QPOs) са най-подходящи за описание на наблюдавания спектър, особено в рентгеновата му част.

2. Модели за описание на високочестотните осцилации (HF QPOs)

Изтичащия от звездата компаньон газ образува горещо петно върху акреционния диск, което е увлечено от неговото движение. Това движение в релативистичния случай е по незатворени почти елиптични криви с азимутална честота ν_ϕ , радиална ν_r и вертикална ν_θ , които за разлика от Нютоновата механика не са еднакви. Като резултат възникващите QPOs не могат да се припишат само на тези три честоти, а най-често се приписват на прости комбинации от тях.

Избраните от нас модели, заедно със списък на техните автори е даден в Таблица 1. Шест от избраните от тях - RP, RP1, RP2, TP, TP1 и TD разглеждат безмасовата тестова частица като горещо петно, като в случая на модела на „приливното разкъсване“ (TD), това горещо петно се разпада на сегменти под действието на силното гравитационно поле на неутронната звезда.

Таблица 1 Модели, описващи високи честоти на високочестотните осцилации (HF QPOs).

Модел	ν_L	ν_U	Автори
RP	$\nu_\phi - \nu_r$	ν_ϕ	Torok et al. [1]
RP1	$\nu_\phi - \nu_r$	ν_θ	Bursa [2]
RP2	$\nu_\phi - \nu_r$	$2 \nu_\phi - \nu_\theta$	Torok et al. [1]
TP	$\nu_\theta - \nu_r$	ν_θ	Stuchlík et.al. [3]
TP1	$\nu_\theta - \nu_r$	ν_ϕ	Stuchlík et.al. [3]
WD	$2(\nu_\phi - \nu_r)$	$2\nu_\phi - \nu_r$	Kato [4]
TD	ν_ϕ	$\nu_\phi + \nu_r$	Cadez et al. [5]

Моделите на релятивистка прецесия RP, RP1, RP предполагат, че долната висока честота е равна на прецесионната, т.е. е резултат от ексцентрицитета на орбитата - $\nu_L = \nu_{\text{per}} = \nu_\Phi - \nu_r$. (виж [1], [2]), а горната е някоя от трите честоти или тяхна комбинация (виж Таблица1)

Моделите на тотална прецесия TP, TP1 на Stuchlík et.al. [3] използват за своя основа периода на тотална прецесия, т.е. времето, за което наклонът на квазиелиптичната орбита отново ще бъде същия (свързан с нискочестотните осцилации на оста на орбитата и тестовата частица ще се окаже пак най-близко до звездата (периода на движение по слабо елиптическата орбита). Тогава честотата на тотална прецесия е $\nu_T = \nu_P - \nu_{LT} = \nu_\theta - \nu_r$. Нискочестотните осцилации с честота ν_{LF} могат да се интерпретират чрез модела на релятивистичната прецесия на Lense-Thirring, т.е. описват колебание на средната ос на орбитата резултат от взаимодействието на моментите на импулса на неутронната звезда и диска т.е $\nu_{LF} = \nu_{LT} = \nu_\Phi - \nu_\theta$.

Моделът на „изкривения диск“ WD [4] описва високочестотните осцилации като резултат от „биене“, предизвикано от съответното изкривяване на диска, тъй като оста му на въртене не съвпада точно с оста на симетрия.

За всички използвани модели се предполага, че двойките високочестотни осцилации от всяка група възникват едновременно върху една и съща или много близки орбити.

3. Данни за милисекундния пулсар XTEJ 1807-294

Макар, че рентгеновия пулсар XTEJ 1807-294 е открит през 2003г. с помощта на X-ray Timing Explorer, първата достоверна информация за честотите на пиковите стойности в рентгеновия му спектър дават Linares et.al [6]. Те докладват не само наличието на нискочестотна компонента, но и

Таблица 2 Данни за милисекундния пулсар XTEJ 1807-294.

Group	$\nu_{LF}(\text{Hz})$	$\nu_L(\text{Hz})$	$\nu_U(\text{Hz})$
B	14.45 ± 0.17	163 ± 23.0	354.0 ± 10.0
C	17.4 ± 0.4	191.0 ± 9.0	375.0 ± 2.0
D	20.2 ± 0.4	202.0 ± 11.0	395.0 ± 3.0
E	26.1 ± 1.6	238.0 ± 25.0	449.0 ± 9.0
F	27.6 ± 0.5	259.0 ± 16.0	465.0 ± 2.0
G	32.1 ± 1.5	273.0 ± 19.0	492.0 ± 5.0
H	40.3 ± 1.1	370.0 ± 18.0	565.0 ± 5.0

двойки едновременно възникващи високи честоти, наблюдавани във всяка от седемте групи данни, които те обработват и които са дадени в таблица 2, от B до H включително. Оценки за тези честоти са направени на базата на моделиране с мултилогаритмични функции.

4. Зависимост между горната честота ν_U и долната ν_L висока честота на HF QPOs

Основния проблем в изследването на зависимостта между долната ν_L и горната ν_U висока честота е, че тя е известна само в параметричен вид. Параметрите, от които тя зависи, са масата на звездата M , ъгловия ѝ момент a и радиусът на орбитатата, на която дадената честота възниква:

$$\nu_L(a, M, x_L) = \nu_L^{obs} \quad (1)$$

$$\nu_U(a, M, x_U) = \nu_U^{obs} \quad (2)$$

Като следствие от този факт изследването на зависимостта може да бъде проведено само за конкретни стойности на двете честоти и въз основа на това да бъдат получени стойности за масата и ъгловия момент.

Имайки предвид, че $x_L = x_U$ за всеки от моделите, съвместното решаване на уравнения (1) и (2) ни дава параметричен израз от вида:

$$M = f(a) \quad (3)$$

Стойностите на двойките съответстващи си параметри a и M се определят чрез χ^2 теста от изискването χ^2 да е минимално. Доверителните им интервали се определят като се има предвид, че когато от всичките двойки (a, M) сме намерили оптималните (a_{opt}, M_{opt}) , при малки отклонения $\pm \Delta a$ и/или $\pm \Delta M$ стойността на χ^2_{min} остава в допустимия интервал. За $N = 7$ двойки честоти и два свободни параметъра M и a , т.е. 5 степени на свобода χ^2_{min} трябва да бъде в границите $0 \leq \chi^2 \leq 11.1$ при 90% доверителен интервал.

5. χ^2 - теста и неговото приложение за оценка на оптималните стойности на параметрите на XTEJ 1807-294

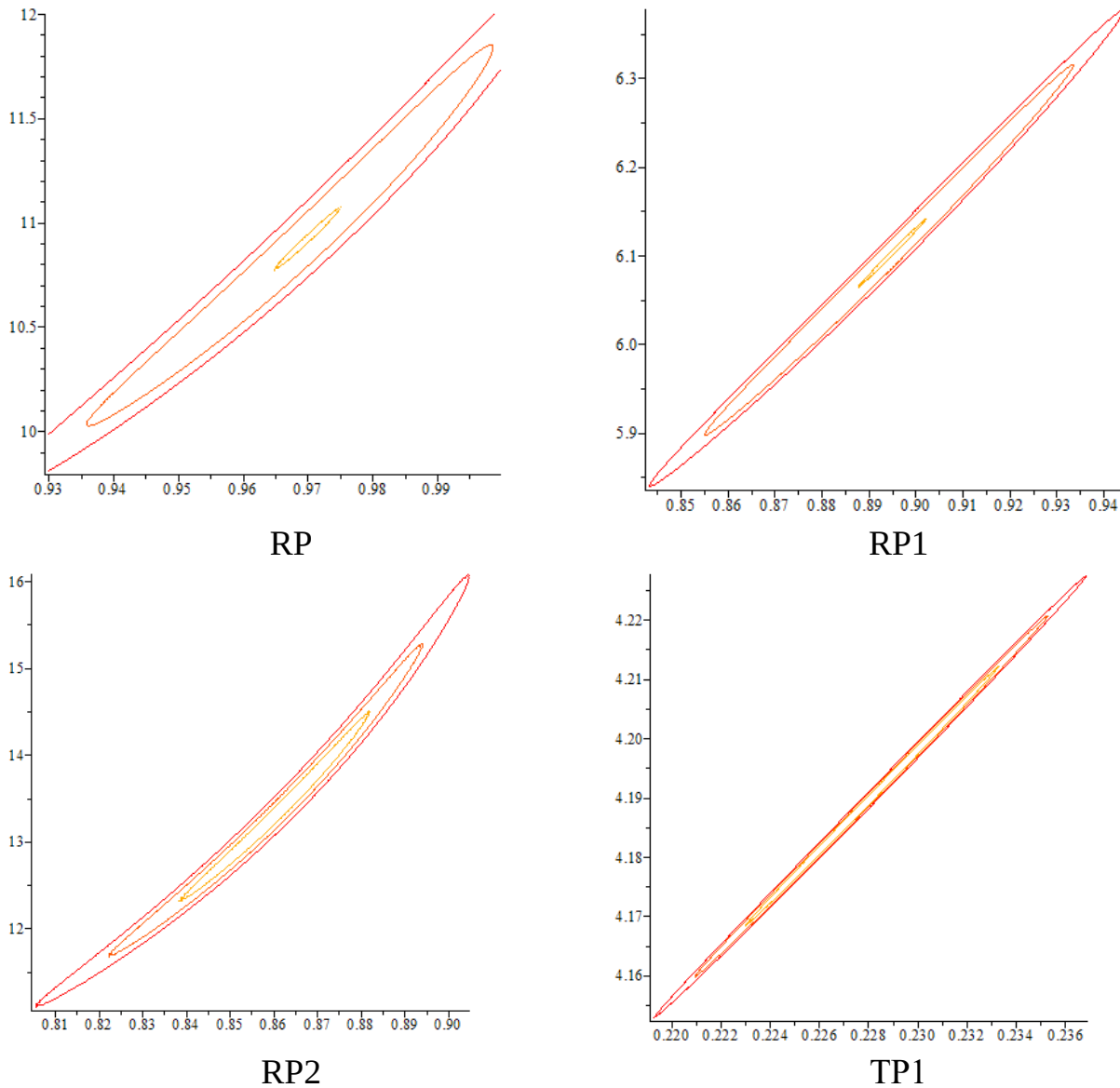
За да използваме χ^2 - теста за определяне оптималните стойности на a и M , трябва да построим теоретичната зависимост $\nu_L = f(\nu_U)$ според съответния използван модел. Ако отново приемем, че двойката високи честоти възникват на едни и същи орбити, т.е. $x_L = x_U$ и изразим x_U от уравнение (2) като функция на наблюдаваната горна честота ν_U^{obs} , изчислената според модела честота ν_L ще бъде:

$$\nu_L = f(a, M, \nu_U^{obs}) \quad (4)$$

Тогава израза за χ^2 има вида:

$$\chi_{U,L}^2(a, M) = \sum_{i=1}^N \frac{(\nu_L(a, M, \nu_U^{obs}) - \nu_{L,i}^{obs})^2}{\sigma_{L,i}^2} \quad (5)$$

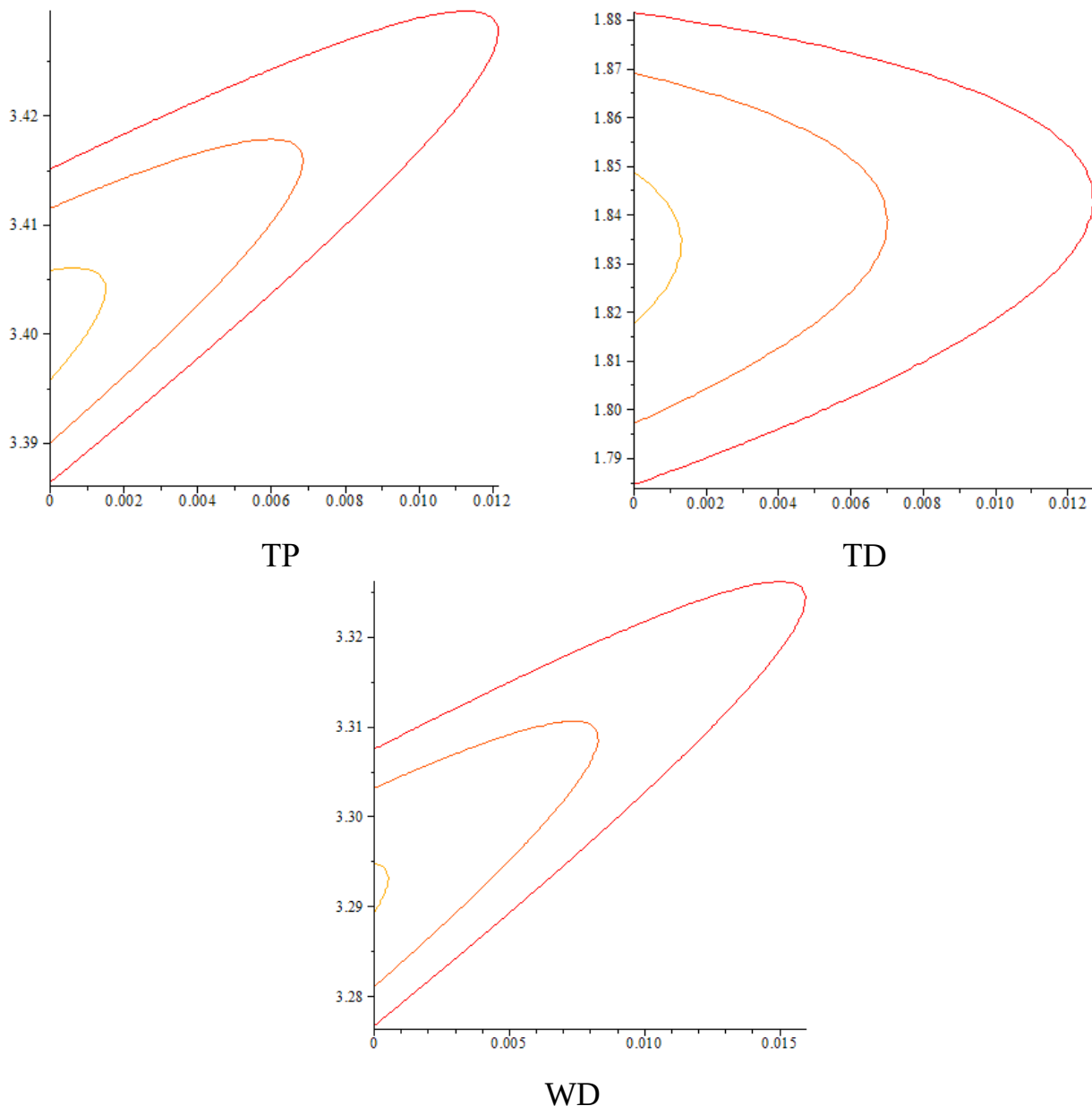
Тук ν_L е зависимата променлива със стандартно отклонение σ_L^2 , ν_U^{obs} е независимата променлива, чието стандартно отклонение се пренебрегва и $i=1,2,3,\dots,7$.



Фиг. 1. Графика на зависимостта $a - M$ за моделите RP, RP1, RP2 и TP. По абсцисата е нанесен момента на импулса, по ординатата - масата.

При търсенето на екстремумите на χ^2 е необходимо да се съобразяваме с наложените върху параметрите ограничения. Едно от тях изисква ъгловия момент a да е в интервала $(0,1)$. Друго, което трябва да се отчете, е фактът, че по-големите наблюдавани честоти ще възникват на по-ниски радиуси. Предполагаме, че $\nu_U^{obs,max}$ е максималната възможна горна честота и ако тя възниква върху най-вътрешната стабилна орбита (ISCO) на частиците в акреционния диск (тази с най-малък радиус), тя ще стесни областта на възможните двойки (a, M) . Изследванията показват, че се наблюдава минимум на χ^2 - χ^2_{min} , който може да се проследи по съгъстващите се изолинии. Варирайки a и M получаваме стойности на χ^2 , които ни насочват в коя област се намират най-малките стойности на χ^2 . След това, извършвайки пресмятания с малка стъпка за параметъра a , определяме областта на най-малкото χ^2_{min} на

което съответства областта, в която трябва да търсим оптималните стойности на масата и момента на импулса - a_{opt} и M_{opt} .



Фиг. 2. Графика на зависимостта $a - M$ за моделите TP, TD и WD.
По абсцисата е нанесен момента на импулса, по ординатата - масата.

Резултатите от пресмятанията са показани графично на фигури 1 и 2. Най-вътрешната изолиния очертава областта на оптималните стойности на ъгловия момент и масата.

Резултатите показват наличието на две групи модели. За четири модела RP, RP1, RP2, TP1 се наблюдава ясно очертан минимум в областта на допустимите стойности на параметрите a и M (фиг. 1), $a \approx 0.2$ за TP1 модела и a в областта между 0.9 и 1 за моделите на релятивистка прецесия RP, RP1, RP2. Получената област, в която се намира оптимална маса, е недопустимо висока за неутронна звезда, т.е. масата много по-голямо от 3 $M_{\odot}$.

За другата група, в която влизат TP, WD и TD (фиг. 2) χ^2 няма екстремум в областта на допустимите стойности. Минимумът на функцията е върху границата на областта, при която $a = 0$. Оценката за оптималната маса е умерено висока, допустима за неутронна звезда в случая на TD модела и с близка до граничната стойност в другите случаи.

6. Заключение

Милисекундния пулсар XTEJ 1807-294 е изследван с помощта на седем различни модела - RP, RP1, RP, TP, TP1, WD и TD, и на базата на данни взети от работата на Линарес и др. от 2005 [3]. Целта беше да се определят оптималните стойности на основните параметри - масата на неутронната звезда M и безразмерния момент на импулса a . Като използвахме данни за едновременно възникващите долна ν_L и горна ν_U честоти получихме параметрична зависимост между търсените величини. χ^2 ни позволи да получим областта, в която се намират оптималните им стойности a_{opt} и M_{opt} .

За три от моделите - TP, WD и TD се оказа, че χ^2 няма екстремум в изследваната от нас област. Минималната стойност χ^2 беше наблюдавана на границата на изследваната област, при $a = 0$, а получените стойности за M_{opt} в случаите на TP и TD моделите бяха малко над обичайната за неутронни звезди (3 $M_\odot$), а в случая на TD – приемливи, около 2 слънчеви маси. Това означава, че в първо приближение TD не би могъл да бъде отхвърлен като модел описващ възникващите HF QPOs.

За останалите четири модела, независимо че наблюдаваното χ^2_{min} е приемливо и получените стойности за a_{opt} са също в границите на допустимите стойности, наблюдаваните M_{opt} бяха твърде високи за неутронни звезди.

Следващите стъпки в изследването на този обект ще бъдат свързани с установяване на точните стойности на оптималните параметри по този метод, както и оценка дали горните заключения ще бъдат потвърдени, бъдат отчетени абсолютните грешки на съответните величини.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Torok G, Kotrlova A., Sramkova E., Stuchlik Z., 2011, A&A, 531, A59
- [2] Bursa, M. 2005, In Proceedings of RAGtime 6/7, Opava, editors S. Hledik and Z. Stuchlik
- [3] Stuchlik, Z., Torok G., Bakala P., 2007, A&A, in : arXiv:0704.2318
- [4] Kato S., 2005, PASJ, 57, 679
- [5] Cadez A., Galvani H., Kostic U., 2008, A&A, 487, 527
- [6] Linares M., van der Klis M., Altamirano D., Markwardt C.B., 2005, in: arXiv astro-ph, 0509011

ФРИКЦИОННИ ЛАГЕРИ ЗА АНТИСЕИЗМИЧНА ИЗОЛАЦИЯ: СХЕМИ ЗА ИЗПИТВАНЕ, МОДЕЛИРАНЕ И МЕТОДИКИ ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА МОДЕЛНИТЕ ПАРАМЕТРИ

Тодор Желязов

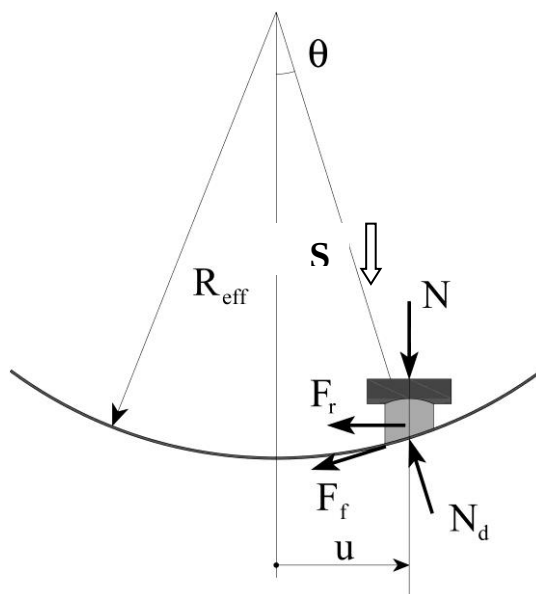
Факултет по транспорта, ТУ- София, бул. „Климент Охридски“ №8, София 1000
e-mail:todor.zhelyazov@tu-sofia.bg

Резюме. В публикацията се разглеждат някои основни положения от аналитичното моделиране на фрикционни лагери, използвани като елементи от сеизмична изолация. Представени са алгоритми за задаване на товарни състояния, които се използват при експерименталното изследване на характеристиките на фрикционни лагери и които имат за цел да възпроизведат сеизмично въздействие. Разглежда се възможността за използване на заместващи модели, използвани паралелно с анализ по метода на крайните елементи, с цел – определяне на макро-характеристика на фрикционен лагер, която да бъде използвана при анализа на поведението на конструкция със сеизмична изолация.

Ключови думи: идентификация, невронни мрежи, сеизмична изолация.

1. Увод

В последно време фрикционни лагери се използват все по-често за пасивна сеизмична изолация на сгради и съоръжения. Принципна схема на лагерно устройство е представена на фиг. 1.



Фиг. 1. Фрикционен лагер

Най-общо казано, фрикционният лагер се състои от две вдлъбнати сферични повърхности, които са в контакт с плъзгач от неръждаема стомана. В зоната на възможен контакт между сферичните повърхности и плъзгача се поставя композитен материал, с помощта на който се постигат желаните характеристики на плъзгане.

Поставено в основата на изолираната конструкция, лагерното устройство „носи“ вертикалните сили от конструкцията (N - Фиг. 1), а евентуално хоризонтално въздействие (примерно сеизмично) предизвиква в изолатора хоризонтална сила F , която може да се представи като суперпозиция от действията на центриращата (F_r - Фиг. 1) сила и на силата на триене (F_f - Фиг. 1) [1, 2]:

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \end{pmatrix} = \frac{N}{R_{eff}} \begin{pmatrix} u_x \\ u_y \end{pmatrix} + \mu N_d \frac{1}{\|\dot{u}\|} \begin{pmatrix} \dot{u}_x \\ \dot{u}_y \end{pmatrix} \quad (1)$$

При хоризонтално сеизмично въздействие фрикционният лагер разсейва енергията на сеизмичните вълни, като по този начин минимизира въздействието върху конструкцията (ускорения, премествания и т.н.).

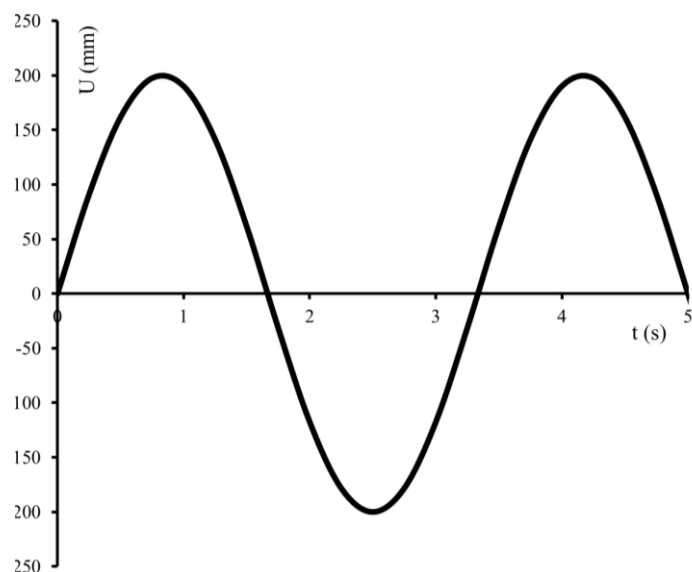
Както е видно от Фиг. 1, възможността на устройството да се самоцентрира е свързана с неговата геометрия.

В уравнение (1) N е вертикалната сила, предавана от конструкцията на сградата към фрикционния лагер, R_{eff} е характеристика, описваща геометрията на изолатора, u_x и u_y са проекциите на вектора, задаващ преместването на плъзгача спрямо долната вдлъбната плоча, μ е коефициентът на триене, а $\|\dot{u}\|$ е големината на вектора-скорост с проекции $\dot{u}_x$ и $\dot{u}_y$ съответно по осите на използваната координатна система.

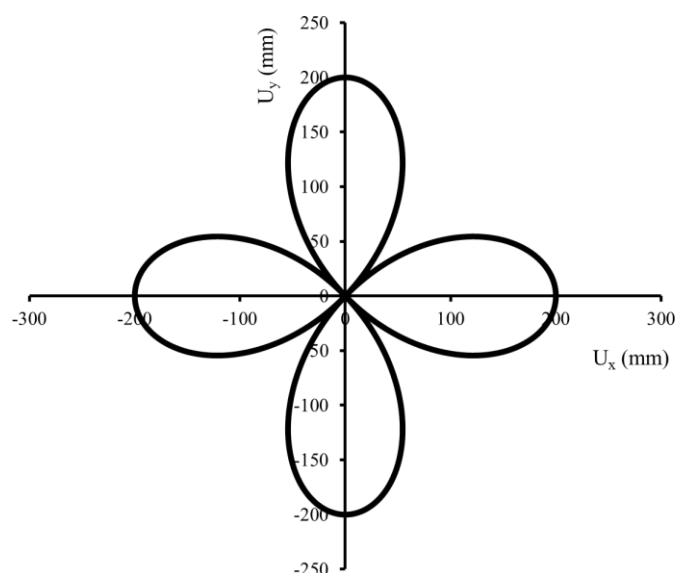
Счита се, че предимствата при използването на фрикционни изолатори са свързани с компактната им форма (в сравнение с други устройства за сеизмична изолация, като например каучукови лагерни устройства с оловна сърцевина), със силно изразеното самоцентриращо действие, което обуславя незначителни остатъчни изменения в първоначалната конфигурация след сеизмичното въздействие, както и с това, че реакцията на конструкцията при сеизмично въздействие зависи слабо от промени в честотния диапазон.

2. Протоколи за изпитване на лагерни устройства

При изпитването на лагерни устройства за пасивна сеизмична изолация се прилагат различни протоколи: едномерно кинематично смущение, придружено с вертикален товар (Фиг. 2 - а), двумерно кинематично смущение, придружено с вертикален товар (Фиг. 2 - б) и т. н. Като цяло, протоколите имат за цел да възпроизведат сеизмично въздействие.



(a)



(б)

Фиг. 2. Едномерно (а) и двумерно (б) въздействия, използвани при изпитване на лагерни устройства

При синусоидално въздействие изборът на постоянна ъглова скорост ω води до вариация на линейната скорост. Според експериментални наблюдения променливата скорост на плъзгане се отразява върху коефициента на триене. С цел намаляване на броя на променливите в експеримента, е възможно в протокола на изпитване да се контролира ъгловата скорост, така че да се постигне постоянна скорост на плъзгане.

В полярни координати (r, α) траекторията на равнинното кинематично смущение, представено на Фиг. 2 –б се задава с уравнение от вида:

$$r = f[\alpha(t)] \quad (2)$$

като за един „период“ $\alpha \in [0, 2\pi]$. Скоростта, от своя страна, е представена като:

$$\|\vec{V}\| = \omega(t)r(t) \quad (3)$$

Ако съвкупността от стойности на ъгъла а се разгледа като линейно пространство с достатъчно много на брой елементи, всяка една стойност ще се получава от предходната както следва:

$$\alpha_{i+1} = \omega_i t_i + \alpha_i \quad (4)$$

Бидейки достатъчно много на брой, интервалите ще бъдат достатъчно малки, така че ъгловата скорост ω може да бъде приета за константна.

По този начин може да се задава изменение на ъгловата скорост така, че да бъде получена константна скорост съгласно уравнение (3).

3. Аналитични модели

В литературата се предлагат модели, които описват достатъчно точно както механичното, така и термо - механичното поведение на разглежданото устройство.

Така например, за едномерно въздействие може да се използва следната зависимост за силата на триене :

$$F = \mu NZ \quad (5)$$

където μ е коефициент на триене, N е вертикалния товар, Z е хистерезисна променлива, определена от следното диференциално уравнение [3, 4]:

$$Y\dot{Z} + \gamma|\dot{u}|Z|Z|^{\eta-1} + \beta\dot{u}|Z|^{\eta} - A\dot{u} = 0 \quad (6)$$

В уравнение (6) Y , A , β , γ и η са моделни константи, като Y се определя като преместване, а $\dot{u} \equiv \frac{du}{dt}$ е текущата скорост на наложеното преместване.

В случай че наложеното преместване има компоненти както по оста x - така и по оста y -, уравнение (5) естествено се замества от следната система:

$$\begin{cases} F_x = \mu N Z_x \\ F_y = \mu N Z_y \end{cases} \quad (7)$$

От своя страна, хистерезисните променливи Z_x и Z_y в уравнение (7) се определят от вископластичен модел [5]:

$$\begin{cases} Y\dot{Z}_x + \gamma|\dot{u}_x Z_x|Z_x + \beta\dot{u}_x Z_x^2 + \gamma|\dot{u}_y Z_y|Z_x + \beta\dot{u}_y Z_x Z_y - A\dot{u}_x = 0 \\ Y\dot{Z}_y + \gamma|\dot{u}_y Z_y|Z_y + \beta\dot{u}_y Z_y^2 + \gamma|\dot{u}_x Z_x|Z_y + \beta\dot{u}_x Z_x Z_y - A\dot{u}_y = 0 \end{cases} \quad (8)$$

В системата (8) $\dot{u}_x$ и $\dot{u}_y$ са проекциите на вектора на скоростта по осите x - и y - на използваната координатна система.

Коефициентът на триене (в уравнения (1) и (3)) освен от характеристиките на материалите и на характеристиките на повърхностите в контакт, зависи още и от скоростта при триене и от температурата.

Съществуват аналитични зависимости, предлагани да определят зависимостта от скоростта на плъзгане [6, 7] и от температурата [6, 8, 9].

4. Невронни мрежи и заместващи модели

Използването на заместващи модели дава възможност за оптимизация на изчислителната процедура (фиг. 3). По-конкретно, този подход води до намаляване на изчислителното време и до минимизиране на изчислителния ресурс.

Както се вижда от фигурата, невронната мрежа се използва паралелно с числени решения по метода на крайните елементи (МКЕ).

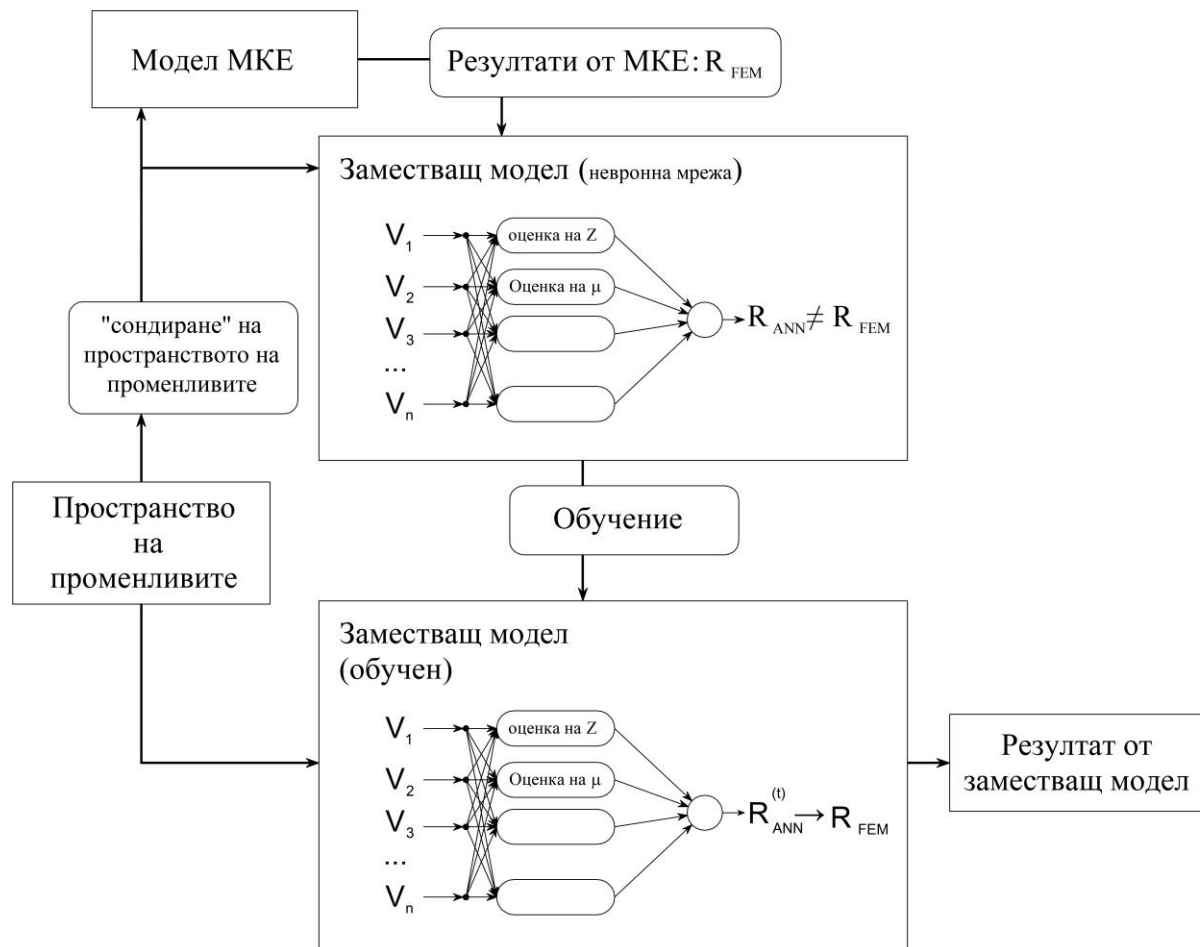
Процесът на обучение на невронните мрежи може да бъде сведено до сравнение на изходния вектор $\vec{O} = (o_1, o_2, \dots, o_n)^T$ с целеви вектор $\vec{R} = (r_1, r_2, \dots, r_n)^T$. Целевият вектор е получен от анализ по МКЕ. В този контекст, „обучението“ цели да се минимизира разликата Δ между тези два вектора:

$$\Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((o_i - r_i)^2 + (o_2 - r_2)^2 + \dots + (o_n - r_n)^2)}{n}} \quad (9)$$

При избора на входни параметри за числените анализи по МКЕ може да бъде избрана процедура, осигуряваща равномерно изследване на пространството, съдържащо моделните параметри.

В невронната мрежа са интегрирани моделите, описани в т. 3 от изложението. На практика, изходният вектор от невронната мрежа е получен въз основа на съответния аналитичен модел, а действието на невронната мрежа

осигурява калибрирането на моделните параметри посредством сравнение с резултатите, получени от решения по метода на крайните елементи.

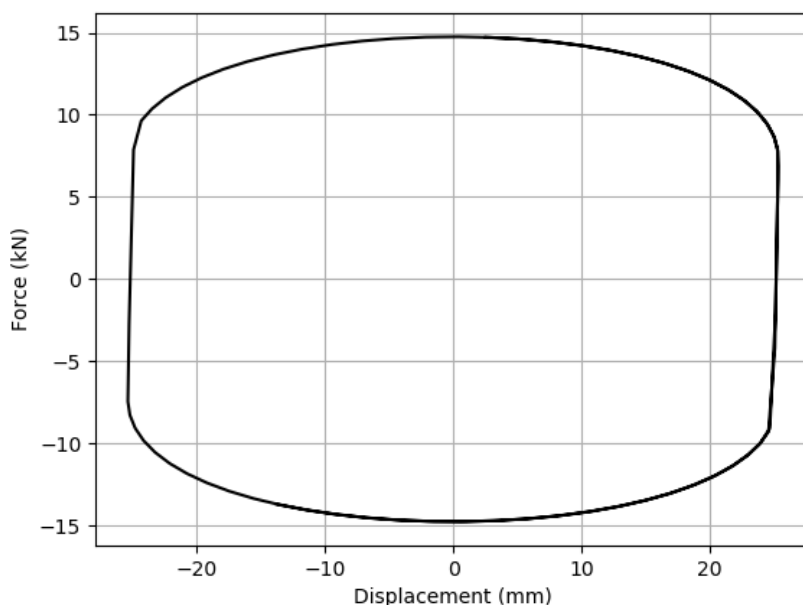


Фиг. 3. *Принципна схема, описваща използване на заместващи модели[10,11] .*

5. Резултати от прилагането на аналитичните модели

На Фиг. 4 е представена зависимост сила – преместване за едномерно кинематично смущение $u(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t)$ (с амплитуда A и честота f_0) и вертикален товар. Хоризонталната сила, предизвикана във фрикционния лагер, е получена от уравнение (5), а хистерезисния параметър – от уравнение (6).

Вижда се, че при циклично въздействие, благодарение на ефекта на хистерезис, фрикционният лагер освобождава енергия. Приема се, че освободената енергия може да се опише като площта, заградена от хистерезисната крива.



Фиг. 4. Зависимост между наложеното кинематично смущение и силата във фрикционния лагер, получена въз основа на уравнения (5) и (6).

4. Заключение

Бяха разгледани някои основни характеристики на фрикционен лагер, който намира приложение като елемент от сеизмична изолация на сгради и съоръжения. Бяха обсъдени някои аналитични модели, които, според литературни източници, описват достатъчно точно механичното и термо – механичното поведение на разглежданото лагерно устройство. Трябва да се отбележи, че описаните аналитични модели се отнасят за едномерни и двумерни кинематични смущения.

Също така бяха представени алгоритми за задаване на протоколи за изпитване на лагерни устройства.

Бяха дискутирани и алгоритми, организирани като изкуствени невронни мрежи. Те могат да бъдат използвани както и в качеството на процедури за идентификация на моделните параметри, така и, след подходящо „обучение“ като носител на информация за макро – характеристиките на фрикционните лагери, приложени в съответните места в модела на сеизмично изолирана конструкция.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mokha A., Constantinou M., Reinhorn A. R., „Verification of friction model of teflon bearings under triaxial load.“ J Struct Eng (ASCE), 119(1), 240–61. 1993.

2. Mosqueda G, Whittaker AS, Fenves GL. Characterization and modeling of friction pendulum bearings subjected to multiple components of excitation. *J Struct Eng*, 130(3), 433–42, 2004
3. Bouc R., “Modèle mathématique d’hystéresis.” *Acoustica*, 24(1)16-25, 1971 (на френски).
4. Wen Y.K., “Method of Random Vibration of Hysteretic Syses.” *Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE*, 102(2), 249-263, 1976.
5. Park Y.J., Wen Y.K., Ang A. H-S. (1985). “Random vibration of hysteretic system under a bi-directional ground motions.” *Earthquake engineering and structural Dynamics* 14(4), 543-557, 1985.
6. Constantinou M., Mokha A., Reinhorn A. R., “Teflon bearings in base isolation II: Modeling” *Journal of Structural Engineering*, 116(2), 455-474, 1990.
7. Chang J. C., Hwang J. S., Lee G.C., „Analytical model for sliding behaviour of Teflon-stainless steel interfaces“ *Journal of Engineering Mechanics* 116, 2749-2763, 1990.
8. Tsai C.S., Chen W.S., Chiang T.C., Chen B.J. “Component and shaking table tests for full-scale multiple friction pendulum system.” *Earthq Eng Struct Dyn* 35, 1653–1675, 2006.
9. Fenz D. M., Constantinou M. C., “Behaviour of the double concave friction pendulum bearing.” *Earthq Eng Struct Dyn*, 35, 1403–1424, 2006.
10. Lehký D., Novák D., Novák L., Šomodiková M., “Prestressed concrete roof girders: Part II – surrogate modeling and sensitivity analysis.” In: *Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2018)* Ghent, Belgium, 2018.
11. Lehký D., Šomodiková M., “Reliability calculation of time-consuming problems using a small-sample artificial neural network-based response surface method.” *Neural Computing Applications* 28, 1249-1263, 2017.

СЕИЗМОПРОГНОСТИЧНИ СВОЙСТВА НА МИКРОСЕИЗМИЧЕН ШУМ В МИНУТНИЯ ДИАПАЗОН

Емил Ойнаков¹, Димчо Солаков¹, Бойко Рангелов²

¹Department of Seismology, NIGGG - BAS

e-mail: emil.ilievmg@gmail.com, dsolakov@geophys.bas.bg

²ГПФ, МГУ „Св. И. Рилски“, e-mail: brangelov@gmail.com

Резюме. За разшифроването на структурата на сеизмичния шум, използването на фракталния анализ се оказва добра алтернатива (Любушин, 2007). Този метод се използва от началото на 90-те години за анализ на различни процеси (турбулентност, променлива геометрия във времето на различни обекти и други времеви редове).

Иследвани са сеизмопрогностичните свойства на микросеизмичен шум в минутния диапазон (т.е. 1 отчет на половин минута), регистриран на сеизмичните станции разположени на територията на Балканския полуостров. Методът се основава на методиката разработена от А. А. Любушин (Любушин, 2009-2014) и отчитане на спецификата на всеки изследван регион. С този подход са определени относително малки по продължителност ефекти на синхронизация в поведението на сеизмичния шум от 3 до 5 дни преди земетресението във Ванча на 28.10.2018 (Вранча, 00:38:15; 45.7/26.4; $M = 5.5$).

Ключови думи: микросеизмичен шум, фрактален анализ, прогнозиране на временни редове.

1. Увод

Разработването на нови технологии, позволяващи прогнозиране на земетресения въз основа на данните от геофизичния и в частност-сеизмичния мониторинг на сеизмоактивните зони се явява една от приоритетните задачи на науките за Земята. В качество на основни компоненти на такива технологии могат да бъдат разглеждани:

- наличието на система за събиране, съхранение и обработка на данните от вариациите на геофизичните полета във времето;
- наличие на признаци (предвестници) за подготовка на земетресение, проявяващи се в промяната на параметрите на геофизичните полета и показване на техните сеизмопрогностични свойства;
- разработка на алгоритми за обработка на геофизична информация, насочени към оперативно определяне на признаците за подготовка на земетресение;
- създаване на програмно и информационно обезпечение за ефективно оценяване на сеизмичната опасност и прогнозиране на земетресения.

Резултатите от разработването на последните два компонента за прогнозиране на силни земетресения по данни от вариациите на нискочестотните шумове е представена в изследванията на Любушин (Любушин и др., 2008, 2010, 2013) [1, 2, 3].

Известно е, че нискочестотния микросеизмически шум се явява важен източник на информация за процесите в земните недра, независимо от това, че основната част от енергия на тези колебания се дължи на процеси в атмосферата и океаните [4, 5, 6]. Доколкото предавателните свойства на земната кора зависят от нейното състояние, то и статистическите характеристики на микросеизмичните процеси отразяват измененията в свойствата на литосферата, в частност и измененията в тези свойства преди земетресения.

Съвкупното въздействие на атмосферните и океански процеси, приливните деформации на земната кора, глобалният сеизмичен процес, а също така и малко изучените процеси в земната кора, свързани с натрупване и бавна дисипация на тектонична енергия в литосферата, водят до формирането на случаен процес, за изследването на който традиционният математически апарат на спектралния анализ се оказва малко ефективен. Прехода от анализа на изходни нискочестотни микросеизмични данни към изследването на вариациите на параметрите $\Delta\alpha$ (ширина на спектъра на сингулярност $F(\alpha)$), α^* (обобщен показател на Хърст – аргумент на спектъра на сингулярност $F(\alpha)$ показващ неговия максимум) и техните спектри на сингулярност, оценени в последователни „малки“ времеви прозорци, позволява да бъдат открити скрити ефекти на синхронизация, определянето на които е невъзможно при традиционен анализа на изходните данни [7, 8]. Влиянието на нискочестотните приливни вариации се отстранява, чрез отделянето на локално-полиномни мащабно-зависими трендове във всеки времеви прозорец [9, 10]. Спектралната мярка на кохерентност на вариациите на параметрите на спектъра на сингулярност се оценява в пълзящи времеви прозорци в резултат на което могат да бъдат отделени ефекти на синхронизация, предвещаващи земетресения.

В последните години нараства броя на научни публикации, посветени на сеизмопрогностичните свойства на сеизмичния шум [11, 12]. В изследванията на Любушин (Любушин, 2007, 2008) [13, 14] се представят резултати, които показват, че няколко дни преди силни земетресения в записите на сеизмичния шум се появява ефект на линейна синхронизация на колебанията в диапазона минута-десетки минути. Използва се математически апарат за изчисляване на каноничната корелация и кохерентност, приложен за анализа на вариациите на параметрите на мулти-фракталните спектри на сингулярност на вълновите форми на микросеизмичния шум. С използването на такъв подход са определени относително малки по продължителност ефекти на синхронизация на сеизмичния шум от 3 до 5 дни преди Кроницкото земетресение (05.12.1997г., $M = 7.8$ в Камчатка); от 3 до 7 дни преди земетресението в Хокайдо (25

септември 2003г., $M = 8.3$) и повече от месец преди земетресенията на о.Суматра (26.12.2004г. $M = 9$) и Япония (11.03.2011г., $M = 9$).

В настоящето изследване на сеизмопрогностичните свойства на микросеизмичния шум в минутния диапазон (т.е. 1 отчет на половин минута), регистриран на сеизмичните станции, разположени на територията на Балканския полуостров, се използва методиката разработена от А.А. Любушин (Любушин, 2009-2014) с отчитане на спецификата на изследвания регион. Всички изчисления са направени в MATLAB.

2. Теоретични основи.

За разшифроването на структурата на сеизмичния шум използването на фракталния анализ се оказва една добра алтернатива.

Представено е кратко описание на мултифракталния анализ, използван за случая на случайни сигнали, зависещи само от времето. Разглежда се някакво случайно колебание в интервала време $[t-\delta/2, t+\delta/2]$ (фиг. 1) с продължителност δ и размах на случайния процес за този интервал - $\mu(t, \delta)$, т.е. разликата между максималната и минимална стойност. Ако $\delta \rightarrow 0$ (т.е. безкрайно малък интервал от време), то и $\mu(t, \delta)$ също ще се стреми към нула, като при това е важна скоростта, с която намалява. Ако тази скорост се дефинира като

$$\delta^{h(t)} : \mu(t, \delta) \lim_{\delta \rightarrow 0} (\delta^{h(t)}) \quad (1)$$

или ако съществува граница

$$h(t) = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\log(\mu(t, \delta))}{\log(\delta)}, \quad (2)$$

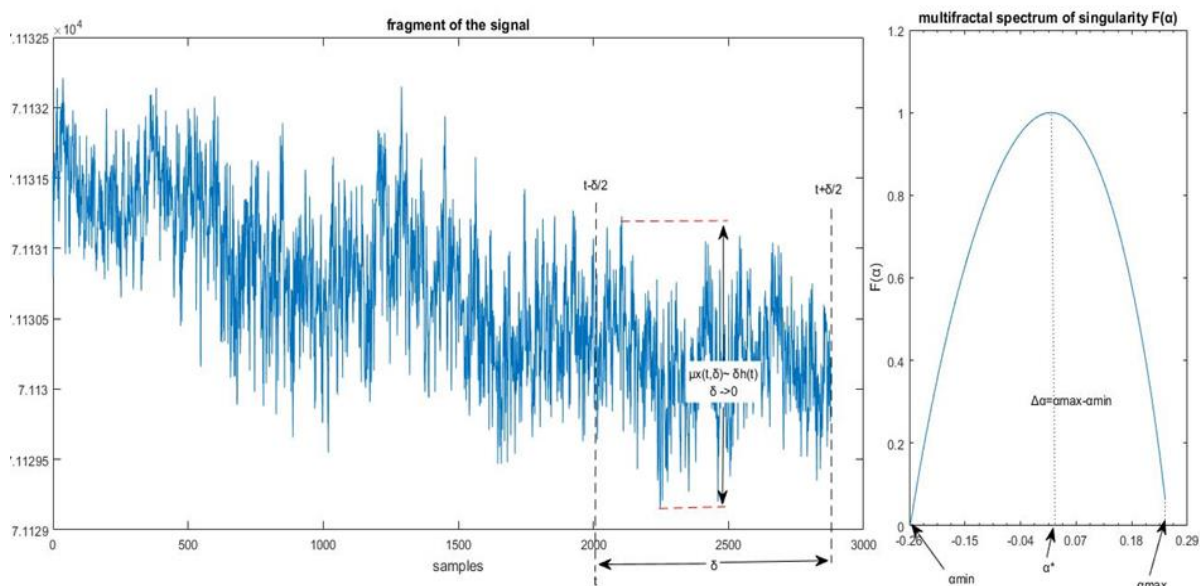
то $h(t)$ се нарича експонента на Липниц-Холдер.

Ако стойността на $h(t)$ не зависи от избраният момент t следва, че $h(t) = \text{const} = H$, тогава случайния процес $X(t)$ се нарича монофрактален, а H – константа на Хърст (или експонента на Хърст).

Ако експонентата на Липниц-Холдер съществено се различава за различните моменти от време t , то случайното колебание се нарича мултифрактално и за него може да бъде определен спектъра на сингулярност $F(\alpha)$. Ако се отделят множества $C(\alpha)$ от такива моменти време t , които имат една и съща стойност α на експонентата на Липниц-Холдер (т.е. $h(t) = \alpha$). Ако множествата $C(\alpha)$ съществуват (т.е. съдържат елементи) не за всяка стойност на α , т.е. съществуват някакви $\alpha_{\min}$ и $\alpha_{\max}$ и само за $\alpha \in (\alpha_{\min}, \alpha_{\max})$ множеството $C(\alpha)$ ще бъде непразно. За всяка стойност на α в интервала $\alpha_{\min} < \alpha < \alpha_{\max}$ множеството $C(\alpha)$ се състои от точки, разхвърляни по времевата ос. Размерността на времевата ос, която в случая може да бъде наречена-множество, поместващо в себе си множествата $C(\alpha)$ (т.е. $C(\alpha) \subset T$), е равна на 1.

Но размерността на множествата $C(\alpha)$ е по-малка от единица по дефиниция, което показва, че те са фрактални.

Основна характеристика на визуалното възприятие на фракталните множества (фрактали) е, че всяка малка част от фрактала при съответно увеличение е еднаква с всяка голяма част от множеството, въпреки външната



Фиг. 1. Илюстрация към понятието мултифрактален спектър на сингулярността, където: $F(\alpha)$ -мултифрактален спектър на сингулярността или фрактална размерност на множеството от моменти време t ; $\Delta\alpha$ – широчина на носителя на $F(\alpha)$; α^* - обобщен показател на Хърст.

хотичност. С други думи зад тази хаотичност се „кроят“ напълно регулярни вътрешни правила, пораждащи елементите на тези множества. Размерността на фракталите, която обичайно е дробно число, по-малко от целочислената размерност на съдържащите ги множества, се нарича фрактална размерност. За изясняването на фракталната размерност традиционно се използва въпроса - „каква е дължината на бреговата линия на Норвегия“, която както е известно представлява множество от фиорди с различна дължина. Тя има размерност 1.52 [7], което е повече от 1 (размерността на правата линия) и по-малка от 2 (размерността на съдържащото я множество от двумерни равнини).

В ситуацията на случайните процеси, зависещи от едномерния аргумент t , вече може да се даде определение на мултифракталния спектър на сингулярност: $F(\alpha)$ – това е фракталната размерност на точки от множеството $C(\alpha)$. По този начин, мултифрактал – това е обобщено фрактално множество на случаите, когато има множество фрактални размерности, при което мултифрактали имащи една и съща фрактална размерност (в нашият случай експонента на Липниц-Холдер) са силно смесени един с друг. В дясната част на фиг. 1 е показан графика на оценката на спектъра на сингулярност на вертикалната компонента на сеизмичното колебание за станция МРЕ за времеви интервал с продължителност 1 ден (2880, половин минутни отчети).

Както се вижда от фиг.1 спектъра на сингулярност може да бъде характеризирани с два параметъра: стойността на $\Delta\alpha = \alpha_{max} - \alpha_{min}$, която се нарича ширина на носителя на спектъра на сингулярност, и стойността на аргумента α^* представляваща максимума на функцията $F(\alpha)$. Обичайно $F(\alpha^*) = 1$, т.е. стойността на α^* съответства на най-типичният показател на Липниц-Холдер. Последният се среща толкова често, че размерността на съответстващото множество $C(\alpha^*)$ просто съвпада с размерността на вместилищното пространство (оста на времето) и е равна на 1. Ако сигнала е монофрактален, то $\Delta\alpha = 0$, а функцията $F(\alpha)$ се изразява в точка $F(\alpha^*) = 1$, при това $\alpha^* = H$. За това α^* се нарича обобщен показател на Хърст. Ако се изчислява спектъра на сингулярност $F(\alpha)$ в пълзящ времеви прозорец, то промяната на неговите параметри $\Delta\alpha$ и α^* дава информация за промяната на структурата на шума.

При анализа на нискочестотните микросеизми от всяка сеизмична станция след преминаване към стъпка на дискретизация 1/2 минута са използвани оценките на параметрите на спектрите на сингулярност в последователни не пресичащи се времеви прозорци с дължина 1 ден. По този начин се осъществява преход от последователни стойности на сеизмичния шум за всяка 1/2 минута към последователни стойности на параметрите $\Delta\alpha$ и α^* за всеки ден от изследвания период.

По определение мултифракталния параметър $\Delta\alpha$ е мярка за разнообразието на случайното поведение на сигнала. Казано не строго, той отразява броят експоненти на Липниц-Холдер. В елементарният монофрактален случаен сигнал съществува само един показател на Липниц-Холдер, той е и константа на Хърст. Намалването на стойността на $\Delta\alpha$ свидетелства за намаляването на степените на свобода на системата генерираща изучавания сигнал.

Разумен довод за това, че сеизмичния шум и не само той, а и случайните флуктуации на което и да е геофизично измерване удовлетворително се описват от модела на мултифракталния случаен процес е, че при натрупването и последващо освобождаване на тектонична енергия, важна роля играят иерархияната и блоковата структура на земната кора. Всеки голям блок (примерно литосферна плоча) е разбит на няколко по-малки, а те от своя страна на още по-малки и т.н. до най-малките структурни единици от типа на кристали и песчинки. Забележително е, че в йерархията има подреденост: всеки блок от по-високо ниво се състои от един и същи брой блокове от по-ниско ниво [15]. По този начин в блоковия строеж на земната кора се наблюдава основното свойство на фракталното множество – независимост на структурата от мащаба.

3. Практически съображения

Съществуващата иерархична самоподобна структура на земната кора води до това [15], че във всеки един момент съществуват много блокове на земната кора намиращи се в една или друга степен на консолидация. В зависимост от тази степен и от ранга в йерархията предавателните и резонансни свойства на

блоковете е различна. Ако разнообразието на стойностите на тези свойства е голямо означава, че не съществува консолидиран блок от земната кора с големи размери, който може да е акумулирал значителна енергия преди разпадането си и да бъде източник на силно земетресение. Голямото разнообразие на размери на консолидирани блокове се отразява в ширината на спектъра на сингулярност $\Delta\alpha$ на сеизмичния шум, който е резултат от преминаването на сеизмични вълни, генерирани от океански и атмосферни процеси през йерархична блокова среда. По този начин сеизмичният шум е многофрактален, тъй както е мултифрактална йерархичната среда на разпространение на сеизмични вълни, състояща се от консолидирани блокове от различни рангове.

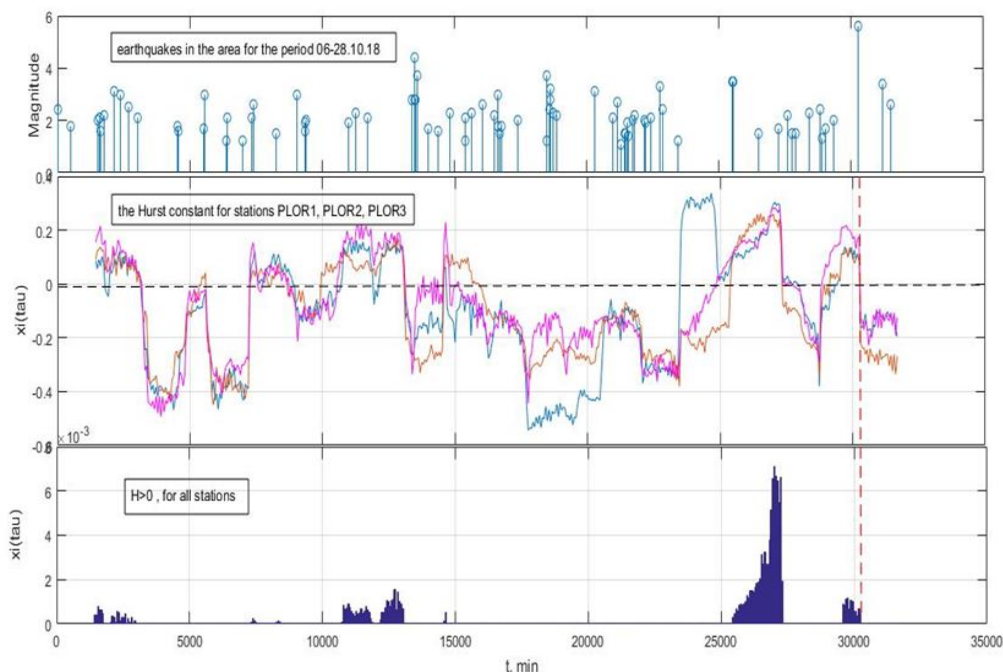
Смята се [15], че за да стане силно земетресение е необходимо да съществува консолидиран блок от висок ранг или с голям размер, в противен случай енергията ще се изразходва за многото взаимни премествания между малките блокове. Но съществуването на крупен консолидиран блок означава загуба на разнообразие на предавателни и резонансни свойства на средата. А това води до това, че стойността на параметъра $\Delta\alpha$ намалява, става загуба на мултифракталност. Става консолидация във временни по-големи структури. А синхронизацията означава приближаване към силно земетресение, доколкото консолидацията на блоковете на земната кора дава възможност да се натрупа енергия, която преди се е освобождавала при сеизмични събития с малка и средна сила при движенията на малките блокове.

4. Резултати и обсъждане

На фиг. 26 са представени графиките на оценката на постоянната на Хърст след прехода към 30 секундни времеви интервали за данните от 06 до 28.10.2018г. за станции PLOR1, PLOR2 и PLOR3. Параметъра на Хърст е оценен в пълзящ времеви прозорец с дължина 2880 отчета (1 ден) и преместване 120 отчета (1 час). За да се изключи влиянието на приливните вариации, във всеки прозорец е елиминиран полиномния тренд от 8-ред и за остатъка се изчислява wavelet спектъра на мощността. При това е избран оптималния ортогонален wavelet на Дебиш с брой занулени моменти от 2 до 10, реализиращ минимума на ентропията на разпределението на квадратите на wavelet-коефициентите за първите 8 нива на детайлност на wavelet-разлагането.

Интересът към положителната стойност на оценката на постоянната на Хърст ($H>0$) е свързана с факта, че за самоподобни процеси тя е в интервала $0<H<1$. По тази причина $H(\tau)>0$ косвено се явява признак на фрактално самоподобно поведение на нискочестотния сеизмичен шум. Представява интерес отделянето на тези времеви прозорци, когато за всички едновременно анализирани процеси постоянната на Хърст е положителна – това е признак за нискочестотна синхронизация.

В нашият случай се получава, че 3 дни и 10 часа преди земетресението във Вранча (28.10.2018г.) имаме синхронно поведение на сеизмичния шум. Графиките на оценката на постоянната на Хърст за различни комбинации от станции (DJES, DRGR, MPE; ROIA, SZH, VLD, ORH), получени по горе



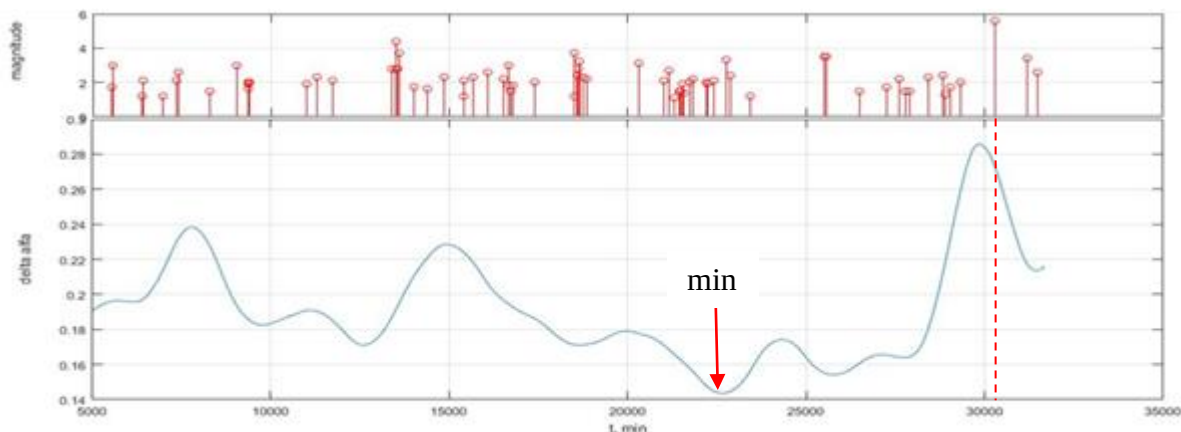
Фиг. 2. а) земетресения в района на Балканския п-ов за периода от 06 до 28.10.2018г.; б) графики на изменението на показателя на Хърст (H) за станции PLOR1-3, изчислени в пълзящ времеви прозорец с дължина 1 ден и преместване 1 час; в) график на изменението на $H > 0$ за трите станции; червената шрихована линия показва момента на земетресението - 28.10.2018г. (Вранча, 00:38:15; 45.7/26.4; $M = 5.5$).

описания метод в голяма степен са подобни на графициите на най-близките станции до епицентъра от горния пример. И потвърждават, че процесите се синхронизират и при по-голяма отдалеченост от епицентъра.

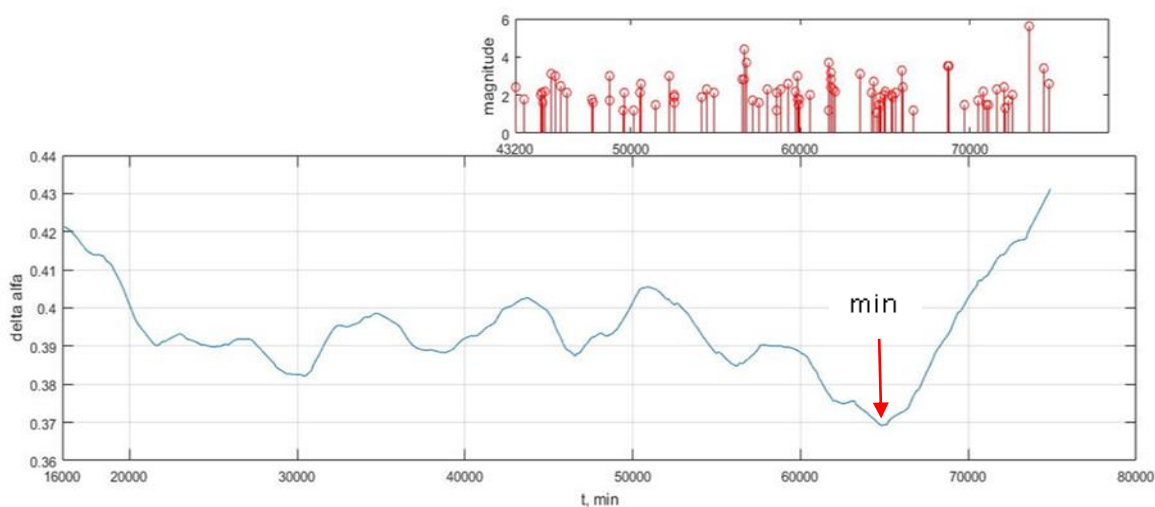
На фиг. 3 е представен графика на общата оценка на параметъра $\Delta\alpha$ за всички станции от локалната мрежа PLOR (т.е. медиана на $\Delta\alpha$). За всяка станция $\Delta\alpha$ е изчислен в последователни непресячащи се прозорци с дължина 24 часа и преместване 1 час по целия интервал време (06 – 28.10.2018г., 22 дни), след което е получена средната стойност за локалната мрежа. Най-важната особеност на изгладения график на $\Delta\alpha$ е минимума започващ от 20000 до 24000-та минута (7-3 дни преди земетресението, което както посочихме по-горе е своеобазна мярка за броя скрити степени на свобода на стохастичната система).

На фиг. 4 се вижда, че ефектът на минимум на параметъра-ширина на спектъра на сингулярност $\Delta\alpha$ преди земетресението остава, и не зависи от броя станции, по които се изчислява средната стойност (станции DJES, DOB, DRGR, MPE, ORH, PVL, SZH, VLD, VRI). Параметърът $\Delta\alpha$ за всяка станция е изчислен

за същата дължина на времевия прозорец (24 часа = 2880 отчета) и същото преместване (1 час = 120 отчета) за интервал с 30 дни по-голям от горе споменатия, т.е. 06.09-28.10.2018г. Минимумът на реда $\Delta\alpha$ е между 60000 – 70000-та минута което е 9-3 дни преди земетресението на 28.10.2018г.



Фиг. 3. Графика на средните стойности на параметъра $\Delta\alpha$ за станции от локалната мрежа Пловдива. Съвместен с графиките на всички, земетресения случили се на Балканския п-ов в изследвания период. Началото на абсцисата 06.10.2018г -00 часа.

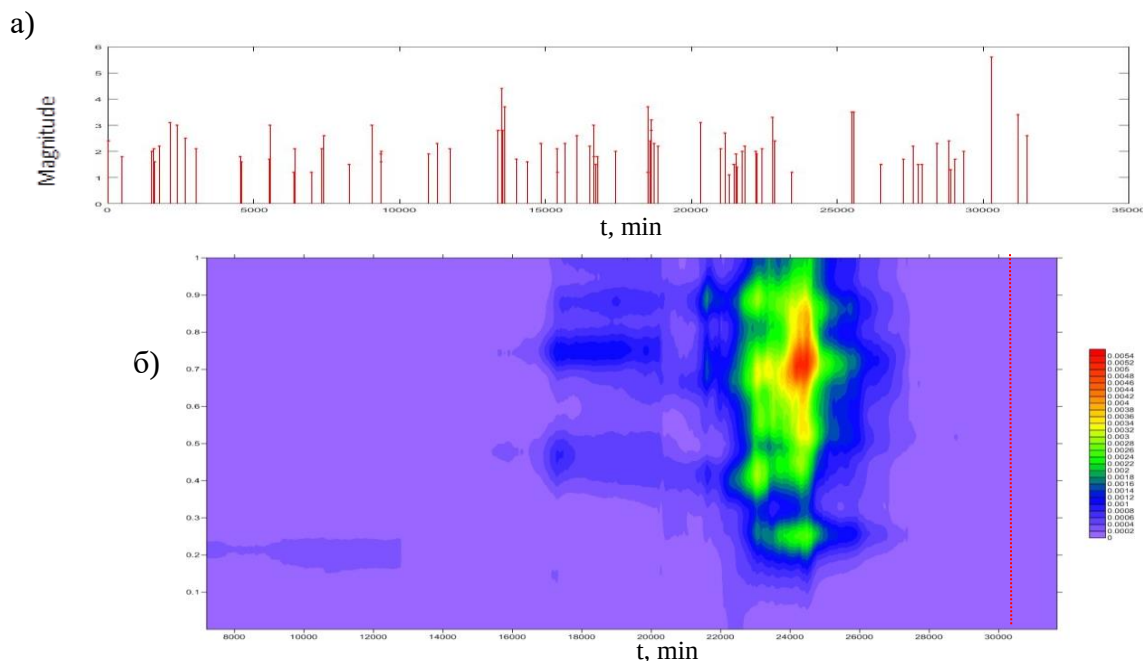


Фиг. 4. Графика на средните стойности на параметъра $\Delta\alpha$ за станции – DJES, DOB, DRGR, MPE, ORH, PVL, SZH, VLD, VRI, в интервала 06.09 до 28.10.2018г. Съвместен с графиките на всички земетресения случили се на Балканския п-ов в периода 06.10 – 28.10.2018г.

На фигура 5б е представено развитието на $\lambda(\tau, \omega)$ – спектралната мярка на кохерентно поведение на сеизмичния сигнал за станции PLOR1-PLOR7, във времеви прозорец 7200 минути (5 дни) с преместване 60 минути (1 час) за интервала време 06.10 – 28.10.2018г. (времевите отметки на абсцисата показват

десния край на времевия прозорец). От резултата може да се направи извод, че синхронизациите на сигнала на всички станции започва от 17000 минута и достига максимум на 24000 минута, което е от 9 до 4 дни преди земетресението.

Фигура 5б е съчетана и с времево разположение на земетресенията (фиг 5а, 5б) за да се покаже, че ефектът на синхронизация изцяло зависи от земетресението на 8.10.2018г.(земетресенията в 25500-та и 25557-та минута са твърде отдалечени – западна Турция, макар и с магнитуд около 4).



Фиг. 5. а) магнитуд на случилите се земетресения в зависимост от момента време. б) честотно-времева диаграма на еволюцията на $\lambda(t, \omega)$ за станции PLOR1-PLOR7.

5. Изводи и заключение

Опитът за прогнозиране на силни земетресения показва недостатъчна надеждност на прогнозата само по сеизмични каталози. За увеличаване на ефективността на традиционните методи на прогнозиране е необходимо те да бъдат допълнени с анализа на многомерния непрекъснат поток от данни на мрежите за мониторинг.

Търсенето на качествено нови предвестници на земетресения като ефекта на увеличаване на синхронизацията (кохерентно поведение) на скаларните компоненти на многомерните времеви редове от системите за мониторинг, е едно от най-перспективните направления в прогнозирането на земетресения.

Необходимо е разработване и усъвършенстване на програмно обезпечение, способно едновременно да анализира стотици сигнали с по стотици милиони отчети във всеки сигнал.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Lyubushin, A.A. Data analysis of geophysical and environmental monitoring systems (Geophysical and Ecological Monitoring Data Analysis), Moscow: Nauka, 2007.(Ru)
- [2] Lyubushin, A.A., Microseismic Noise in the Low Frequency Range (Periods of 1–300 min): Properties and Possible Prognostic Features, Fiz. Zemli, 2008, no. 4, pp. 17–34 [Izv. Phys. Earth (Engl. Transl.), 2008, vol. 44, no. 4, pp. 275–290].
- [3] Lyubushin A.A. Linear synchronization maps of global low-frequency seismic noise field properties // Geophysical studies. - 2013. - V. 14. - P. 41–53.(Ru)
- [4] Berger J., Davis P., Ekstrom G. Ambient Earth Noise: A survey of the Global Seismographic Network //JGR. 2004. V. 109. P. 11307.
- [5] Tanimoto T. Continuous Free Oscillations: Atmosphere-Solid Earth Coupling // Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 2001. 29:563//84.
- [6] Tanimoto T. The oceanic excitation hypothesis for the continuous oscillations of the Earth // Geophys. J. Int. 2005. 160:276//288.
- [7] Feder E. Fractals. - M.: Mir, 1991. –254 p.(Ru)
- [8] Mandelbrot B. Fractal geometry of nature. –M. : Institute for Computer Studies, 2002. - 656 p.(Ru)
- [9] Lyubushin, A.A., Microseismic Noise in the Low Frequency Range (Periods of 1–300 min): Properties and Possible Prognostic Features, Fiz. Zemli, 2008, no. 4, pp. 17–34 [Izv. Phys. Earth (Engl. Transl.), 2008, vol. 44, no. 4, pp. 275–290].
- [10] Lyubushin A.A. Linear synchronization maps of global low-frequency seismic noise field properties // Geophysical studies. - 2013. - V. 14. - P. 41–53.(Ru)
- [11] Sobolev, G.A., Lyubushin, A.A., and Zakrzhevskaya, N.A., Asymmetrical Pulses, the Periodicity and Synchronization of Low Frequency Microseisms, Vulkanol. Seismol., 2008, no. 2, pp. 135–152 [J. Volcanol. Seismol. (Engl. Transl.), 2008, vol. 2, no. 2, pp. 118–134].
- [12] Lyubushin, A.A. and Sobolev, G.A., Multifractal Measures of Synchronization of Microseismic Oscillations in a Minute Range of Periods, Fiz. Zemli, 2006, no. 9, pp. 18–28 [Izv. Phys. Earth (Engl. Transl.), 2006, vol. 42, no. 9, pp. 734–744].
- [13] Lyubushin, A.A. Data analysis of geophysical and environmental monitoring systems (Geophysical and Ecological Monitoring Data Analysis), Moscow: Nauka, 2007.(Ru)
- [14] 12. Lyubushin, A.A., Microseismic Noise in the Low Frequency Range (Periods of 1–300 min): Properties and Possible Prognostic Features, Fiz. Zemli, 2008, no. 4, pp. 17–34 [Izv. Phys. Earth (Engl. Transl.), 2008, vol. 44, no. 4, pp. 275–290].
- [15] Lyubushin A.A. Model of seismic process in block environment // Modern methods of seismological data interpretation. (Computational Seismology, Issue 24). - M.: Science, 1991. - 302 p. - p. 50–61. (Ru)

ЕКОЛОГИЧНАТА ОБСТАНОВКА ПРЕЗ 21 ВЕК: ПОДОБРЕНИЕ ИЛИ ДЕГРАДАЦИЯ

Румен Кобиларов

Катедра "Приложна физика", ФПМИ, ТУ – София, бул. Кл. Охридски №8, София 1000

e-mail: rkobi@tu-sofia.bg

Резюме. В работата е направен опит за представяне на съвременното състояние на екологичната обстановка в страната и света. Показано е, че индустриално-техническото развитие на света през миналия и настоящия век поражда реална опасност от екологична криза. Представено е накратко учението на Вернадски за биосферата и нейната еволюция като възможен изход от създалата се ситуация. Разгледани са и проблеми, свързани с културата и нравствеността на населението. Посочени са някои положителни примери за повишаване на екологичното съзнание и култура на населението в България и света.

Ключови думи: екология, екологичен модел, биосфера, ноосфера.

Обикновено в литературата се моделира и описва възможна екологична катастрофа в случай на възникване на ядрена война. Много по-малко внимание се обръща на факта, че измирането на биологичните видове на Земята може да се окаже близка реалност и в мирни условия, вследствие на деградацията на тяхната среда на обитаване. И за това вина има не само радиацията. В днешно време се увеличава значително замърсяването на околната среда с химически съединения, тежки метали и др. Например, съгласно официална информация от МОСВ, процентът на населението, живеещо при нива на замърсяване с ФПЧ_{10} над допустимите норми е много висок – 87,2 % от 3.5 млн. население, живеещо в населени места, в които този замърсител се контролира. През 2016 г. в Гълъбово 85 пъти са регистрирани превишени средночасови норми на серен диоксид (SO_2), от които в три случая (02.05.2016 г., на 08.08.2016 г. и на 26.10.2016 г.) е превишен дори алармения праг за SO_2 [1].

В много жизнени ситуации хората остават екологически беззащитни. Често те живеят и работят в среда, в която нивата на йонизиращи излъчвания, електромагнитни въздействия, съдържание на вредни газове и фини прахови частици с порядъци превишават съответните пределни норми. Употребяват храна и вода, съдържащи недопустимо високи концентрации на радиоактивни



вещества и нищо не знаят за горепосочените негативни обстоятелства. Известен е примера със замърсяването на питейната вода в някои вододайни зони в Хасковска област. Проблем, за който местното население е известно с няколко години закъснение, след публикации в пресата.

С екологична тематика в цял свят се занимават големи групи учени, анализиращи проблемите на радиоактивното замърсяване, съхранението на озоновия слой, съответствието между увеличаващите се потребности на хората и намаляването на ресурсите на планетата и др. [2]. Без решаване на тези частни проблеми е невъзможно да се формулира концепция за опазването на биосферата като единна система и съответно опазването на живота на Земята.

Интересна е работата на група учени с ръководител Денис Медоуз, които през 70-те години на миналия век създали екологичен модел, в който отчитат такива параметри като населеността, производството на храна, промишленото производство, минералните ресурси, нивото на замърсяване на средата на обитаване, нейното въздействие върху живите организми и др. В рамките на модела били получени уравнения за връзката между тези величини. Моделът позволява да се представят различни сценарии на развитие на условията за съществуване на Земята. Според един от сценариите при запазване на съществуващата в света динамика на развитие през първата половина на 21-я век ще настъпи „екологичен колапс“, изразяващ се в бързото и рязко влошаване на екологичната обстановка и колосален ръст на смъртността. Втори сценарий е базиран на условието за ограничаване на прираста на населението, трети – на условието за ограничаване на потреблението [3].

Получените от този колектив резултати предизвикали бурна отрицателна реакция по времето, когато са публикувани. Критиците на модела твърдели, че самият модел и основаните на него сценарии не са коректни, че се нуждаят от проверка и т.н. Като отговор на критиките, Медоуз подчертал, че предсказаните срокове на колапса не са абсолютни (при едни или други обстоятелства колапса може да настъпи и по-късно). Важният извод е, че заплахата от деградация на природата и условията за съществуване на живот на Земята е напълно реална. Медоуз и неговите сътрудници дават принципно предупреждение за тенденциите на развитие на цивилизацията и разкриват механизмите за формиране на нарастващата екологична криза, поражда от индустриално-техническото развитие на света. В днешно време твърдението на Медоуз, че главната опасност е свързана със замърсяването на околната среда и измирането на биологичните видове, получава признание в научния свят [3]. Като пример можем да посочим намаляването на пчелните семейства в световен мащаб [4].

Надежди за преодоляване на наложилата се в природната среда критична ситуация, еколозите виждат във въвеждането на мероприятия, необходимостта от които произтича от учението на В. И. Вернадски за биосферата и нейната еволюция. Съгласно даденото от Вернадски определение, биосферата представлява „обвивката на живота – областта на съществуване на живото

вещество (живата материя)“ [5]. Областта, заемана от биосферата, се състои от ниската част на атмосферата, хидросферата и върхната част на литосферата. Живите организми в биосферата и средата на тяхното обитаване взаимодействат помежду си, образувайки цялостна система [6].

Учението за биосферата е развито от Вернадски през 1926 г., но е особено актуално в днешно време. Според Вернадски биосферата се явява резултат от развитието на живото вещество в планетарен мащаб и представлява „могъща геологична сила“. Дейността на човека, основаваща се на достиженията на разума, трябва да доведе до преобразуване на биосферата в ноосфера. Тази „сфера на разума“ (ноо (гр.) – разум) е „ново геологическо явление на нашата планета“ [7]. „В нея за първи път човекът става най-голямата геологическа сила. Със своя труд и мисъл той може и трябва да преустроява областта на своя живот по коренно различен начин от този, който е бил по-рано“ [7]. Главната цел на този преход е създаване на среда на обитаване, обезпечаваща съществуването на човека като вид, с други думи, среда, годна за живеене на човека със запазване на неговото здраве. Вернадски положил, че ноосферата трябва да представлява единна система: човечество – производство – природа [5]. За да се приближи до създаването на ноосферата, човечеството трябва да реализира идеята за умерено развитие. Необходимо е да се преразгледат наложените се възгледи за развитието на обществото и производителните сили. Необходим е отказ от неограниченото използване на ресурсите на Земята в съчетание с относително ниско ниво на производителност.

Известно е изказването на Менделеев, че в химията няма отпадъци, а има само неизползвана суровина. Действително отпадъците от едни отрасли на промишлеността обикновено представляват суровина за други отрасли. За намаляване на замърсяването на природата (пълното му премахване се изключва като невъзможно) и икономия на първични материали е необходимо да се създават и внедряват малкоотпадъчни и безотпадъчни технологии. Необходими са принципно нови технологични процеси, при които няма никакви отпадъци, реализуеми в териториално-промишлени райони, в границите на които трябва да функционират затворени потоци суровини и отпадъци.

Тази схема на преобразуване на промишлеността в значителна степен е дело на бъдещето и може да се реализира, ако политическите ръководители на водещите индустриални страни имат здрав разум и разбиране за необходимостта от осъществяването ѝ.

От друга страна обезпечаването на успех в това начинание е свързано с проблеми от по-общ характер, отнасящи се до културата и нравствеността. В това отношение 20-я век ни върна десетилетия назад. Може да се констатира, че в днешно време широко е разпространена безнравствеността, безотговорността, битовия вандализъм и други негативни явления. Те пораждат неуважително отношение на младото поколение към възрастните хора, неуредици на градските територии, замърсяване на околната среда (в това число горите и

водоемите) и т.н. Като цяло в хората се изработва безразлично отношение към средата на обитаване. Като пример за безотговорност и пренебрежение към околната среда може да се посочи отношението към складирането на радиоактивни препарати, които често се губят или просто се изхвърлят на случайни места – на улицата, в парка и т.н., създавайки опасни радиационни условия за хората. Такъв род екологичен безпорядък може да бъде ликвидиран (или поне намален), ако се активизира работата на националните и общински служби по охрана на околната среда.

Много по-сложен е въпросът с предотвратяването на техногенните радиационни аварии и катастрофи. Причините за тях са многопланови и разнородни и изискват специално внимание. Наред с чисто природните, техническите и технологични причини, голяма роля играе и човешкият фактор. Пренебрежението към служебните задължения, недисциплинираността, недостатъчната професионална подготовка са част от тях. Това в пълна сила важи за аварията в Чернобилската АЕЦ през 1986 г. Случилото се тогава заставило много от водещите специалисти в тази област да преосмислят наложените представи за развитието на атомната енергетика и причините за радиационните аварии. Ще се ограничим само до изказванията на двама от тях.

Академик Валери Легасов (член на правителствената комисия за разследване на причините за Чернобилската авария и ръководител на съветската делегация на специалната конференция на ИАЕА във Виена през август 1986 г., на която са разгледани причините за аварията и радиоекологичните последици от нея): „Пробива в атомните технологии е извършен и приложен на практика от учени, възпитани в културата и нравствените идеали на 19 век. Високото нравствено начало е предопределяло отношението на човека към човека, към техниката, към задълженията му и т.н. Високият морал е намерил своето отражение в създаваната техника и в принципите на нейната експлоатация. След това на смяна дойде поколението на „техничарите“. В системата на нравствените ценности човека беше отместен на трети план“ [8].

Проф. Андрей Воробьев (специалист по лечение на левкемия, действителен член на Академията на медицинските науки на СССР): „Мисля, че след тази авария много неща днес трябва да се преоценят. Станалото в Чернобил ни показва мащабите на една възможна катастрофа. Това трябва буквално да преформира нашето мислене, в това число и мисленето на всеки отделен човек, какъвто и да е той – работник или учен. Нито една авария не е случайна. Трябва



да разберем, че атомния век изисква същата точност, с която се изчисляват траекториите на ракетите. Атомния век не може да е само атомен. Ако искаме да живеем в атомния век трябва да създаваме нова култура, ново мислене“ [8].

Какво се е променило в науката и обществото за изминалите вече 33 години от Чернобилската авария? В атомната промишленост се внедряват по-съвършени и безопасни технологии. Подобрява се подготовката на персонала. Неговата квалификация в сравнение с 80-те години на миналия век нараства. В



редица висши учебни заведения по света се подготвят специалисти – еколози. В много училища е въведен и предмета екология. Като цяло, обаче, за съжаление нивото на екологичните знания на преобладаващата част от населението е необичайно ниско.

В заключение като положителна промяна ще посочим усилията на МОСВ за повишаване на екологичното съзнание и култура на населението в България: осигурява се по-пълнен достъп до информация за околната среда, повишава се обема и качеството ѝ, увеличава се броя на проведените информационни и обучителни мероприятия, насочени към учениците и др. [1].

ЛИТЕРАТУРА

[1] Национален доклад за състоянието и опазването на околната среда, ИАОС, МОСВ, София, 2018.

[2] Encyclopedia of environmental science and engineering, edited by J. R. Pfafflin and E. N. Ziegler, CRC Press, 2006.

[3] Медоуз Д. Х., Рандерс Й., Медоуз Д. Л., Пределы роста: 30 лет спустя, Москва, БИНОМ, 2012.

[4] Резолюция на Европейския парламент от 15 ноември 2011 г. относно здравето на пчелите и предизвикателствата пред сектора на пчеларството, 2108(INI), 2011.

[5] Вернадский В. И., Избранные сочинения, т. 1, Москва, Наука, 1954.

[6] Allaby M., Basics of Environmental Science, Taylor & Francis e-Library, 2002.

[7] Вернадский В. И., Химическое строение биосферы Земли и её окружения, Москва, Наука, 1965.

[8] Медведев Г. У., Чернобыльская тетрадь, Новый мир, 1989.

ФИЗИЧНИ ПРЕДПОСТАВКИ ЗА ТЪРСЕНЕ И ПРОУЧВАНЕ НА ВЪГЛЕВОДОРОДИ

Божурка Георгиева

Геологопроучвателен факултет, Минно-Геоложки университет „Св. Иван Рилски,
e-mail: bojurkageorgieva97@abv.bg

Резюме. Нарастващото търсене на енергийни суровини изисква непрекъснато усъвършенстване на методите и средствата за търсене и проучване на нови находища, но също така изисква и по-пълноценно разбиране за същността на запасите, процесите при образуването им и възможностите за безопасното им извличане. Сеизмичните проучвания продължават да са най-надеждният, неинвазивен източник на информация за определяне потенциала на дадена площ за наличието на въглеводороди, основавайки се на редица физични и физико-механични показатели, като зависимостта между плътността на скалите и скоростта на разпространение на сеизмичните вълни в тях.

Ключови думи: плътност, еластичност, скорост, въглеводороди.

1. Увод

Нефтът и природните въглеводородни газове имат широко разпространение в земните недра. Обикновено те са свързани със седиментни комплекси, за които е характерен пласторед, свързан с условията на образуване на този тип скали. Най-важно практическо значение имат свободния нефт и газа, които образуват залежи в порести и проницаеми скали, главно карбонатни скали или пясъчници. Под понятието залеж на нефт и газ се разбира мястото на натрупване (акумулация) на тези полезни изкопаеми в свободно състояние в земните недра, които е възможно да се установят със съвременните методи за търсене. Търсещо-проучвателните работи за нефт и газ се свързват главно със седиментни комплекси и детайлни сеизмични проучвания. Процесът на търсещо-проучвателни дейности, в частност сеизмичните изследвания, както и процесът на образуване на въглеводородните формации, се основава на редица физични и физико-механични показатели. Сред най-значимите от тях са зависимостта между плътността на скалите и скоростта на разпространение на сеизмичните вълни в тях, също така свойството еластичност на средата, параметрите флуидопроницаемост и флуидопроницаемост на пласта. Съвкупното разглеждане и анализ на тези параметри и показатели е дълъг и сложен процес, който води до извличане на информация за вместващите скали, покривката и условията за евентуален добив на суровините.

2. Физични свойства на скалите и тяхното значение в проучването на въглеводородни залежи

Въглеводородите се образуват главно от промяна на сапропелов (животински) или смесен (растителен и животински) тип разсеяно органично вещество, получено от останките на планктонни и бентосни организми. В комбинация с известни примеси, тези остатъци с течение на времето са се оказали под големи слоеве седиментни скали, където температурата и налягането са повишени и водят до химически промени в тях. Такива условия съществуват на дъното на шелфови зони, континенталния склон или някои крайбрежни части на водните басейни с тихи води. Погребването на органичното вещество на големи дълбочини в земните недра е задължително условие за нефтообразуването. Приема се, че основните фактори, които съдействат за преобразуването на органично вещество са: температура и налягане. Трансформацията на органично вещество, при което се генерират нефт и газ, се осъществява в рамките на температурния диапазон 50° - 230° C. В този интервал е вместена зоната на нефтообразуване на дълбочина 1200 – 3500 m при температури от 100°-130°С и зоната на газообразуване в температурният интервал 150°-180° [1].

Първоначално се е образувало т. нар вещество "кероген", което присъства в нефтените шисти (т. нар. "майчини скали"), а след това течни и газообразни въглеводороди, т.е. нефт и газ. След формирането на въглеводородите се осъществява процеса на миграцията им през поровото пространство на скалите, в някои случаи на огромни разстояния от месторождението им и дори до земната повърхност. В други случаи миграцията на въглеводородите се осъществява до срещата им с непропускливи скали където те се натрупват в т. нар. скали „капани“. Следователно за образуване на залеж са необходими както скали колектори, така и скали покривки (екрани), които да служат като своеобразна бариера за по-нататъшната миграция на флуида.

Скалите колектори са пластове от проницаеми скали, които имат способността не само да вмести, но и да отдават флуидите, при наличие на разлика в налягането. Такива скали са теригенните (пясъци, алевроити и алевролити) и карбонатните скали (варовици и доломити). Всеки природен колектор се характеризира с физичните свойства вместимост и проницаемост (филтрационни свойства на скалата) [2]:

- ❖ Вместимостните свойства на скалата се определят количествено от порестостта на скалата. Тя представлява съвкупността от обема на всички пори, пукнатини и каверни. Вместимостните свойства на скалите се оценяват с коефициента на порестост, съгласно израза:

$$\Phi_{\Pi} = \left(\frac{V_{\text{ПОРИ}}}{V_{\text{СКАЛА}}} \right) * 100, \quad \% \quad (1),$$

където:

$V_{\text{пори}}$ е обемът на порите;

$V_{\text{скала}}$ - обемът на скалата.

В стандартната практика порестостта е изразена в проценти и за резервоари от поров тип тя най-често е 6-8 до повече от 30%.

- ❖ Филтрационните свойства на скалите характеризират способността на скалите да пропускат (филтрират) през себе си флуиди при приложена депресия. За оценка на филтрационните свойства се използва законът на Дарси за филтрацията, който описва линейното движение на несвиваема и нереагираща течност в пореста среда с изрази:

$$V = \frac{Q}{F} = \left(\frac{k}{\mu} \right) * \left(\frac{\Delta P}{\Delta L} \right), \quad (2),$$

където V е скоростта на филтрация;

Q - дебитът на течността;

F - филтриращата площ;

k - коефициентът на проницаемост;

μ - динамичният вискозитет на течността;

ΔP - депресията;

ΔL - дължина на филтриращата среда.

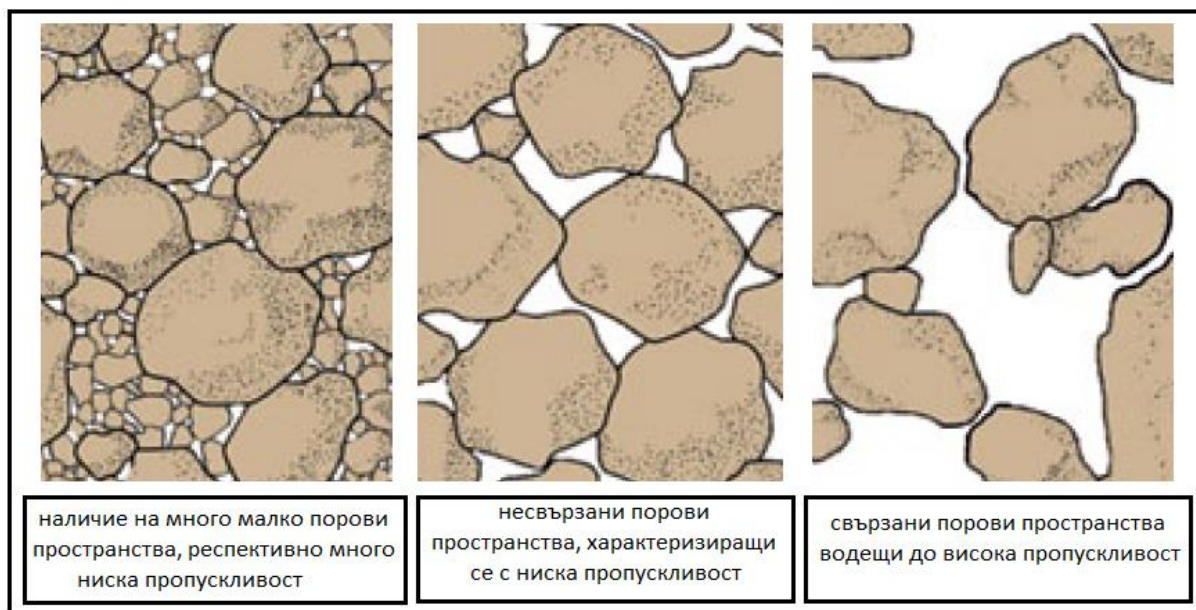
Запазване на залежите в земните недра е възможно, ако скалата резервоар е покрита от труднопроницаеми скали, които се наричат нефтогазова покривка, екран или още флуидоупор. Ролята на екрани могат да изпълняват глините и евапоритите. В природата това са сол, гипс, анхидрит и други. Флуидоупорите се характеризират с ниски стойности на проницаемостта $< 0,1 \text{ mD}$. Изолиращата способност на газонефтените флуидоупори зависи от състава и размера на скалообразуващите минерали, от количеството и вида на примесите в скалата, както и от нейната плътност, пластичност и напуканост.

Следователно, по-добрата сортировка на скалните частици подобрява резервоарните характеристики на скалите (фиг. 1). Една скала е отличен колектор при коефициентът на проницаемост $\geq 1000 \text{ Md}$ и структура изградена от заоблени скални частици.



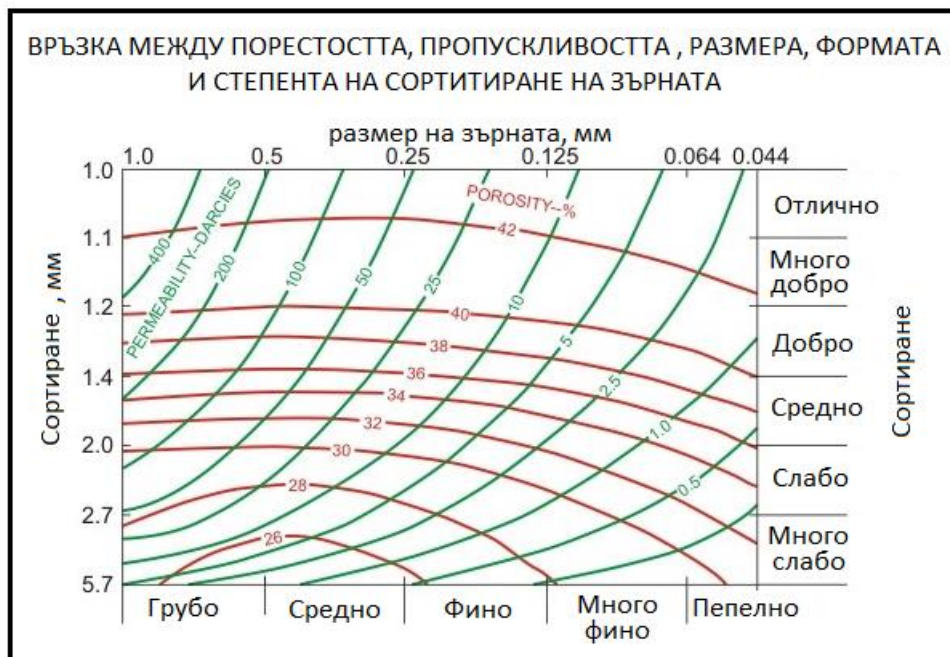
Фиг. 1. Сортировка на скални частици.

Почти всички скали в природата са прониктаеми. При ненапукани скали прониктаемотта зависи преди всичко от размера на порите, от големината и минералния състав на скалните частици, от конфигурацията на порните пространства и особено от степента на напуканост на скалата (фиг. 2).



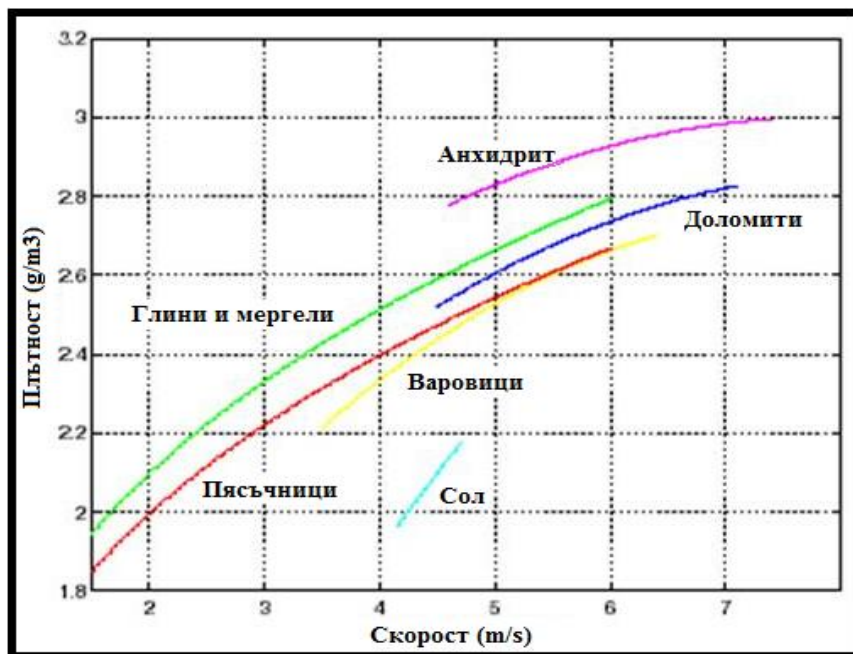
Фиг. 2. Конфигурацията на порните пространства и влиянието им върху пропускливостта на скалите.

На фигура 3 е показана връзката между порестостта, прониктаемотта и размера и степента на сортиране на зърната при нециментиранни пясъчници:



Фиг. 3. Схематична илюстрация, на която са показани връзките между прониктаемотта и размера, формата и степента на сортиране на зърната.

Друг физичен параметър, оказващ влияние върху търсещо-проучвателните работи за нефт и газ, е еластичността на скалите. Благодарение на еластичността на скалите е възможно разпространението на сеизмичната енергия в средата. Скоростта на разпространение на вълните в земята зависи главно от две основни характеристики на средата – нейната плътност и еластичност (фиг. 4).



Фиг. 4. *Графика на зависимостта на скоростта на сеизмичните вълни от плътността на средата.*

3. Влияние на физичните параметри на скалите върху обработката на сеизмични данни

По правило с нарастване дълбочината на изследване физичните параметри на средата също се изменят. Проницаемостта намалява в дълбочина, тъй като скалите се уплътняват, а поровия обем намалява. Плътността на средата, нараства, а промените в геологията на разреза са съпроводени с промени в скоростната характеристика на средата. Скоростта на реалните отражения следва да нараства по оста на времето тъй като според закона за изменение на скоростта в дълбочина, скоростта нараства с увеличаване на дълбочината. Така по-плитката част на разреза се характеризира с относително по-ниски скорости на вълните, в сравнение с по-дълбоките части на разреза [3].

В сеизмичните изследвания основен обект на изследване се явява вълновата картина, пресъздаваща разпространението на акустичните вълни, създадени по изкуствен път в земните пластовете. Изследва се разпространението на сеизмичните вълни, предизвикани от взрив или от механично въздействие на земната повърхност. При създаването си във взривния пункт сеизмичните вълни се разпространяват във всички посоки, като част от енергията се отразява

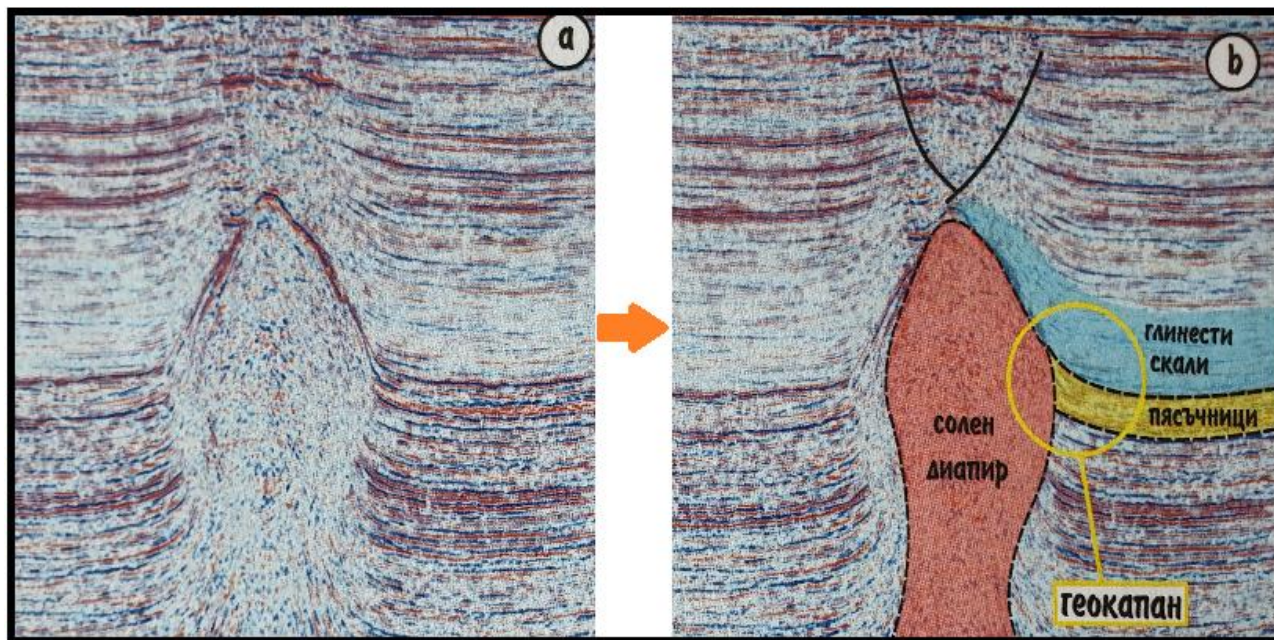
на границата на пластове с различни вълнови съпротивления и се връща отново към сеизмичните приемници, където се записва. Така получените данни се обработват със специален софтуер по определена методика и се използват за изясняване на геолого-геофизичната среда в района на изследването [4].

Методът на отразените вълни намира най-широко приложение при търсене на нефтогазоности находища. Теорията на отразените вълни е свързана с разпространението на сеизмичните вълни в слоести разрези. Отделните пластове се характеризират с различни физични свойства, които се променят със скок на границата между тях. Необходимо условие за образуването на отразени вълни в слоевата среда е на граничната повърхност между слоевете да има скок във вълновите съпротивления.

Вълновото съпротивление (Acoustic Impedance) се представя като произведение на скоростта по плътността. Ако приемем, че скоростта и плътността на горния слой са съответно V_1 и ρ_1 , а на долния – V_2 и ρ_2 , то тогава вълновите съпротивления на двете среди са съответно:

$$AI_1 = V_1 \rho_1 \text{ и } AI_2 = V_2 \rho_2, \quad (3)$$

Отразяващи граници се наричат границите, при които вълновото съпротивление се изменя със скок. Сеизмичното наблюдение е метод, при който се използва информацията от отразени вълни от подземни скални структури, за да се открият възможни въглеводородни формации. Чрез изучаване на отраженията се цели да се определи дълбочината и структурите на погребаните геоложки формации. Този анализ помага да се идентифицират въглеводородните резервоари, залягащи под земната повърхност [5].



Фиг. 5. Неинтерпретиран (а) и интерпретиран (б) фрагмент от сеизмичен разрез със структурен геокапан от внедряване на пластичен солена диапир.

На фигура 5 е показан сеизмичен разрез, който ясно илюстрира наличието на солен купол вместен сред потенциално резервоарни скали, покрити от екраниращи такива. В разглежданият случай пясъчниците, явяващи се резервоар, са покрити от глинести скали, наречени екраниращи скали, тъй като се явяват бариера за миграцията на флуида.

4. Заключение

През последните години сеизмичните изследвания и анализа на физичните параметри на разреза се нареждат сред най-широко използваните методи при извършване на търсещо-проучвателни работи за нефт и газ. Сеизмичните данни - скорост на разпространение на вълните, времената им на пробег, както и параметрите на средата - плътност, еластичност, флуидопроницаемост, вместимостните и филтрационни свойства на скалите се измерват и интерпретират, като по такъв начин става възможно определянето на важни характеристики на геоложката среда, а обработеният разрез може успешно да бъде използван за целите на структурната геоложка интерпретация.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Йордан Йорданов, Христо Димитров и Никола Ботушаров, Теоретични основи и методични указания за рашаване на практически задачи от петролната геология, 2013, стр. 52, стр. 146, стр. 147.

[2] Вълчо Трошанов, Геология и проучване на нефтени и газови находища, 1986, стр. 20.

[3] Grigorova, M. The aim of kinematics in 2D land seismic processing data for enhancing signal-to-noise ratio, Proceedings of XV Balkan Mineral Processing Congress, Vol. 2, Sozopol, Bulgaria, 2013, ISBN 978-954-353-218-6, p.1260-1262.

[4] Григорова, М. Сеизмични проучвания в моретата и океаните. "Дни на физиката 2016", Технически университет, ISSN 1313-9576, стр. 108-114.

[5] Григорова, М., Ръководство за практически занятия по сеизмични методи в геофизиката. 2016, стр.7.

ФОТОВОЛТАИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ - ПОТЕНЦИАЛ И ТЕНДЕНЦИ В РАЗВИТИЕТО ИМ

гл. ас. д-р инж. Пламен Иванов

Централна Лаборатория по Слънчева Енергия и Нови Енергийни Източници; Българска
Академия на науките-бул.Цариградско шосе 72; 1784 София; България

Резюме. Енергийните системи в световен мащаб са изправени пред радикална промяна, водена от нарастващата необходимост от намаляване на въглеродните емисии, замяна на остарелите производствени мощности и ефективно прилагане на бързо развиващите се информационни и комуникационни технологии (ИКТ). Възобновяемите енергийни източници имат най-голям потенциал да посрещнат бъдещите нужди на човечеството. Световното потребление на електроенергия през 2014 г. е около 22000 TWh. Настоящото състояние на фотоволтаиката позволява това количество да бъде произведено само с 1,7% от площта на Сахара (еквивалентно на 0,001% от земната площ), като се използват модули с ефективност 15%. Глобалният потенциал на вятърната енергия също надвишава повече от 30 пъти общото потребление на електроенергия. През последните години ефективността на преобразуване, особено за фотоволтаиците, нараства драстично, като пазарните модули са с ефективност, надвишаваща 20% и най-добър резултат от 24,4%. Развитие на производствените технологии доведе до драстично намаляване на инвестиционните разходи, като цените на фотоволтаичните модули достигнаха ниво от 0.2 EUR/Wp и общите разходи за изграждане на електроцентра под 1 EUR/Wp. Съответно цената на енергията, произведена от възобновяеми източници, е достигнала исторически нов минимум от по-малко от 0,02 EUR / kWh.

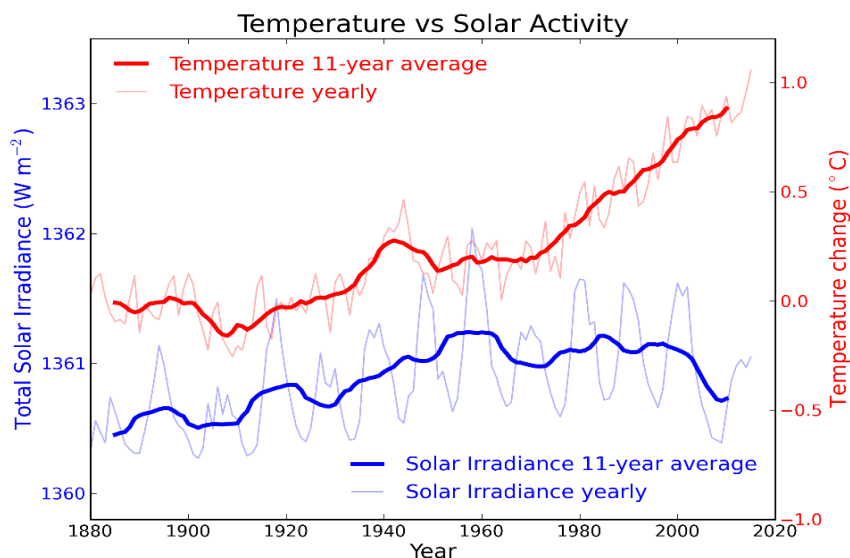
Ключови думи: слънчева енергия; фотоволтаика; интелигентни мрежи; възобновяеми енергийни източници (ВЕИ); електроразпределителните мрежи; въглеродни емисии; енергийна ефективност; съхранение на енергия;

Слънчева енергия - потенциал

Изкопаемите горива (главно въглища, петрол и газ) са в основата на технологичната революция през последните 200 години, но вече поставят под риск бъдещето на човечеството. Общите емисии на парникови газове за година, включително и от земеделието, достигнаха рекордно високо ниво от 53,5 GtCO₂ през 2017г. [1]. Прединдустриалните нива на CO₂ емисии в атмосферата са били приблизително 270 ppm, което заедно с приноса на водните пари, като основни парникови газове е позволило приятна средна температура от около 14°C, вместо студените -19°C. През 2019г. CO₂ емисии в атмосферата достигнаха нива от 415 ppm.

Слънцето, което е основният ни енергоизточник, може да е устойчиво и изобилно решение на енергийните нужди на човечеството. Стойността на слънчевата радиация извън атмосферата е точна и почти неизменна стойност-

1361 W/m² и такава ще е още поне 4 милиарда години (фиг. 1). Общото количество слънчева енергия за година, което получава планетата ни е 1.1×10^{25} J/год. Това е над 16 000 пъти повече спрямо общата енергийна консумация на цялото човечество (включваща електроенергия, дърва, петрол, газ, ядрена, водна и др.) [2]. Основната част от слънчевата радиация, преминала през атмосферата (повече от 49%) е в инфрачервения спектър, в интервала 700-3500 nm [3].



Фиг. 1. Годишна глобална промяна на температурата (червена линия) по данни от NASA GISS и средногодишна стойност за слънчевата радиация извън атмосферата (синя линия) по данни от World Radiation Cente [4].

Съвременните технологии ни позволяват по-ефективно използване на слънчевата енергия, отколкото природата прави това. Ефективността на процеса фотосинтеза варира от 0.3% до 2%, докато най-добрите резултати към момента за фотоволтаично преобразуване са съответно 27.6% за технологии на базата на силиций и 46%, на основата на GaInP/GaAs.

Брутното производство на електрическа енергия в България се колебае в границите около 43-45 TWh. От тях 12.9 TWh или около 30% от енергията е предназначена за т.нар. регулиран пазар (битови потребители и стопански потребители, присъединени към мрежата на ниско напрежение); 15.9 TWh или около 37% от енергията е предназначена за свободен пазар (търговците и крайните индустриални потребители) и 14.2 TWh или около 33% са загуби и износ [5].

За генериране на 46 TWh от фотоволтаични системи на базата на пазарно представени модули с ефективност от 15%, при общи загуби на системата от 17% (в това число - от температура и отражение при голям ъгъл на падане на слънчевата енергия - 10%; инвертори, кабели и др. - 7%), ще е необходимо обща площ от 50 000 хектара. За изчислението е предвидено разположението на модулите да е в редици с отстояние между тях от 2.4 m с цел минимално

засенчване на модулите. Общата инсталирана мощност ще е 35 GWp. Това представлява приблизително 0.5% от територията на България и съответно около 2 пъти по-голяма площ от тази на комплекса „Мини Марица-изток”. Приблизително такава е и общата площ на трите големи въглищни комплекса: Марица-изток; Пернишки въглищен басейн и Бобовдолският въглищен басейн [6].

През последните години по-голямата част от пазарно представените модули, са с ефективност в интервала 16-19%, като отделни производители (Sharp, LG, Panasonic, Sun Power) предлагат модули с над 20% ефективност.

При използване на модули с ефективност 20%, общата инсталирана мощност на площ от 50 000 хектара ще е приблизително 45 GWp, а очакваната енергия, генерирана за период от една година, ще е около 60 TWh.

Представените калкулации са индикативни и показват, че потенциалът на слънчевата енергия за решаване на настоящите и бъдещи енергийни проблеми, дори с настоящото ниво на технологиите за фотоволтаично преобразуване е огромен.

Технологии и тенденции в развитието на фотоволтаиката

Класификацията на фотоволтаични технологии се разделя на четири основни категории, наречени поколения (GEN):

1. Първо поколение (1GEN) се основава на технологии основно на базата на силиций - монокристален, поли- и мултикристален. Тези технологии формират над 93% от пазара, като делът на модулите на базата на мултикристален силиций е 57.5%

2. Второ поколение (2GEN) включва тънкослойните технологии като: аморфен силиций (a-Si), нано и микрокристален силиций ($\mu\text{c-Si}$), кадмиев телурид/кадмиев сулфид (CdTe / CdS) и меден индий галий селен (CIGS)

3. Трето поколение (3GEN): технологии, базирани на по-нови съединения, като III-V GaAs/GaInP, тандемни или многослойни неорганични фотоелементи, активни квантови точки. Фотоелементите от това поколение се характеризират с най-висока ефективност, но и висока цена.

4. Четвърто поколение (4GEN): известни също като "неорганични в органични". При тях се комбинира ниска цена/ гъвкавост на тънкослойни полимерни слоеве със стабилност на нови неорганични наноструктури, метални наночастици и метални оксиди или наноматериали на органична основа като въглеродни нанотръби, графен и неговите производни. Тези технологии са все още на експериментално ниво.

Целта на тази статия е да илюстрира сегашното състояние на фотоволтаичните технологии по отношение на материалите, използвани за производството, тяхната ефективност и свързаните с това разходи. Разглеждат

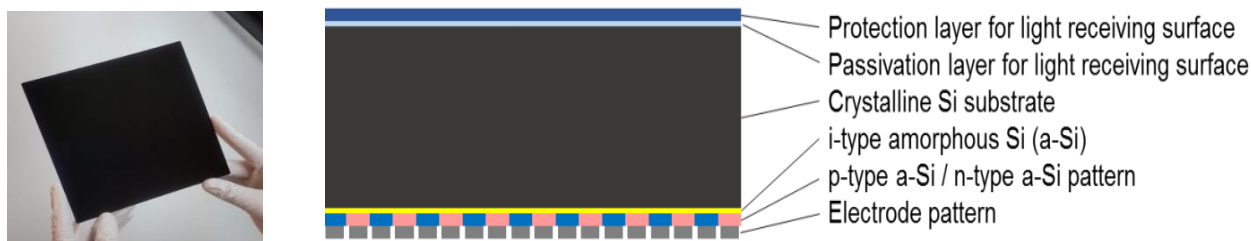
се четирите поколения слънчеви клетки, като се фокусира върху различните архитектура, техните предимства и недостатъци.

В таблица 1 са представени резултати за фотоелементи с най-висока ефективност при спектър и интензитет AM1.5 (т.е температура на модула 25°C и интензитет на радиацията 1000W/m²)

Таблица 1: Потвърдена ефективност на елементи при AM1.5 (1000 W/m²) температура 25°C (IEC 60904-3: 2008, ASTM G-173-03 global)

Тип	Ефективност, %	Площ, cm ²	Voc, V	Jsc, mA/cm ²	Fill Factor, %	Тест център и дата	Производител
Silicon							
Si (crystalline cell)	26.7 ± 0.5	79.0	0.738	42.65	84.9	AIST (3/17)	Kaneka, n-type rear IBC
Si (crystalline cell)	25.3 ± 0.4	3.923	0.6742	41.08	80.5	FhG-ISE (8/17)	FhG-ISE, n-type
III-V multijunctions							
5 junction cell (bonded) (2.17/1.68/1.40/1.06/0.73 eV)	38.8 ± 1.2	1.021	4.767	9.564	85.2	NREL (7/13)	Spectrolab, 2-terminal
InGaP/GaAs/InGaAs	37.9 ± 1.2	1.047	3.065	14.27a	86.7	AIST (2/13)	Sharp, 2-term
GaInP/GaAs (monolithic)	32.8 ± 1.4	1.000	2.568	14.56b	87.7	NREL (9/17)	LG Electronics, 2-term

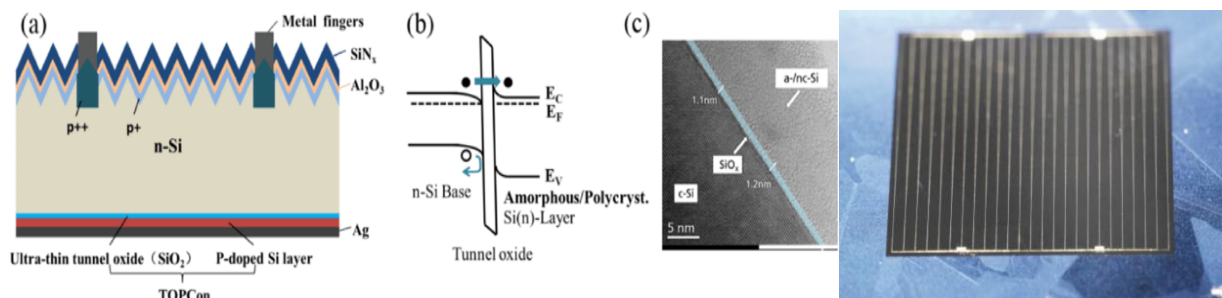
При технологиите на базата на силиций, най-добрият резултат за ефективността при 1000 W/m² е 26.7%, постигнат от японската компания Канека. Клетката е от тип с контакти на задната повърхност и хетеропреход с аморфен силиций (α-Si). Така освен отлична пасивация на повърхностните дефекти се постига и по-високо напрежение на отворена верига (Voc), което увеличава зоната с вградено поле, разделящо генерираните неосновни неравновесни носители на заряд. По-високият потенциал намалява термогенерираните носители, влизащи в обратните токове, съответно обуславя по-малката чувствителност на елемента от температурата в сравнение със стандартните хомопреходни елементи на базата на силиций. Схематично, елементът е представен на фиг. 2.



Фиг. 2. Визуално и схематично представяне на елемента на Канека с ефективност 26.7%

Поради разположението на контактите на задната повърхност, няма засенчване на предната повърхност на елемента. Това позволява и оптимизация на контактите с цел намаляване на омовите загуби, т.е по-широки и по-дебели контакти към задната повърхност, което намалява серийното съпротивление. Липсата на контакти на предната повърхност позволява по-добра оптимизация на анти-отразяващия слой и по-добра пасивация на повърхностните дефекти на предната повърхност. Базовия материал на тези фотоелементи е n-тип, поради

което времето на живот на неравновесните носители е по-голямо. Това пряко влияе на ефективността на елемента, като води до съществено увеличение. Липсата на Fe-B и B-O връзки в базовата област прави елемента по-устойчив на светлинно индуцирана деградация. Производствената технология, обаче, за тези елементи включва поредица скъпи и сложни процеси, като: фотолитография, селективна дифузия, йонна имплантация и др., което ги прави все още неконкурентни, спрямо настоящите пазарно представени елементи.



Фиг. 3. Визуално и схематично представяне на елемента на Fraunhofer-ISE с ефективност 25.3%; (a) схематично представяне на структурата; (b) зонна диаграма на заден контакт и тунелен окис; SEM снимка на разрез, показващ дебелината (светло синьо) на тунелния окис

На фиг. 3 е представен елемента на Fraunhofer-ISE с по-ниска ефективност (25.3%), но с по-висока възможност за по-скорошно пазарно проникване. При тази технология се използва тънък окис, през който чрез тунелен ефект n -носителите преминават, но p -носителите се отразяват. Отново целта е намаляване на рекомбинация на носителите от повърхностни дефекти, но в този случай се избягват скъпите фотолитографски процеси и селективната дифузия. Междинният тунелен окис от SiO_2 е дебел само 1-1.2 nm и израства на цялата задна повърхност. Върху него се отлага дебел слой високолегирани Si и сребърен контакт към него. Технологичните процеси са стандартни и позволяват реализиране на елементи върху голяма площ и с ниски цени. Поради опростените технологични процеси, използването на тази технология се разпространява бързо и вече има пазарно представени модули на фирмата JinkoSolar, с ефективност на модула над 22%. Поставени са и нови рекорди за ефективност върху елементи с голяма площ (над 100 cm^2): 23.95% за p -тип силициева подложка и 24.2% за n -тип подложка.

На таблица 2 са представени най-добри резултати, постигнати с модули на база най-добри фотоелементи при различни технологии - $c\text{-Si}$, $mc\text{-Si}$, тънкослойни ($\alpha\text{-Si}$, GdTe , GIGS) при 1000 W/m^2 . Това не са пазарни продукти поради високата им цена, но показва евентуална бъдеща посока на развитие. От показаните резултати пазарно представени са модулите на Trina solar и First solar.

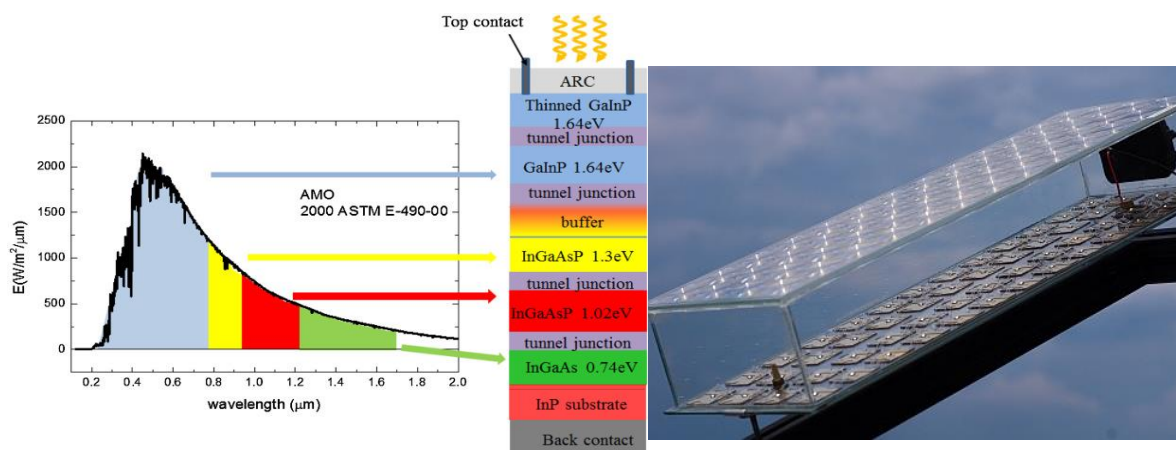
Таблица 2: Потвърдена ефективност на модули с рекордна ефективност за различни технологии и AM1.5 (1000 W/m²) температура 25°C (IEC 60904-3: 2008, ASTM G-173-03 global)

Тип	Ефективност %	Площ (cm ²)	V _{oc} (V)	I _{sc} (A)	FF (%)	Тест център и дата	Производител
Si (crystalline)	24.4 ± 0.5	13177	79.5	5.04	80.1	AIST (9/16)	Kaneka (108 cells)
Si (multicrystalline)	19.9 ± 0.4	15143	78.87	4.795	79.5	FhG-ISE (10/16)	Trina solar (120 cells)
GaAs (thin film)	25.1 ± 0.8	866.45	11.08	2.303	85.3	FhG-ISE (11/17)	Alta Devices
CIGS (Cd free)	19.2 ± 0.5	841	48.0	0.456	73.7	AIST (1/17)	Solar frontier (70 cells)
CdTe (thin-film)	18.6 ± 0.5	7038.8	110.6	1.533	74.2	NREL (4/15)	First solar, monolithic
CIGS (large)	15.7 ± 0.5	9703	28.24	7.254	72.5	NREL (11/10)	Miasole
a-Si/nc-Si (tandem)	12.3 ± 0.3	14322	280.1	0.902	69.9	ESTI (9/14)	TEL solar, Trubbach Labs
Organic	8.7 ± 0.3	802	17.47	0.569	70.4	AIST (5/14)	Toshiba
Multijunction							
InGaP/GaAs/InGaAs	31.2 ± 1.2	968	23.95	1.506	83.6	AIST (2/16)	Sharp (32 cells)

Фотоелементи, работещи с концентрирана слънчева енергия

Концентраторните фотоелементи най-често са малки по площ, но високоефективни слънчеви елементи, използващи оптична система за концентрация на слънчевата енергия. Малката площ на фотоелемента в комбинация с използването на евтина оптична система са един от най-вероятните пътища за бъдещо развитие на фотоволтаиката и намаляване на съотношението цена/Wh. Частта на цената на фотоелемента към общата на системата намалява с увеличаване на степента на концентрация на слънчевата енергия. За правилното функциониране на системата е необходима и система за следене на позицията на слънцето – едноосна и двуосна. Едноосната система е по-опростена, надеждна и евтина, но точността при следене позицията на слънцето е с 8-10% по-ниска (при въртене около полярна ос) спрямо тази на двуосните системи, чиято точност за следене позицията на слънцето може да е под 1%. Обикновено едноосни системи за следене на слънцето се ползват при концентрация до 50x. При използване на тандемни фотоелементи на базата InGaAs/GaAs или AlGaAs/GaAs степента на концентрация е значително по-голяма, поради цената на елемента, което от своя страна ограничава избора на системи за следене позицията на Слънцето само до двуосни. При висока степен на концентрация процесите на разсейване върху примеси и фонони не са доминиращи и основна роля имат процеси на разсейване между самите носители поради високата им концентрация. Взаимодействието между електрони и дупки зависи както от концентрацията им, така и от посоката на движение на двата типа носители. С увеличаване на концентрацията, в общия случай и ефективността расте. Поради това постигнатите резултати за ефективност са най-високи при елементи и модули, работещи с концентрирана слънчева енергия.

На фиг. 4 е представен най-добрият резултат за ефективност - 46%, постигнат при концентрация 508 слънца и 4-преходен тандемен елемент. Резултатът е потвърден през октомври 2014г. Всеки от преходите поглъща определен интервал от дължини на вълните.



Фиг. 4. Визуално и схематично представяне на елемента и модула на Soitec/CEA/Fraunhofer-ISE с ефективност 46%;

Най-отгоре е най-широкозонния преход InGaP, който поглъща високоенергитичната част от спектъра. После е по-теснозонен преход от InGaAsP, който поглъща червената част от спектъра. Третият преход работи в близката инфрачервена област и последния в интервала 1.2-2 μm . По този начин се поглъща ефективно по-голямата част от спектъра на слънчевата светлина. Максималната теоретична ефективност за многопреходни елементи е около 60% за 6-преходен фотоеlement. Производството на тези елементи включва много скъпи технологични процеси и материали, поради което използването им е ограничено.

Развитие на фотоволтаиката - екологичен аспект

През последните години, развитието на фотоволтаиката се оспорваше с различни доводи. Един от тях бе, че за покриване на енергийните нужди на България ще е необходимо покриване на цялата и територия с модули. Калкулациите, представени в първата част от статията показаха, че използване на малка част от вече маргинализирани и замърсени терени [6], позволява генериране на повече енергия от необходимата за енергетиката на България, като това ще доведе до постепенно възстановяване на тези терени.

Друг, подобен довод се свързва с енергията, необходима за изграждане на една фотоволтаична система или т.н. Energy payback period – времето, за което дадена технология произвежда същото количество енергия, необходимо за изграждане на конкретна система, на конкретно местоположение. С развитието на технологиите и производството, процесите бяха оптимизирани. Към настоящия момент Energy payback period за стойности на слънчевата радиация, подобни на тези в България при фотоволтаичното преобразуване варира от 0.5 до 2 години, в зависимост от типа технология и начина на изграждане на цялостната система [7]. За сравнение, този период при централи, използващи въглища, е 1-2 години, а при ядрени електроцентрали е между 6.6 до 14 години

[8]. По-ниски са стойностите за вятърните генератори, изградени на точки с достатъчен потенциал от вятърната енергия - 0.25-0.75 години.

Развитие на фотоволтаиката - финансов аспект

Масштабното производство и развитието на технологиите, доведе до стремително намаляване на цените, като за последните години тя намалѐ над 10 пъти при модулите на базата на силиций (от 3 EUR/Wp през 2008г., до 0.2 EUR/Wp през 2019г.). Това рефлектира върху крайните цени на изградените системи. Поставени бѐха и рекорди за най-ниски цени на електроенергията от слънчева енергия. Примери за това са проведените търгове за енергия в Мексико на 21 ноември 2017г. за енергия от ВЕИ, при който бѐ достигната средна цена от \$20.57/MWh (3.23ст/кWh), като от договорените количества 55.4% е от фотоволтаика. Подобен резултат имаше и при търг в Саудитска Арабия на 6 февруари 2018г., 300 MW Sakaka solar PV- \$0.0236/кWh.

Таблица 3: *Разпределение на инвестиционните разходи за малки (<100кWp) и големи (>1MWp) фотоволтаични централи*

Разход	Големи централи (>1MWp) EURO/Wp	Малки централи (<100кWp) EURO/Wp
PV модули	0,18-0,4	0,6-1,2
Инветнори	~0,06	0,07-0,2
Конструкция	~0,04-0,07	0,06-0,2
Кабели и CMP	0,01-0,02	0,01-0,05
Разрешителни	> 1%	?

Стойностите за слънчевата радиация на места, на които се изграждат тези обекти, е приблизително 35% по-висока, спрямо тази в България, но поради по-високите средни температури, добитата енергия ще е с приблизително 30% повече, отколкото би била в България. Това повдига въпрос относно актуалните планове за стратегическото развитие на енергетиката в България и пречките за по-бързо навлизане на този източник на енергия в ежедневието ни. Ако разгледаме инвестиционните разходи за изграждане на голяма и малка фотоволтаична централа, ще установим голяма разлика, в някои случаи над 5 пъти. Законодателната рамка също ограничава възможностите на малките консуматори да изграждат системи за собствена консумация. Такива са икономически изгодни, само при постоянен профил на консумацията, т.е. в случай когато генерираната енергия от системата не се връща в електроразпределителната мрежа. Не са все още предвидени законодателно и създаване на обединени групи от активни консуматори (могат да генерират и

консумират енергия). Огромна пречка за това е огромното закъснение в развитието на умните мрежи. България е сред държавите в Европа с най-малък дял на инвестиции в развитие на умни мрежи на глава от населението и на произведен MWh [9].

Умни мрежи и ВЕИ - разпределение и съхранение

С оглед изграждане на стабилно функционираща електро-разпределителна система, е необходимо да бъде взето под внимание променливия характер на енергията от ВЕИ. Присъединяването на големи мощности от ВЕИ към локална точка като цяло намалява стабилното функциониране на електро-разпределителната система и обратно. Наличието на голям брой малки генериращи мощности води до увеличаване на стабилността и. Точните прогнози за произведена енергия са особено важни за балансиране на системата. Към момента, точността в прогнозата за слънчева енергия достига до 5%, а за вятър-8.8%. По-добра точност може да бъде постигната при комбинация на прогнози и наблюдение в реално време. Това изисква реакция на мрежата в реално време, следователно активно използване на умни мрежи, формирани не само генерация, но и консумация по заявка. Интелигентното управление на такава мрежа ще позволи да се изпълни най-правилната реакция на определени събития и планиране не само на производството на енергия от различните технологии, но и управление на консумацията спрямо генерацията в реално време. Например, съгласно данните от ЕСО, типични моментни стойности на небаланс на мрежата могат да достигнат до 50MW. Такова събитие може лесно да бъде преодоляно в една умна мрежа чрез включване или изключване на определен брой активни потребители. Такава може да е група от 25000 бойлера с мощност 2kW. Предварителната или отложена консумация за периоди до 15 мин. в такава група не води до промяна на нивото на комфорт.

Използване на умни мрежи е икономически и технически най-ефективният вариант за използване на енергията от ВЕИ. Техническата ефективност при това може да достигне над 95%, като цикличността е почти неограничена.

Други подходящи методи за съхранение на енергия с неограничена цикличност са: помпено-акумулиращи водни централи (ефективност около 80%), маховици (ефективност около 90%)

ЛИТЕРАТУРА

- [1] IPCC Emissions Gap Report 2018; COP 24; 5 December 2018
- [2] Nelson 2003. J. Nelson, The Physics of Solar Cells (Imperial College Press, London, 2003)

[3] J. H. Gibson, "UVB Radiation: Definition and Characteristics", in UV-B Monitoring and Research Program, retrieved from http://uvb.nrel.colostate.edu/UVB/publications/uvb_primer.pdf, (2000)

[4] https://climate.nasa.gov/climate_resources/189/graphic-temperature-vs-solar-activity/

[5] Състояние на енергийния отрасъл, Министерство на икономиката и енергетиката, септември 2014

[6] <http://opendata.yurukov.net/ecology/#&>

[7] PHOTOVOLTAICS REPORT, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE; Freiburg, 14 March 2019

[8] Manfred Lenzen, Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review, Energy Conversion and Management 49 (2008) 2178–2199

[9] F. Gangale, J. Vasiljevska, C. Covrig, A. Mengolini and G. Fulli, "Smart grid projects outlook 2017," Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017.

DROP EVAPORATION AS A TEST OF WATER MEMORY

Stefan Todorov¹, Lidia Popova²

¹Institute of Nuclear Research and Nuclear Energy, Bulgarian Academy of Sciences, 72, Tzarigradsko Chaussee, Blvd., 1784 Sofia, Bulgaria; todorov_st@yahoo.com

²Georgi Nadjakov Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences, 72, Tzarigradsko Chaussee, Blvd., 1784 Sofia, Bulgaria; tlidia@issp.bas.bg

Abstract. *Filtration of a water sample across a porous medium is examined and change of water properties due to filtration is observed with subsequent conservation of this change in time. The water filtration through a porous medium causes changes in some water structural properties which tend to be preserved in time. As a method to manifest these effects, we use a comparison of the two distributions of wetting angles obtained during the evaporation of sample sessile drops taken before and after the filtration. The distributions before and after the filtration are shown to be manifestly different.*

Key words: contact angle evaporation distribution, water filtration, water memory evaporation.

1. Introduction

The study of contact angle and evaporation phenomena of sessile drops is useful for the development of surface and environmental sciences as well as for new technologies.

The evaporation phenomena of sessile drops have been studied in a large number of publications, but we cite here only a few of them [1 - 5]. Here we discuss differences in the sample sessile drops CAE (Contact Angle Evaporation) behavior caused by filtration of the liquid where the drops are taken from. The sample of deionized water, the drops are taken from, was forced to penetrate through a folio, called nuclear filter, with small – 0.15 micrometer – holes in it, produced by accelerated heavy ions. Such a transport process is named filtration. During the whole process of drop evaporation from a solid substrate (hostaphan), we consider the set of all contact angles with values in fixed angular intervals – this set is called here Contact Angle Evaporation (CAE) distribution. We show that drops taken from treated and not treated, (or control) water samples display manifestly different CAE distributions. After a single filtration, when measurements of the treated and untreated samples are repeated, the difference between corresponding CAE distributions still persist for days. CAE distribution was used in [6] as an illustration to some theoretical considerations. CAE distribution was applied in [7] to discuss the effect of a magnetic field on a water sample forced to flow through this field. To assess the Hydrogen bond transition rates between free and Hydrogen bounded water molecules in [8], CAE distribution was applied as a tool. CAE distribution was used

in [9 – 11] to investigate natural waters. A preliminary discussion of the present work was reported on the Seminar of Ecology 2017 [12] and in more detail in [13].

2. The experimental method

We prepared two water samples with the following velocities of non turbulent flow across the nuclear filter: $V = 0.4 \text{ mm/sec}$ and $W = 1.4 \text{ mm/sec}$. The non-turbulence was checked by calculating of the corresponding Reynolds numbers.

The filtration of the control sample of deionized water proceeded by forcing a portion of the control sample to move through the holes of a nuclear filter's folio with help of the piston of a syringe. The folio thickness was 10 micrometer. The holes were produced by bombarding the folio with heavy ions emitted by the accelerator of such particles at the Joint Institute of Nuclear Research at Dubna (Russia). The diameter of the holes was 0.15 micrometer. The number of holes was approximately 200 000 holes/mm². We measured simultaneously the wetting angle distributions of 3 drops taken from each of the following three water samples: deionized water sample (the control, untreated sample) and the two samples treated with transport velocities V and W . The CAE distribution is determined by the method of evaporating drop [13] taken from the probe and placed on a non-wettable substrate. We consider small water drops (1) with a mass of 1-10 mg and a contact angle θ placed on a hydrophobic substrate (2). The hydrophobic substrate is on the glass plate (3) of thickness d (fig. 1).

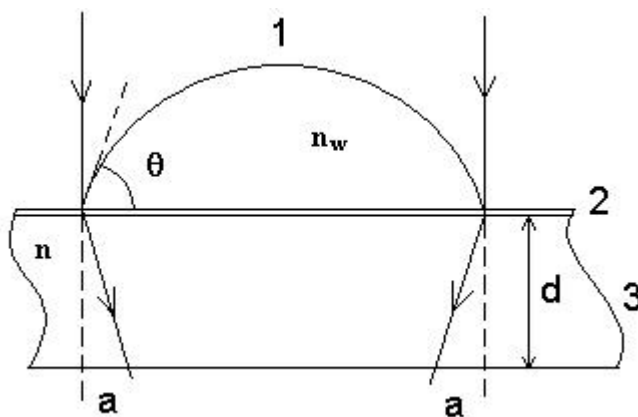


Fig. 1. Schematic set-up for CAE distribution determination by microscope measurements of the drop's contact angle during its evaporation:
1 – water drop, 2 – thostaphan substrate, 3 – glass plate.

The contact angles were measured at 4 minutes intervals with an accuracy of 0.5 degrees. The contact angles at the start of evaporation process were 82.5 degrees and the starting diameters of the drops contact areas was with the substrate were 4 mm. The whole interval of angle variations is divided into subintervals with a length of 5 angular degrees for each subinterval. The numbers of observations of contact angles with values within each of these subintervals is determined by measurement, for each drop, during the whole evaporation time. These numbers are the values on Y axis

corresponding to the middle point of the respective X – axis subintervals. After the filtration we measured immediately and simultaneously both the control sample and treated samples. Then the samples were kept in a refrigerator at a temperature of 4°C. After 24 hours a repeated simultaneous measurement of CAE distributions of sessile drops taken from the samples is performed. The procedure is repeated after a new interval of 24 hours.

3. The Experimental Results

In this Section we present the results of the measurements of CAE probability distributions of the treated sample, compared to the control, showing the treatment effect (single filtration) and its impact after 48 hours (Fig. 2).

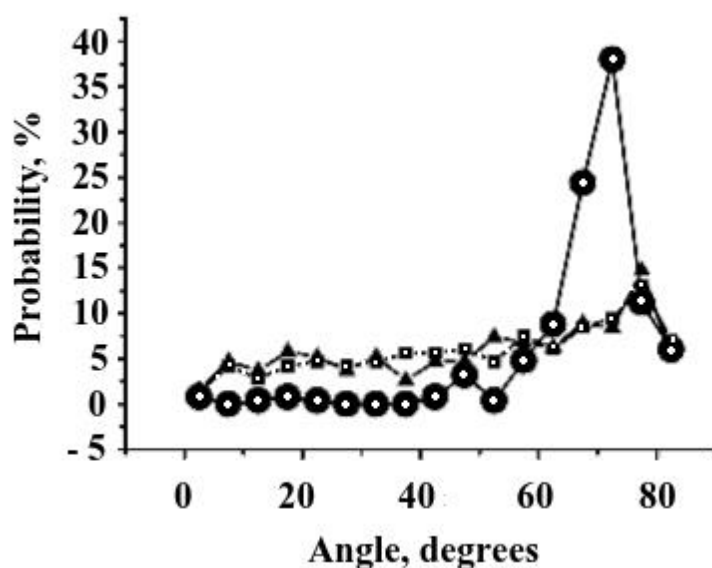


Fig. 2. Contact angle probability distributions of the samples measured 48 hours after the filtration: control (circles), samples transported with velocity of 0.4 mm/sec (squares) and with velocity of 1.4 mm/sec (triangles).

On the figure the control probe (the graph with circles) is compared with the water samples treated with both velocities V (the graph with squares) and W (the graph with triangles). The impact of filtration is evident for the treated samples. The full time evolution of the filtration effect on CAE distribution will be discussed elsewhere.

Statistical calculations based on measurements of the three drops representing each single sample show, that the differences between the graphs of the control and the treated samples are statistically reliable within the X-interval of main maximum. The above results imply that an effect of the water transport across nuclear filter, consists of the change after the transport of some sample properties, with a residual impact on them, as visualized by CAE distributions.

A possible way of explanation of the phenomena observed is recalling the existence of a water structure [14] i.e. domains of water molecules (clusters) interconnected by Hydrogen bonds. One can speculate that a difference in water structure appears as a result of the sample treatment due to interface interaction between walls of nuclear filter's holes and water flow through the holes.

REFERENCES

- [1] D. Bonn, J. Eggers, J. Indekeu, J. Meunier, E. Rolley, (2009), Wetting and spreading, 81 (2), 739 – 805.
- [2] R. G. Picknett, R. Bexon, (1977), The evaporation of sessile or pendant drops in still air, J. of Colloid Interface Sci., 61 (2), 336 – 350.
- [3] K. S. Birdi, D. T. Vu, (1990), Wettability and evaporation rates of fluids from solid surfaces, J. Adhesion Sci. Technol., 7 (6), 485 – 493.
- [4] H. Y. Erbil H. Y., G. McHale, M. I. Newton, (2002), Drop evaporation on solid surfaces. Constant contact angle mode, Langmuir, 18 (7), 2636 – 2641.
- [5] S. Todorov, (2002), On the dynamics of sessile drop evaporation, Comptes Rendus Acad. Bulg. Sci., 55 (1), 41 – 44.
- [6] L. Popova, S. Todorov, (2018), Effect of water filtration on CAE distribution of a sample sessile drop, Comptes Rendus Acad. Bulg. Sci. 71 (5), 606 – 612.
- [7] A. S. Antonov, L. G. Yuskesseliyeva, (1986), Investigation of water structure variations under the influence of magnetic field, International Agrophysics, 2, 213 – 223.
- [8] S. Todorov, (2009), On the H-bond transition rates between water molecules, J. Applie Electromagnetism – JAE, 11, 35 – 40.
- [9] A. Antonov, S. Todorov, (2000), Note on a synergy approach to monitoring of natural waters, Comptes Rendus Acad. Bulg. Sci., 53, 39 – 42.
- [10] S. Todorov, A. Damianova, L. Todorova, (2010), Natural Waters Investigation from Rivers and Lakes of Rila Mountain National Park, Comptes Rendus Acad. Bulg. Sci., 63 (11), 1559 – 1564.
- [11] S. Todorov, A. Damianova, (2015), Comparison of Mineral and Tape Water Using Method of Water Spectra, Journal of Balkan Ecology, 18, 303 – 308.
- [12] L. Popova, S. Todorov, (2018), Water Memory Displayed by the Contact Angle Distributions of Evaporating Drops, In Proceeding of 10-th anniversary Seminar of Ecology with International participation, 27-28 April 2017, IBER – BAS, 184 – 187.
- [13] L. Popova, S. Todorov, (2018), Effect of water filtration on CAE distribution of a sample sessile drop, Comptes Rendus Acad. Bulg. Sci. 71 (5), 606 – 612.
- [14] D. Eisenberg, W. Kauzmann, (1969), The Structure and Properties of Water, Oxford, University Press Publ., 1 – 296.

Авторски указател

Сашка Александрова, проф дтн, КПФ, ФПМИ, Технически Университет - София

Борислав Борисов, студент, АТТ, ТФ, Технически Университет - София

Георги Георгиев, студент, ФТК, Технически Университет - София

Божурка Георгиева, студент, ГФ, Минногеоложки Университет, София

Николай Денев, КПФ, ФПМИ, Технически Университет - София

Тодор Желязов, доц. д-р кат. Механика, ФТ, Технически Университет - София

Пламен Иванов Иванов, гл. ас. д-р, ЦЛСЕНЕИ-БАН

Румен Кобиларов, гл. ас. д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет - София

Иван Копринков, проф. д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет - София

Валентин Копчев, гл. ас. д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет - София

Невена Кожухарова, гл. ас., КПФ, ФПМИ, Технически Университет – София

Емил Ойнаков, ас., катедра Сеизмология, НИГГТ-БАН

Лидия Попова, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН

Бойко Рангелов, професор, д-р, ГФ, Минногеоложки Университет, София

Мишел Спасов, студент, АТТ, ТФ, Технически Университет – София

Иван Стефанов, доцент, д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет - София

Стефан Стефанов, студент, АМГ, ФзФ на Софийски Университет

Радостина Ташева, гл. ас., д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет София

Стефан Тодоров, гл. ас. д-р Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН

Иван Узунов, професор дфн, КПФ, ФПМИ, Технически Университет - София

Елена Халова, доцент д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет - София

ПРОГРАМА НА ДНИТЕ НА ФИЗИКАТА 2019 г.**17.04. сряда**

Доклад	Автор(-и)	Час
Откриване	доц. д-р Е. Халова	17:30
„Нобелова награда по физика за 2018“	проф. И. Копринков, КПФ, ТУ	17:35
„Жените-учени и Нобеловите награди“	проф. д-р С. Александрова КПФ, ТУ	18:05
„1, 2, 3,12 Астронавти, стъпили на Луната“	гл. ас. Н. Кожухарова , доц. д-р Е. Халова, КПФ, ТУ	18:35
„150 години Периодична таблица на Менделеев“	доц. д-р Е. Халова, гл. ас. Н. Кожухарова, КПФ, ТУ	19:00

18.04. четвъртък

Доклад	Автор(-и)	Час
„Кратка история на Вселената - поглед от ЦЕРН“	Проф. д-р Л. Литов, ФзФ – СУ, ЦЕРН	17:30
„Белтъчни макромолекули. Функция на потенциалната енергия“	гл. ас. д-р В. Копчев – КПФ, ТУ	18:30
„Фотоефектът в исторически аспект“	гл. ас. д-р Н. Денев, КПФ, ТУ	18:55
„Реактори за термоядрен синтез“	студенти И. Тонев и С. Врабчев – ИФ 4 курс, КПФ, ТУ	19:20

19.04. петък

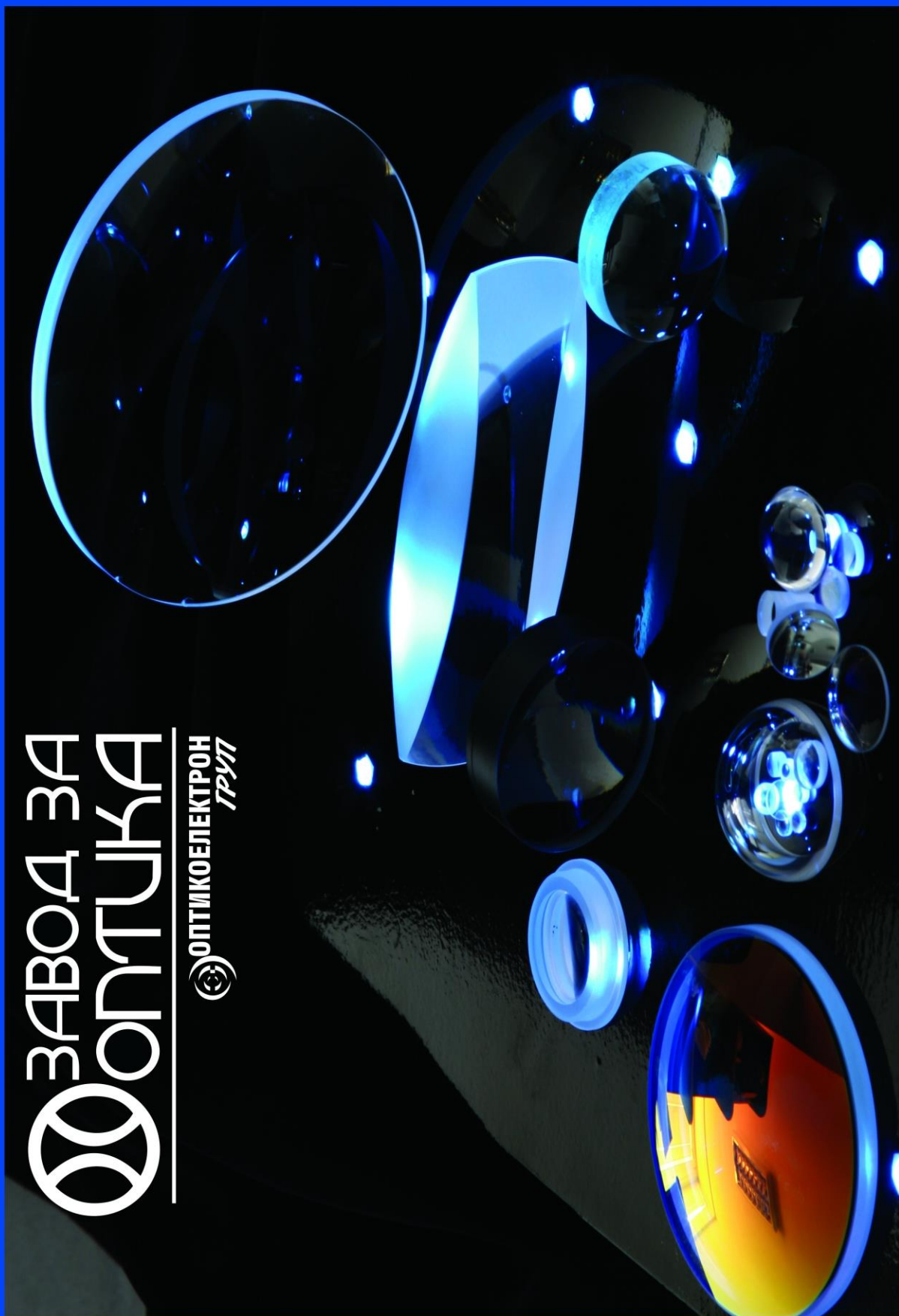
Доклад	Автор(-и)	Час
„Кацането на Луната“	студенти Д. Делибалтов и И. Георгиев –ИФ 2 курс, КПФ, ТУ	16:00
„Спектроскопични изследвания на някои източници“	студенти Б. Борисов - 1курс АТТ, ТФ, ТУ и С. Стефанов, 1 курс АМГ, ФзФ, СУ	16:15
„Спътникова мисия GOCE“	магистри, Н. Косталов и И. Стоянова, МТФ, МГУ	16:30
„Екзопланетите - отвъд хоризонта“	студент М. Спасов, 1курс АТТ, ТФ, ТУ	16:45
„Надпреварата на частните ракетни компании за космоса“	студент Г. Георгиев, 1курс, ФТК, ТУ	17:00
Демонстрации	гл. ас. инж. Л. Георгиев, КПФ, ТУ	17:30

20.04. събота – научна сесия

Доклад	Автор(-и)	Час
„Изпарение на капка като начин за тестване на водната памет“	С. Тодоров и Л. Попова – ИЯИЯЕ, БАН	10:00
„Съвременни фотоволтаични технологии, потенциал и тенденции за развитие“	гл. ас. д-р П. Иванов-ЦЛСЕНЕИ-БАН	10:20
„Алгоритми за определяне на моделните параметри. Пример.“	Доц. д-р Т. Желязов, кат. Механика, ФТ, ТУ	10:40
„Екологичната обстановка през 21 век: подобрене или деградация?“	гл. ас. д-р Р. Кобиларов, КПФ, ТУ	11:00
Кафе-пауза		11:20
„PROJECT CABARET, WP7 AND THE DEVELOPMENT OF MOOC'S	Проф. д-р Б. Рангелов, МГУ	12:00
„Сеизмопрогностичните свойства на микросеизмичния шум в минутния диапазон“	ас. Е. Ойнаков, БАН и проф. д-р Б. Рангелов, МГУ	12:20
„Физични предпоставки за търсене и проучване на въглеродороди“	студент Б. Георгиева,- ГФ, МГУ	12:40
„Оценка за оптималните стойности на параметрите на милисекундния пулсар ХТЕJ 1807-294 според няколко основни модела“	гл. ас. д-р Р. Ташева и доц. д-р И. Стефанов, КПФ, ТУ	13:00
„Свърхтънки оксиди върху плазмено хидрогениран силиций“	проф. д-тн С. Александрова доц. д-р Е. Халова, гл. ас. Н. Кожухарова, КПФ, ТУ	13:20

ЗАВОД ЗА ОПТИКА

ОПТИКОЕЛЕКТРОН
ГРУП



Панагюрище 4500, Индустриален парк ОЕ, тел: 0357/62 156, факс: 0357/633 16 е-mail: pfo@opticoel.com, www.pfo-bg.com