



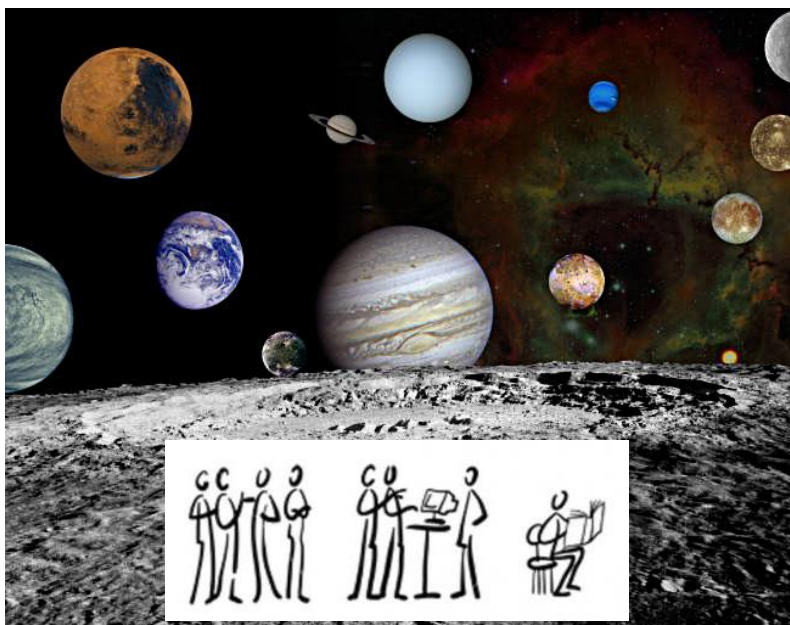
Технически университет София



Катедра Приложна физика

Сборник популярни и научни доклади

Дни на физиката 2021
Том 13



София, 21 - 24 Април 2021 г.

Дни на физиката 2021

Сборник популярни и научни доклади

Редактори: Е. Халова
С. Александрова
Н. Кожухарова

ИЗДАТЕЛСТВО НА ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

ISSN 1313-9576

Предговор

Настоящото издание на „Сборник популярни и научни доклади“ е тринадесетият том и включва доклади, представени на поредните ежегодни „Дни на физиката“. Провеждането на „Дни на физиката 2021“, както и в предишните години, се състоя в рамките на „Дни на науката“ в Технически университет – София и се организира от Катедрата по приложна физика към Факултет по приложна математика и информатика (ФПМИ).

За втора година „Дни на физиката“ се проведе в необичайна обстановка, наложена от пандемията COVID-19. Форумът се проведе дистанционно в отдалечена среда за разлика от традиционния формат в лекционна зала на ТУ-София. Въпреки отсъствието на личния контакт лектор-публика „Дни на физиката 2021“ преминаха много успешно. Дистанционната форма предостави и някои предимства, като възможността за участие на по-широка публика от студенти, преподаватели и ученици. Известната анонимност на дистанционния контакт окуражи студентите и учениците за по-активно участие в дискусиите, както и по-голямото участие на студентите с доклади.

Преобладаващото мнение на студентите е, че „Дните на физиката“ са една добра възможност за придобиване на опит в излагането на научни проблеми и участие в научни дискусии.

Лекторите и тази година бяха студенти, преподаватели и учени от: ТУ–София, МГУ "Св. Иван Рилски", СУ „Св. Климент Охридски“, ПУ „Паисий Хилендарски“, Белградския Университет и БАН. Както всяка година докладите бяха посветени на интересни и актуални теми от различни области на физиката, свързани с фундаментални и приложни проблеми на модерната наука, както и теми от историята на физиката. Оригинално и увлекателно представяне на темите ги прави разбираеми за широка и разнообразна аудитория в атмосфера на научен семинар.

Читателите могат да навлязат в интересните далечни светове на Космоса, на планетите от Слънчевата система. Други интересни теми бяха посветени на великите физици и техните открития, на лауреати на Нобелова награда по физика, включително и за 2020г., както и на редица преложения на физиката в техниката и технологиите.

В последния ден от „Дни на физиката“ традиционно бе проведена научната сесия, която даде възможност за среща на учените и преподавателите-участници във форума. Представени и дискутирани бяха проблеми в съвременни научни области. Част от публикуваните в Сборника доклади са на английски език. Темите бяха от много различни области на физиката и нейните приложения, като: нелинейно усилване и Раманово разсейване, нанотехнологии, астрофизика и геофизика, 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.

За съжаление за втора година липсваха традиционните демонстрации на физични явления и закономерности. В предишни години демонстрациите се провеждаха в зала на ТУ-София по много атрактивен начин от ас. инж. Л. Георгиев и предизвикваха огромен интерес у студентите, поради възможността студентите и гостите да се докоснат до реални физични експерименти и изследвания.

В края на сборника е представена програмата на проведените Дните на физиката. Всички представени статии на „Дни на физиката 2021“, са рецензирани от учени с познания и авторитет в съответната област.

Организационният комитет на Дни на физиката се надява поредният том на сборника, насочен главно към студентската аудитория, но и за всички, които проявяват интерес към физиката, да изпълни ролята си на интересно, увлекателно и информативно четиво, да повиши интереса на бъдещите инженери към тази древна и същевременно модерна наука, чиито приложения са в основата на съвременната техника и технологии.

Редакторите на сборника изказват благодарности на всички участници в “Дни на физиката - 2021”, както и на членовете на Организационния комитет и Ръководството на ФПМИ.

Организирането и провеждането на „Дните на физиката 2021“, както и издаването на настоящия сборник са съфинансирани по вътрешния конкурс на ТУ-София 2021 със средства от субсидията за научна дейност. От името на Организационния комитет, на студентите и всички участници изказваме благодарност за финансовата подкрепа на НИС към ТУ-София.

Благодарност и на „Завод за Оптика - АД“ за финансовата подкрепа, която за пореден път позволи представените доклади да бъдат публикувани в поредния том 13 на сборника в Университетското издателство.

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

СЪДЪРЖАНИЕ**ПРЕДГОВОР****НАУЧНО-ПОПУЛЯРНИ ДОКЛАДИ**

И. Стефанов, Пътят на черните дупки.....	6
Е. Халова, Космическа надпревара в изследване на планетата Марс.....	16
Е. Халова и Н. Кожухарова, Мисии в овладяване на Марс през 2021.....	27
Б. Иванов и А. Алексов, Живот в Космоса – изследвания, възможности, развитие.....	36
М. Богданова и Н. Тончев, Топ 10 на най-големите физици в историята и техните значими открития.....	56
К. Граматиков, Електромагнитно изстрелване.....	66
М. Петкова и Ал. Куртев, Ядрен синтез, физични и химични свойства на Тритий. Възможности за приложението му в производството на екологично чиста електрическа енергия.....	73
М. Занева, Нарушената симетрия.....	81
Е. Попова и Б. Йорданов, Земетресенията - знанията ни за тях в настоящето и превенция на щетите.....	88
С. Александрова, „Аз знам, че нищо не знам“ и ефектът на Дънинг-Крюгер.....	95
Л. Стоичова и Г. Костова, Тайните на Алберт Айнщайн.....	101
Н. Кожухарова и Е. Халова, 100 години по-късно – Алберт Айнщайн и Нобеловата награда по физика 1921г.....	109

НАУЧНИ ДОКЛАДИ

I. Uzunov and T. Arabadzhiev, Dynamical modeling of dissipative solitons in the presence of intrapulse raman scattering and nonlinear gain.....	115
Б. Рангелов, Археосейсмология в България (обзор).....	121

B. Ranguelov and all, Methodology of data extraction from archive information for the ground conditions.....	131
С. Александрова, Генерация на втора хармонична в тънки аморфни слоеве.....	138
С. Донков, Вириалната теорема и съвременната теория на протозвездните ядра.....	144
D. Nenov, R. Tasheva, D. Zlatanova, Factors determining the kinematics and dynamics of the griffon vulture flight.....	153
Р. Кобиларов, Емпирична формула за изчисляване на приноса на Ra-226 и U-235 към спектралната линия с енергия 186 keV.....	161
Р. Кобиларов, Проблими и перспективи пред ядрената енергетика на XXI век.....	164
Авторски указател.....	170
Програма на Дните на физиката.....	172

ПЪТЯТ НА ЧЕРНИТЕ ДУПКИ

Иван Живков Стефанов

Катедра Приложна Физика, ФПМИ, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" №8, България
e-mail izhivkov@tu-sofia.bg

***Резюме.** Нобеловата награда по физика за 2020 г. беше за изследвания в областта на теорията на гравитацията и по-конкретно за теоретичното доказване и наблюдателното потвърждение чрез изследване на движението на звезди около масивния обект намиращ се в центъра на нашата Галактика Sagittarius A* , че черни дупки съществуват във Вселената. В настоящия доклад се представят няколко основни спирки по пътя от зараждането на идеята за черни дупки още през XVIII век, в рамките на Нютоновата теория на гравитацията, до миналогодишната Нобелова награда.*

Ключови думи: гравитация, черни дупки, Нобелова награда по физика.

1. Тъмна звезда в Нютоновата гравитация

Днес обикновено свързваме понятието „черна дупка“ с теорията на гравитацията на Айнщайн. Черните дупки са едно от най-екстремните и необичайни предсказания на Общата теория на относителността (ОТО). Забележително е, че идеята за съществуването на звезда или планета, чието гравитационно поле е толкова силно, че дори и светлината не може да го преодолее има своето начало далеч преди раждането на съвременната теория на гравитацията – ОТО. Идеята за тези обекти, наречени тъмни звезди, принадлежи на двама големи учени на XVIII в. Джон Мичъл и Пиер-Симон Лаплас, фиг. 1. В своя работа от 1783г. Джон Мичъл си задава въпроса „Ако звездата е с плътност равна на тази на Слънцето, то колко голям трябва да е радиусът ѝ за да бъде тя тъмна звезда?“ [1] и открива, че радиуса на тази звезда трябва да е 500 пъти по-голям от този на Слънцето. Подобен въпрос разглежда и Пиер-Симон Лаплас. „Ако звездата е с плътност равна на тази на Земята, т.е. 4 пъти по-голяма от тази на Слънцето, то колко голям трябва да е радиуса ѝ за да бъде тя тъмна звезда?“ Отговорът, до който той достига в две свои работи от 1796 г. и 1799 г. [2, 3] е, че тази звезда трябва да има 250 пъти по-голям радиус от този на Слънцето.

Задачата, която Джон Мичъл и Пиер-Симон Лаплас са решили, прилича на една от често разглежданите в днешния университетски курс по обща физика задачи, които демонстрират силата на енергитичния подход. В тази задача се търси максималната височина, до която би се издигнало тяло, изстреляно вертикално нагоре с дадена начална скорост. При издигането на тялото във

височина кинетичната му енергия намалява, а потенциалната нараства. Във върховата точка кинетичната енергия на тялото е равна на нула.



Фиг. 1. Джон Мичъл (вляво) и Пиер-Симон Лаплас (вдясно) - автори на идеята за тъмна звезда

Нека разгледаме обратната задача. Да си зададем въпроса, колко голяма трябва да е началната скорост на тяло изстреляно вертикално нагоре от повърхността на дадена планета или звезда, за да може то да се откъсне от нейното гравитационно поле, т.е. височината на издигане да стане толкова голяма, че гравитационната потенциална енергия да стане равна на нула? (Разбира се, при такава формулировка на задачата трябва да използваме подходяща формула за гравитационната потенциална енергия.) Тази скорост на откъсване от гравитационното поле на звезда или планета се нарича втора космическа скорост.

Минималната начална скорост на откъсване зависи както от масата, така и от радиуса на звездата или планетата и се описва от следната формула.

$$v_0^2 = \frac{2GM}{r_0}$$

Тук G е гравитационната константа на Нютон, M е масата на звездата или планетата, а с r_0 е означен нейния радиус.

Като примери можем да представим резултати за втората космическа скорост за Слънцето и Земята.

- за Земята

$$M = M_{\oplus}, \quad r = r_{\oplus}, \quad v_0 \approx 11200 \text{ m/s}$$

- за Слънцето

$$M = M_{\text{Sun}}, \quad r = r_{\text{Sun}}, \quad v_0 \approx 620 \text{ km/s}$$

Нека дадем отговор и на въпроса на Мичъл и Лаплас – за какви **M** и **r₀** скоростта на откъсване е равна на скоростта на светлината? От формулата за скоростта на откъсване, представена по-горе получаваме.

$$v_0 = c \quad \Rightarrow \quad r_0 = r_{\text{Sch}} = \frac{2GM}{c^2}$$

Звезда или планета с маса **M** и радиус равен на или по-малък от този, който получихме е „тъмна звездата“. Този израз за радиуса съвпада с радиуса на черната дупка на Шварцшилд, получен повече от сто години по-късно.

2. Черна дупка на Шварцшилд в ОТО

Айнщайн публикува своята Обща теория на относителността [4], общоприетата и до днес теория на гравитацията, на 18ти ноември 1915 г. Само два месеца по-късно, известния астроном Карл Шварцшилд, фиг. 2, намира първото решение на сложните уравнения на Айнщайн, което описва гравитационното поле на сферично симетричен, статичен и електронеутрален обект. Днес това решение е известно като черна дупка на Шварцшилд [5] и се описва от следната метрика.

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{r_{\text{Sch}}}{r}\right) c^2 dt^2 + \frac{dr^2}{\left(1 - \frac{r_{\text{Sch}}}{r}\right)} + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2(\theta) d\varphi^2$$

Забележителен е факта, че Шварцшилд получава решението си, т.е. работи активно, докато е в болница. Рядката болест пемфигус довежда до смъртта му само четири месеца по-късно.

Интересно е да се отбележи, че Карл Шварцшилд, за разлика от повечето наши съвременници, е учен с много широка палитра от интереси. Неговите приноси са в различни области на физиката и астрономията като небесна механика, наблюдателна звездна фотометрия, квантова механика, инструменатална астрономия, теория на звездната структура, звездна статистика, Халеева комета, спектроскопия, физика на фотографията, и др.

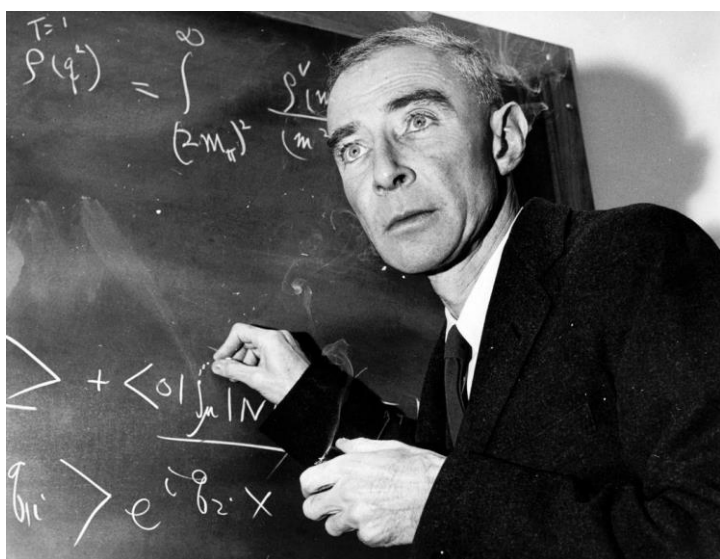
3. Теоретични спорове

Решението на Шварцшилд има две особени „точки“ (по-точно хиперповърхнини). Едната е радиуса на Шварцшилд **r=r_{Sch}**, чиято стойност получихме и в рамките на Нютоновата теория на гравитацията, а другата – центъра на координатната система **r=0**. Особеността в центъра се нарича сингулярност. В нея плътността на масата и енергията е безкрайно голяма, което за много учени звучи неправдоподобно, нефизично.

Интерпретация на радиуса на Шварцшилд се предлага за пръв път от един от бащите на атомната бомба Дж. Робърт Опенхаймер и Хартланд Снайдер представени на Фиг. 3. В своята работа от 1939 г. те изследват гравитационния колапс, настъпващ в крайния етап от еволюцията на една звезда [6].



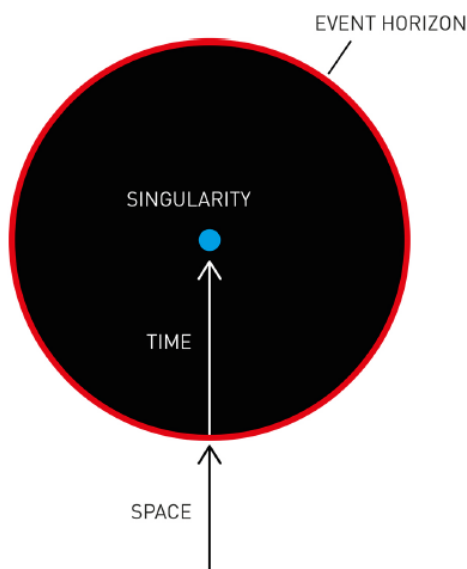
Фиг. 2. Карл Шварцшилд - автор на първото решение описващо черна дупка



Фиг. 3 Един от бащите на атомната бомба Дж. Робърт Опенхаймер (вляво) и Хартланд Снайдер (вдясно)

Според авторите *“The star thus tends to close itself off from any communication with a distant observer; only its gravitational field persists.”* или в превод на български *„В следствие звездата се откъсва от всякаква комуникация с отдалечен наблюдател; само нейното гравитационно поле остава.“*. Това се случва на този етап от гравитационния колапс, при който радиуса на звездата стане равен на радиуса на Шварцшилд. С други думи в крайния етап от гравитационния колапс се формира хоризонт на събитията, тази полупропусклива мислена повърхност, която може да бъде премината само отвън навътре, но не и обратно и е основна отличителна черта на черните дупки. Друг важен елемент от структурата на черната дупка е сингулярността намираща се в центъра ѝ. (Виж Фиг. 4.)

Работата на Опенхаймер и Снайдер е критикувана заради силно опростяващото разглежданията изискване за сферична симетрия. „Ако избягаме от сферичната симетрия как ще се самофокусира материята, така че да се събере в една безкрайно плътна точка – сингулярност?“ се питат много учени.

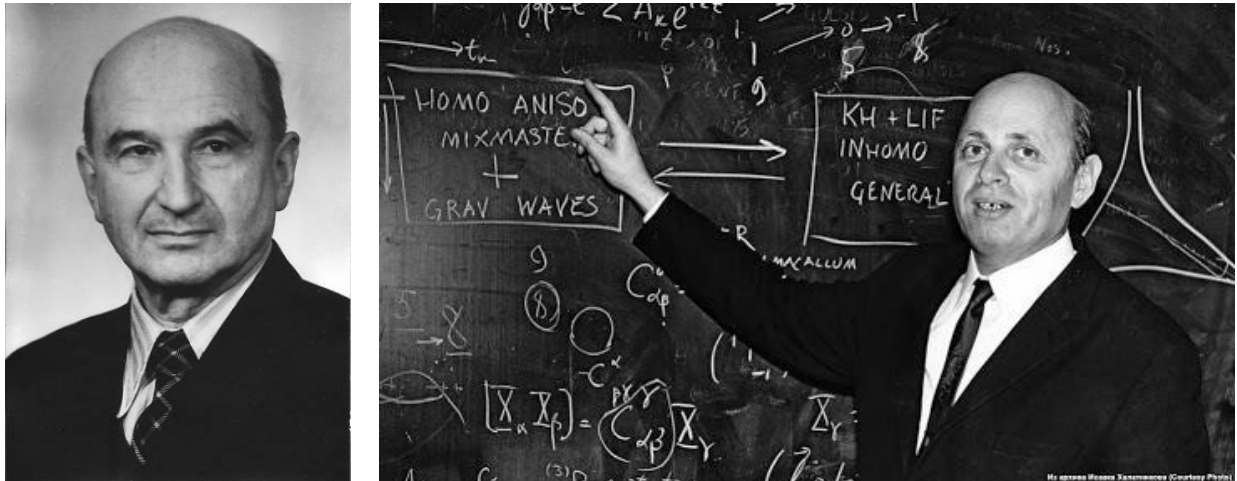


Фиг. 4. Структура на черна дупка [7].

Най-значим аргумент против идеята за формиране на черна дупка предлагат Лифшиц и Халатников, Фиг. 5, в своя теорема публикувана през 1963 г. Според тях [8] *„В реални физически условия, при произволно първоначално разпределение на материята гравитационният колапс не води до образуването на сингулярност във времето.“*

На този етап от историята на черните дупки на сцената излиза миналогодишния нобелов лауреат Сър Роджър Пенроуз, Фиг. 6. Накратко, през 1965г. той публикува по-обща теорема [9] от тази на Лифшиц и Халатников, с която доказва, че формирането на сингулярност е не само възможно, но е и неизбежно след определен етап на гравитационния колапс. (Тази теорема е представена и обяснена също и в работа [10].) За нуждите на тази теорема Пенроуз въвежда математическото понятие уловена повърхнина. Едно

определение за уловена повърхнина можем да открием в доклад на проф. Язаджиев от 2017г. [11]



Фиг. 5. Евгений Лифшиц(вляво) и Исаак Халатников (вдясно)

„Уловена повърхнина се нарича всяка затворена (компактна без граница) двумерна повърхнина в пространство-времето, която има свойството да сходя ортогоналните към нея излизащи и влизащи изотропни геодезични (светлинни лъчи). „



Фиг. 6. Сър Роджър Пенроуз – лауреат на Нобелова награда по физика за 2020г.

Сингулярностите възникват при гравитационния колапс независимо от симетрията. Процесът става необратим при възникването на уловени повърхнини.

4. Експериментално потвърждение

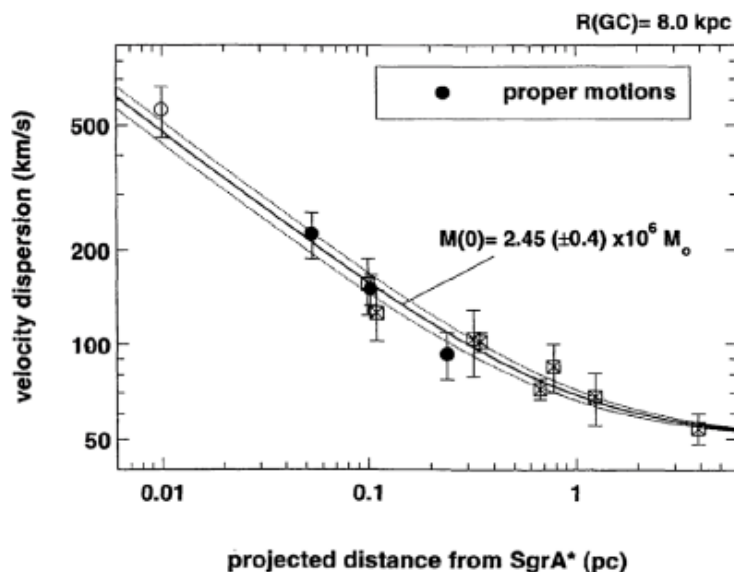
След премахването на пречките от теоретичен характер за съществуването на черни дупки във Вселената идва ред и на експерименталното или наблюдателно потвърждение. Първата идея за наблюдателно изследване на тъмни звезди или черни дупки, както днес ги наричаме, е предложена от споменатия вече английски астроном Джон Мичъл през XVIII в. Светлината не може да напусне тъмната звезда и да достигне до нас. Ние, обаче, можем да съдим за нейното гравитационното поле чрез наблюдение на движението на светещи тела намиращи се в близост до нея. Научните екипи водени от Райнхард Генцел и Андреа Гез, Фиг. 7, които получават втората половина от нобеловата награда по физика за 2020г. именно за експерименталното потвърждение за съществуването на черни дупки следват точно тази идея.

Райнхард Генцел [12, 13] и Андреа Гез [14, 15] ръководят два големи екипа, които независимо един от друг изучават движението на звезди намиращи се в много близка околност на центъра на нашата галактика. Екипа ръководен от Генцел работи на системата от телескопи NTT/VLT (New Technology Telescope/Very Large Telescope) разположена в Чили. Андреа Гез е ръководител на Keck Observatory намираща се на Хаваите.



**Фиг. 7. Нобеловите лауреати по физика за 2020г. –
Райнхард Генцел и Андреа Гез**

В центъра на галактиката има свръхмасивен обект с маса около четири милиона пъти по-голяма от тази на Слънцето. Възможностите, според съвременната физика, са две – този обект да е черна дупка или конгломерат от звезди. От характеристиките на траекториите на звездите обикалящи центъра на галактиката можем да направим извод за гравитационния потенциал на свръхмасивния обект.



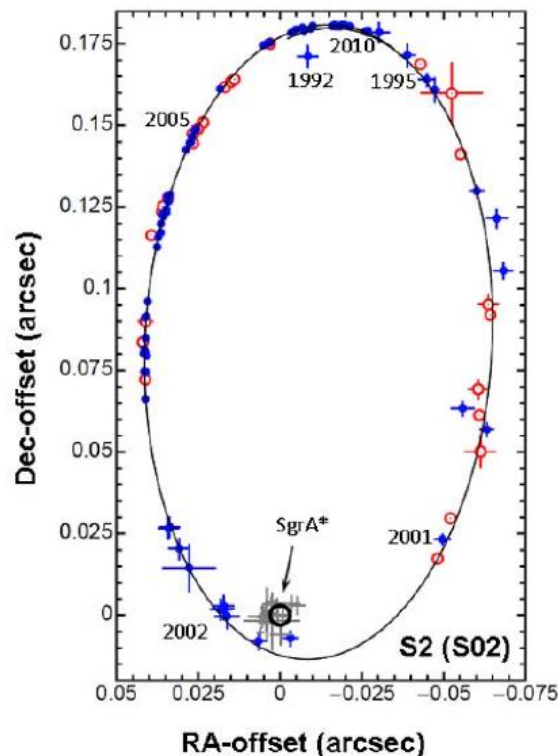
Фиг. 8. Скорост на звездите като функция на разстоянието им до центъра на Галактиката

Според теорията, скоростта на движение на точкова материална частица, или в случая планета, движеща се в гравитационното поле на сферично-симетричен източник, т.е. една черна дупка, а не конгломерат от звезди, намалява обратно пропорционално на коренквадратен от радиуса на орбитата ѝ. Това се потвърждава и от данните представени на Фиг. 8. Една от изследваните звезди, S2, се намира особено близо до центъра на Галактиката Sgr A*. Периода ѝ на обикаляне е много малък – само 16 години. (За сравнение, Слънцето обикаля центъра на Галактиката за двеста милиона години.) Параметрите на орбитата ѝ представена на Фиг. 9, като форма, ексцентрицитет, честотата на прецесия, потвърждават, че тя се движи в гравитационно поле породено от сферично-симетричен източник с огромна плътност, който, според сегашните разбирания на науката, не би могъл да бъде друго освен черна дупка.

4. Заключение

Пътят от зараждането на идеята за черни дупки, до нобеловата награда по физика през 2020г., свързана с тях, е дълъг. Изминали са повече от 200 години. Напредъка в изследването на черните дупки, е голям, но това далеч не означава, че всички големи въпроси свързани с тях са решени. Има ли други видове черни дупки освен тези предсказани от ОТО, освен черната дупка на Кер? Може ли експериментално пряко да бъде изследван хоризонта на събитията? Вероятно това би могло да стане с най-новия инструмент на астрономията – гравитационните вълни? Какво е състоянието на материята намираща се във вътрешността на черната дупка? Възможно ли е квантови ефекти да

предотвратят формирането на физическа съingularност в центъра на черната дупка? Цялата информация за попадналата в черна дупка материя ли се губи? Можем ли да използваме енергията на черните дупки? Все въпроси, чиито отговор е в далченото бъдеще.



Фиг. 9. Орбита на звездата S2

ЛИТЕРАТУРА

[1] Michell, J., 1783, "On the Means of Discovering the Distance, Magnitude, &c. of the Fixed Stars, in Consequence of the Diminution of the Velocity of Their Light, in Case Such a Diminution Should be Found to Take Place in any of Them, and Such Other Data Should be Procured from Observations, as Would be Farther Necessary for That Purpose", Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 74. pp. 35–57.

[2] Laplace, P. S., 1799. "Beweis des Satzes, dass die anziehende Kraft bey einem Weltkörper so gross seyn könne, dass das Licht davon nicht ausströmen kann", Allgemeine Geographische Ephemeriden, vol. 4. pp. 1-6.

[3] Laplace, P. S., 1796, "Exposition du Système du Monde, Part II".

[4] Einstein, Albert (1916), "Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie", Annalen der Physik, 49 (7): 769–822

[5] Schwarzschild, K., 1916, "Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einstein'schen Theorie", Sitzungsberichte der Königlich-Preussischen Akademi der Wissenschaften, 1916.

- [6] Oppenheimer, J. R. and Snyder, H., 1939, "On continued gravitational contraction", *Physical Review*, vol. 56, no. 5. pp. 455–459. doi: 10.1103/PhysRev.56.455.
- [7] The Nobel Committee for Physics, 2020, "Theoretical foundation for black holes and the supermassive compact object at the galactic centre", *Scientific Background on the Nobel Prize in Physics 2020*.
- [8] Lifshitz, E. M. and Khalatnikov, I. M., 1963 "Investigations in relativistic cosmology", *Advances in Physics*, vol. 12, no. 46. pp. 185–249. doi: 10.1080/00018736300101283.
- [9] Penrose, R., 1965, "Gravitational collapse and space-time singularities", *Physical Review Letters*, vol. 14, no. 3. pp. 57–59, 1965. doi: 10.1103/PhysRevLett.14.57.
- [10] Garfinkle, D., and Senovilla, J. M. M., 2015, "The 1965 Penrose singularity theorem", *Classical Quantum Gravity*, vol. 32, no. 12. pp. 124008. (Виж също и тук arXiv:1410.5226.)
- [11] Язаджиев, С., 2017, „Някои математически проблеми на общата теория на относителността“, *Proceedings of the Forty-sixth Spring Conference of the Union of Bulgarian Mathematicians, Borovets, April 9–13, 2017*, p. 70.
- [12] Gillessen, S., Eisenhauer, F., Trippe, S., Alexander, T., Genzel, R., Martins, F., and Ott, T., 2009, "Monitoring stellar orbits around the massive black hole in the Galactic center", *The Astrophysical Journal*, vol. 692, no. 2. pp. 1075–1109. doi: 10.1088/0004-637X/692/2/1075.
- [13] Gillessen, S., Eisenhauer, F., Fritz, T.K., Bartko, H., Dodds-Eden, K., Pfuhl, O., Ott, T., et al., 2009, "The orbit of the star S2 around SGR A* from Very Large Telescope and Keck data", *The Astrophysical Journal*, vol. 707, no. 2. pp. L114–L117. doi: 10.1088/0004-637X/707/2/L114.
- [14] Ghez, A. M., Klein, B. L., Morris, M., and Becklin, E. E., 1998, "High proper-motion stars in the vicinity of Sagittarius A*: Evidence for a supermassive black hole at the center of our galaxy", *The Astrophysical Journal*, vol. 509, no. 2. pp. 678–686. doi: 10.1086/306528.
- [15] Ghez, A. M., Salim, S., Weinberg, N. N., Lu, J. R., Do, T., Dunn, J. K., Matthews, K., et al., 2008, "Measuring distance and properties of the Milky Way's central supermassive black hole with stellar orbits", *The Astrophysical Journal*, vol. 689, no. 2. pp. 1044–1062. doi: 10.1086/592738.

КОСМИЧЕСКА НАДПРЕВАРА В ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПЛАНЕТАТА МАРС

Елена Халова

Катедра Приложна Физика, ФПМИ, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" №8, България
e-mail: ehalova@tu-sofia.bg,

***Резюме.** Настоящият доклад представя някои от най-значимите изследователски мисии на СССР (по-късно Русия), САЩ, Япония, Кигай и Европа за изследване на планетата Марс. Представена е и информация за самите мисии и поставените им цели.*

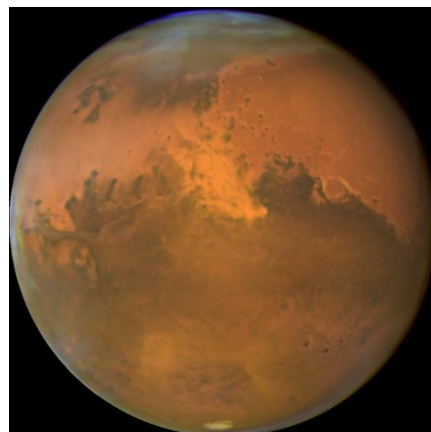
Ключови думи: история, мисии до Марс, изследвания, резултати.

I. Първи наблюдения на Марс

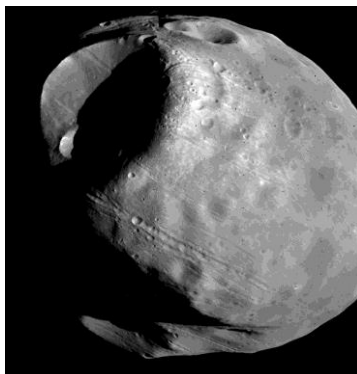
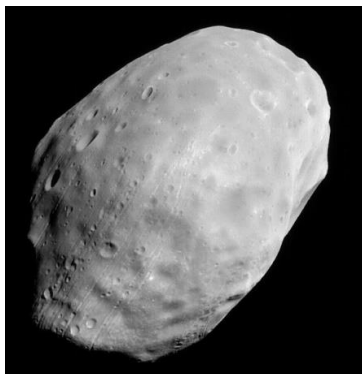
Планетата Марс носи името на римския бог на войната. От дълбока древност човечеството проявява интерес към мистериозната Червена планета. Човечеството много се очаровала от планетата още, когато през 1610г. е забелязана през телескопа от Галилео Галилей. През 19 век са могли да се видят само предполагаеми „канални“ на повърхността ѝ. Тези открития предоставят материал на редица фантасти, като Хърбърт Уелс и Люис, да пишат в своите творби за марсианците като чудовищни фигури или зелени човечета.

Следващите наблюдения чрез телескопи (фиг. 1) констатирали промени в цвета на повърхността на планетата, обяснени с промяна на растителността през различните сезони, както и продълговати особености на релефа, приписвани на разумен “човешки” дизайн. Тези ранни и погрешни открития и предположения повишават интереса към Марс.

По-прецизните наблюдения през следващите години довеждат до откритието на двата естествени спътника на Марс от американския астроном Асаф Хал – **Фобос** (фиг. 2) и **Деймос** (фиг. 3), а също така и **сухите канали, полярните шапки, Монт Олимп**, най-високата планина в Слънчевата система и **Долината на Маринър**, най-обширната **система от каньони** и други. Всички тези открития още повече повишават интереса на човечеството към изучаване особеностите на Червената планета.



Фиг. 1. Марс заснет от телескопа Хъбъл на 28.10.2005г. (вижда се прашина буря).



Фиг. 2. Фобос (18.08.1877г.). Дясната снимка е монтаж на 3 снимки от Викинг 1 и Викинг 2 (19.10.1978г.) на големия кратер Стикни

Фиг. 3. Деймос, (12.08.1877г.)

II. Изследване с полети до Марс

Първият опит за облитане на Марс е направен от СССР с **“Марсник 1”** на 10.10.1960г., но без успех поради възникнали проблеми с изстрелването. Следват редица неуспешни опита за облитане на Марс до 1964г. (**“Марсник 2”**, **“Спутник 22”**, **“Марс 1”**, **“Спутник 24”**, **“Зонд 1964А”**)

Първият опит за облитане на Марс с **“Маринър 3”** (изстрелян на 5.11.1964г.) направен от САЩ също е неуспешен, т.к. кожухът, обвиващ апарата на върха на ракетата, не се разтваря.

Първото успешно облитане на Марс е направено от **“Маринър 4”** на 14.07.1965г. от разстояние 9846 km от Марс и за пръв път е заснета отблизо повърхността на планетата. На снимките се виждат кратери, огромни каньони, вулкани, сухи езерни корита и запустяла повърхност. През 1969г.

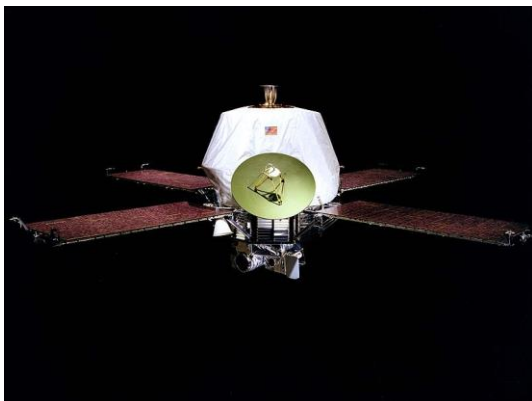
„Маринър 6“ и „Маринър 7“ преминават на около 4000 km от Марс и предават информация за повърхността и атмосферата на планетата.

Следват редица неуспешни и успешни мисии за облитане на Марс до 1971г.

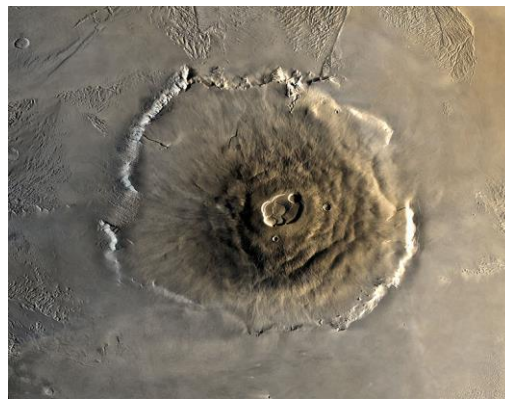
Изстреляната на 30.05.1971г. сонда **„Маринър 9“** (фиг. 5), която навлиза в орбита около Марс на 24.11.1971г., става **първият американски космически апарат, обиколил друга планета, освен Земята**. След месеци на пустинни бури, сондата успява да изпрати изненадващо ясни снимки на планетата. На една от тези снимки се вижда най-високият вулкан и планина, познат в Слънчевата система – **Олимп Монс** (фиг. 6), който е три пъти по-висок от Еверест. Вурканът е висок 27 km и широк 550 km.



Фиг. 4. “Маринър 4”



Фиг. 5. „Маринър 9“



Фиг. 6. Олимп Монс

III. Изследване с марсоходи на Марс

През средващите години следват редица успешни и неуспешни опити за изследване на планетата Марс с орбитални апарати и марсоходи, които да кацнат на планетата.

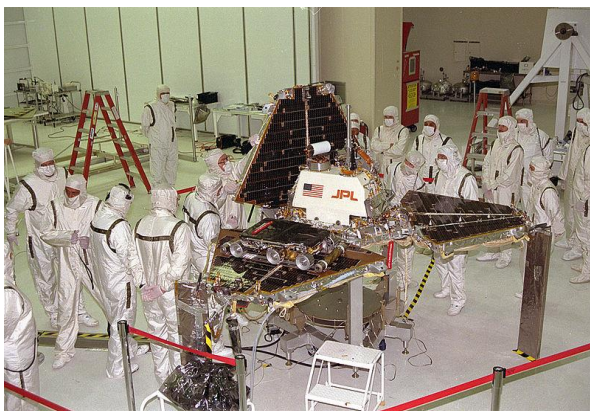
Първият марсоход е изстрелян на 19.05.1971г. от космическата сонда „Марс 2“, но при кацане се разбива в повърхността на Марс поради относително силна прашна буря.

На 2.12.1971г. - **Съветският космически апарат „Марс 3“** прави **първото успешно кацане на повърхността на Червената планета**, но за съжаление успява да предава данни само 20 s, преди да се повреди.

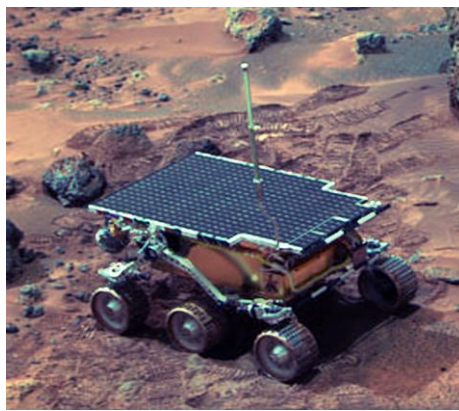
През юли и август 1973г. СССР изстрелва успешно апаратите „Марс 4“, „Марс 5“, „Марс 6“ и „Марс 7“. След полет от около 7 месеца всички те достигат до Марс. От четирите апарата на Марс каца само спускаемият модул на „Марс 6“.

През 1975г. НАСА изстрелва космическите апарати „Викинг 1“ и „Викинг 2“. На 20.07.1976г. спускаемият модул на „Викинг 1“ осъществява **първото успешно кацане на повърхността Марс**. На 3.09.1976г. на Марс каца и „Викинг 2“.

Американската сонда „Марс Патфайндър“ (фиг. 7) е изстреляна на 4.12.1996г. на борда на ракетата Делта II от военновъздушната база Кейп Канаверал във Флорида. На 4.07.1997г. след 6 месеца полет на Марс каца **колесният марсоход „Соуджърнър“** (фиг. 8). Марсоходът в продължение на 4 месеца изследва повърхността на Марс и праща снимки към Земята. „Марс Патфайндър“ има 3 научни модула за изследване на *геологията и повърхностната морфология* на малки и огромни скални късове, *геохимията на повърхността и скалите*, *магнитните и механическите свойства на почвата*, различни изследвания на *атмосферата и ротационната и орбитална динамика* на Марс. Тази мисия, освен че е **първата** от поредица мисии до планетата, **включващи марсоходи**, е и **първата** мисия, която изпраща **марсоход до друга планета**.

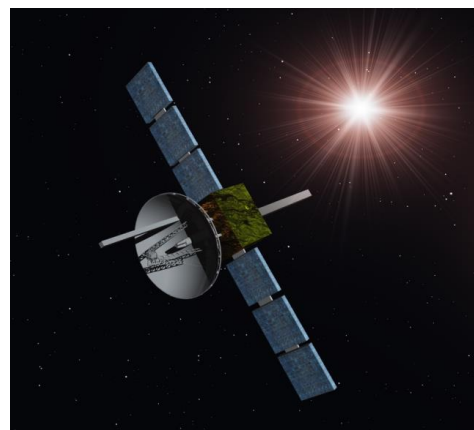


Фиг. 7. Марс Патфайндър в
монтажното хале



Фиг. 8. „Соуджърнър“

През следващите години в опитите за изследване на планетата Марс се включва и **Япония** със сондата „**Нозоми**“ („*Желание*“) (фиг. 9), изстреляна на 3.07.1998г. Тя е планирана като орбитираща около Марс сонда, но поради електрическа повреда недостига орбитата на Марс. Задачите на „Нозоми“ са: да изучава *горната част на марсианската атмосфера* и нейното взаимодействие със *слънчевия вятър*; да измерва *структурата, състава и динамиката на йоносферата*; *изпаряването на съставните части на атмосферата*; *магнитното поле*; *проникването на слънчевия вятър през магнитното поле и праха в горната атмосфера*. „Нозоми“ прави 2 прелитания покрай Земята (през 2002г. и 2003г.) с цел да влезе в правилната траектория, но без успех. На 14.12.2003г. орбиталният апарат прелита покрай Марс и отива в двугодишна хелиоцентрична орбита.



Фиг. 9. Нозоми

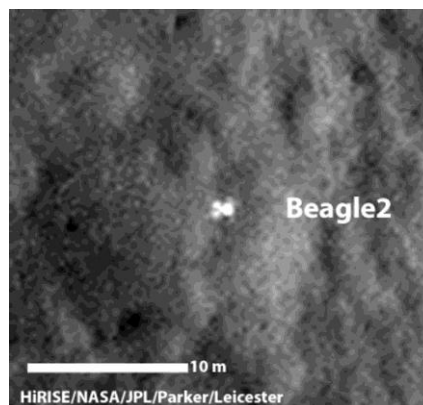
През 21 век са изстреляни редица орбитални апарати, приземяеми апарати и марсоходи. Някои от най-значимите са представени тук.

На 2.06.2003г. Европейската космическа агенция (ЕКА) изстрелва орбиталния апарат „**Марс Експрес**“ със спускаемия модул „**Бийгъл 2**“ (фиг. 10) с мисия за 2 години. Така в надпреварата в изучаване на Марс се включва и **Великобритания**. „Марс Експрес“ успешно влиза в орбита около Марс. На 25.12.2003г. „Бийгъл 2“ по план трябва да кацне на Марс, но 6 дни преди да навлезе в атмосферата и да се приземи, връзката с модула е изгубена. Предполага се, че се е разбил. На 16.01.2015г. Космическата агенция на Великобритания оповестява, че Майкъл Крун бивш член от екипа на Марс Експрес, е забелязал изчезналият „**Бийгъл 2**“ **на Марс след повече от 11 години** (фиг. 11). Изказано е предположение, че при кацането слънчевите

батерии на спускаемия модул не са се отвори напълно, което е причината комуникацията със Земята да не се осъществи.



Фиг. 10. Реплика на „Бигъл 2“ в Лондонския музей на науката



Фиг. 11. „Бигъл 2“ на повърхността на Марс

„Марс експлорейшън роувър“ MER-A, по-известен с името „Спирит“ („дух“) е първият от двата дистанционно управлявани роботизирани всъдехода на НАСА. „Спирит“ е изстрелян на 10.06.2003г. (фиг. 12) и се приземява успешно на Марс на 4.01.2004г. След три седмици неговия брат-близък „Опъртюнити“ (изстрелян на 7.10.2003г.) се приземява на другата страна на планетата. Марсоходът „Спирит“ изследва скалите и почвата на Марс с цел откриване на признаци за вода и веднага след кацането си изпраща снимки от повърхността на планетата. Мисията е планирана за 3 месеца, но „Спирит“ работи на Марс повече от 6 години. През тези години „Спирит“ заснема и предава информация от изминати 7,73 km, което е над 12 пъти повече от поставената цел. Последната връзка на „Спирит“ със Земята е на 22.03.2010г., след което Американската космическа агенция (АКА) прави редица опити да се свърже с марсохода, но неуспешно. На 25.05.2011г. НАСА обявява края на мисията на „Спирит“.



Фиг. 12. „Спирит“ (изображение)



Фиг. 13. „Опъртюнити“



фиг. 14. Снимка от „Опъртюнити“

Братът-близък „Опъртюнити“ (фиг. 13) продължава да функционира след „Спирит“. Името на марсохода, е дадено от момиче на 9 год. с руски произход Софи Колиз, родено в Русия и осиновено в Аризона от американско семейство.

Марсоходът измина 45 km на Марс в продължение на повече от 15г., макар че е програмиран за 90 дни (фиг. 14). „Опъртюнити“ получава енергията от слънчевите си батерии, които чрез естествения вятър на Марс се самопочистват от марсианския прах. „Опъртюнити“ преминава в спящ режим на 12.06.2018г. поради разразила се мощна пясъчна буря и оттогава не се е свързвал със Земята. На 13.02.2019г. НАСА обяви края на една от най-успешните си и дълготрайни мисии за междупланетно изследване, мисията на марсохода „Опъртюнити“.

Огромен е приносът на „Спирит“ и „Опъртюнити“ в изследването на Марс. Те едновременно изучават Марс, макар и на разстояние един от друг от около 10 000 km. И двата апарата откриват свидетелства за **древна марсианска среда**, която с прекъсвания е била **влажна и годна за обитаване**.

Роботизираният космически апарат „**Финикс**“ (фиг. 15), е част от програмата „Марс скаут“. „Финикс“ е изстрелян на 4.08.2007г. и след 296 дни пътуване, на 25.05.2008г. се приземи на богатите на вода северни полярни региони на Марс – **Ваститас Бореалис**, които са близо до северния полюс на Марс. Целта на „Финикс“ е да търси **среда, подходяща за микробиален живот на Марс и да изследва историята на водата на Марс**. Предвидено е с роботизираната си ръка да копае в арктическия грунд. „Финикс“ е **шестият успешно приземен апарат на Марс и първият, който използва пулсови двигатели за кацане от Викинг 1 и 2 насам**. „Финикс“ прави научни изследвания в продължение на 149 дни от заложените му 152.

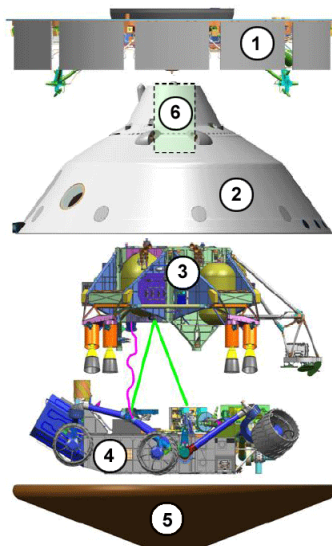


Фиг. 15 Тестване на „Финикс“

На 26.11.2011г. марсоходът „**Кюриосити**“ е изстрелян от Кейп Канаверал с ракета-носител „Атлас V“. Той е част от дългосрочна научна програма „Марс Експлорейшън програм“, за изследване на Марс с безпилотни космически апарати, в която освен САЩ участва и **Германия**. С помощта на **Марс Сайънс Лаборътори (МСЛ)**, (фиг. 16), „**Кюриосити**“ каца успешно на 20 km в кратера Гейл на Марс на 6.08.2012г. По план марсоходът трябва да изследва повърхността на Марс на разстояние от 5 до 20 km от мястото на кацане в продължение на поне 667 земни дни (1 марсианска година), но в последствие НАСА удължава този период. Всъщност „Кюриосити“ обикаля по каменистия терен на планетата повече от 7 години.

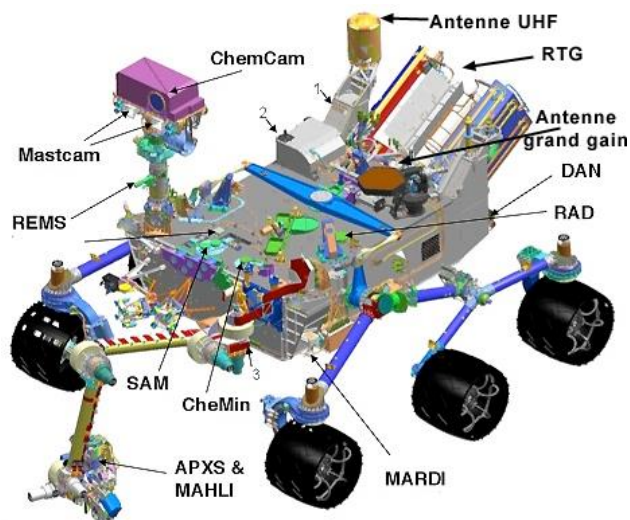
Задачите на „Кюриосити“ са да проучи дали е възможно на Марс да има **живот**, неговия **климат** и **геология**, и да събира информация за **бъдещ пилотиран полет до Марс**.

„Кюриосити“ (фиг. 17) е два пъти по-широк от „Спирит“ и „Опъртюнити“, много по-голям и тежи 899 kg и може да измине до 90 m на час. Размерите на „Кюриосити“ са сравними с размерите на автомобил „Мини Купър“.



- 1.Междупланетен модул;
- 2.Backshell;
- 3.Спускаем модул;
- 4.Кюриосити;
- 5.Топлинен щит;
- 6.Паращут

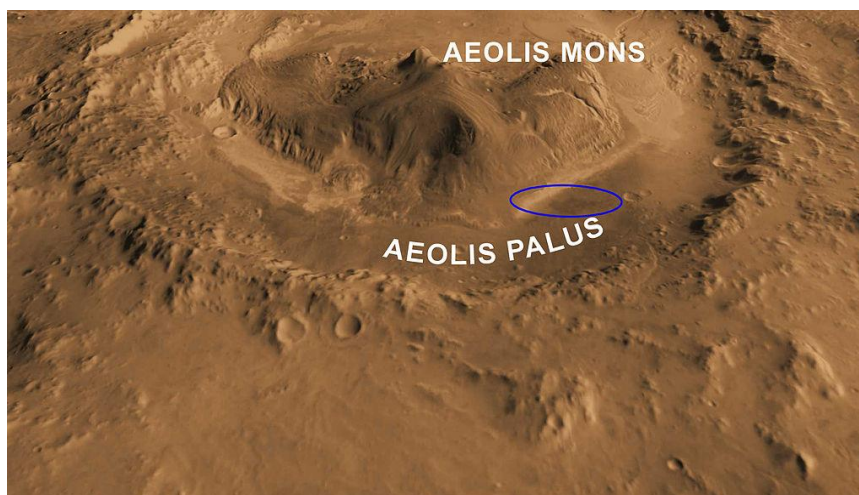
Фиг. 16. Диаграма на апарата МСЛ



Фиг.17 Цветна схема на Кюриосити

Научното оборудване на „Кюриосити“ включва: *рентгеновълчев спектрометър на алфа частици (APXS), рентгенодифракционен и рентгенофлуоресцентен анализатор (CheMin), анализатор на проби на Марс (SAM) – за анализ на органични съединения и газове от атмосферата, почвата и скалите, детектор за оценка на радиацията (RAD)* и други.

„Кюриосити“ изследва кратера Гейл на Марс, който е с диаметър 154 km и предполагаема възраст 3,5-3,8 милиарда години (фиг. 18). В центъра на кратера се издига планинта „**Aeolis Mons**“ (Елоида) с височина 5,5 km.



Фиг. 18. Планината „Aeolis Mons“ и равнината „Aeolis Palus“ разположени в кратера Гейл

На 7.07.2018г. по информация на НАСА, марсоходът е открил *органична материя* в почва от речно корито на кратера Гейл на 3 милиарда години, както и метан в марсианската атмосфера.

В надпреварата за изучаване на планетата Марс се включва и **Китай** със своя първи орбитален апарат „**Ингхуо-1**“, изстрелян на 8.11.2011г. заедно с руската сонда „Фобос-грунт“ (фиг. 19). Сондата по план трябва да навлезе в

орбита на марсианския спътник Фобос, но не успява да напусне земната орбита. Апаратът „Ингхуо-1“ има за цел да изследва *марсианската повърхност, атмосфера, йоносферата и магнитно поле*, като остане в орбита около Марс 2 години. Възникнал проблем след изстрелване на сондата „Фобос-грунт“ заедно с „Ингхуо-1“ попречил да се отправят към Марс и остават в орбита около Земята. На 17.11.2011г. Китай обявява, че „Ингхуо-1“ е загубен. В последствие „Ингхуо-1“ и „Фобос-грунт“ навлизат обратно в земната атмосфера и на 15.01.2012 г. се разпадат над Тихия океан.



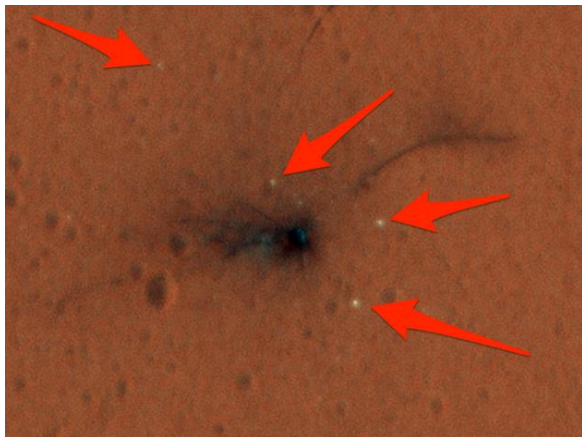
Фиг. 19. „Фобос-грунт“ с „Ингхуо-1“

Фиг. 20. Сонда „Мангалиан“

През 2014г. **Индийският** орбитален апарат „Мангалиан“ (фиг. 20) успешно влиза в орбита около Марс с цел да бъдат тествани космическите възможности на страната за междупланетни мисии. Индия стана **първата нация** с подобно постижение от **първия опит**, както и **първата азиатска страна**, достигнала Марс. Индийската космическа агенция е четвъртата страна, изпратила успешно космически кораб до Марс. Досега това са правили американската, европейската и руската космически агенции. Така Индия задмина Китай в надпреварата за овладяване на Космоса. Космическият апарат „Мангалиан“ има за цел да търси метан в атмосферата и да изучава повърхностните характеристики и минералната структура на планината. По план „Мангалиан“ ще остане около Марс поне шест месеца на елиптична орбита, която в най-близката си точка ще е на разстояние 365 km, а в най-далечната – на 80 000 km.

На 14.03.2016г. от Байконур стартира **руско-европейската мисия „ЕкзоМарс – 2016“**, с орбиталния апарат „Трейс газ орбитър“ и демонстрационният спускаем модул „Скиапарели“. Това е една от мисиите, която е доказателство, че не само надпреварата в изследването на Марс дава резултати, но и съвместните мисии, както представената.

Модулът изпраща някои ценни данни за атмосферата на Марс, но за съжаление се разбива при кацането си (фиг. 21). На фигурата черното петно е мястото, където се разбива „Скиапарели“ на Европейската космическа агенция. Белите петна, отбелязани със стрелки са парчетата от спускаемия апарат. Орбиталният апарат е предназначен да открива атмосферни газове, свидетелство за активен биологичен живот на Червената планета.



Фиг. 21. Мястото на разбития „Скиапарели“



Фиг. 22. Сеизмометърът на „ИнСайт“

През 2018г. НАСА изстреля сондата „ИнСайт“, чиято мисия е с продължителност 2 години. Основната мисия на сондата е да проучи сеизмологията на Марс, състава на нейното ядро и да отговори на въпроса има ли подпочвени води на Червената планета. На фиг. 22 се вижда *сеизмометъра*, разположен на повърхността на Марс и куполообразния щит за защита от вятъра и температурните промени. След разгръщането на пробивната машина на „ИнСайт“, тя ще издълбае в марсианската повърхност отвор с дълбочина от 5 m и ще вземе проби, които учените изследват.

IV. Приносът на България

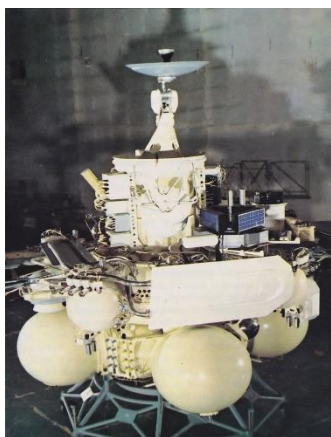
През 1988-1989г. България се включва с апаратури в международната космическа програма „Фобос“ съвместно със САЩ, Европейската космическа агенция (ЕКА), СССР и други страни. България участва с 2 апаратури: 1) за определяне *елементния и изотопен състав на почвата на Фобос* и 2) за извършване на *спектрометрични изследвания* и да *навигира апаратите „Фобос“*. **Българските уреди изследват радиационната обстановка на кораба и в околността, както и галактическите космически лъчи, които са най-опасни и защитата от тях е практически невъзможна. Целта е да се изследва как галактическите лъчи преминават през атмосферата на Марс - нещо което не е било правено към този момент“.** *Информацията от нашата апаратура е жизнено важна за успеха на бъдеща пилотирана мисия до Марс и колко дълга може бъде бъдещата мисия на космонавтите, когато стъпят за*

първи път на Марс. Данните се събират и в нашия Институт за космически изследвания.

За първата задача в Астрономическата обсерватория в Кърджали е изработен уредът **рефлектор** „Лима-Д“, който е с висока надеждност и ресурсен запас.

Втората задача е навигаторът „**видеоспектрометричен комплекс**“ (ВСК) „Фрегат“, който е трябвало до 15.06.1987г., заедно с документацията да бъдат предадени в Москва. Опитният образец преминава успешно лабораторните изпитания. В него са монтирани най-нови електронни елементи. ВСК има 3 *ТВ камери, система за спектрометриране, за управление на ВСК-то, устройство за запис на видео и вторични токозахранвания.* Точно на 14.06.1987г. комплексът е готов за транспортиране, а на 15.06.1987г. сутринта самолетът с ВСК на борда си излита от София и каца на летище „Шереметиево 1“.

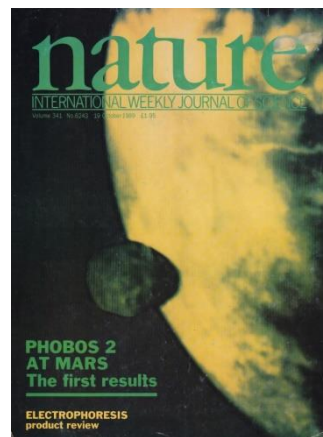
Так започва звездния миг на българските космически технологии! Готовите 2 бр. ВСК са доставени за полета в последния възможен момент и са изстреляни в космическите апарати „Фобос 1“ и „Фобос 2“ (фиг. 23). „Фобос 1“ аварира поради компютърна грешка, нямаща нищо общо с българската апаратура, но полетът на стриктно навигирания „Фобос 2“ върви успешно и на 28.02.1989г. ВСК "Фрегат" предава към Земята истинска цветна снимка със спътника Фобос на фона на планетата Марс (фиг. 24).



Фиг.23. Космически апарат "Фобос"



Фиг.24. „Фобос“, сниман от „Фрегат“,



Фиг.25. Списание „Нейчър“

Доказателство приноса на България в международното изследване на Космоса е заглавната страница на престижното с много висок импакт фактор научно списание „Нейчър“ (фиг. 25) на която има снимката от ВСК „Фрегат“. В този брой от 19.10.1989г., се анализират научните резултати от „Фобос 2“ българската апаратура. Там пише: „ВСК „Фрегат“ изпрати на Земята най-ценна информация“! Допреди 10г. това бяха най-качествените снимки на Марс и Фобос, с които човечеството разполагаше.

V. Заключение

Историчесните етапи в изучаване на планетата Марс ни показва как със своя упорит труд учените от цял свят се стремят към разкриване тайните на недостатъчно проучени планети.

Космическата надправера на СССР (днешна Русия), САЩ, Япония, Великобритания, Германия, Китай, Индия, както и приносът на България (макар и малък), през годините предоставя огромни възможности за изследване на тази загадъчна планета Марс.

Бъдещето овладяване на Космоса и в частност на планетата Марс ще спомогне за разширяване знанията на човечеството за непознатите планети.

ЛИТЕРАТУРА

[1] <https://bg.wikipedia.org>

[2] <https://it.dir.bg/nauka/india-mars-sonda-mangalian>

[3] <https://www.google.com>

[4] <https://mars.nasa.gov>

[5] <https://blogs.scientificamerican.com>

МИСИИ В ОВЛАДЯВАНЕТО НА МАРС ПРЕЗ 2021

Елена Халова и Невена Кожухарова

Катедра Приложна Физика, ФПМИ, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" №8, България
e-mail: ehalova@tu-sofia.bg, nkojuharova@tu-sofia.bg

***Резюме.** Настоящият доклад представя последните три космически мисии „Амал“ на ОАЕ, „Тяньвън-1“ на Китай и „Пърсивиърнс“ на САЩ за изследване на загадъчната Червената планета – Марс. В доклада са разгледани мисиите, техните задачи и постигнатите резултати.*

Ключови думи: космически мисии до Марс, изследвания, резултати.

През 2021г. три космически апарати на **Обединените арабски емирства (ОАЕ), Китай и САЩ** стигнаха до планета Марс. Сондата „Амал“ на ОАЕ и китайският космически апарат „Тяньвън-1“ навлязоха в орбита на Марс на 9 и 10 февруари 2021г. съответно. На 18 февруари космическия апарат, „Пърсивиърнс“ също навлезе в орбитата на планетата и веднага марсоходът „Пърсивиърнс“ се спусна на повърхността ѝ. И трите апарата бяха изстреляни през юли 2020г., когато Земята и Марс бяха в най-близката си точка при пътуването си около Слънцето. В доклада ще бъдат разгледани тези три мисии до Червената планетата.

I. Космическата сонда „Амал“

Обединените арабски емирства е шестата космическа сила след САЩ, Русия, Китай, Индия и Европейския съюз, която успешно изпраща своя мисия до Марс и първата арабска междупланетна мисия. За ОАЕ това е първа мисия извън орбитата на Земята.

Безпилотният космически апарат „Амал“ („Надежда“), с тегло 1,3 t, е изстрелян на 20.07.2020г. от космодрума Танегашима в Япония, след двукратно отлагане на полета поради лошо време. След близо 7 месеца полет и изминати 482 милиона km на 9.02.2021г. навлиза в орбита около Червената планета. Точно моментът на навлизане в орбита е най-критичен. Сондата за 27 min е задействала основните си двигатели за маневра, за да намали скоростта си от 121 000 на 18 000 km/h, след което траекторията на сондата е променена и тя навлиза в елипсовидната орбита на Марс. Именно такива маневра през годините е превърнала множество мисии на различни страни в неуспешни. Директорът на мисията Омран Шараф, с облекчение, обявил на фона на аплодисментите: „На народа на ОАЕ и на арабските и ислямски нации, ние обявяваме успеха на ОАЕ в достигането на Марс“. „Тази мисия не е само за

достигане до Марс. Марс е само средство към много по-голяма цел“, казал Омран Шараф.

Задачата на сондата „Амал“ е да направи **първата пълна карта на атмосферата на Марс** като изследва температурната динамика от разстояние между 22 000 и 44 000 km от повърхността, което е почти над екватора на Марс и да установи защо голяма част от нея липсва. Научната програма е подготвена в сътрудничество между ОАЕ и НАСА. Една от целите на „Амал“ е да изследва как **енергията се движи в атмосферата от горния ѝ край към долния през различните сезони**. Получените данни ще допълнят информацията за климата и причините за формиране на огромните пясъчни бури. Друга задачата на „Амал“ е да наблюдава поведението на неутралните **атоми на водорода и кислорода** в най-високите части на атмосферата. Тази информация ще даде отговор на въпроса „Как и каква е причината водата на Марс да е изчезнала?“. Съществува предположение, че тези атоми съдействат за ерозирането на марсианската атмосфера от енергийните частици, които идват от Слънцето.

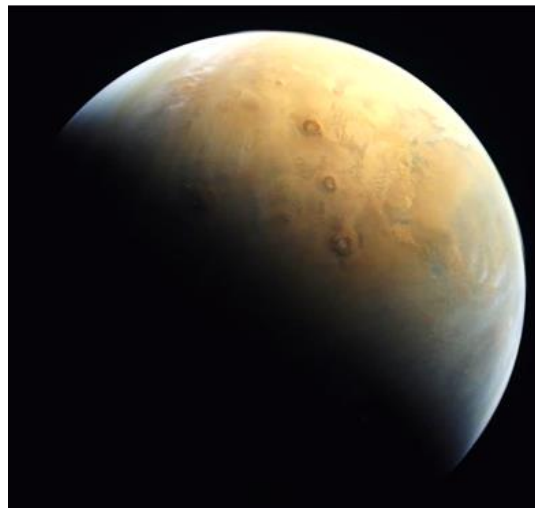
Една пълна обиколка на планетата Марс сондата „Амал“ (фиг.1) извършва на всеки 55 h. Апаратът е с широчина 2,37 m, височина 2,9 m и тежи 1350 kg. По план сондата трябва да работи 1 марсианска година, което е 687 земни дни.



Фиг. 1. Сондата „Амал“ на ОАЕ

Предвидено е апаратът да започне да изпраща повече информация през септември 2021г. Цялата събрана информация ще бъде предоставена на над 200 академични и научни институции за анализ на получените резултати.

Космическият апарат е оборудван с **камера** за цветни снимки, **инфракчервен спектрометър** за изследване на ледените облаци, водната пара и температурата в долните слоеве на атмосферата на Марс и **ултравиолетов спектрометър** за изследване на въглеродни, водородни и кислородни молекули в горните слоеве на атмосферата на планетата.



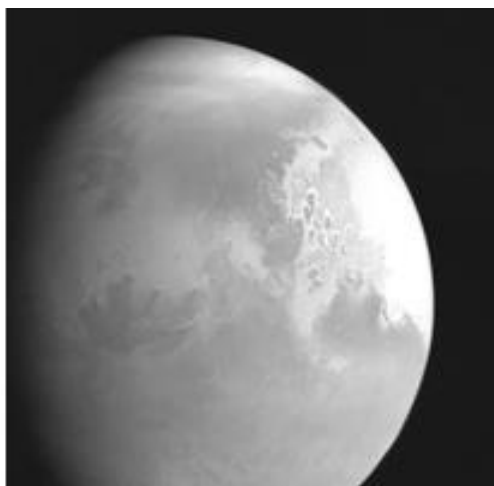
Фиг. 2 Марс, заснет от „Амал“

„Амал“ изпраща и първата си снимка, направена от апарата EXI от височина близо 25 000 km над повърхността на планетата (фиг. 2). Северният полюс е в горния ляв ъгъл. В центъра, точно преди да бъде огрян от Слънцето, е Олимп Монс – най-високият вулкан и планина в Слънчевата система. Още три вулкана, подредени в редица, се виждат вдясно.

Сондата „Амал“ на Обединените арабски емирства е началото на амбициозна космическа програма, която предвижда създаване на селище на Червената планета в следващите 100 години.

II. Космически апарат „Тяньвън-1“

Китайският космически апарат „Тяньвън-1“ („Въпроси към небето 1“), който е първият китайски апарат за изследване на Марс, е изстрелян на 23.07.2020г. с ракета-носител „Чанчжън-5“. „Тяньвън-1“ влезе в орбитата на Марс на 10.02.2021г. и изпрати първата си снимка на Марс (фиг. 3). Фигура 4 представя част от повърхността на планетата, заснета от височина 330-350 km, на която се виждат кратери, планински хребети и дюни. Диаметърът на най-големият от заснетите кратери е около 620 m. Мисията трябва да продължи 90 марсиански дни, малко повече от 3 земни месеца, след което от апарата „Тяньвън-1“ към повърхността на Марс ще бъде изпратен спускаем модул. Очаква се през май или юни тази година марсоходът да кацне в южната част *равнината Утопия*. Ако той кацне успешно, Китай ще стане едва **третата държава**, след САЩ и бившия СССР, които са кацнали успешно на Марс и **втората** страна след САЩ, успяла да приземи и контролира апарат на Марс.



Фиг. 3. Марс, заснет от „Тяньвън-1“



Фиг. 4. Снимка на повърхността на Марс

Общото тегло на „Тяньвън-1“ е 5 t, от които 1,3 t е теглото на отделящия се модул, а теглото на орбиталния апарат е 3,7 t. Задачата на „Тяньвън-1“ е да открие *следи от магнитно поле в миналото* на Марс и да изследва *състава на скалите*. „Тяньвън-1“ също ще търси *наличието на лед в басейна на равнината Утопия*, който в бъдещи мисии би могъл да се използва за вода.

Орбитиращият апарат е снабден с *две камери, радар* за изследване на подповърхностния слой, *минералогичен спектрометър, магнитометър, анализатор на йоните и неутралните частици, анализатор на енергийните частици*. Неговата задача е да **картографира повърхността** на планетата и да **събере данни за геоложката ѝ структура**.

Спускаемият модул е оборудван с още 6 апарата за проучване състава на скалите, за търсене признаци за вода под повърхността и събиране на атмосферни данни.

III. „Пърсивиърнс“

На 18.02.2021г. в 22:55 часа българско време новият марсоход „Пърсивиърнс“ (Perseverance) на НАСА, изстрелян от Земята през лятото на 2020г., осъществи меко кацане върху повърхността на Червената планета. Най-рисковите два момента в цялата мисия бе навлизането на спускаемия апарат в атмосферата и кацането на повърхността на Марс. Седемте минути между тези два момента са определящи за успеха на цялата мисия. За тези 7 минути инженерът Алън Чен (фиг. 5) и екипът му (фиг. 6) са се подготвяли почти 9 години. Огромна е заслугата на Алън Чен и екипът му за успешното кацане.

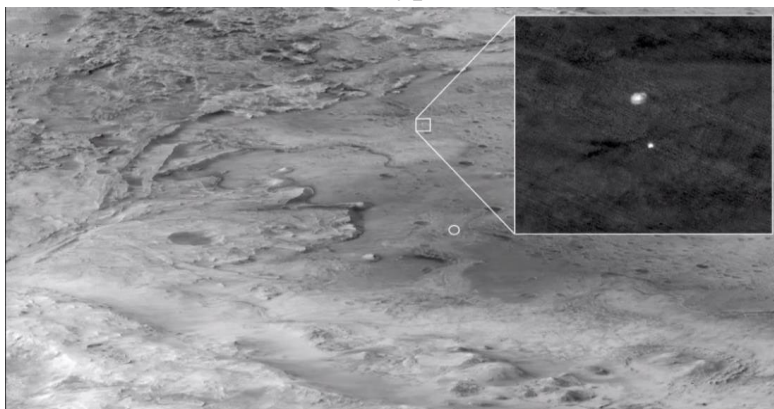


Фиг. 5. Инженерът Алън Чен



Фиг. 6. Екипът на мисията моменти след кацането на „Пърсивиърнс“

Задачата била твърде сложна. Алън Чен и екипът му трябвало да осигурят намаляване на скоростта на движение на „Пърсивиърнс“ от 12 000 мили в час при навлизане в атмосферата на Марс до около 1 миля в час при кацането, при това без да изгори в атмосферата поради високите температури, предизвикани от триенето, да стигне безопасно до повърхността на Марс, да кацне без да се разбие в повърхността на Марс, без да се отклони от курса си и без нито една част от него да се повреди. Ето какво казва Чен в тази връзка „Трябваше да гарантираме, че апаратът може да се справи с всички предизвикателства, които Марс може да постави.“ Кацането на „Пърсивиърнс“ не е първото, в чиято подготовка участва Алън Чен. Той е сред инженерите, работили по изследователски проекти, свързани с приземяване на космически



Фиг. 7 Кацането на „Пърсивиърнс“

кораби на Марс, както и в подготовката за кацане на „Кюриосити“ на Марс през 2012г.

Кацането на марсохода на Марс е заснето от орбиталната мисия „Марс Риконисънс Орбитър“ на САЩ (фиг. 7). Това е вторият опит орбитален апарат успешно да проследи на живо кацането на спускаем модул. Преди това единствено спускането на „Кюриосити“ през 2012г. е било заснемано. През 2018г. опитът да бъде сниман парашутът на „ИнСайт“ е бил неуспешен.

Самият „Пърсивиърнс“ заснема своето кацане (фиг. 8), което е направено посредством камера, прикачена към ретроракетната платформа. На фигурата се вижда т.нар. „небесен кран“ (виж и фиг. 9), което е иновативна технология, позволила кацането на полезен товар на Червената планета с тегло близо 2 t!



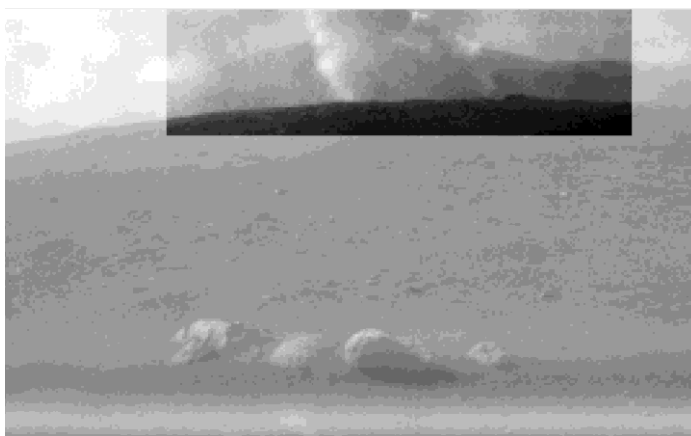
Фиг. 8. *Кацането на „Пърсвиърнс“ заснето от него*



Фиг. 9. *Илюстрация на кацането на „Пърсвиърнс“*

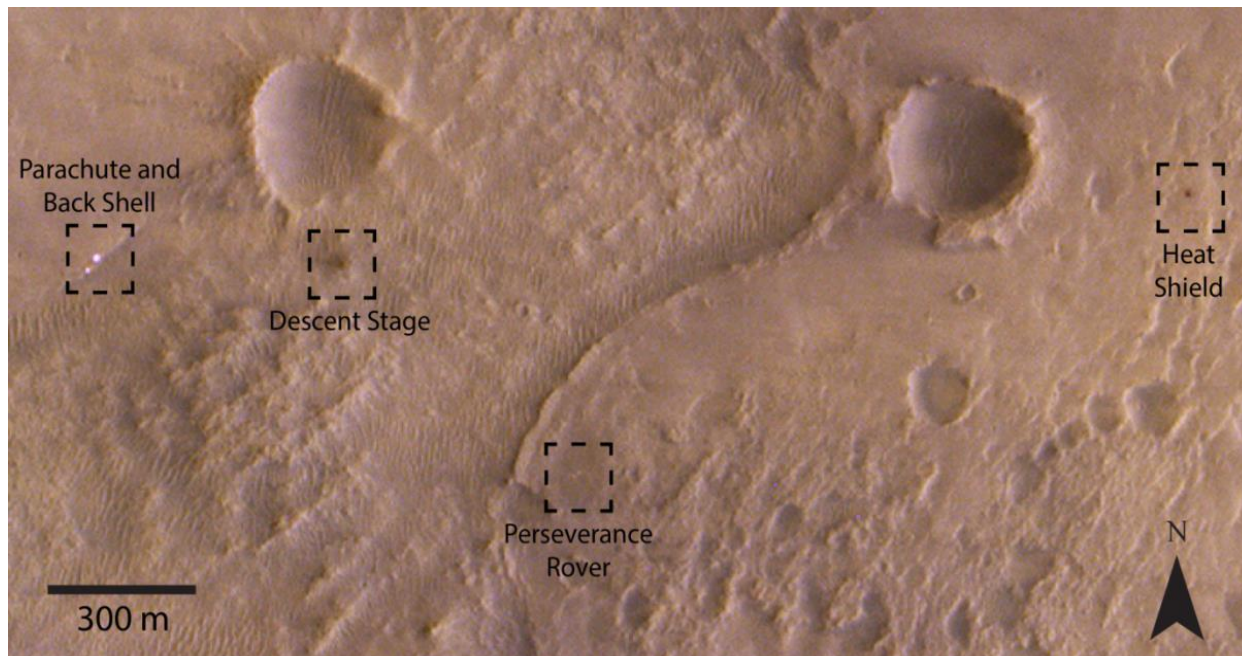
Още един много рисков момент от кацането на марсохода е след като „небесният кран“ постави „Пърсивиърнс“ меко на повърхността на Червената планета, той е трябвало да се отдалечи много бързо, за да не попадне върху марсохода. Точно така е станало - „небесният кран“ бързо се е отдалечил, след което е паднал далеч извън периметъра на научната апаратура и се е разбил. Това се вижда на една от първите снимки изпратени от „Пърсивиърнс“ на Земята. На фиг. 10 се вижда експлозията на „небесния кран“.

Роботизираната мисия на Русия и Европейската космическа агенция (ЕКА) „ЕкзоМарс - Трейс Газ Орбитър“ също успя да заснеме марсохода след неговото кацане (фиг. 11). На снимката са



Фиг. 10. *Експлозията на „небесния кран“*

означени заснетите различни местата на падане на отделните компоненти, използвани при спускането. Това са топлинният щит, задният щит, ретроракетната степен, парашутът, както и самият „Пърсивиърнс“. Тази снимка е направена с помощта на камерата „CaSSIS“ на 23.02.2021г., а отделните компоненти се забелязват като светли или тъмни пиксели. На снимката се виждат особеностите на повърхността на планетата Марс.



Фиг. 11. Снимка на мястото на кацане на „Пърсвиърнс“

Орбиталният апарат „ЕкзоМарс - Трейс Газ Орбитър“ е успял да запише много голяма и съществена част от изпратените данни, както и видео и снимки направени от „Пърсивиърнс“ по време на кацането си. Руско-европейската мисия ще продължи да служи за връзка между марсохода и Земята.

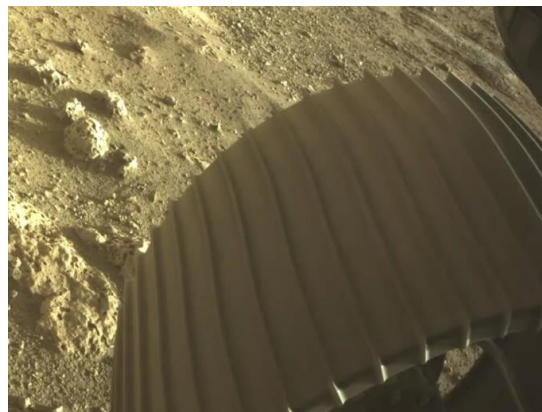
Паралелно с това „ЕкзоМарс - Трейс Газ Орбитър“ продължава да изучава газовете на Червената планета, а наскоро мисията успя **да открие наличието на хлороводород**.

Тази мисия ще продължи да се използва за същата цел и след като бъде изстреляна следващата руско-европейската мисия „ЕкзоМарс 2022“. Изстрелването е предвидено за 20.09.2022г. с ракетата-носител „Протон.-М“, на повърхността на Марс ще стъпи руския спускаем модул „Казачок“, а от него ще излезе европейския марсоход "Роузалинд Франклин". Пристигането им е насрочено за 2023г.

Първите снимки, заснети от „Пърсивиърнс“ непосредствено след неговото кацане не са с добро качество, т.к. са направени през прозрачните капаци на камерите, които още не са били отстранени и са били покрити с прах. Следващите снимки са с открити обективи на камерите, както и първата цветна снимка (фиг. 12), макар и направена с ниска резолюция и некалибрирани цветовете. На фиг. 13 е показана снимка на едно от колелетата на марсохода, на която много ясно се вижда каква е повърхността на Марс.



Фиг. 12. *Първата цветна снимка изпратена от марсохода*



Фиг. 13. *Снимка на повърхността на Марс, заснета от марсохода*

На 23.02.2021г. (4-тия ден от кацането) в 16:40 ч. местно време марсоходът е заснел Слънцето, докато над **кратера Джезеро** бил късен следобед (фиг.14).



Фиг. 14. *Слънцето заснето от Марс*



Фиг. 15. *Снимка с камерите Mastcam-Z на марсохода*

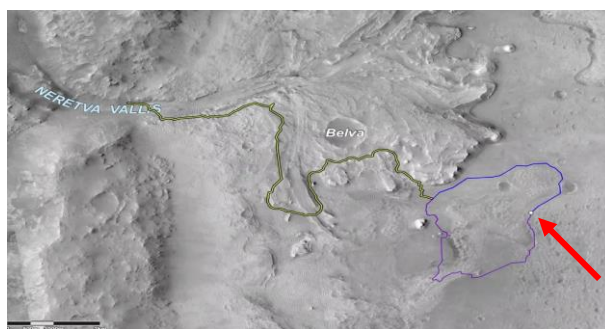
На 27.02.2021г. бяха качени на сайт на НАСА множество снимки, заснети от камерите Mastcam-Z на марсохода „Пърсивиърнс“, една от които е показана на фиг. 15 и представя повърхността на Марс.

Камерите Mastcam-Z са монтирани към голямата мачта на марсохода на височина 2 m (фиг. 16). Камерите имат zoom-функция и могат да се фокусират върху отделни обекти, да заснемат видеа и 3D изображения. Камерите могат да различават много дребни обекти и са с резолюция в интервала от 0.15 mm/pixel до 7.4 mm/pixel в зависимост от разстоянието.

„Пърсивиърнс“ е с размери на автомобил (със 6 колела) – дълъг 3 m, широк 2,7 m и тегло 1040 kg. „Пърсивиърнс“ е оборудван с 20 камери и със 7 апаратури, между които устройство за преобразуване на въглеродния диоксид в атмосферата на Марс в чист кислород. Към корпуса на „Пърсивиърнс“ е прикрепен миниатюрен хеликоптер с името „Индженюити“ (Ingenuity – изобретателност).



Фиг. 16. „Пърсивиърнс“ в лаборатория на НАСА в Калифорния



Фиг. 17. Планираната траектория на „Пърсивиърнс“

Още на 06.03.2021г. марсоходът се отправи на север, изминавайки 36 m към основната си научна цел (фиг. 17). Червената стрелка показва мястото на кацане на марсохода. Основното направление за движение е на запад (жъртвата линия).

Същевременно марсоходът е направил измервания на температурата на планетата. Данните за периода 10.04 - 16.04.2021г са представени в таблица 1.

Хеликоптерът „Индженюити“ разполага с 2 камери, тежи само 1,8 kg и е най-модерната астробиологическа лаборатория, изпращана извън пределите на Земята. В рамките на 1 месец са планирани до 5 полета с постепенно увеличаваща се трудност. Хеликоптерът може да се издига на височина до 5 m и да изминава до 300 m, като за първия тест разстоянието ще бъде много по-малко. Малкият хеликоптер, трябваше да полети на 11.04, след това отменен за 14.04., т.к. на 9.04. бе устновен проблем с роторите и след корекции от Земята пробният полет бе осъществен. На 19.04.2021г. хеликоптерът „Инджинюити“ излетя вертикално, издигна се на 3 m за 40 s и след това кацна на повърхността на Марс (фиг. 18). Този полет и всички последващи са едно значимо техническо постижение, т.к. плътността на марсианската атмосфера е едва 1% от земната. Този полет е голямо техническо постижение.

„Пърсивиърнс“, част от космическата мисия на САЩ „Марс 2020“, ще търси **признаци за древен живот**, както и **следи от микроорганизми**. В метални туби ще събира проби от скалите на Марс, а бъдещи мисии ще връщат тези проби на Земята за изучаване. Марсоходът ще направи оценка дали **планетата е била обитаема** в миналото и ще **демонстрира технология** за бъдещо изследване **от роботи и хора**.

Таблица 1

Date	High	Low
10.04.	-24 ⁰ C	-82 ⁰ C
11.04.	-23 ⁰ C	-82 ⁰ C
12.04.	-22 ⁰ C	-82 ⁰ C
13.04.	-22 ⁰ C	-83 ⁰ C
14.04.	-25 ⁰ C	-83 ⁰ C
15.04.	-23 ⁰ C	-82 ⁰ C
16.04.	-20 ⁰ C	-82 ⁰ C



Фиг. 18. „Индженюити“ в полет

1. Целта на „Пърсивиърънс“ е изслезване на **кратера Джезеро** на Марс, за който се предполага, че е бил езеро, дълбоко 250 m, преди около 3,9 до 3,5 милиарда години. В кратера Джезеро ясно се вижда делта на река (фиг. 19), където вода най-вероятно е протичала и е отложила утайки през годините.

Предполага се, че в утайките има карбонати и хидратиран силициев диоксид, които както е известно съхраняват микроскопични вкаменелости на Земята в продължение на милиарди години. Освен това се предполага, че въпреки че вода няма никъде по широкия 45 km кратер е възможно да се открият доказателства, че там някога е имало вода и живот, което е една от задачите на „Пърсивиърънс“.



Фиг. 19. Делтата на Джезеро

2. Марсоходът ще проведе и редица технологични демонстрации, с цел да се разберат всички опасности, свързани с марсианския прах, които биха попречили на бъдеща мисия, свързана например с кацане на човек на Марс. Също така ще тества технология за производство на известно количество чист кислород (O_2) от атмосферния въглероден диоксид (CO_2) на Червената планета.

IV. Заключение

Трите космически мисии на **ОАЕ, Китай и САЩ**, достигнали до Червената планета имат много и най-различни цели с идеята да обхванат колкото е възможно повече особености на тази загадъчна планета МАРС. Колкото и да са различни трите космически мисии, те имат и една обща цел: да определят **геоложките зони**, откъдето да бъдат взети и върнати на Земята проби при следващи експедиции. С нетърпение ще очакваме резултатите от поредните изследвания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://bg.wikipedia.org>
- [2] <https://it.dir.bg/nauka/india-mars-sonda-mangalian>
- [3] <https://www.google.com>
- [4] <https://mars.nasa.gov>
- [5] <https://blogs.scientificamerican.com>
- [6] <https://www.svobodnaevropa.bg>
- [7] <https://dnews.bg>
- [8] <https://www.24chasa.bg>

ЖИВОТ В КОСМОСА – ИЗСЛЕДВАНИЯ, ВЪЗМОЖНОСТИ, РАЗВИТИЕ

Благовест Иванов и Асен Алексов

Транспортен факултет, ТУ-София, бул. “Кл. Охридски” №8, България,
e-mail: blagovest_t_ivanov@yahoo.com, asenaleksov@gmail.com

***Резюме.** В рамките на този кратък доклад е разгърната темата за биологичния живот, извън пределите на планетата Земя. Той е опит за обобщено представяне на най – значимите и ключови моменти в развитието на този интригуващ за мнозина казус. Разгледани са научните мисии и изследвания, проведени през годините и случващите се в момента, възможностите и възникналите хипотези, както и бъдещото развитие по темата.*

Ключови думи: живот, Космос, слънчева система, марс, Венера

1. Увод

От момента, в който придобиваме представа за структурата на космоса и планетите, близка до модерата, ние хората си задава въпроси свързани с живота извън пределите на Земята. След като осъзнаваме, колко безпределно голямо място е космическото пространство, започваме да си представяме възможностите за това да не сме единствената жива материя в него. Възникват множество теории, за това как би изглеждал един извънземен живот и колко далече може да се намира от нас. Въпреки колосалните размери на Вселената, която продължава да нараства с все по-големи темпове, хипотетичният биологичен живот, може да се окаже много по-близо до нас, от колкото някои хора си представят. Слънчевата система, която е дом на нашата планета Земя, предоставя в миналото и в настоящето множество възможности за просъществуването и развитието на извънземен живот. Каменистите планети Венера и Марс, както и други по-нестандартни места като комети и луни, представляват огромен интерес за учените и изследователите. Тези обекти притежават условия, които биха могли да поддържат така търсения живот. За да бъде открит обаче този, не толкова ясен ни все още феномен наречен живот, са нужни много усилия и насочено търсене.

2. Възможни места в Слънчевата система, на които има шансове да просъществува живот

Планетата Земя е незаменимо място. На този етап не сме открили друга структура в космоса, на която да се развива живот, камо ли толкова бурно както

на нашата планета. Тя освен, че е дом на нас хората, на нея живеят хиляди други различни същества, всяко уникално само по себе си. Условието, които предлага Земята са изключителни и никъде в Слънчевата система няма такива. Въпреки това много учени са се съсредоточили в изучаването на съседните на нашата планети. Някои от тях като Венера и Марс, както и други структури включващи луната Европа и различни астероиди представляват голям интерес от страна на изследователите. За всички тях се спекулира, че макар и малък, съществува шанс те също да съдържат живи организми.

2.1 Планетата Венера

2.1.1 Общи сведения

Венера е втората по ред планета от Слънчевата система и е именувана на италианската богинята Венера. Тя е земеподобна планета, много близка като качества до Земята. Поради тази причина често е определяна за „Планетата-сестра на Земята“ (фиг.1). Венера е била известна още на древните вавилонци (около 1600 г. пр.н.е.) и вероятно е била позната и в праисторически времена поради високата си яркост.

Венерианската атмосфера е съставена почти изцяло от въглероден диоксид (CO_2) с изключение на малкото съдържание на азот. Налягането на повърхността на планетата е много високо – 90 пъти по-голямо от това на земното морско равнище или еквивалентно на налягането в земните океани на около 1 км дълбочина. Заради високото съдържание на въглероден диоксид планетата е обхваната от силен парников ефект, който поражда изключително високи температури. В ниските екваториални райони температурата на повърхността достига до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Въпреки бавната скорост на въртене на планетата, тези градуси остават почти непроменени между дневния и нощния цикъл поради конвекцията и топлинната инертност на нейната гъста атмосфера. Без наличието на парников ефект температурата на Венера би била много близка до температурата на повърхността на Земята.

Високите облаци са съставени предимно от серен диоксид (SO_2) и капки от сярна киселина (H_2SO_4), които правят повърхността на планетата невидима в оптичния диапазон. Температурата на горните слоеве на атмосферата е около $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Средната температура на Венера, по данни на НАСА, е $464\text{ }^{\circ}\text{C}$. За минималната температура на повърхността се предполага, че е поне $400\text{ }^{\circ}\text{C}$.



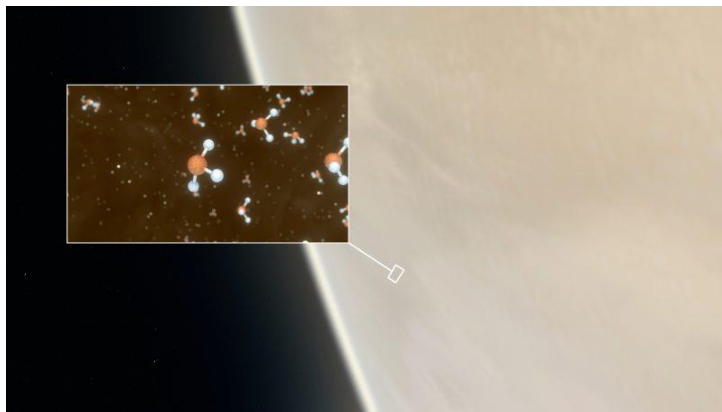
Фиг. 1. Ултравиолетова снимка на Венера, заснета от мисията „Пайъниър Винъс 1“ - 26.02.1979 г.

Установено е, че магнитното поле на Венера е слабо в сравнение със Земята, което може да се обясни с бавното въртене на планетата, което прави невъзможна циркулацията на течено желязо в ядрото ѝ. В резултат на това слънчевият вятър оказва голямо влияние на планетата и въздейства директно върху горните слоеве на атмосферата. Учените считат, че преди време на Венера е имало толкова вода, колкото и на Земята, но слънчевият вятър бавно е разрушил водните молекули до съставните им елементи (водород и кислород). Гравитацията на Венера е недостатъчна да задържи лекия изотоп на водорода протий и той впоследствие се е разпръснал в междупланетното пространство. Поради липсата на вода скалите на Венера са много по-твърди от земните, което прави възможни по-стръмни скали и по-високи планини.

2.1.2 Значими открития и хипотези

Откакто планетите в Слънчевата система се изучават посредством модерни телескопи и космически апарати, Венера се смята за една от най-негостоприемните планети. Тогава възниква въпросът – защо толкова голяма част от доклада е отделена в полза на тази планета, чиято повърхност много хора сравняват с ада? На база изследванията направени от вече разгледаната съветска мисия „Венера 7“ се установява, че температурите на Венера достигат 475 °C, а атмосферното налягане – между 75 и 100 атмосфери. Нито един жив организъм не би могъл да просъществува на тази изпепеляваща планета, колкото и устойчив да е той. На пръв поглед това е така. Обаче след по – внимателно разглеждане на данните изпратени от „Венера 7“, учените разбират, че високо в атмосферата се намира слой наречен от тях „умерена зона“. Въпреки негостоприемната природа на Венера, там температурите и налягането са сходни с тези на Земята. В продължение на десетилетия учени са изказвали предположения, че в умерената зона може да виреят микроскопични организми.

2020 е ключова година по отношение на Венера – за пръв път се установява косвено доказателство, че такъв живот може би наистина съществува във нейната атмосфера. През септември същата година, международен екип от учени астрономи съобщава, че е в газовия слой на планетата е установено наличието на фосфин (PH_3) (фиг. 2), посредством телескопа „Джеймс Кларк Максуел“ (JCMТ). Тази находка има потенциала да се превърне в грандиозно откритие, поради факта, че фосфинът се смята за силен биологичен маркер. Скоро след това, новооткритите данни са



Фиг. 2. *Фосфин в атмосферата на Венера - илюстрация.*

подложени на повторно разглеждане и допълване, защото при първото им изучаване не е взета предвид грешка в информацията. Второто разследване достига до същите изводи – в атмосферата на Венера има газ фосфин, но с по-малка концентрация спрямо първия анализ. Според данните от наблюдения с радиотелескопичната мрежа ALMA разположена в Чили, средните нива на концентрация на газа са една частица на милиард. Това може да звучи като изключително малко количество, но не променя важността на откритието.

Според лидера на екипа Джейн Грийвс и нейните колеги, данните от ALMA показват спектралния отпечатък на молекулата на фосфина, която е съставена от три водородни и един фосфорен атом. Те твърдят, че никое друго познато съединение не може да обясни наблюденията. Откритието на газа е невероятно попадение, защото на Земята неговият произход е биологичен и е дело на анаеробни микроорганизми, а създаването му в лабораторни условия е изключително трудоемко. Съществува голяма вероятност фосфинът да е продукт на метаболитни процеси на живи бактерии, носещи се в гъстите венериански облаци. Не е известно да съществува начин, по който такова количество веществото може да се синтезира по естествен небиологичен път на скалиста планета от типа на Меркурий, Венера, Земята или Марс. Понякога то може да бъде образувано дълбоко в недрата на гигантските газови планети като Юпитер и Сатурн, но не и на скалист тип свят. Това обаче не изключва възможността произходът на фосфина да е дело на непознат небиологичен процес, който се случва на планетата. Заради това учените правят всичко по силите си да се убедят, че веществото в атмосферата на Венера не може да се получи по друг начин, различен от познатите биологични процеси. Те разглежат множество механизми, включващи слънчева светлина, изхвърлени от повърхността минерали, вулкани и гръмотевици. Нито един от тези небиологични механизми не е в състояние да обясни как се е получило това количество фосфин, установено от телескопите. По небиологичен път може да се синтезира само една десета хилядна от измереното във венерианската атмосфера. Единствената друга възможност е да съществува някакъв фундаментално непознат химичен процес. Но ако този факт е верен и все пак на Венера няма живот, тогава цялостното ни разбиране за планетите е сбъркано или непълно, следователно ще трябва сериозно да преразгледаме познанията си за тях. Ако обаче се окаже, че учените наистина са открили микроорганизми на най-близката до Земята планета, това означава, че животът е много по-широко разпространен във Вселената, отколкото сме предполагали до този момент.

Междувременно малко по-късно са направени независими анализи относно наличието на фосфин в атмосферата на Венера, които подкрепят първоначалните открития. Направен е нов анализ от биохимика Ракеш Могул в Калифорнийския държавен политехнически университет, на базата на повторно разглеждане на данните от мисията на НАСА през 1978 г. „Пайъниър Винъс“. В хода на мисията са спуснати атмосферни сонди, които изследват химичния състав на въздушните слоеве по време на спускането. Могул е убеден, че

роботизираната експедиция е открила доказателства за молекула, съдържаща фосфор, а най-простата възможна такава е фосфин.

Източникът на фосфина остава мистерия засега. Въпреки, че концентрацията от една частица на милиард е сравнително малка, тя е твърде голяма за да се обясни с вулканичните изригвания на повърхността на планетата или с гръмотевиците в атмосферата, твърдят много от учените. Съединенията на базата на фосфор може да се получат от геоложки процеси и след това да се трансформират в други химикали, като фосфин, докато се издигат в облаците, казва биохимикът Могул. За да може да се дадат сигурни отговор на въпросите около казуса, ще са нужни нови мисии до Венера. Понастоящем планетата се изучава единствено от японската роботизирана станция „Акацуки“, но тя не притежава нужните прибори, за да е в състояние да търси фосфин. През октомври японско-европейската мисия „БепиКоломбо“ прелетя край Венера и направи измервания, които понастоящем подлежат на анализ. По-нататъшни облитания ще бъдат отново осъществени от „БепиКоломбо“, както и от американската роботизирана експедиция „Паркър“, а през 2025 г. Индия планира собствена мисия до планетата. Междувременно Грийвс и нейният екип планират да получат данни от други телескопи.

За съжаление Венера твърде дълго е пренебрегвана от космическите агенции, а това е голяма грешка. „Има 1001 причини да отидем до Венера отново и ако впоследствие се окаже, че след по-нататъшни наблюдения и анализи фосфинът го няма, пак ще има 1000 причини да се върнем там“, категоричен е изследователят Дейвид Гринспуун от Планетарния научен институт във Вашингтон.

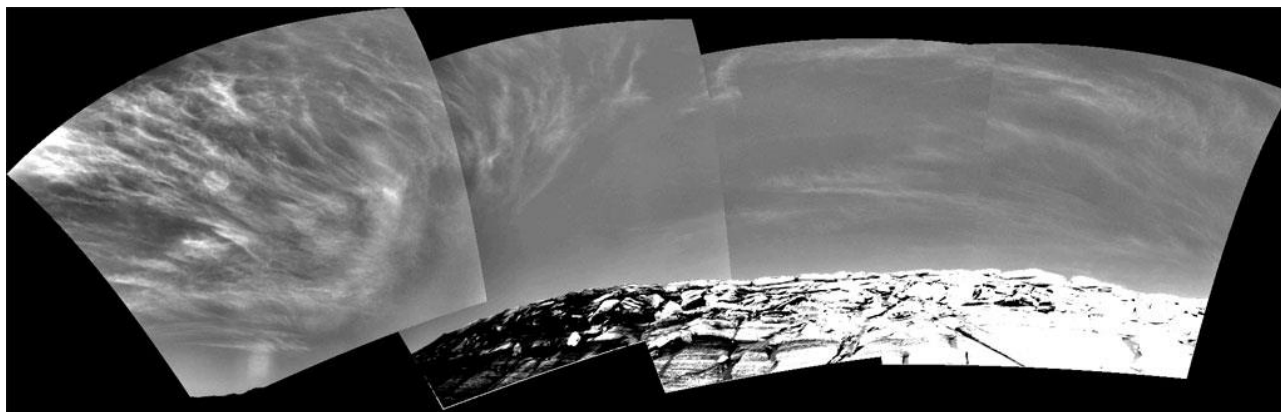
2.2 Планетата Марс

2.2.1 Общи сведения

Марс е четвъртата планета от Слънчевата система, носеща името на древноримския бог на войната. Заради особеността ѝ цвят често е наричана още „Червената планета“. Марс има два естествени спътника: Фобос и Деймос. Те са малки по размер и имат неправилна форма, заради което се смята, че са бивши астероиди, уловени от гравитационното поле на планетата. Диаметърът на Марс е около два пъти по-малък от земния, планетата е по-малко плътна, като притежава едва 15% от обема на Земята и само 11% от нейната маса.

Атмосферата на Марс е изключително рядка – повърхностното ѝ налягане е едва 750 Pa (тоест 133 пъти по-малко от атмосферното налягане на Земята, измерено на морското равнище). Марсианската атмосфера се състои от 95% въглероден диоксид, 3% азот, 1,6% аргон и следи от кислород и вода, както и от метан, чието наличие е установено относително скоро с помощта на космически апарати. За атмосферата на Марс е характерна циркулация на водните пари от единия полюс до другия в зависимост от сезоните на

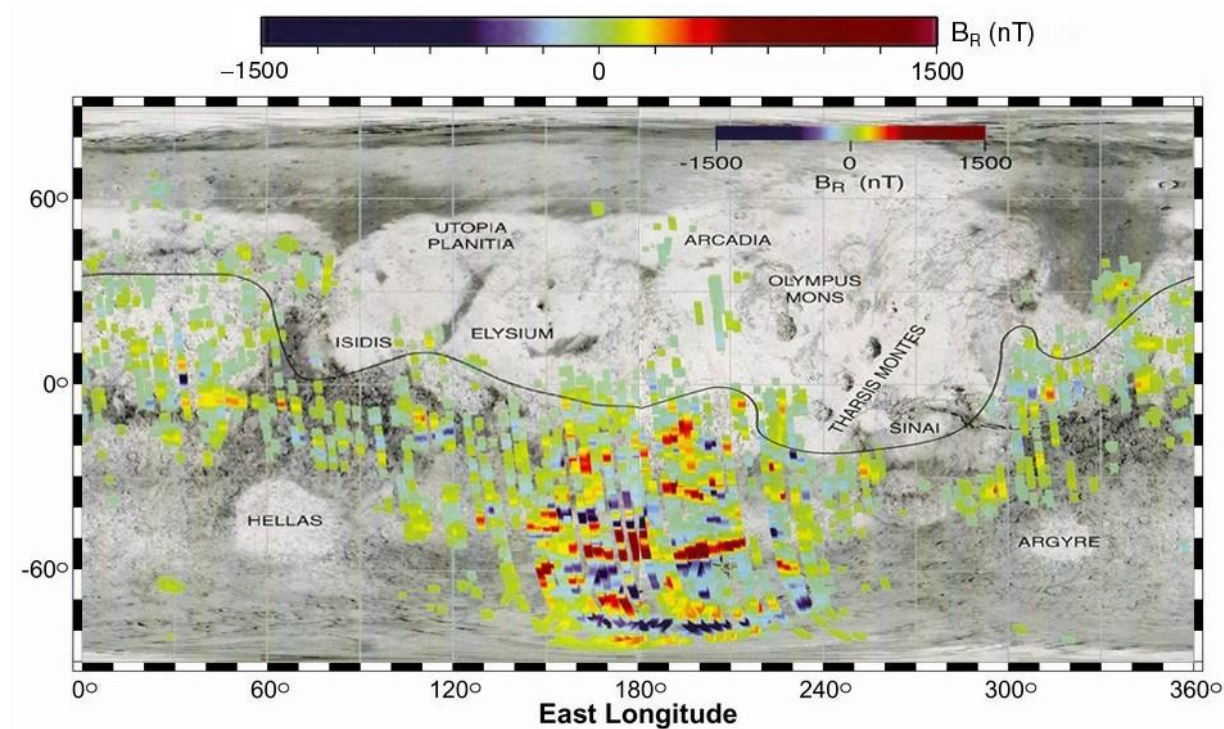
планетата. Тя поражда типично земни атмосферни явления като скреж и переста облачност (фиг. 3).



Фиг. 3. Снимка на перести облаци в атмосферата на Марс, направена от марсохода „Опъртюнити“ през 2004 г.

Повърхността на Марс е почти толкова голяма, колкото общата площ на земните континенти, като се има предвид че тя е само и единствено суша. Червеникаво-кафявият цвят на планетата се дължи на наличието на железен оксид (FeO), от който до голяма степен е изградена ръждата. Денонощието на Марс е с продължителност 24 часа, 39 минути и 35,244 секунди, което съвсем малко се различава от земното с което сме свикнали. Дните и сезоните на Червената планета са сравними със земните, тъй като периодът и оста на въртене на двете планети са много подобни. Дължината на марсианските сезони е около два пъти по-голяма от тази на земните. Това се дължи на по-голямата отдалеченост на Марс от Слънцето, което е и причината марсианската година да е почти два пъти по-дълга от земната. Температурите на повърхността на планетата варират от $-143\text{ }^{\circ}\text{C}$ на полярните шапки през зимния сезон и до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ около екватора през лятото. Широкият диапазон на температурите се дължи на тънката атмосфера, която не успява да задържи слънчевата топлина за дълго. Марс е 1,52 пъти по-далече от Слънцето спрямо Земята, което води до 57 % по-малко слънчева светлина достигаща повърхността му.

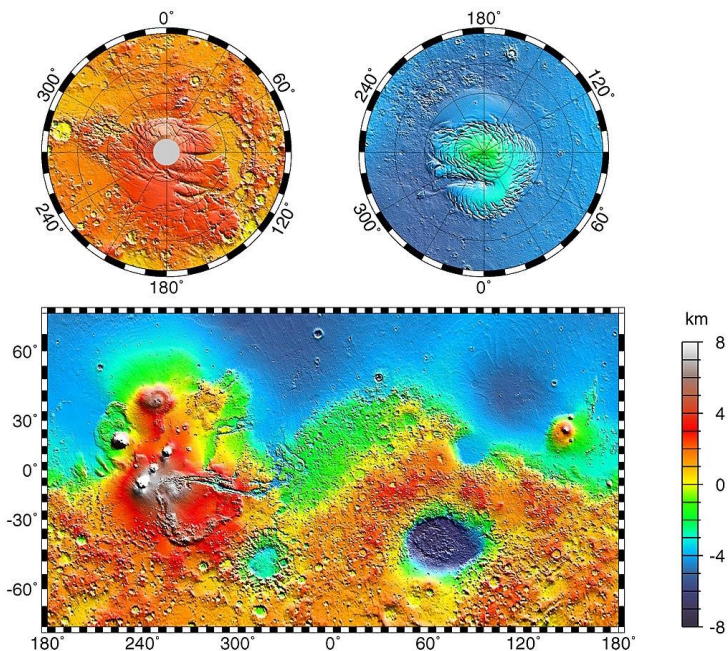
На база измервания е установено, че магнитното поле на Марс е много по-слабо в сравнение със земното, като то почти отсъства (фиг. 4). Силата на магнитното поле е много ниска в северните низини, дълбоките кратери от метеорити и във вулканичната област „Тарсис“, но висока в древните южни части от кората, които са слабо засегнати от вулканична дейност или удари от космически тела. Смята се, че планетата е изгубила своята магнитосферата преди около 4 милиарда години, вероятно в резултат на множество сблъсъци с астероиди. Това означава че планетата е подложена на силното влияние на слънчевата радиация, която безпрепятствено достига до повърхността ѝ. Много учени смятат, че това е и причината Марс да е толкова студена, суха и сурова за живота планета. Поради липсата на магнитно поле, слънчевият вятър буквално е издухал почти цялата марсианска атмосфера в космическото пространство.



Фиг. 4. Магнитна карта на Марс.

Топографията на Северното и на Южното полукуълбо на Марс се различава значително (фиг. 5). В Северното полукуълбо преобладават равнини, оформени под въздействието на потоци от лава, а в Южното – високи плата, покрити с астероидни кратери. Гледани от Земята, северните равнини на планетата са покрити с марсиански прах и изглеждат бледи. За разлика от тях червените

планини и плата на юг са наситени с железен оксид, придаващ характерния им цвят. Полярните шапки на Марс съдържат замръзнала вода и въглероден диоксид. Диоксидът е под формата на сух лед и се топи през марсианското лято, разкривайки повърхността на планетата и замръзва отново през марсианската зима. Тъй като Марс няма морета и океани, дефиниращи морското равнище, както на Земята, за височина 0 m се приема равнището, отговарящо на налягане от 610,5 Pa (0,6% от налягането на земното морско равнище) при температура от 273,16 K. За нулев меридиан на Марс е избран меридианът, преминаващ през малкия кратер Аири-0, намиращ се в Меридианния залив.

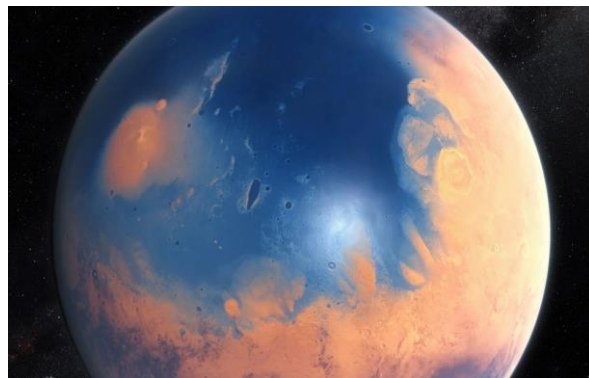


Фиг. 5. Топографска карта на Марс.

2.2.2 Живот на Марс. Доказателства, хипотези и изследвания

За разлика от Венера, планетата Марс изглежда като много по-подходящо място за съществуването на извънземен живот – повърхността ѝ не е огнен ад, нито пък ваят киселинни дъждове и не е обхваната от екстремнен парников ефект. Въпреки това, тя също е далеч от определението благоприятно място и не случайно е сравнявана със земните пустини. Марс е суха камениста планета, на чиято повърхност температурите са екстремно ниски, а атмосферата, до

колкото я има, е съставена почти изцяло от въглероден диоксид. Но ако се върнем няколко милиона години назад във времето, Червената планета може би е била далеч по-хубава и приветлива за живота. След дългите години изучаване и десетките проведени космически мисии, учените са сигурни, че някога Марс е изглеждал по коренно различен начин от днешния (фиг.6). На повърхността на планетата са били разположение множество водни



Фиг. 6. Предполагам изглед на Марс преди милиони години.

структури, като морета и езера, магнитното ѝ поле все още е съществувало, предпазвайки я от убийствената слънчева радиация, атмосферата ѝ е била много по – топла и може би живи организми са съществували на повърхността.

Всички тези твърдения не са част от сюжета на фантастичен роман, а са плод на множество изследвания, опити, наблюдения и изчисления извършени от стотици учени през десетилетията. В следващите редове, ще разгледаме голямото количество преки и непреки доказателства, хвърлящи светлина върху един от най – големите човешки въпроси – има ли живот извън пределите на Земята.

Всичко започва с марсианските мисии по програмата „Вайкинг“, организирана от НАСА през 1973 г. На борда на двата спускаеми апарата „Вайкинг 1“ и „Вайкинг 2“ са разположени



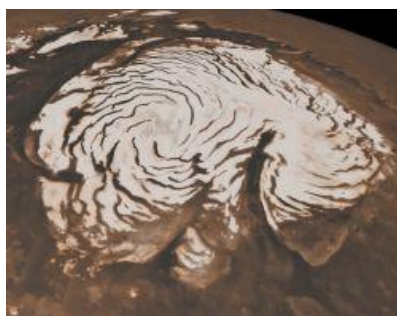
Фиг. 7. Схема на опита „Белязано освобождаване“

прибори за извършването на опита „Белязано освобождаване“ (фиг.7). В хода на експеримента са събрани проби от грунда и след това към тях е добавен разтвор с хранителни вещества. Ако на Марс има хипотетични микроорганизми, те би следвало да метаболизират хранителната среда и да отделят съответните продукти – радиоактивен въглероден диоксид или метан. Когато опитът е бил проведен, учените са останали поразени – в сместа са открити горепосочените вещества. На пръв поглед това е бил сигурен признак, че на Марс има живот. За

всеобщо съжаление след разглеждане и на резултатите от масспектрометъръра не са открити никакви следи от организми. Учените стигат до извода, че експериментът „Белязано освобождаване“ е дал фалшив положителен резултат. На практика той е получил един от предвидените резултати, след като е протекла неизвестна към този момент химична реакция.

Другото заключение, което правят учените от НАСА, е че в програмата „Вайкинг“ разчитат на грешен подход – уреди и експерименти се позовават на познатите ни до сега научни земни разбирания, които обаче се оказват неправилни в контекста на Марс. Всичките тези неща променят коренно подхода на НАСА, което е последвано от дългогодишно прекратяване на мисиите, търсещи пряко живот на планетата. На тяхно място се проектират и изстрелват редица геологични апарати, с цел да отговорят на въпроса, дали някога условията на Марс са позволявали съществуването на живи организми.

След дълги години на провеждане на марсиански мисии, чийто приоритет не е директното търсенето на живот, а изследването на планетата, се доказва съществуването на голямо количество вода на Марс. Почти целият обем от нея

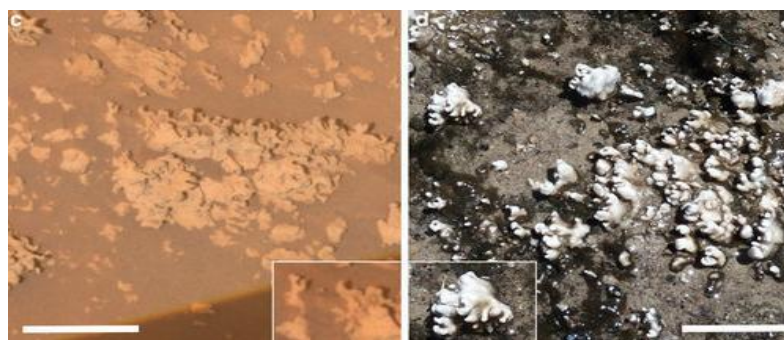


Фиг. 8. *Полярните шапки на Марс*

е съхранен в ледените шапки на южния и северния полюс и под повърхността на Червената планета (фиг. 8). Изчислено е, че северната полярна шапка е с

диаметър от около 1000 km и съдържа в себе си 1.6 милиона кубични километра лед, с дебелина от 2 km. Южната ледена шапка има по-малък диаметър от около 350 km и дебелина 3 km и нейният обем също е оценен на 1.6 милиона кубични километра.

Водната история на Марс датира от изключително отдавна. Много от мисиите откриват доказателства, за това че някога Червената планета е била много по-влажна и топла. Посредством марсохода „Спирит“ е намерен почти напълно чист силициев диоксид (SiO_2), от който до голяма степен е съставено стъклото. Това са



Фиг. 9. *На лявата снимка се виждат заснетите от „Спирит“ структури, които много наподобяват образувания, намерени в гейзеровото поле „Ел Татио“.*

убедителни улики, че в древността Марс е бил доста по-влажнен, отколкото е сега, защото вероятният произход на силициевият оксид е от горещи термални

извори. Съществуването на такъв тип извори е обвързано и с намирането на изключително интересни структури, образувани от такъв силициев двуокис. Те наподобяват силно на образувания, намерени в гейзеровото поле „Ел Татио“ в северен Чили (фиг. 9).

На Земята подобни комплексни седиментни формации се образуват чрез комбинация от биотични и абиотични процеси. На този етап няма как да бъде потвърден или отхвърлен биологичният произход на тези марсиански структури. Много учени са на мнението, че за да се докаже категорично дали тези формации са с биологичен произход или не, ще е нужно да се проведе микроскопски анализ, а за да се случи това има нуждаем от възвръщаема мисия, която да донесе проби от такива образувания.

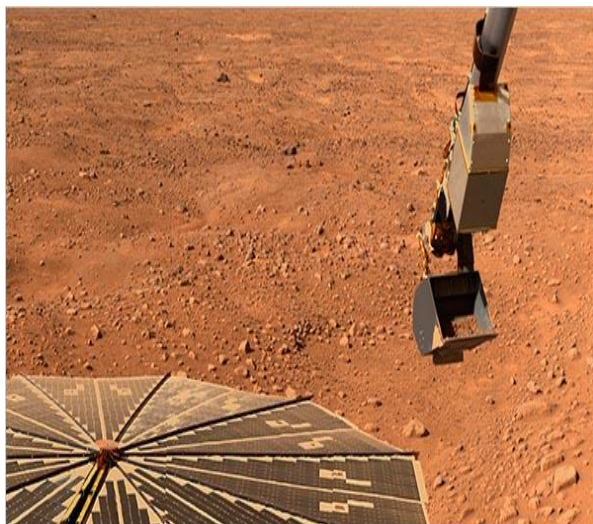
Следващото откритие, подкрепящо тезата, че Марс някога е бил осеян с реки и морета е намирането на гипс от братът-близък на „Спирит“ – „Опортюнити“ (фиг. 10). Учените са убедени, че минералът се е формирал под действието на течаща вода. Изучаването му отблизо помага на изследователите да разберат по – добре историята на водните басейни на Марс. „Находката ни показва с гръм и трясък, че някога е текла вода през подземните пукнатини на скалата“, съобщава Стийв Скуайърс, ръководител на изследователската мисия на марсоходите. „Това нещо представлява чист минерал, който се е формирал точно на мястото, където го наблюдаваме. Не можем да кажем същото за гипса, наблюдаван на други места на Марс, нито за останалите минерали, открити от „Опортюнити“, които се асоциират с вода. Подобни жили не са рядко срещани на Земята, но на Марс това е едно от нещата, което кара геолозите направо да подскачат от креслата си!“



Фиг. 10. *Тази минерална жилка*

Търсенето на вода на Марс не се изчерпва до тук. На 25.05.2008 г. на марсианската повърхност успешно се приземява роботизирания апарат „Финикс“. Изкуствената ръка, с която е оборудван апаратът, изкопава няколко дупки в марсианската почва (фиг.11). Във всички случаи е достигнат твърд слой, за който се подозира, че е съставен от лед.

Към един от тези малки изкопи е приближена камерата на „Финикс“, която прави снимки на изкопаната дупка (фиг. 12). На първата снимка се вижда изкопаната от „Финикс“ дупка, в която е открит лед. Втората фотография е направена 4 сола (марсиански дни) по-късно и е установено, че част от слоя лед се е изпарил. Това е сигурно доказателство, че структурата му е изградена от вода. По-късно след това е направен много любопитен опит с помощта на



Фиг. 11. Роботизираната ръка на „Финикс“ загребва грунд



Фиг. 12. Изкопът направен от „Финикс“ с открит лед.

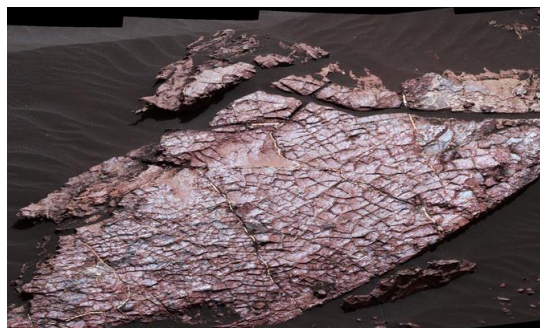
инструмента МЕСА. Събрана е проба от почвата, след което тя е смесена със специално доставена от земята вода. Целта на експеримента е да се наблюдава образувалата се мътилка в течността. След анализ на резултатите учените установяват невероятни открития – почвата в арктическият регион на Марс наподобява силно почвата в сухите долини на Антарктида, със същото рН и соли, подходящи за поддържането на живот. Това е първият подобен експеримент, който се прави на повърхността на друга планета. Сам Куванес, химически анализатор на инструмента МЕСА, каза: „Почвата се оказва близък аналог на почвите, които се срещат в горните сухи долини на Антарктида. Алкалността на това място е поразителна. На това специфично място, в рамките на един инч от повърхността на горния слой, почвата е изключително основна, с рН между 8 и 9. Ние също открихме богатство от компоненти на соли, които още не сме идентифицирали, но там има магнезий, натрий, калий, хлор (т.е. техни йони). Това е още по-силно доказателство за вода, защото солите са там. Ние също така открихме хранителни вещества и химикали, които са необходими на живота във формата, в който го познаваме.“ Прякото измерване на рН на почвата показва, че концентрацията на солите е относително ниска. На практика на Марс биха могли да се отглеждат растения като ряпа, фасул, аспержи, въпреки че температурите и налягането на Марс са твърде ниски, за да поддържат живот.

Марсоходът „Кюриосити“ от следващо поколение, който е част от американската мисия „Марс Сайънс Лаборътори“, е доставен в кратера „Гейл“ на 6.08.2012 г. Той предоставя нова порция научни данни, обвързани с водните запаси на планетата и хипотетичния биологичен живот. В хода на мисията, отново са открити множество доказателства за някогашното наличие на течна вода на повърхността и сегашното съществуване на такава под земята. „Вкусът на тази марсианска подпочвена вода би бил доста неприятен, например тя е съдържала 20 пъти повече сулфати и натрий в сравнение с бутилираната

минерална вода“, съобщава професор Джон Бриджис от катедрата по физика и астрономия на Лестърския университет. „Но, както заключава д-р Шванцър от Опън Юнивърсити, някои микроби на Земята наистина обичат сярата и богата на желязо течности, защото могат да използват тези два елемента за да добиват енергия“.

Друго вълнуващо постижение е откриването на свързан азот. Азотът е един от основните елементи, които участват в изграждането на живите организми. Под свързан се разбира нитратът (NO_3), под формата на който е открит елементът. Няма обаче данни, че нитратите на Марс са образувани от азотфиксиращи бактерии или сходни организми. Екипът на мисията е на мнение, че нитратите са се натрупали от сблъсъците с метеорити и от светкавици в далечното марсианско минало. Но откритието безспорно е поредното доказателство, че в миналото Марс е бил подходящ за развитието на живот. Снимката на фиг. 13, заснета от „Кюриосити“ на 20.12. 2016 г., се вижда

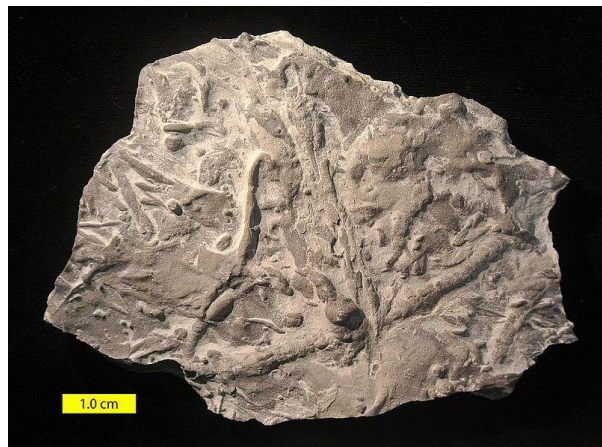
мрежа от пукнатини. Учените смятат че тя може да се е образувала от пресъхването на марсианската кал в далечното минало. На фиг. 14 се вижда снимка заснета от марсохода „Кюриосити“ на 2.01.2018 г. Скалните образувания силно наподобяват ихнофосили, които представляват доказателства за жизнената дейност на организмите в далечното минало. Напълно е възможно обаче намерените находки на Марс да се окажат с небιологичен произход. Все пак до този момент категорични доказателства за съществуването на живот на Марс все още няма. На фигура 15 се виждат забележими приликите на марсианската структура със земната.



Фиг. 13. Снимка, заснета от „Кюриосити“ на 20.12.2016 г.,



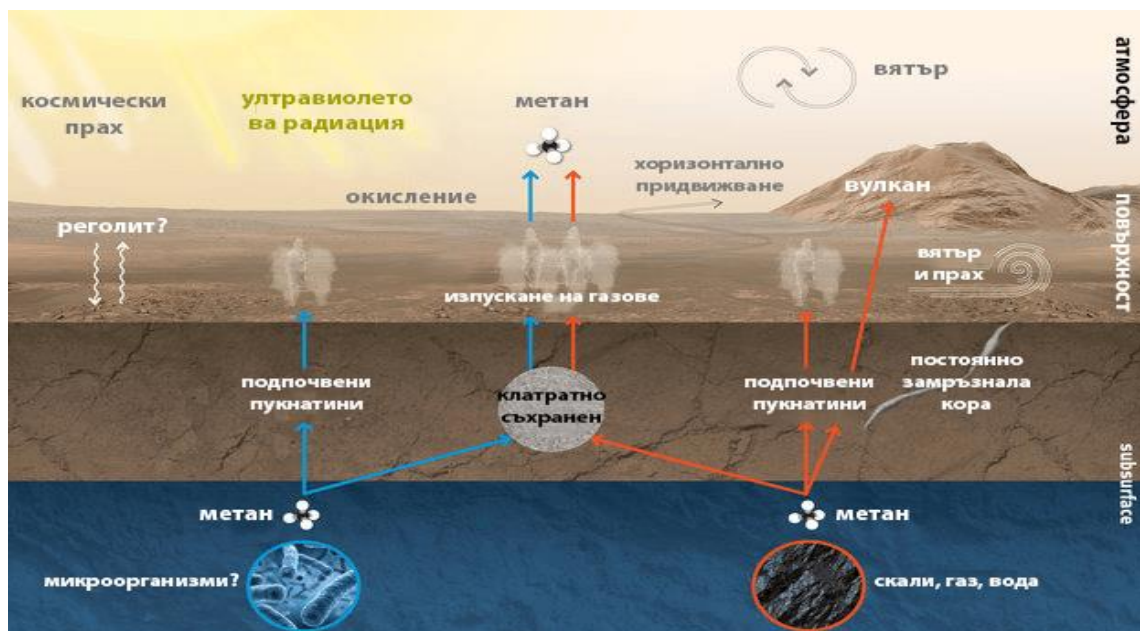
Фиг. 14. Снимка, заснета от „Кюриосити“ на 2.01.2018 г.



Фиг. 15. Ихнофосили, заснети на Земята

Поредното изключително важно откритие, което се прави посредством мисията „Марс Сайънс Лаборътори“ е намирането на големи количества метан в атмосферата (фиг. 16). Метанът (CH_4) представлява органична молекула,

често срещаща се в земната атмосфера. На Земята повече от 90% от количеството метан се образува от живи организми. В случай че на Марс има живот, възможно е да става въпрос за микроорганизми. На Земята такива има например в региона на Уитуотърсранд, Южна Африка, на 2-3 km под земната повърхност.



Фиг. 16. Предполагемият път на получаване на марсианския метан. Виждат се два предполагаеми източника – биотичен и абиотичен

Изследователите теоретизират, че подобни микроорганизми живеят, или са живели, под замръзналата марсианска почва. Метан в атмосферата за пръв път е засечен от европейската мисия „Марс Експрес“ през 2004 г. Тогава е открит в ниски концентрации, но въпреки това е много ключов показател за наличието на живот, защото газът не е устойчив и това довежда до лесното му разпадане под влиянието на процесите в атмосферата. Разбира се съществуват и геологични механизми за неговото образуване, като например окислението на желязо, което означава че находката не е сигурно доказателство за съществуването на марсиански живот.

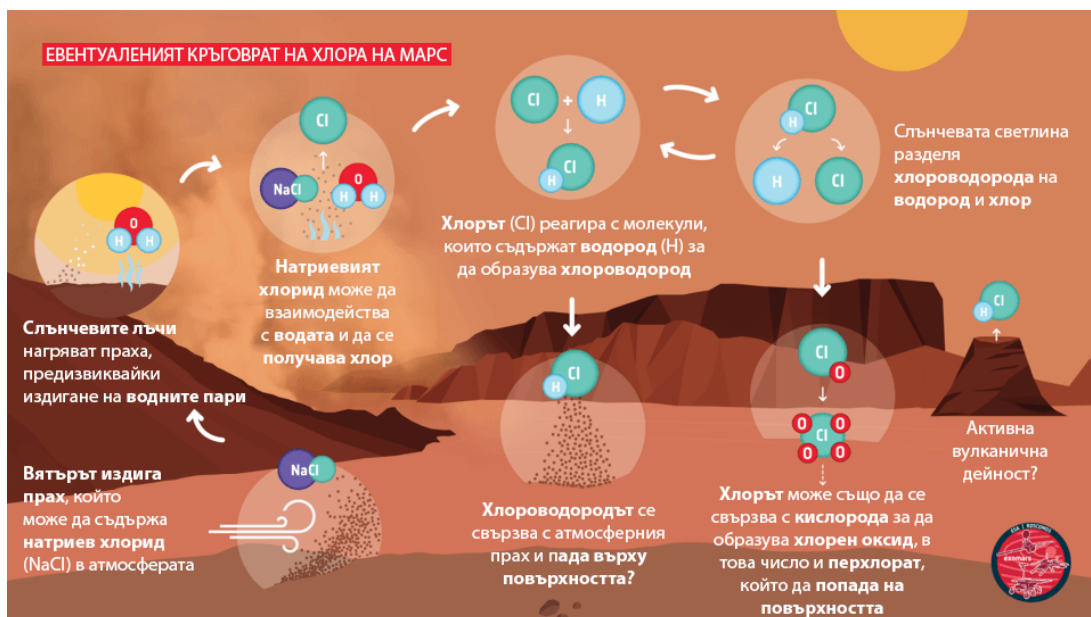
Силно доказателство за евентуалното съществуване на марсиански живот е откритието на „Кюриосити“ през 2018 г., което установи присъствието на няколко тиофенови съединения. Тиофените представляват ароматни пръстени, съдържащи четири въглеродни атома и един серен атом. На Земята те се срещат във въглищата, необработения петрол, както и в някои строматолити и микрофосили. По принцип тиофените се образуват по небиологичен път чрез процес, наречен диагенеза, при който неорганични серни нуклеофили (напр. сулфиди като H_2S) реагират с органична материя в условията на висока температура. Но изходните вещества в този процес обикновено са с биологичен произход - сулфидите се получават от метаболизма на сулфат-редуциращи

бактерии, докато органичната материя представлява биомолекули като липиди или изопrenoиди. Учените смятат, че съществуват три възможности за появата на тиофените: те да са доставени на Марс чрез метеорити от космоса, да са получени чрез абиотична синтеза – например, ако серните нуклеофили бъдат доставени чрез хидротермална подпочвена вода в кратера Гейл, докато органичните вещества са с небиологичен произход и третият вариант е ако тиофените са продукт на някакъв тип биологична активност.

Няколко години по-късно, през 2013г. към Марс е изстреляна космическата сонда MAVEN, разработена от НАСА. MAVEN трябва да определи историята на процеса на загуба на атмосферни газове в космоса, за да се появят отговорите за еволюцията на марсианския климат. Според измерванията колко бързо атмосферата изчезва в космоса и какви са процесите за това, учените ще могат да заключат как еволюира марсианската атмосфера. По този начин ще можем да придобие по-ясна представа как е изглеждал Марс в миналото. В хода на мисията е обяснено изчезването на марсианската вода. Учените твърдят, че тя се изпарява в атмосферата под формата на водни пари. Там тя бива разделена на градивните си атоми водород и кислород под въздействието на слънчевата радиация, която поради липсата на магнитно поле на Марс е в пъти по-висока от тази на Земята. Водородът, като един от най-леките елементи се издига още по-високо в атмосферата, където под въздействието на няколко процеса, бива „издухван“ в космоса. След изучаване на данните от сондата, се стига до извода, че скоростта на загубата на водата не е константна. Тя зависи силно от разположението на Марс спрямо Слънцето. Когато планетата е в точката от орбитата си най-близка до Слънцето, загубата на вода протича най-бързо. В случаите, когато Червената планета е на най-голямо разстояние спрямо звездата ни, скоростта на загуба е 10 пъти по-малка. Основният механизъм, по който учените разгадават процесите на загубата на водата, е като измерват съотношението между обикновената вода и т.нар. тежка вода (при която единият водороден атом във водната молекула е заменен с деутериев атом, изотоп на водорода с допълнителен неутрон). Съотношението между деутерия и водорода или D/H представлява мощна метрика, която разкрива историята за водата на Марс и как водната загуба е еволюирала с течение на времето.

За да се изследва марсианската атмосфера и определи с голяма точност нейният състав, ЕКА (Европейска космическа агенция) и Роскосмос (руската държавна космическа агенция) изпращат орбиталния апарат „Трейс Газ Орбитър“ към Марс на 14.03.2016г. След като апаратът пристига благополучно до Червената планета, руските и европейските учени правят някои изключително важни открития. През 2021г. е оповестено за голяма находка, направена посредством приборите АЦС и NOMAD – намирането на хлороводород в марсианската атмосфера. Изследователите винаги са опитвали да открият газове, съдържащи хлор или сяра, тъй като са вероятен показател за вулканична активност. Но фактът, че хлороводородът не е открит на местата, където се очаква да бъде намерен, както и в присъствието на други газове,

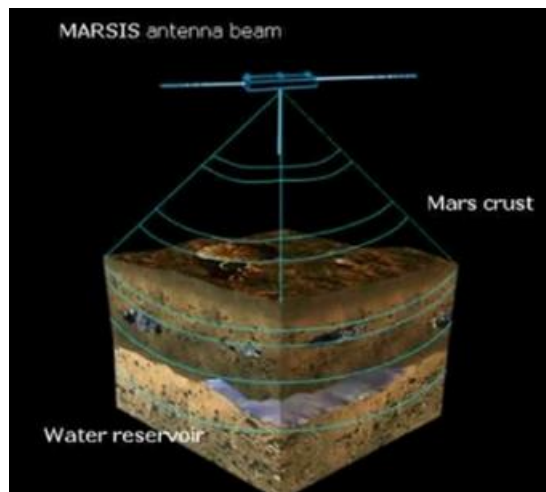
образуващи се вследствие на вулканите, показва, че неговият източник е друг. Учените смятат, че става въпрос за някакво ново взаимодействие между праховите вихрушки в атмосферата и марсианската повърхност (фиг. 17).



Фиг. 17. Предполаганият кръговрат на марсианския хлор

Голям пробив по отношение на водните запаси на Марс е направен през 2018 г. с помощта на автоматичната междупланетна станция „Марс Експрес“. На Червената планета е намерено подземно езеро от течна вода. Това не е поредния залеж на голямо количество вода под формата на лед, а езеро от течаща вода. Залежът е намерен благодарение на гигантския 40-метров радарен инструмент MARSIS, монтиран на борда на „Марс Експрес“ (фиг 18).

Той изпраща сигнали към повърхността на Марс, след което се измерва и изчислява времето, за което те са се върнали до източника и какви са техните характеристики. На базата на това се правят изводи какъв е строежът на кората под повърхността на Марс и се съставя обща карта на подповърхностната топографията. Още по-изумително е, че две години по-късно през 2020 г. са открити още три такива подземни езера. Това става след като екипът от учени на „Марс Експрес“ адаптират новооткрита техника, търсеща подповърхностни водоеми, разработена от друг екип изследователи, правещи подобни проучвания. След като използват новия метод, резултатите надминават очакванията. Оказва се, че откритото през 2018 г. езеро е с невероятни размери – то е дълго 30 km и широко 20 km, а последващите го също са с размери от по



Фиг. 18. Радарът MARSIS

няколко километра. Откритието е изумително – на такава дълбочина във вътрешността на Марс температурите падат до -100°C . Изследователите смятат, че водата е изключително солена, вероятно наситена с перхлорати, което предотвратява замръзването на водата. Такива водоеми представляват идеалното място за търсене за наличие на живот. Те силно наподобяват на езерото Восток, което се намира на около 4 км. под Антарктида. Знае се, че някои микроби биха могли да живеят в подземните водни басейни. Обаче за да се извърши проучване, което да потвърди теорията, ще е нужна огромна по мащаб мисия, която да успее да направи пробив с дълбочина от 1,5 километра. Дори и на Земята такава проучване е свързано с много предизвикателства. Тепърва предстои да се спусне сонда директно в езерото Восток, която да вземе проби от водата и седиментите на дъното му. Понеже езерото е изолирано от останалите части на Земята в продължение на милиони години, счита се, че то може да е дом на непознат и уникален живот.

2.3 Други места, на които също може да просъществува живот

Астероидите са неголеми планетоподобни небесни тела в орбита около Слънцето. Те се смятат още за малки планети или планетоиди, с размери, много по-малки от тези на същинските планети. За повечето астероиди се предполага, че са останки от протопланетарния диск преди 4,5 милиарда години, от които са формирани планетите, но не са погълнати от тях или изхвърлени извън Слънчевата система. От доста време се изказват теории, че живи организми биха могли да просъществуват на някои астероиди и че това би могъл да е един от начините за разпространението на живота в космоса. Някои учени смятат, че земният живот е донесен от Космоса, чрез астероидите навлизащи в атмосферата и попадащи на повърхността. За доказването или отхвърлянето на тези теории се работи активно, като за целта са организирани няколко възвръщаеми космически апарата, чиято цел е да посетят астероиди.

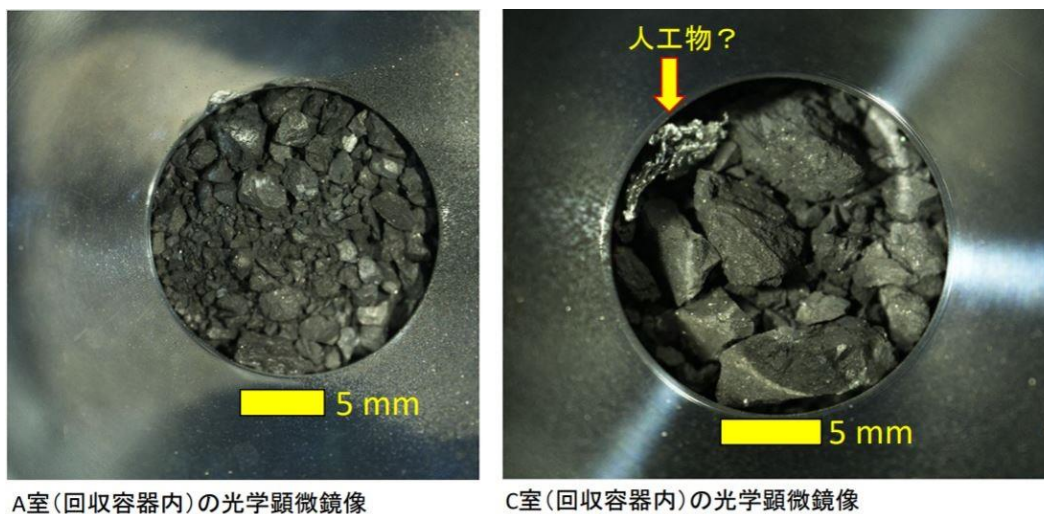
„Озирис-Рекс“ е мисия на НАСА, изстреляна в Космоса на 8.09.2016 г. Целта ѝ е да достигне астероида „Бену“, след което да се спусне до неговата повърхност, да събере проби от грунда и да се завърне на Земята (фиг. 19). Очаква се, по този начин да разберем много за еволюцията на Слънчевата система, както и дали е възможно органични съединения да съществуват на „Бену“. На 20



Фиг. 19. Роботизираната ръка на „Озирис-Рекс“

октомври апаратът успешно се приближи до астероида и събра голямо количество скална маса, която в момента пътува към Земята. До пристигането на пробите се очаква да изминат около три години.

От друга страна японската мисия „Хаябуса 2“, чиято цел също е да достигне астероид, се приземи обратно на Земята през декември 2020 г. Нейното начало е поставено на 3.12.2014 г., като прекарва година и половина в изучаване на астероида „Рюгу“ и събиране на проби. В момента тече активно изучаване на получените скали след завръщането на „Хаябуса 2“ (фиг 20). Вече са направени някои важни открития, като едно от тях е, че в далечното минало астероидът е бил изложен на висока температура, която не може да се обясни само с нагряването от Слънцето.



Фиг. 20. Снимки на събраните проби от астероида „Рюгу“

Резултатите са получени посредством спектрофотометричен анализ от бордовите инструменти на „Хаябуса 2“. Учените от японската космическа агенция установяват, че както повърхността на „Рюгу“, така и неговата вътрешност, са били нагорещени до 300 °C. Подпочвените слоеве няма как да се нагряят само от звездата ни, така че изследователите предполагат, че преди милиарди години астероидът е претърпял сблъсък с друго небесно тяло или докато е бил част от по-голям планетоид е получавал топлина от него. Подобни изводи имат огромно значение за еволюцията на Слънчевата система и за ранните години от съществуването на нашата Земя. Изследователите ще търсят следи от органични вещества в събраните проби, които биха могли да дадат сведения как точно се е появил животът. Скалите и грундът ще бъдат анализирани както от японски, така и от американски специалисти, тъй като Япония и САЩ ще си разменят проби от мисиите „Хаябуса 2“ и „Озирис-Рекс“.

Друга мисия, реализирана през изминалите години, целяща да изучи планетоиди е „Розета“. Нейната главна цел е кометата „Чурюмов-Герасименко“, която е достигната успешно през 2014 г. Апаратът на мисията изследва кометата в продължение на две години и прави важно откритие.

Съставки, които се считат за критични за възникването на живота на Земята, са открити на „Чурюмов-Герасименко“. Става въпрос за аминокиселината глицин, най-простата аминокиселина с химична формула $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$, и химичния елемент фосфор, ключов компонент на ДНК и клетъчните мембрани. В продължение на дълги години учените дебатират дали е възможно водата и органичните вещества да са дошли на младата Земя в далечното минало посредством астероидите и кометите. Някои комети и астероиди притежават вода със състав, сходен с този на земните океани, но водата на кометата „Чурюмов-Герасименко“ се оказва доста по-различна и така е поставено под съмнение дали изобщо кометите имат съществена роля в доставянето на водата на Земята. Въпреки това тези резултати потвърждават, че кометите притежават потенциала да доставят съставките, необходими за установяването на живота във вида в който го познаваме. Аминокиселините са биологично важни органични съединения, които съдържат въглерод, кислород, водород и азот. Те участват в образуването на белтъците. Следи от глицин са откривани в проби, доставени на Земята през 2006 г. от мисия на НАСА „Стардъст“, която лети до кометата „Уайлд 2“ и впоследствие се връща на Земята, носейки материал от нея. Въпреки това не е отхвърлена възможността намереният глицин да е попаднал вторично чрез замърсяване от Земята. Автоматичната станция „Розета“ директно открива глицин в проби от кометата, като експериментът е повторен и резултатите са потвърдени. „Това е първото недвусмислено откриване на глицин на комета“, коментира Кейтрин Олтуег, ръководител на инструмента ROSINA. „В същото време ние открихме други органични молекули, които биха могли да са предшественици на глицин, което наемква за възможните механизми, по които се е формирал“.

Според руските учени, много от отговорите на въпроси, касаещи извънземния живот се намират на Международната космическа станция. Орбиталната станция често пъти попада под потока на кометното вещество, което пристига в земните околности по време на метеоритните дъждове. Този кометен прах обикновено изгаря в земната атмосфера, благодарение на което наблюдаваме от Земята феномена „падащи звезди“, който е невероятно красив. За съжаление метеоритите, които достигат до земната повърхност, претърпяват промени поради високите температури от триенето в атмосферата и дори да има органични съставки, те трудно биха могли да се съхранят. От друга страна кометният прах, който попада на външната повърхност на „Международната космическа станция“ е естествен и би могъл дори да съдържа материал с извънземен произход. Руският космически експеримент „Тест“ се провежда от 2010 г. до сега. Създадено е просто устройство, което е достъпно за експлоатация от космонавтите в открития космос и то позволява стерилност и хермоизолация от момента на събирането на кометния прах до доставката му на Земята и по-нататъшния анализ в лаборатории. До този момент по време на своите космически разходки космонавтите на Роскосмос са събрали голям брой проби с прах, след което те са били доставени на Земята. Други ключови

експерименти също са проведени на станцията, като поставянето на различни микроорганизми, семена на растения и други биологични обекти от външната ѝ страна. Те са доказали, че земният живот е изключително издръжлив и може да оцелее в Космоса в продължение на месеци, дори години. Ако кометите от своя страна пренасят извънземен живот, напълно е възможно техният прах да съдържа следи от този живот.

3. Заключение

Все още не разполагаме с преки данни, които със сигурност потвърждават наличието на живот в космоса. Но това не означава, че него го няма и че ние сме единствената жива материя. Много хора си представят търсенето на живот на други планети, различни от Земята, по много погрешен начин. Голяма част от нас, виждат изследването на места като Венера и Марс за бърз и лесен процес. Те очакват, че щом един космически апарат се приземи успешно на някоя планета или астероид, той изважда роботизираната си ръка, за която има закачени сензори, забива я в почвата и изпраща директен отговор на изследователите, дали там има живи организми. За съжаление нещата не изглеждат по този начин. Космическите мисии са оборудвани с множество научни инструменти, които изпращат към Земята огромно количество данни, които сами по себе си не дават много информация. За да може тези данни, да се превърнат в ясни отговори на въпросите, които ни касаят са нужни много големи усилия, състоящи се в подреждане на информацията, систематизирането ѝ, детайлното ѝ анализиране и разглеждането на всички възможни сценарии. Това е като да получиш огромна торба с малки парченца, които искаш да сглобиш, без да знаеш от какво са, как да ги подредиш и кои от тях са ти нужни. Там се корени и причината науката да е бавен процес и отговорите, които очакваме от нея да пристигат бавно. Тя представлява съвкупност от постоянни и методични действия, която за сметка на скоростта си ни дава много точни и сигурни резултати.

Според учения Милан Чиркович от астрономическата обсерватория в Белград, ние трябва да се подготвим за бавен и поэтапен процес със стъпки на несигурност при търсенето на живот в космоса. Чиркович твърди, че няма никаква причина да очакваме откритието на извънземен живот да е нещо по-различно от стандартния научен процес. Трябва да се подготвим, че ще мине много дълго време, преди да кажем „Да, има“ или „Не, няма“. Може да отнеме десетилетия, преди учените да разгледат всички естествени причини, които не включват извънземни, но обясняват някакъв открития.

Космическият телескоп „Джеймс Уеб“, който е изстрелян през 2018 година, вече има възможност да търси химичните признаци на живот в атмосферите на чужди планети. Това означава, че още през 2018 година човечеството има технологичната възможност да търси живот. Никой не може да предвиди до

колко години ще имаме сигурни доказателства. Възможно е да изминат десетилетия дори и повече, преди да знаем дали сме сами в космоса.

„Ние не знаем колко планети ще изучим, преди да открием живот“, смята Джон Грънсфелд, заместник директор на НАСА по научните въпроси. „Можем да не го открием на 10 или 100 планети, но това не означава, че няма да е някъде там“.

„Ние не знаем какво представлява извънземният живот“, съобщава Сара Сийгър от Масачузетския технологичен институт. „Но ние знаем как да работим с това, което животът прави. Животът метаболизира, отделя газове и това е, което търсим. Хубавата новина е, че какъвто и да е животът, ако е на химична основа, ние ще го намерим. Ние ще имаме технологичната способност да го намерим до едно десетилетие с „Джеймс уеб“ и вероятно до две десетилетия, за да го установим на близък на Земята, но всичко зависи от късмета“.

„Фактът, че не сме открили никакъв живот, не означава нищо“, смята астрономът Сет Шостак. „Ние тепърва сме започнали да търсим“.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.wikipedia.org>
- [2] <https://www.cosmos.1.bg/portal>
- [3] <https://www.nature.com/articles>
- [4] <https://blogs.scientificamerican.com>
- [5] <http://www.esa.int>
- [6] <https://www.liebertpub.com>
- [7] <https://solarsystem.nasa.gov>
- [8] <https://mars.nasa.gov>
- [9] <https://news.mit.edu>
- [10] <https://www.syfy.com>
- [11] <https://www.frontiersin.org>
- [12] <https://www.astrobio.net>

ТОП 10 НА НАЙ-ГОЛЕМИТЕ ФИЗИЦИ В ИСТОРИЯТА И ТЕХНИТЕ ЗНАЧИМИ ОТКРИТИЯ

Мирослава Богданова¹ и Николай Тончев²

¹ Факултет по транспорта, ТУ-София, бул. "Свети Климент Охридски" 8, България
e-mail: Mbogdanova@tu-sofia.bg

² Факултет по транспорта, ТУ-София, бул. "Свети Климент Охридски" 8, България
e-mail: nikotonchev@tu-sofia.bg

Резюме. В доклада се разказва за 10-те най-велики физици в историята и техните значими открития, допринесли за развитието на човечеството. Започвайки от епохата на Галилео Галилей, чак до XX век, са изобретени изключително много неща и са направени изключително много открития, допринесли, както за индустриалната революция, така и за подобряването живота на хората.

Ключови думи: най-велики физици, значими изобретения, нови открития

Галилео Галилей, Андре Ампер, Исак Нютон, Йоханес Кеплер, Ханс Гайгер, Майкъл Фарадей, Алберт Айнщайн, Томас Едисън, Джеймс Максвел и Вилхелм Рьонтген са едни от най-големите учени, които са допринесли много за науката, чрез техните изобретения, теории и открития.

1. АНДРЕ-МАРИ АМПЕР

Френският физик и математик Андре-Мари Ампер е роден през 1775г. в Полемион-о-Мон-Дор близо до Лион.

Ампер е основоположник на класическата електродинамика. Той въведе във физиката много понятия и термини: „напрежение“, „сила на тока“, „посока на тока“, „гальванометър“. Също така притежава идеята за самия гальванометър, базиран на действието на ток върху стрелката. Откриването на законът на Ампер е през 1820г.

От 1820г. Ампер изцяло се отдава на проблемите на електродинамиката. Същата година той открива магнитното взаимодействие на токовете и установява закона на това взаимодействие (по-късно наречен закона на Ампер). Той прави извода, че всички магнитни явления са резултат от движение на електрични заряди. Съгласно хипотезата на Ампер всеки магнит съдържа в себе си множество кръгови електрически токове които обясняват появата на магнитно поле. След още две години той открива магнитния ефект на соленоида.



А.-М. АМПЕР
(1775 - 1836)

През същата 1820г. датския физик Ханс Оерстед наблюдава отклонение на намагнитизирана стрелка близо до електрическо поле. Араго възпроизвежда този опит пред академията малко по-късно. Тогава Ампер се захваща с това явление и за една седмица намира неговото обяснение. След това открива източникът на магнитните действия в електрическия поток. Изследва взаимодействието на магнитите и доказва, че два затворени електрически потока си взаимодействат. Теорията за електромагнетизма е изучаването на магнитните явления създадено от електричеството. Ампер развива теорията на Оерстед, че една жица по която минава електричен ток влияе на наелектризирана стрелка на намиращ в близост компас: стрелката се отклонява и престава да показва север.

Именно на Ампер принадлежи заслугата за въвеждането в науката на термини като "електростатика", "електродинамика", "електродвижеща сила" и даже "кибернетика". Ампер е основател на една нова теория, наречена електромагнетизъм. През 1827г. той обобщава откритията си в научния труд "За математическата теория на електродинамичните явления извлечени чрез опити".

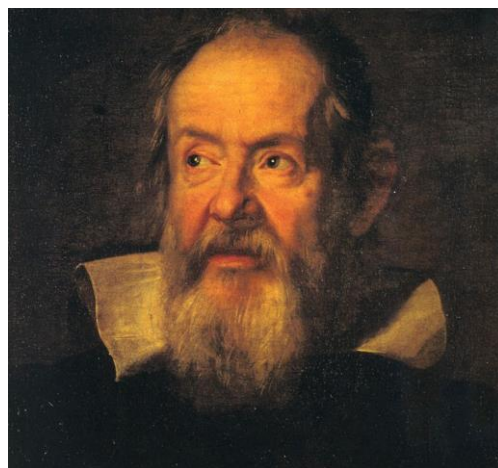
Ампер е също така изобретателят на много експериментални уреди и измервателни апарати: астатичен компас, чиито принцип е в основата на галванометъра, електромагнит, соленоид и електрически телеграф.

Галванометърът е уред за откриване, сравняване и измерване на слаби електрични токове. Соленоидът представлява навит около цилиндрично тяло проводник, по който тече електричен ток и създава магнитно поле. През 1881г. в чест на Андре-Мари Ампер единицата за силата на електричния ток е наречена "ампер" (А).

2. ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ

Галилео Галилей е роден в Пиза, Тоскана на 15 февруари 1564г. Той се прославя със своите открития във физиката и механиката, но се интересува и от астрономия и е последовател на учението на Коперник. Галилей счита, че наблюденията и опита са върховото средство за опознаване на природата. Затова в астрономията той придава особено значение на наблюденията на небето. Коперник, Бруно и техните съвременници са могли да видят в небето това, което позволява невъоръженото човешко око. Галилей е първият учен, който наблюдава небето с помощта на направена от него зрительна тръба.

Първата тръба, с която Галилей започва своите наблюдения, увеличава само 3



ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ
(1564 - 1642)

пъти. След време той я усъвършенства и достига до 32-кратно увеличение. С помощта на този самоделен телескоп той прави потресаващи за неговите съвременници открития. Всяко от тези открития е нагледно потвърдено от учението на гениалния Николай Коперник. Наблюдавайки Луната, Галилей се убеждава, че на нея има равнини и дълбоки падини. А това означава, че лунната повърхност по своето устройство прилича на земната.

През нощта срещу 7 януари 1610г. Галилео прави едно от първите големи открития в астрономията. На този ден той насочва своя телескоп, в посока към мястото на небесната сфера, където се намира по това време гигантът на Слънчевата система – планетата Юпитер. С помощта на 32-кратното увеличение, което има телескопът му, Галилео открива четирите най-големи спътника на Юпитер. Днес тези спътници се наричат Галилееви.

Наблюдавайки слънчевите петна, Галилей забелязва, че те се придвижват по слънчевата повърхност и достига до извода, че Слънцето се върти около своята ос. Вече се допускало, че въртенето около собствената ос имат всички небесни тела, а не само Земята. Наблюдавайки звездното небе, Галилей се убеждава, че броят на звездите е много по-голям, отколкото се вижда с невъоръжено око. Огромната бяла лента на небето – Млечния път, при наблюдение в неговата зрителна тръба, се разделя на отделни звезди. Така се потвърждава смелата мисъл на Бруно за това, че звездите са безброй, което значи, че Вселената е безгранична. Галилей работи над своя книга „в която той обобщава своите открития и която успява с огромни трудности да издаде през 1632 г. Освен че отхвърля теорията на Аристотел, според която по-тежките тела трябва да падат по-бързо, Галилей установява и математическа зависимост на ускорението при свободно падане – изминатото разстояние, започвайки от състояние на покой, е пропорционално на квадрата на изминалото време.

3. ЙОХАНЕС КЕПЛЕР

Йоханес Кеплер е роден на 27 декември 1571 г., деня на свети Йоан Богослов, в свободния имперски град Вайл дер Щат, днес в германската провинция Баден-Вюртенберг.

Първият закон на Кеплер

Първият закон на Кеплер гласи, че *"Всички планети се движат по елиптични орбити със Слънцето в един фокус, а другият фокус е празен"*. Това важи и за кометите, които обикалят около Слънцето.

Вторият закон на Кеплер

Вторият закон на Кеплер се нарича закон за площните скорости. Този закон гласи, че *"Линията, свързваща планетата към Слънцето, се мести над равни зони през равни*



ЙОХАНЕС КЕПЛЕР
(1571–1630)

интервали от време". За да разберете закона, помислете кога спътник орбитира. Въображаема линия, която го присъединява към Земята, преминава през равни зони за равни периоди от време. Следователно скоростта на спътника се променя в зависимост от неговото разстояние от центъра на Земята. Скоростта е най-голяма в точката най-близката до Земята орбита, наречена перигей, и е най-бавна в най-отдалечената от Земята точка, наречена апогей. Важно е да се отбележи, че орбитата, описвана от спътник, не зависи от неговата маса.

Третият закон на Кеплер

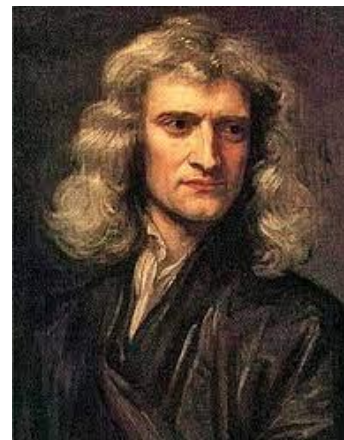
Третият закон на Кеплер се нарича закон на периодите. Този закон отнася времето, необходимо на планетата да извърши едно пълно завъртане около Слънцето. Приложен към земните спътници, третият закон на Кеплер обяснява, че колкото по-далеч е един спътник от Земята, толкова по-дълго време ще отнеме да завърши орбита, толкова по-голямо ще бъде разстоянието, което ще измине и по-бавна ще бъде средната му скорост. Друг начин да се мисли за това е, че спътникът се движи най-бързо, когато е най-близо до Земята, и по-бавно, когато е по-далеч.

4. ИСАК НЮТОН

Исак Нютон е един от най-великите физици на всички времена. Роден е на 4 януари 1643г., в с. Булструп, графство Линкълншир.

Нютон работи в областта на механиката, но също така сред многобройните проблеми, които той изследва, са разлагането и природата на светлината, скоростта на звука, охлаждането, произходът на звездите, хронологията на Библията, природата на Светата Троица.

В областта на механиката Нютон открива закона за всемирното привличане. Освен това той формулира принципа за запазване на импулса и момента на импулса и пръв показва, че движението на небесните тела и на предметите на Земята се подчинява на общи закони. Нютон конструира първия действащ рефлекторен телескоп и развива своя теория за цветовете, основана на наблюденията на разлагането на бялата светлина с призма.



ИСАК НЮТОН
(1643 - 1727 Г.)

Нютон формулира трите фундаментални Закона за движение, които са в основата на класическата механика и се използват без промени през следващите два века:

Закони на Нютон

1. *Първият закон на Нютон* гласи, че телата остават в покой или запазват праволинейното си движение с постоянна скорост, ако върху тях не въздейства външна сила.

2. *Вторият закон на Нютон* гласи, че сила F , приложена върху тяло, е равна на скоростта на изменение във времето на неговия импулс p .

3. *Третият закон на Нютон* гласи, че на всяко въздействие съответства равно по големина и противоположно по посока противодействие.

5. ДЖЕЙМС КЛАРК МАКСУЕЛ

Джеймс Кларк Максвел се ражда на 13 юни 1831г. в Единбург, Шотландия.

Голямата му популярност идва с теоретичните му изследвания в областта на електромагнетизма. Те стават основа в класическите схващания на съвременната физика. Теорията му намира изражение под формата на уравнения, известни нато *“Уравнения на Максвел”*.

Максуел изработва пумпал, върху диска на който са нанесени слоеве с различни бои – при въртенето на пумпала се наблюдават различни интересни цветови комбинации: червен и жълт резултират в оранжев, синьото и жълтото се сливат в зелено, а при смесване на всички основни цветове от спектъра повърхността на диска на въртящия се пумпал се превръща в бяла.

Джеймс Максвел е един от създателите на кинетичната теория на газовете. През 1860г. формулира закон, който описва статистическото разпределение на газовите молекули в зависимост от скоростта им. Физиците и до днес използват неговата формула, за да изчислят различните свойства на газа.



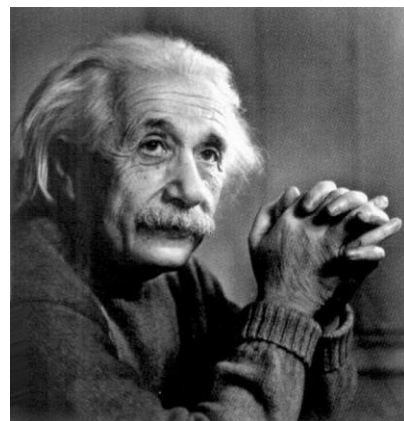
Д. К. МАКСУЕЛ
(1831 – 1879)

6. Алберт Айнщайн

Алберт Айнщайн е немски физик - теоретик, философ и писател от еврейски произход роден на 14 март 1879г. в град Улм, Германска империя. Той работи през голяма част от живота си в Швейцария и Съединените щати. Айнщайн е смятан за един от най-влиятелните и известни учени и интелектуалци за всички времена.

Неговото лице е едно от най-разпознаваните във всички части на земното кълбо, а често е определян и като бащата на съвременната физика. Името на Айнщайн се свързва с популярното уравнение $E = mc^2$ за еквивалентност на маса и енергия.

През 1921г. получава Нобелова награда за приноса си към теоретичната физика и по специално за откриването на закона за фотоелектричния ефект.



Алберт Айнщайн
(1879 - 1955)

Теории на относителността

В самото начало на своята научна кариера Алберт Айнщайн разбира, че при тогавашните възгледи за физиката класическата механика не може да се съвмести със законите за електромагнитните полета, което го насочва към разработването на неговата специална теория на относителността.

- Той разбира също, че принципът на относителността може да бъде приложен и към гравитационните полета и през 1916г. формулира и общата теория на относителността.

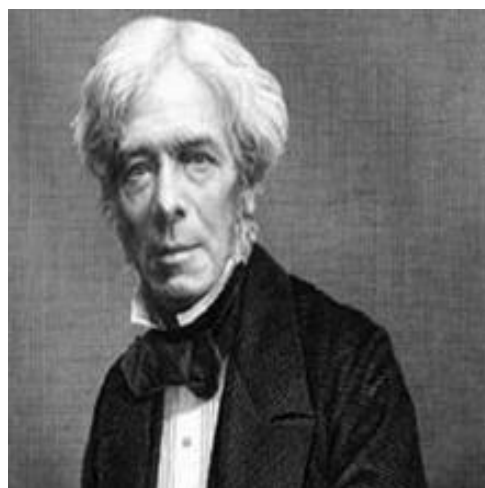
- Специалната теория на относителността постановява, че времето за два обекта, които се движат един спрямо друг, протича различно. Това се пояснява от „парадокса на близнаците“ в следния въображаем опит: единият от тях остава на Земята, докато другият е астронавт и се отправя на междузвездно пътешествие в Космоса. Неговият кораб отлита от планетата, след което се ускорява до скорост, сравнима със скоростта на светлината ($c = 299\,792\,458\text{ m/s}$). Една година по-късно корабът и астронавтът се завръщат в точката, от която са тръгнали. Но при това завръщане се установява, че неговият брат близък е остарял значително.

- Общата теория на относителността постановява, че всяка маса изкривява пространството също както билиардна топка върху опъната покривка. Едно от следствията на общата теория на относителността е откриването на черните дупки – небесни тела, които са с огромна маса в безкрайно малък обем и създават огромно, безкрайно голямо гравитационно поле, от което дори светлината не може да избяга.

7. Майкъл Фарадей

Майкъл Фарадей е британски учен физик и химик, роден на 22 септември 1791г. и известен предимно с откритията и приносите си в областта на електромагнетизма и електрохимията. Въпреки че няма формално образование, той е един от най-влиятелните учени в историята. Той изучава магнитното поле около проводник, по който тече прав ток и формулира понятието електромагнитно поле във физиката.

Негово откритие е и електромагнитната индукция, която представлява физическо явление, при което в проводник, движещ се в магнитно поле и пресичайки силовите линии се индуцира електродвижещо напрежение. Електромагнитната индукция се характеризира с известният закон на Фарадей според който



**Майкъл Фарадей
(1791 - 1867)**

електродвижещото напрежение по затворен контур е пропорционално на скоростта на промяна на магнитния поток (промяната може да бъде както по големина, така и по посока) през произволна повърхност, заградена от контура
 $\varepsilon = -d\Phi_B/dt$.

Фарадеев кафез

Представлява затворена заземена метална клетка, която блокира външни статични и нестатични електрически полета. Външно статично електрическо поле предизвиква преразпределение на електрическите заряди в рамката на проводимия материал на клетката, така че да компенсира ефекта на полето във вътрешността на клетката и практически да го анулира. Това се използва, например, за защита на електронно оборудване от мълнии и електростатични заряди.

Фарадеевият кафез може да защити само от електрични полета, магнитните все още могат да проникнат. Но ако клетката блокира променливо електрическо поле, магнитно поле няма да се генерира.

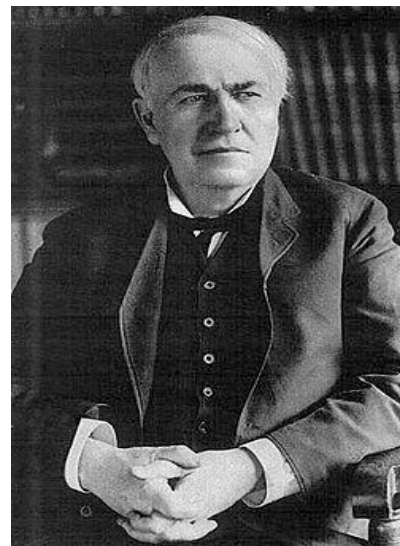
Фарадеев диск

Електрическият диск или още електрически генератор най-често представлява въртяща се електрическа машина, състояща се от два главни компонента: неподвижна част – статор и подвижна или въртяща се част – ротор. Роторът е задвижван от така наречения първичен двигател, който може да бъде парна, водна или друга турбина (турбогенератор), двигател с вътрешно горене, вятърна турбина и т.н.

8. Томас Едисън

Томас Алва Едисън е роден на 11 февруари 1847г. в Милан, САЩ и е американски изобретател и бизнесмен, създал много важни устройства. Той е сред първите изобретатели, приложили принципите на организирано научно изследване и работа в екип в процеса на създаване на изобретения. Едисън се счита за един от най-плодотворните изобретатели на своето време, с рекорден брой патенти на свое име – 1093. Повечето от тези изобретения не са изцяло оригинални, а са подобрения към по-ранни патенти, и всъщност са направени от многобройните му служители.

През 1878г. Едисън започва да използва термина нажежаема жичка за елемента, който се нажежава от протичащия електрически ток и свети. На 13 февруари 1880г. Едисън става първият човек, наблюдавал протичането на електрони през вакуумното пространство (ефект на Едисън) и получава патент за „жичка от въглерод с високо съпротивление“.



**Томас Едисън
(1847-1931)**

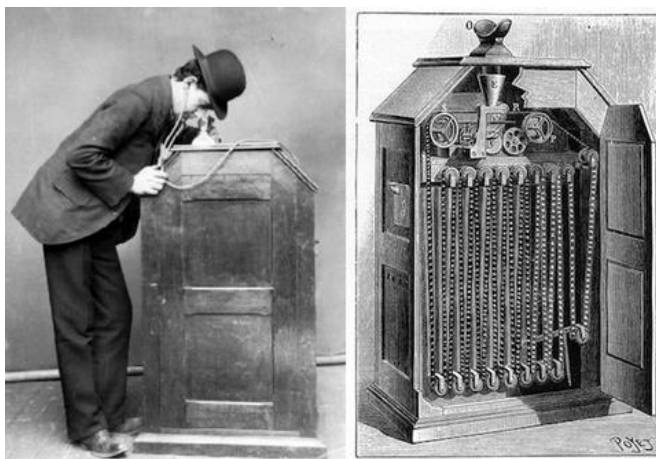
През 1880г. Едисън патентова електрическата разпределителна мрежа, която е важно условие за масовото прилагане на електрическото осветление. На 17 декември същата година основава Едисън Илюминейтинг Къмпани, която на следващата година пуска в експлоатация в Ню Йорк първата притежавана от инвеститори електрическа централа – Пърл Стрийт Стейшън. На 4 септември 1882г. е въведена в експлоатация първата в света електроразпределителна мрежа, която подава постоянен ток с напрежение 110 V на 59 клиенти в Южен Манхатън. По-рано през същата година Томас Едисън е пуснал и първата парна електроцентрала в Лондон, която захранва уличното осветление и няколко частни жилища в непосредствена близост. На 19 януари 1883г. в Роузел започва да функционира първата стандартизирана система за осветление с лампи с нажежаема жичка, използваща въздушни кабели.

Друго известно изобретение на Едисън, появило се по време на “Войната на токовете” е електрическият стол.

Също така едни от най-известните изобретения на Едисън са фонографът, изобретен на 21 ноември 1877г. (фиг.1) и кинетоскопът, патентован на 19 февруари 1878г. (фиг.2). Фонографът е един от първите уреди за записване и прослушване на звук, предшестваш грамфона.



Фиг. 1. Фонограва на Едисън



Фиг.2. Кинетоскопа на Едисън

Също така Едисън взима участие и в изобретяването на първата кинокамера.

9. Вилхелм Ръонтген

Вилхелм Конрад Ръонтген е германски физик, роден на 27 март 1845г. в Ленеп, Германия.

На 8 ноември 1895г. Ръонтген открива и документира електромагнитно излъчване, известно днес като рентгеново. Апаратът, създаден от Ръонтген за тази цел, е познат като рентгенов апарат. За това си откритие получава първата

Нобелова награда за физика през 1901г.. Той нарича лъчението *X-лъчи*, тъй като тяхната природа е била непозната.

През 1895г. Рънтген използва уреди, разработени от неговите колеги, за да изследва електрически разряди във вакуумирани стъклени тръби. В началото на ноември той провежда опити с катодни лъчи в тръби на Ленард. Тръбата на Ленард е обвита в черна хартия, непропускаща видимата светлина, предизвиквана от катодните лъчи и излъчвана от областта около анода. Рънтген забелязва, че намиращите се на известно разстояние от тръбата бариери кристали светят в тъмнината. При изключено напрежение на тръбата кристалите не светели повече. Той поставя недалеч от тръбата екран, покрит с бариери соли, които светвали всеки път, когато включвал напрежението и угасвали след изключването му. Ученият започва да експериментира с различни материали между тръбата и екрана. Картонът, хартията и ебонитът не влияели на яркостта на светене, докато металните предмети хвърляли сянка върху екрана. Той поставя дланта си на пътя на X-лъчите и на екрана се появява изображение на костите. Меките тъкани обаче се оказват прозрачни за тях. На фиг. 4 се вижда рентгенова снимка на ръката на Алберт фон Кьоликер, направена от Вилхелм Рънтген през 1896г.



**Вилхелм Рънтген
(1845-1923)**



10. Ханс Гайгер

Ханс Гайгер е германски физик, роден на 30 септември 1882г. в Нойшат ан дер Вайнщрасе, Германия, който има експериментаторска дарба и е един от плеядата германски учени, допринесли за развитието на ядрената физика. Днес изследванията му са в основата на повечето методи за измерване на използваните в медицината йонизиращи лъчения. Известен е най-вече с изобретяването на Гайгеровия брояч и на усъвършенствания вариант на датчика му Гайгер-Мюлерова тръба – детектор на продукти на радиоактивния разпад. Гайгеровият брояч е създаден през 1908г., а през 1909г. заедно с новопостъпилия младеж Ърнест Марсдън провежда прочутия експеримент Гайгер-Марсдън,



**Ханс Гайгер
(1882-1945)**

който променя тогавашната представа за атома и посочва, че атомът има ядро. Една класация поставя експеримента сред 10-те най-красиви физични експерименти за всички времена. През следващите две години Ръдърфорд успява да обясни теоретично експеримента и през 1911г. предлага планетарния модел на атома.

Гайгеров брояч

Гайгеровият брояч (нарича се още Гайгер-Мюлеров брояч) е уред за измерване на радиация. Открива високоенергийни фотони, алфа-частици, бета- и гама-лъчи, но не и неутрони. Датчикът му се нарича *Гайгер-Мюлерова тръба*. Представлява газоразрядна лампа с 2 електрода, пълна с газ с ниско налягане (значително по-ниско от атмосферното). При преминаване на частица или лъч през него, за момент протича електрически ток. Чрез електронен усилвател сигналът се усилва и се изобразява като измерима величина или като звук - едно цъкване (щракване) за всяка частица.



Фиг. 5. Гайгеров брояч

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Андре-Мари_Ампер](https://bg.wikipedia.org/wiki/Андре-Мари_Ампер)
- [2] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Галилео_Галилей](https://bg.wikipedia.org/wiki/Галилео_Галилей)
- [3] <http://historynakratko.blogspot.com>
- [4] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Йохан_Кеплер](https://bg.wikipedia.org/wiki/Йохан_Кеплер)
- [5] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Джеймс_Кларк_Макс...](https://bg.wikipedia.org/wiki/Джеймс_Кларк_Максвел)
- [6] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Исак_Нютон](https://bg.wikipedia.org/wiki/Исак_Нютон)
- [7] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Джеймс_Кларк_Макс...](https://bg.wikipedia.org/wiki/Джеймс_Кларк_Максвел)
- [8] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Йохан_Кеплер](https://bg.wikipedia.org/wiki/Йохан_Кеплер)
- [9] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Алберт_Айнщайн](https://bg.wikipedia.org/wiki/Алберт_Айнщайн)
- [10] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Майкъл_Фарадей](https://bg.wikipedia.org/wiki/Майкъл_Фарадей)
- [11] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Вилхелм_Рьонтген](https://bg.wikipedia.org/wiki/Вилхелм_Рьонтген)
- [12] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Томас_Едисън](https://bg.wikipedia.org/wiki/Томас_Едисън)
- [13] [https://bg.wikipedia.org > wiki > Ханс_Гайгер](https://bg.wikipedia.org/wiki/Ханс_Гайгер)

ЕЛЕКТРОМАГНИТНО ИЗСТРЕЛВАНЕ

Камен Граматиков

Факултет по транспорта, ТУ-София, бул. „Кл. Охридски“ №8, България,
email: kgramatikov@tu-sofia.bg

***Резюме.** Артилерията е ключова част от военната екипировка на всяка страна – нейното стратегическо значение е осъзнато още през Средновековието в Далечния изток, като с течение на вековете тя бива интегрирана в държави по целия свят. Целта на този доклад е да запознае читателя с прилагането на магнитни сили във военното дело, конкретно в артилерията – концепция, която привлича изключителен интерес от страни като САЩ, Китай, Индия и Турция. Ще направим сравнителна характеристика между конвенционалния метод на изстрелване и този на електромагнитното оръдие. В процеса ще коментираме предимствата на новия метод, както и какви са технологичните пречки (към момента) той да бъде ефективно приложен в съвременната обстановка.*

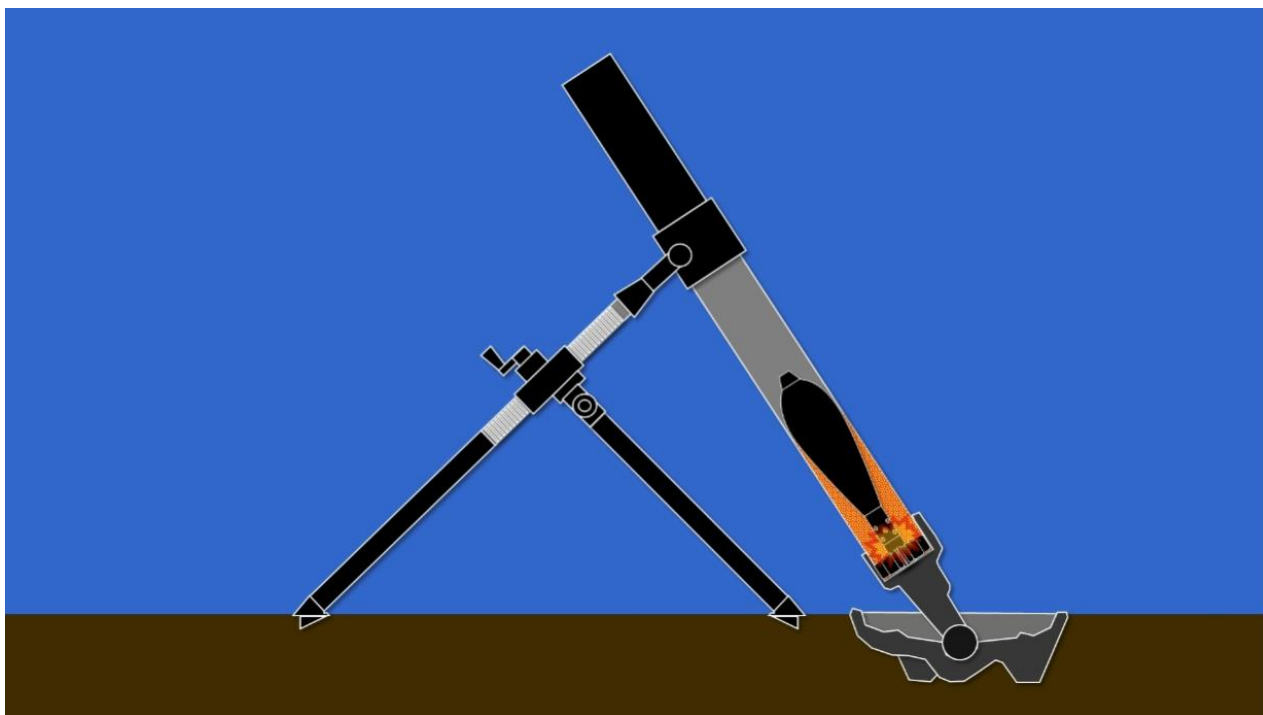
Ключови думи: електромагнетизъм, оръдие, цел, скорост, изстрелване, триене

1. Как работи конвенционалната артилерия?

Преди да започнем с основната тема на доклада, ще направим кратък анализ на конвенционалната артилерия – как работи тя, как се е променила през годините и кои нейни характеристики могат да бъдат подобрени. По този начин ще можем по-лесно да отбележим ключовите разлики между двата метода на изстрелване.

Взривно вещество се поставя на дъното на оръдието (най-често то е с формата на кух цилиндър със затворено дъно) като снарядът е поставен в отворения край. С контролирана експлозия внезапно бива увеличено налягането в основата на оръдието, което задължително е проектирано, за да може да издържа на такова натоварване. Единственият подвижен елемент в стабилно закрепената система е снарядът, който бива внезапно ускорен и съответно изстрелян (фиг.1). Променяйки характеристиките на снаряда (размер, форма и тегло), ъгъла на изстрелване и количеството и вида на експлозива постигаме различни траектории и обсеги на артилерията.

Още с въвеждането си този метод преобръща представите на тогавашния човек за войната – извисяващите се крепостни стени, които години наред са предпазвали градовете от всичко, което се намира отвъд тях, сега се срутва безпомощно срещу топовните изстрели. Барутът завинаги променя света и дълго време определя кой ще бъде победителят в един конфликт.



Фиг. 1

Макар конструкционните материали и дизайнът да са били многократно усъвършенствани през вековете, основната концепция зад артилерийните оръдия остава абсолютно същата – от първите прототипи, датиращи от втората част на Средновековието, през оръдията от Наполеоновите войни до съвременната артилерия, способна да поразява целта си от над 20 километра.

2. Какво е електромагнитно оръдие (ЕМО) и как работи то?

В основата на електромагнитното оръдие стои следната концепция – снарядът бива ускорен изцяло чрез магнитни сили, съответно отпада нуждата от употреба на взривно вещество.

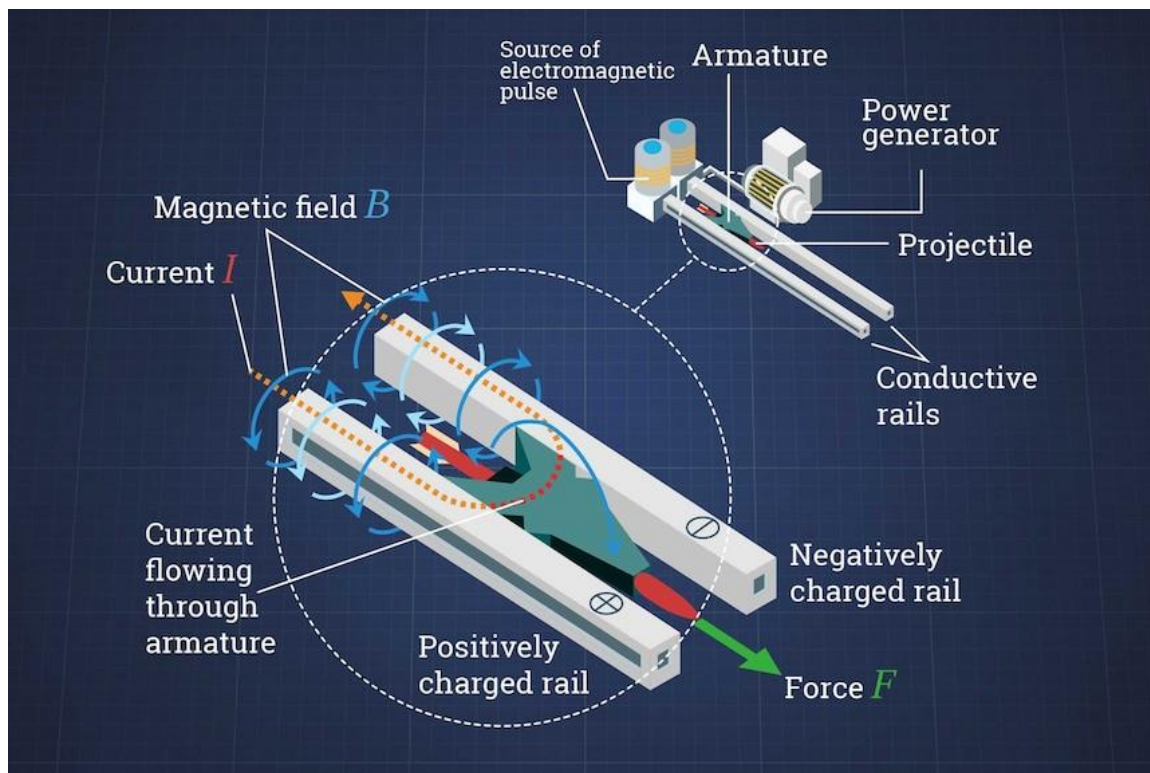
Съставните части на едно ЕМО са следните:

- Две, успоредно разположени релси*
- Снаряд, поставен в защитна обвивка/арматура*
- Източник на ток
- Кондензатор

*задължително е релсите и защитната обвивка на снаряда да са изработени от проводников материал.

Пускайки ток с достатъчна големина, релсите и разположената помежду им арматура образуват затворена верига (фиг. 2). Следвайки контура на тока (оранжев), около него се образува магнитно поле (сини стрелки). Поради П-образната форма на токовия контур, се създават две взаимно перпендикулярни

магнитни полета, които ускорят снаряда по посоката на силата F . В раздела електромагнетизъм сме изучавали това понятие като сила на Лоренц.



Фиг. 2

Важно е да отбележим като коренна разлика между двата разгледани метода именно процеса на ускорение: при конвенционалното изстрелване почти цялото ускорение на снаряда се предава в момента на експлозията. При изстрелването с електромагнитно оръдие обаче, релсите ускоряват снаряда през цялото време докато са във физически контакт. Следователно, конструирайки оръдието с достатъчно дълги релси, то ще ускорява снаряда по-дълго време като така ще може да го изстреля със скорост, значително по-висока от обичайната към момента. Именно разликата в скоростта е една от съществените причини да бъдат вложени толкова много инвестиции в технологията. Тази тема ще разгледаме подробно в следващата точка.

3. Предимства на електромагнитното изстрелване

1) Скорост

Благодарение на гореописаните особености, едно ЕМО е в състояние да изстреля снаряд със скорост над 7 пъти по-голяма от тази на звука:

Звук	343 m/s	Mach 1.0
Артилериен снаряд	894 m/s	Mach 2.6
Снаряд от ЕМО	2503 m/s	Mach 7.3

*представените на втори и трети ред стойности не са универсални, а осреднени поради наличието на различни тестови оръдия и боеприпаси

2) *Обсег*

Съществено увеличение на началната скорост на снаряда означава, че също така ще се увеличи значително и далечината, която той може да бъде измината по време на полета си. За съжаление увеличението не е пропорционално на скоростта поради прогресивно растящото триене на въздуха. Въпреки това промяната е от огромно значение във военен контекст – колкото по-далечна позиция едно оръдие е способно да заеме от врага докато го обстрелва, толкова по-безопасна е тя.

3) *Кинетична енергия*

Основните фактори, които определят щетите, нанесени от един снаряд върху конкретна мишена са:

- Използвани материали (както на снаряда, така и на целта)
- Ъгъл на удара
- Площ на контакт между снаряда и целта
- Кинетичната енергия на снаряда

За съжаление в рамките на този доклад не можем да си позволим да направим пълен анализ на терминалната балистика на един снаряд от ЕМО, затова няма да коментираме първите три фактора, а ще се фокусираме върху кинетичната енергия.

Както формулата гласи, кинетична енергия на един снаряд (E_k) е правопрпорционална на масата му m . В същото време обаче, тя е и правопопорционална на квадрата от скоростта му v . Това означава, че един значително по-малък по размер и тегло снаряд би бил способен да причини същите щети, поради по-високата си скорост.

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

4) *Размер*

Пряко следствие от увеличаването на кинетичната енергия е възможността да бъдат намалени размерите на снарядите, които биват транспортирани и използвани. Това е от съществено значение при бойните кораби, където пространството в трюмовете често е ограничено.

5) *Безопасност*

Както вече отбелязахме, при изстрелването на снаряд с електромагнитно оръдие се елиминира нуждата от експлозив, което означава, че бойните кораби няма да се налага да транспортират огромни количества взривни вещества на борда си каквато е практиката към момента. Това значително намалява риска от катастрофална експлозия, която би могла да унищожи кораба.



Фиг. 3

На изображението е показана катастрофалната експлозия на USS John Burke (фиг. 3) – транспортен кораб превозващ амуниции през Втората световна война, в който се умишлено се е разбил японски самолет използван като камикадзе – корабът е унищожен на място, а всички околни плавателни средства са тежко поразени от необичайно силната взривна вълна. Това е една от най-мощните неядрени експлозии в човешката история.

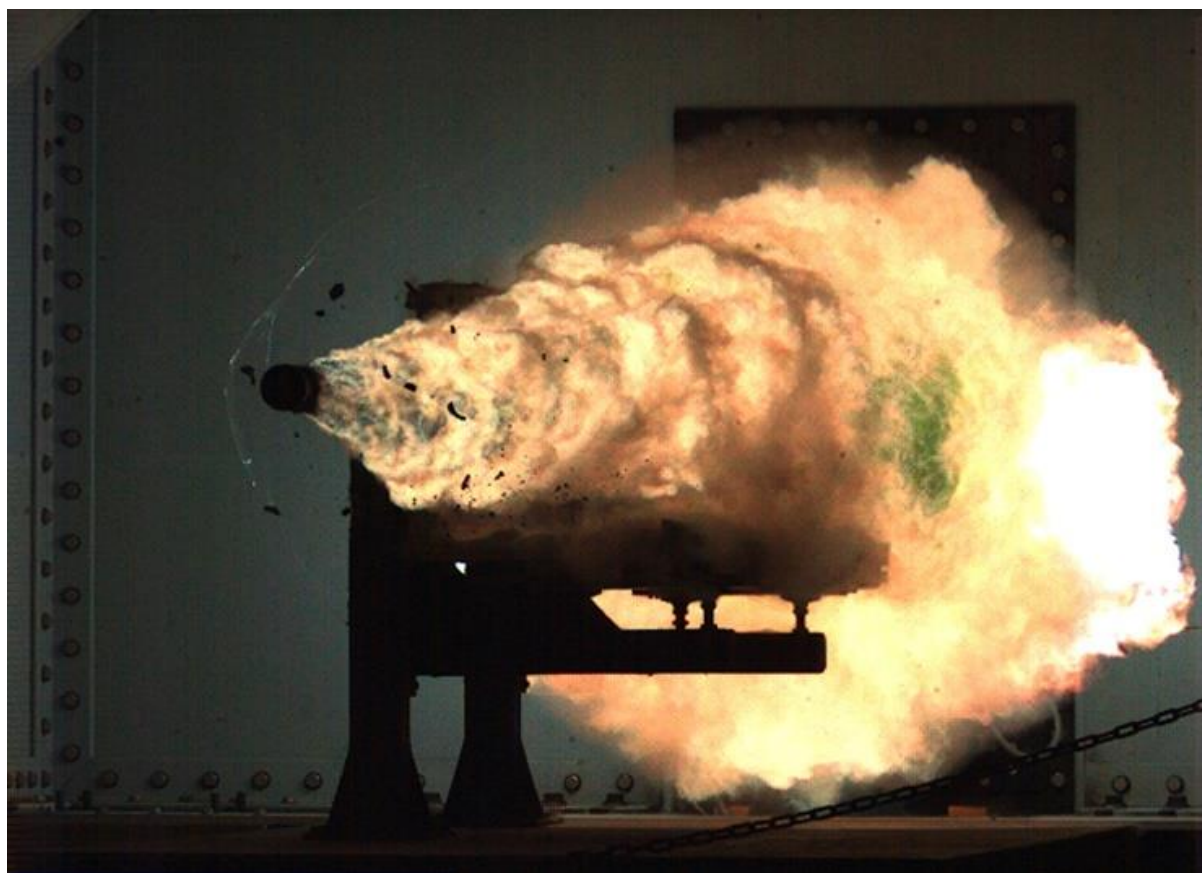
4. Недостатъци на електромагнитното изстрелване

1) *Необходима мощност*

Опитно е доказано, че за да бъде изстрелян снаряд с желаната скорост (поне Mach 6.0) е необходима мощност от най-малко 25 MW – лимит непосилен за почти всички опериращи към момента бойни кораби. Това означава, че дори да бъде успешно въведена в експлоатация, технологията ще остане ограничена от мощността на електрозахванването на конкретната система.

2) *Натоварване и износване*

Поради огромното количество ток, което преминава през системата, релсите се нагряват до изключително високи температури, които след неколkokратна употреба ги разтапят. Това нарушава характеристиките на оръдието и налага честата смяна на релсите. В комбинация с искрите, отделени при триенето между релсите и арматурата на снаряда, в някои случаи се стига до огромни пламъци зад снаряда. Макар да изглеждат зрелищно за страничния наблюдател, те показват колко високи температури се достигат, за да бъде изстрелян снарядът и колко опасен е целият процес.



Фиг. 4.

На изображението наблюдаваме пламъците, оставени след изстрел с ЕМО (фиг.4). Те са причинени от гореизброените причини, без употреба на взривно вещество.

Макар и на пръв поглед малко, към момента именно тези пречки са причината методът да не може да бъде приведен в действие на мащабно ниво. Работата по тяхното отстраняване продължава, но тепърва ще трябва да развием както мощността на бойните си кораби, така и материалите, които използваме, за да можем да използваме тази революционна технология ефективно.

5. Заключение

Електромагнетизмът вече е намерил своето приложение в друг важен сектор на военната промишленост – използва се за „катапултиране“ на самолети от самолетоносачи, като с постепенното си ускорение не подлага структурата на летателното средство на твърде голям стрес и така увеличава времето им за експлоатация. Приложението му в други сектори е въпрос на време.

Към момента САЩ, Китай, Индия и Турция са обявили официално, че разработват технологията за приложение във военната артилерия.

Електромагнитният метод за изстрелване на снаряди преминава граници, недостижими за конвенционалната артилерия, и е способен коренно да промени света на военната промишленост. Преди това да се случи обаче, трябва да намерим решения на гореспоменатите препятствия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.baesystems.com/en/product/electromagnetic--em--railgun>
- [2] <https://research.lifeboat.com/ieee.em.pdf>
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Railgun>
- [4] <https://www.youtube.com>
- [5] <https://theconversation.com>
- [6] <https://www.ga.com/railgun-weapon-systems>

ЯДРЕН СИНТЕЗ, ФИЗИЧНИ И ХИМИЧНИ СВОЙСТВА НА ТРИТИЙ. ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕТО МУ В ПРОИЗВОДСТВОТО НА ЕКОЛОГИЧНО ЧИСТА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ

Александър Г. Куртев и Михаела М. Петкова

Фатултет автоматика, ТУ-София, бул. „Кл. Охридски“ 8, България,
e-mail, alkurtev@tu-sofia.bg, mihpetkova@tu-sofia.bg

Резюме. В днешно време всички се стремим към създаването, усъвършенстването и използването на възобновяеми енергийни източници. Приложението на енергията на Тритий би могла да намери добра реализация в бъдещето.

Тритият е радиоактивен свръхтежък изотоп на водорода. Ядрото му съдържа един протон и два неутрона. Периодът му на полуразпад е приблизително 12 години, като се свежда до хелий-3. Това му дава възможност да представлява постоянен енергиен източник за същото време.

Abstract. Nowadays, we all strive for the creation, improvement and for the usage of renewable energy sources. Tritium's energy application could find a good realization in the future.

Tritium is a low-radioactive overweight isotope of hydrogen. Its core contains one proton and two neutrons. Its half-life is approximately 12 years, while reduces to helium-3. Because of this it has the potential to be a permanent energy source at the same time.

Ключови думи : Ядрена физика; Ядрен синтез; Възобновяеми енергийни източници; Тритий; Електричество; Електроенергия.

1. Въведение

В днешно време акумулаторните (презареждащи се) батерии са навсякъде около нас – смартфони, лаптопи, електрически инструменти, електромобили и много други. Те обаче имат един недостатък – при изчерпване на заряда си, трябва да бъдат включвани към източник на електричен ток за определен период от време, докато отново бъдат заредени до пълния си капацитет.

Ние имаме решение на този проблем – бетаволтаични батерии, съставени от източник на фотонна светлинна енергия, френелова леща и соларни панели с кубична структура. Тритий е със слаба радиоактивност, която е безвредна за човека. Това предразполага реализацията на концепцията ни в бита.

За съжаление предизвикателството е текущата (към април 2021 г.) висока цена на Тритий – около 30 000 щатски долара за грам. Но този факт ще разгледаме последно, с надеждата, че напредъкът на науката би позволил синтензирането на този изотоп на по-ниска пазарна цена.

Разсъжденията ни са подкрепени с експеримент. Той представлява начин, по който да добием електрическа енергия от двустранно поставени соларни панели

около цилиндрична тритиево-фосфорна тубичка. Резултатите от експеримента са разгледани в т. 6.

2. Ядрен синтез и полуразпад

Термоядреният синтез, известен още като Ядрен синтез, е вид ядрена реакция, при която n на брой ядра се сливат и образуват едно по-тежко. Реакцията се характеризира с отдаване/приемане на енергия.

Експериментално е доказано, че Тритий има период на полуразпад около 4500 ± 8 дни, до получаване на ${}^3\text{He}$, съдържащ два протона и неутрон. Той не е радиоактивен. Свърхтежкият радиоактивен изотоп се разпада по следната реакция :



Където β е бета частица – електрон, а ν е неутрино.

Освобождава се около 18,6 keV енергия, като електронът има средна кинетична енергия -5,7 keV, а останалата част от енергията се освобождава. Има бета радиация, но както знаем тя не може да проникне през човешкото тяло.

Експоненциалният разпад може да се опише чрез коя да е от следните три еквивалентни формули

$$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$N(t) = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Където

- N_0 е първоначалното количество субстанция, което ще се разпадне (това количество може да е в различни мерни единици);
- $N(t)$ е количеството, което все още не се е разпаднало след време t ;
- $t_{1/2}$ е периодът на полуразпад на количеството;
- τ е положително число, наречено среден живот на разпадащото се количество;
- λ е положително число, наречено константа на разпадане на разпадащото се количество.

Трите параметъра $t_{1/2}$, τ и λ са пряко свързани по следния начин

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \tau \ln(2)$$

3. Свойства на изотопа Тритий

Таблица 1. Специфични стойности на характеристиките изотопа

Максимална енергия	$1.86 \cdot 10^{-2} \text{ MeV}$
Средна енергия за целия период на полуразпад	$5.68 \cdot 10^{-3} \text{ MeV}$
Период на полуразпад	12.32 години
Специфична активност (за T_2 газ)	$9.62 \cdot 10^3 \text{ Ci/g}$
Специфична активност (ТНО)	$1.45 \cdot 10^3 \text{ Ci/g}$
Мощност (за T_2 газ)	$3.24 \cdot 10^{-1} \text{ W/g}$
Главни емисии при дезинтеграция (вероятност за емисиите, %)	$\beta - 18.6 \text{ keV (100\%)}$
Средна излъчена енергия	$B - 5.7 \text{ keV}$
Прекурсори	$^4\text{H}, ^5\text{H}, ^6\text{H}$
Специфична дейност	$3.56 \cdot 10^{14} \text{ Bq.g}^{-1}$
Продукт за разпад	^3H

Водородът има шест изотопа, с маси 1 до 6, първите два от които стабилни. Тритий (^3H) е единственият радиоактивен изотоп с полуживот над една година.

Без значение дали изотопа е синтезиран или се намира в естествено в природата, той е изключително мобилен в околната среда и във всички биологични системи. Трития съществува в три химически форми:

- Тежка вода (съкр. на английски НТО) известна още като „супер тежка вода“ (11% по-тежка от H_2O) е най-срещаната форма на тритий в естествената среда и в живите организми. Когато не се среща тритий в околната среда в тази форма, тогава НТО^[1] е най-чест резултат от окислението на НТ^[2] или действието на бактериите. Скоростта, с която се обменя водорода с водата, хомогенизира концентрацията на НТО в живите организми.

В молекулите, в които водородът се заменя с тритий, разликата в атомната маса може да се види в естествените процеси на преход, като изпаряване, кондензация или втвърдяване. Това води до ниско ниво на тритийно обогатяване в кондензираната фаза в сравнение с лекия водород.

- Газообразният тритий (съкр. на английски НТ) е тази химична форма, която засяга малка част от трития който е изпуснат във въздуха. Тя може да

стане по-значима поради развитието на ядрения синтез за производството на енергия от производството. В резултат от процеса на окисляване тритиитирианият водород се трансформира в тритиева вода и отново навлиза във водния цикъл.

- Органично свързаният тритий (съкр. на английски ОВТ) е тази форма, в която трития е свързан с органична материя. Това са резултатите, които са включени в различни органични съединения по време на процеса на синтез на живата материя. Такива органични съединения се разпределят според техните специфични химични свойства, което може да обясни възможното хетерогенно разпределение на тритий между тъканите. Как стабилен тритий е в рамките на такива съединения? Това зависи от естеството на връзката между трития и органичните молекули, както и от афинитета на органичната молекула с различни биологични тъкани. Прави се разграничение между:

- *обменен (разменяем) тритий*: Има обменна фракция, когато водородните атоми, свързани с кислорода, сярата или азота, се заменят с тритий. Тази част от трития, свързана в нестабилна форма с биомолекули, е в равновесие с концентрацията на тритиевата вода във вътреклетъчната среда.

- *неразменяем тритий*: Тритият е ковалентно свързан с въглерод. Това е постоянна връзка, докато самата биомолекула не се трансформира, нито се унищожава от ензимна реакция. Следователно времето, което остава включено в тритий, зависи от биомолекуларния оборот: бързо при молекулите, участващи в енергийния цикъл, и по-бавно при структуриране на молекули или макромолекули като ДНК^[4] или енергийни резерв молекули.

Механизмите за обмен са общи за всички живи организми, растения и животни. Разпределението между тритиран воден, обменен и неразменяем тритий варира според съответния прием на НТО или ОВТ, естеството на органичните връзки, които генерират ОВТ и метаболизма на всеки отделен вид.

Тритийът е по-тежък от водорода поради изотопния ефект. Ензимните реакции, които то се описва на радиоактивния изотоп, са по-бавни от тези, които използват стабилния изотоп.

4. Произход

Количеството на тритий, присъстващи в биосферата, значително се е увеличило поради в атмосферата и с развитието на ядрената енергетика. В световен мащаб се връщат към нивата на концентрация, подобни на тези, които са предхождали тестването на оръжията. Благодарение на радиоактивно разпадане, почти 90 % от тритий, въведен в околната среда между 1945 г. и 60-те са изчезнали.

- *Естествен произход*

Изобилието на тритий в околната среда е много ниско в сравнение с водород или деутерий. Тритий се произвежда естествено главно поради ядрени реакции

в горната атмосфера между азотни и кислородни атоми и високоенергийни космически лъчи. Около 99% от тритий, произведен в горната атмосфера, е окислен до триизмерна вода разпръснати в повърхностни води. Годишното естествено производство в атмосферата е 0,15 - 0,20 kg, т.е. $5,0 - 7,0 \times 10^{16}$ Bq, като се предполага, че производството балансира. Малка част от естествения тритий се произвежда в земната кора по време на улавяне на неутрон от следи от литий 6, съдържащи се в скалата. Неутроните, които се месят в тази реакция, са 238 или чрез реакции (a, n), които се пораждаат от урановите и торийните алфа лъчи. Производство в земната кора изглежда е безкрайно ниска в сравнение с производството в атмосферата.

- *Изкуствен произход*

- Ядрени опити*

Много радионуклиди, включително трития, били пуснати в атмосферата по време на изпитването за на ядрените оръжия, които са се провели основно между 1945 и 1963 г. Тези тестове били 650 kg ($2,3 \times 10^{20}$ Bq) тритий ($520 \text{ kg} - 1,84 \times 10^{20}$ Bq в Северната полукълбо и $130 \text{ kg} - 4,6 \times 10^{19}$ Bq в южното полукълбо). Предвид радиоактивния полуразпад на тритий, през 2007 г. остава около 40 kg – $1,4 \times 10^{19}$ Bq, разпределени между атмосферата (1%), и океаните (90%) и континентални води (9%). Това количество може да се сравни с постоянния инвентар на тритий, който е 3,5 kg ($1,2 \times 10^{18}$ Bq; 2000 Г.; 2008 г.).

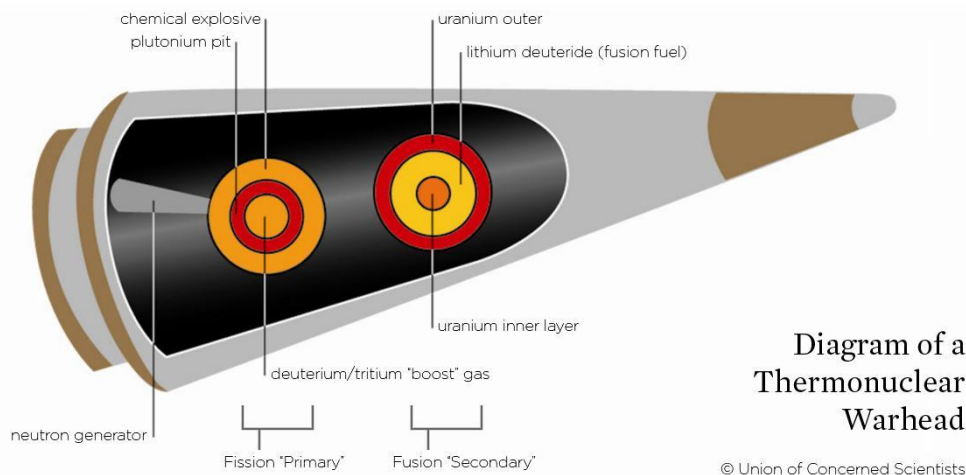
- Ядрени съоръжения*

Ядрените съоръжения, които пускат тритий в околната среда, включват реактори под налягане, облъчени с вода преработка и рециклиране на горивото и реактори, предназначени за производството на тритий. При реакции при ядрени реактори с тежка вода количеството на тритий, произведено с деутерий в тежка вода (приблизително $1,9 \text{ g} - 6,8 \times 10^{14}$ Bq годишно за 900 MWe реактор) е значително по-голям от произвеждания в реактори за леки води от ядреното делене на някои уран и плутониеви изотопи, остава главно в самото гориво. Освободеният тритий се получава чрез улавяне на неутрон от 10B бор: приблизително $0,03 \text{ g} (1,1 \times 10^{13} \text{ Bq})$ годишно за 900 MWe реактор и приблизително $0,09 \text{ g} (3,2 \times 10^{13} \text{ Bq})$ за 1300 MWe реактор.

Тритият е гориво, което се извлича главно по време на преработка, когато горивото се срязва. Той се среща под формата на тритиева вода в течна отточна вода, повечето от които се отделя в морето. В завода в Ла Хага, за пример, приблизително $30 \text{ g} (10^{16} \text{ Bq})$ на тритий се пускат всяка година на 1600 метрични тона ядрени материали и в Sellafield (Великобритания) приблизително $8 \text{ g} (2,8 \times 10^{15} \text{ Bq})$ се пускат всяка година (вж. Lebaron-Jacobs et al., 2009).

5. Приложения

Тритият се използва основно в изработката на ядрени оръжия с цел увеличаване на разрушителната мощ. Това се усъществява при ядреното делене в главата на ядреното взривно изделие, където тритият е спомагателен газ (фиг.1).



Фиг. 1. Ядрена глава с тритий/диутерий

6. Направен опит

Проведохме експеримент за концептуална тритиева батерия.

Сглобената единица включва следните компоненти:

- 1 брой тритиево-фосфорен цилиндър с размери 2,5x6 mm (внос от КНР)
- 2 броя соларни панели с размери 25x25 mm и максимално напрежение 2.0 V
- 2 броя петорни клеми, стандартни
- 4 броя многожилни медни проводници със сечение 0,5 mm²
- 4 броя термошлаухи
- 1 брой кондензатор с капацитет 1 μF
- стандартно прозрачно тиксо
- изолирбанд – черен

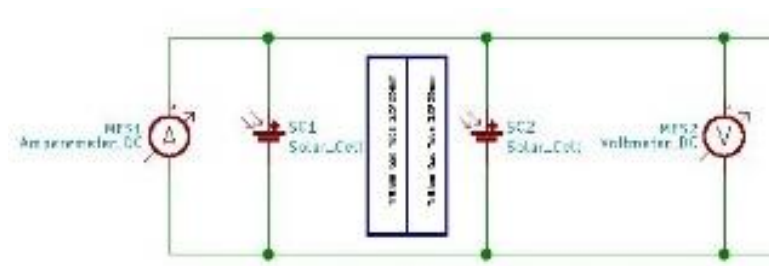
Забележка: Поради по-високата пазарна цена на тритиево-фосфорния цилиндър, не закупихме нужните 5 броя от тях (които биха достигнали за пълния капацитет на соларните панели – до 2.0 V), а 1 брой.

Начин на свързване:

- при последователно свързване (фиг. 2), получаваме:

- Ток: mA
- Напрежение: mV

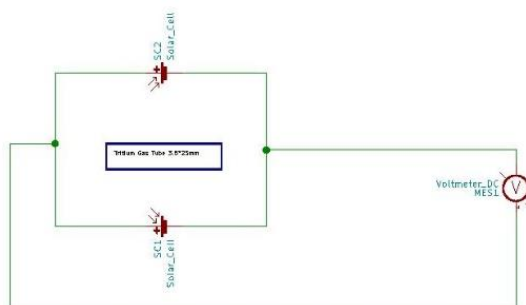
В този случай няма данни, защото преценихме, че този начин на свързване не би бил подходящ за нашите цели.



Фиг. 2. Последователно свързани панели

- при успоредно свързване (фиг. 3), получаваме:

- Ток: 0,01 mA
- Напрежение: 4,8 mV



Фиг. 3. Успоредно свързани панели

Таблица 2. Резултати от опитни измервания.

Ситуация	Напрежение	Ток	Съпротивление	Мощност
Първи опит	4.3 mV	0.01 mA	51.2 kΩ	43 μW
Втори опит	4.2 mV	0.01 mA	51.4 kΩ	42 μW
Грешка :	±0.1 mV	±0.001 mA	±0.2 kΩ	±0.5 μW

Можем да направим следния анализ получените данни:

Равносометката при инвестиция в такава батерия, имаща кубична структура и характеристики е 9V / 2,1A / 18,9 W (без извертор):

Таблица 3. Инвестиции.

Инвестиция :	Разход (лв)	Брой	Общо (лв)
Тритиево-фосфорен сферичен източник	200	1	200
Соларни панели с обща площ 37,5 cm ²	1.5	6	9
Оптика (Френелови лещи)	20	6	120
Инвертор	18	1	18
Общо :	239.5	-	347

В таблица 4 е представена съпоставка между тритиевата батерия и литиево-полимерна батерия.

Таблица 4.

Произведено количество електроенергия за 12г. (24/7)	1 986,8 kW/h
Цена за един киловат/час	0.1746 BGN
Отдадено количество електроенергия от LiPo 230 mAh, 9 V	0,0021 kW/h
Цена за един kW/h (при цена на батерия 9 лв.)	4390 BGN

7. Заключение

Произведената по този начин електроенергия е удачна за работни апарати, най-вече от сферата на микроелектрониката, където се изисква по-ниско постоянно токово работно напрежение.

8. Препратки

- [1] HTO : Tritiated water
- [2] HT : Gaseous tritium
- [3] OBT : Organically Bound Tritium
- [4] ДНК : Дезоксирибонуклеинова киселина

ЛИТЕРАТУРА

- [1] R. J. Traub, G. A. Jensen „Tritium Radioluminescent Devices Health and Safety Manual“, June 1995
- [2] ”Tritium and the environment“, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

НАРУШЕНАТА СИМЕТРИЯ

Мария Занева

Катедра Приложна Физика, ФПМИ, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" №8, България
e-mail: mzaneva@tu-sofia.bg

Резюме: Разглеждат се историческите корени на концепцията за симетрия и как тя се развива с времето и достига съвременната си по-абстрактна форма. Представени са основните видове симетрия, теоремата на Ньотер и ролята ѝ в теоретичната физика, както и някои основни понятия от Теория на групите. Разглеждани се някои от Нобеловите награди, довели до развитието на теорията на Стандартния модел.

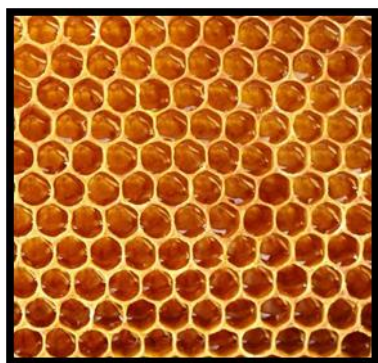
Ключови думи: симетрия, суперсиметрия, група, елементарни частици, Стандартен модел

1. История

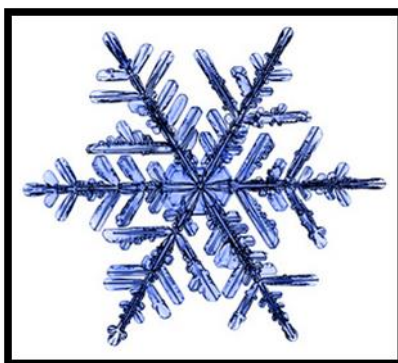
Историята на думата отбелязва началото си при древните гърци и римляни, за които е била синоним на хармония, красота и съвършенство. Днешното значение на термина „симетрия“, под който обикновено разбираме огледална лява и дясна част на дадена форма или обект, е породено в Италия в началото на Ренесанса. Идеята се доразвива с времето като плавно се достига до математическото описание и симетрията на законите на физиката.

2. Симетрията във физиката

В природата съществуват безброй много примери на почти идеално симетрични форми (фиг.1).



Фиг. 1а.



Фиг. 1б.



Фиг. 1в.

Приложението на симетрията по отношение на законите във физиката, а не върху дадени геометрични обекти, става основна част от модерната физика. Една от първите формулировки, отнасяща се за връзката между симетрия и физика, е на Пиер Кюри. В края на деветнадесети век с изследванията си върху редица свойства на кристалите той открива, че те са свързани директно със структурата – т.е. симетрията на въпросния кристал. Той повдига въпроса кои физични феномени биха били възможни, ако дадена среда има специфични симетрични свойства. Формулировка на отговора Пиер Кюри публикува в труда си “*Sur la symétrie dans les phénomènes physiques, symétrie d'un champ électrique et d'un champ magnétique*” през 1894г. със следните заключения:

➤ Един феномен може да съществува в дадена среда със своята характерна симетрия или тази на някоя от подгрупите му. Това, което се изисква, за да възникне даденият феномен, е липсата на определени симетрии: „Асиметрията е това, което създава феномена.“

➤ Симетрията на дадено физично свойство трябва обезателно да съдържа симетрията на причината (полевата величина), която го поражда, но обратното не е вярно (ефектите могат да са по-симетрични от причината) (*Принцип на Кюри*)

С годините и други физици обобщават принципа на Кюри и допринасят за по-общото му разбиране като условие върху връзката между симетриите на дадено уравнение и неговите решения.

От съвременна гледна точка под симетрия на определена фигура, терминът се разбира в един малко по-различен смисъл, който не е свързан с пропорциите на обекта. Симетрията на геометричните фигури се определя по отношение на тяхната инвариантност при определени групи ротации и отражения, т.е. след извършена трансформация първоначалната фигура остава непроменена. Ключов етап се оказва въвеждането на специфични математически операции като (огледално) *отражение*, *ротация* и *транслация*. Например сферата има централна, огледална и ротационна симетрия и неслучайно кълбото е смятано за най-съвършената форма от древни времена.

С навлизането на Квантовата механика симетриите стават още по-важна част от изучаването на природата. Тяхната важност е допълнително подсилена и от Стандартния Модел във физиката на елементарните частици, който демонстрира по-голямото наличие на симетрии в микросвета в сравнение с макросвета. От гледна точка на космологията това означава, че Вселената възниква от Големия взрив като силно симетрична структура, въпреки че голяма част от симетриите ѝ не биват наблюдавани днес.

3. Теория на групите

Повратната точка в използването на симетрията в науката идва с навлизането на концепцията за *групите* и по-нататъшното развитие на науката, която ги изучава. Използването на математиката на *теорията на групите* за

изучаване на теории във физиката става от основно значение в началото на двадесети век, като централни фигури са Ф. Клайн, Д. Хилберт, Х. Вайл и по-късно Е. Ньотер. *Теорията на групите* е част от съвременната математика и чрез математически формули може да опише симетриите. Под *група* се разбира съвкупност от структура (множество G) от недефинирани елементи и една недефинирана бинарна операция, като трябва да се удовлетворят и допълнителни условия, за да има група. Под *група на симетрия* се разбира съвкупността от всички ортогонални преобразувания, при които някаква фигура съвпада сама със себе си. Това позволява по-широкото приложение на термина не само за геометрични обекти или фигури, а и за абстрактни модели и математически изрази, което води до големи ползи в областта на теоретичната физика.

4. Теорема на Еми Ньотер (Noether's Theorem)

Еми Ньотер е немски математик, който има забележителен принос към абстрактната алгебра. Тя формулира теорема, даваща елегантна връзка между законите за запазване и симетриите на дадена система, която има фундаментално значение за математическата физика. В началото на двадесети век Дейвид Хилбърт и Феликс Клайн канят Еми Ньотер в Гьотинген да съдейства със своята експертиза по проблем в новата теория на гравитацията на Алберт Айнщайн. Хилбърт забелязва, че запазването на енергията изглежда е нарушено в Общата теория на относителността, но Ньотер разрешава парадокса.



Фиг. 2 Еми Ньотер

Теоремата на Ньотер, която тя доказва още същата година, гласи, че на всяка непрекъсната симетрия съответства запазваща се величина. Трябва да се отбележи, че теоремата е приложима единствено за определен клас теории и в оригиналната си версия се отнася за теории, описвани от Лагранжиан, а Лагранжевият формализъм изпълнява по-голямата част при доказването на теоремата.

Може да се даде пример с шайба, която се движи без триене по гладка повърхност без влиянието на външни сили, откъдето знаем, че импулсът на тялото ще бъде запазен. Нещото, което може да отклони шайбата от равномерното ѝ праволинейно движение, може да бъде единствено промяната на пространството (повърхността). Тоест теоремата на Ньотер показва, че запазването на инерцията е свързано със симетрията на транслацията в пространството – физиката не се влияе от линейни премествания. Аналогично симетрията при ротация (ротационна инвариантност) води до запазване на ъгловия импулс, а симетрията на времевата транслация - запазването на енергията. Разбира се, теоремата на Ньотер се отнася и не до толкова

интуитивни симетрии като ротация и трансляция, но и до по-абстрактни такива, като например симетрията, свързана с електромагнитната теория, която води до запазване на електричния заряд.

5. Видове симетрии

Глобалната симетрия е такава симетрия, чието действие трябва да бъде едновременно приложено върху всички точки във време-пространството, а *локалната* – дадено свойство остава инвариантно, когато различна трансформация на симетрия е приложена върху всяка точка от време-пространството. Интересно е да се отбележи, че непрекъснатите трансформации могат да доведат до закони за запазване в класическата механика, както вече бе даден пример, а дискретните трансформации - закони за запазване в квантовата механика.

Глобалните симетрии са трансляцията във времето, трансляция в пространството и ротация в пространството. Дискретните симетрии биват „P”, „C” и „T”, където:

➤ *P – огледална симетрия* $t, x, y, z \rightarrow t, -x, -y, -z$

Законът за запазване, до който води огледалната симетрия е *P*-четност – ако една система се отразява в пространството тя не променя физическото си поведение. Тоест, не би трябвало да съществува разлика между „ляво“ и „дясно“ и физиката не би трябвало да се влияе от това дали пряко се наблюдава нещо или се наблюдава в огледало.

➤ *C – зарядова симетрия* $Q \rightarrow -Q$

Законът за запазване, до който води е *C*-четност – ако знаците на зарядите в една система се заменят с противоположните им, системата не би трябвало да промени поведението си.

➤ *T – симетрия относно времето* $t \rightarrow -t$

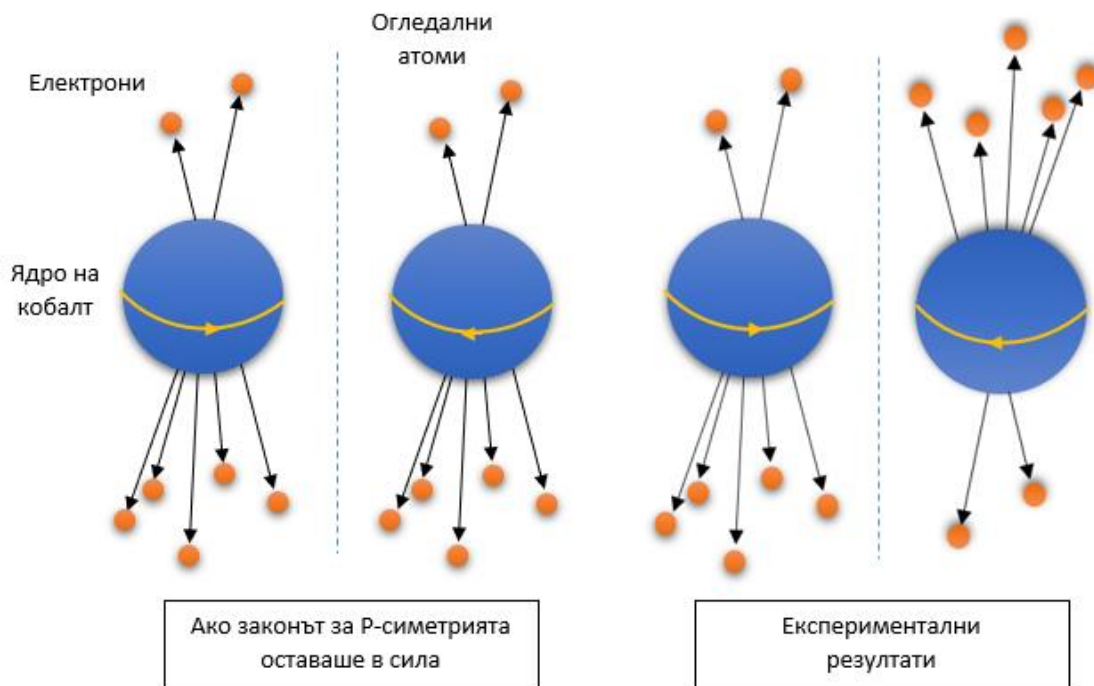
T-четност – обръщането на времето не би трябвало да променя физичните закони.

6. Нарушаване на симетрията в Стандартния модел

Стандартният модел представлява синтез на знанията за най-малките градивни елементи, които са получени до момента. Теоретичната основа, върху която стои, включва принципите на симетрията от квантовата физика и теорията на относителността. Фундаменталната симетрия във физиката на елементарните частици е CPT симетрията (зарядова, пространствена, времева).

В средата на миналия век двама теоретици Чен Нин Янг (*Chen Ning Yang*) и Цунг Дао Ли (*Tsung Dao Lee*) удостоени с Нобеловата награда през 1957г., поставят под съмнение спазването на огледалната симетрия при слабо взаимодействие. Това води до преоценка на принципите на квантовия свят. Нарушаването на симетрията описва това как една физична система може

изведнъж да прояви предпочитание към една посока спрямо друга. Може да се представи един много прост пример с молив, който стои на върха си върху дадена повърхност. Докато стои вертикално всички хоризонтални посоки са равностойни, но когато падне тази симетрия се губи и само една посока е от значение. Последвалата серия от опити с разпад на атомното ядро на кобалт-60 разкрива, че електроните, които напускат ядрото имат предпочитание към определена посока измежду всички други, противно на очакваното.



Фиг. 3. *Нарушаване на Р-симетрията*

През 1964г., удостоените по-късно с Нобелова награда за 1980г., Джеймс Уотсън Кронин (*James Watson Cronin*) и Вал Логсън Фитч (*Val Logsdon Fitch*), отново наблюдават нарушение на симетрията при слабото взаимодействие. При радиоактивен разпад на каони се оказва, че част от частиците нарушават двойната *CP*-симетрия, което отново изправя теорията пред предизвикателство, тъй като до преди това физиците не са вярвали, че едновременно нарушаване на зарядовата и огледалната симетрия е било възможно. Андрей Сахаров е руски физик, лауреат на Нобелова награда за мир и първият човек, който обръща внимание на важността на нарушената симетрия за произхода на Вселената. Още през 1967г. формулира три необходими условия за възникването на свят като нашия, като първият е именно, че законите на физиката правят разлика между материя и антиматерия, което е открито точно с нарушаването на *CP*-симетрията.

През 1972г. Макото Кобаяши (*Makoto Kobayashi*) и Тошихиде Маскава (*Toshihide Maskawa*) дават отговор на въпроса защо се нарушава двойната симетрия с една 3×3 матрица. Каоните, или наричани още *K*-мезони, са група от четири мезона, която се отличава с квантовото число, наречено странност,

съставени от комбинация от кварк и антикварк. Слабото взаимодействие води до непрестанното превръщане на кваркът в антикварк и обратното и съответно каонът – в анти-каон. Матрицата, която двамата изследователи пресмятат съдържа вероятностите, описващи превръщането на кварките. Теорията на Кобаяши и Маскава предсказва и нарушаването на симетрията при В-мезоните, които са много по-тежки от каоните (експериментално потвърдено през 2001г.). Кварките и антикварките сменят своята самоличност в рамките на тяхното семейство, което води до необходимост от съществуване на още едно семейство, за да се обясни нарушаването на двойната симетрия при смяната на самоличностите на материя и антиматерия. До момента са известни шест разновидности кварки – горен (u), долен (d), странен (s), чаровен (c), дънен (b) и върхов (t), но до тогава са били известни само две от тях. В по-късните експерименти се откриват и теоретично предсказаните – чаровният кварк бива открит през 1974 г., дънният – 1977 г., като последният върхов кварк е открит едва през 1994 г.

Ученият Йоичиро Намбу (*Yoichiro Nambu*) е първият, който въвежда спонтанното нарушаване на симетрията във физиката на елементарните частици през 1960г. Това по-късно му носи Нобелова награда по физика за 2008г. заедно с Кобаяши и Маскава. Първоначално той изучава явлението свръхпроводимост и това как тя се описва от спонтанното нарушаване на симетрията. Ученият въвежда този модел в света на елементарните частици, който навлиза в теорията на Стандартния модел и днес методите му се използват за пресмятане на ефектите от силното взаимодействие. Както е известно, ние сме заобиколени от различни квантови полета. В дадения пример с молива: падайки той избира едно направление и нарушава симетрията на първоначалната система. Ако нещата се погледнат от друга страна, състоянието му всъщност е станало по-стабилно и той е достигнал най-ниското си енергетично състояние. Във физиката вакуумът е състоянието с най-ниска енергия, т.е. най-ниското енергетично ниво и не съответства на най-симетричното състояние. Както в примера с молива симетрията на квантовото поле е нарушена и е избрано само едно направление от всички възможни.

В Стандартния модел Механизмът на Хигс е основен за обясняването на свойството „маса“ на частиците. Хипотетичното квантово поле на Хигс и спонтанното нарушаване на симетрията му биха довели до отговора на въпроса за произхода на масата на частиците. Когато Вселената изстива след Големия взрив, полето попада в състоянието си с най-ниско енергетично ниво, което нарушава първоначалната му симетрия и някои от частиците взаимодействат с него и получават определена маса.

7. В търсене на СРТ-нарушение

СРТ теоремата (теорема на Людерс-Паули) е фундаментална теорема, доказана от физиците Герхард Людерс (*Gerhart Luders*) и Волфганг Паули

(*Wolfgang Pauli*), която гласи, че светът е инвариантен при едновременното зарядово спрягане (C), инверсия на пространството (P) и обръщането на посоката на времето (T). Тя изисква строго съответствие между материя и антиматерия – частиците и античастиците трябва да имат равни маси, магнитен момент, еднакво време на живот, равни по големина и противоположни по знак заряди, равни по стойност и противоположни по посока спинове. От CPT трансформацията на нашата Вселена се получава Антивселена, в която времето тече наобратно. Материята е заменена от антиматерия и е огледално отражение на Вселената, но всичко в нея ще се подчинява на познатите закони.

До момента от експериментите е известно, че C-,P-, T- и CP- симетриите се нарушават поотделно, но нарушаването на CPT симетрията би довело до нарушаването на инвариантността на Лоренцовите трансформации и преосмисляне на разбирането за природата.

И до днес продължават опитите в търсене на най-фундаменталните закони на нашата Вселена и важната роля на нарушаването на спонтанната симетрия във физиката. Интересен е въпросът дали нашата Вселена е възникнала като напълно симетрична система, която бива разрушена от космологичната еволюция, или е била родена с дефекти, които са довели до нарушаването на нейните симетрии.

Въпреки, че Стандартният модел е теория, която търпи големи успехи през годините и с голяма точност предсказва експерименталните резултати, не може да бъде последната дума във физиката на елементарните частици. Много въпроси остават без отговор, включително и проблемът, че Стандартният модел не включва гравитацията и обединяването на двете теории се оказва предизвикателство.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] R. Feynman, R. Leighton, M. Sands, The Feynman Lectures on Physics, Vol. I
- [2] R. Feynman, R. Leighton, M. Sands, The Feynman Lectures on Physics, Vol.

III

- [3] Michael Selzer, The Symmetry Norm and the Asymmetric Universe
- [4] Katherine Brading, Elena Castellani, and Nicholas Teh, "Symmetry and Symmetry Breaking", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2017 Edition)
- [5] Pierre Ramond, Group Theory: A Physicist's Survey
- [6] Steve Nadis, How Mathematician Emmy Noether's Theorem Changed Physics
- [7] Nobel Prize in Physics 2008, Popular information, Unravelling the Hidden Symmetries of Nature (<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2008/popular-information>)
- [8] Ваня Милева, "Бръсначът на Окам" - Симетрията, (<http://bgchaos.com/596/fractals/symmetry/>)

ЗЕМЕТРЕСЕНИЯТА - ЗНАНИЯТА НИ ЗА ТЯХ В НАСТОЯЩЕТО И ПРЕВЕНЦИЯ НА ЩЕТИТЕ

Елена Попова¹ и Боян Йорданов²

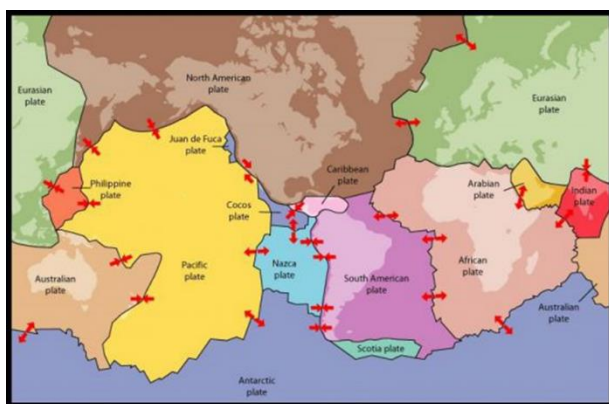
¹ Факултет по транспорта, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" 8, България
e-mail: elenapopova_1@abv.bg

² Факултет Електронна техника и технологии, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" 8, България

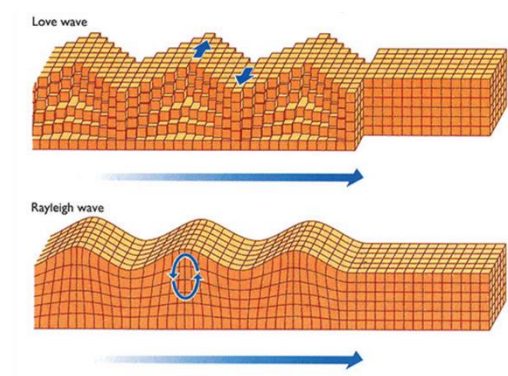
Резюме. В най-общия си смисъл думата земетресение се използва за описание на всяко сеизмично събитие, естествено или причинено от хора, което генерира сеизмични вълни. Земетресенията са причинени най-вече от разкъсване на геоложки разломи, но също така и от други събития като вулканична активност, свлачища, минни взривове и ядрени опити. Регистрираме ги чрез сеизмични станции по целия свят. Те могат да варират по размер. Най-слабите не могат да бъдат усетени, докато най-силните водят до разрушения на цели градове и всяка година причиняват около 60000 смъртни случаи. Разработени са различни магнитудни скали, с които даваме количествена оценка за размера на земетресението, базирана на тяхната енергия, амплитуда на сеизмичните вълни или други фактори. С информацията и технологиите, с които разполагаме в днешно време, учени по целия свят работят по проблема за намаляване на загубите.

Ключови думи: земетресения, видове вълни, скали, предизвестия.

Земетресенията са често срещано природно явление което се характеризира с трусове в земната кора, причинени от размествания в тектонски плочи (фиг.1), вследствие на конвекция в мантията. Други явления причинени от същите процеси са още вулканичните изригвания, разломите и цунами.

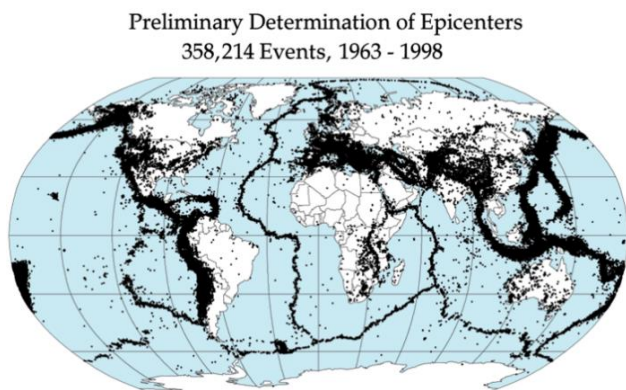


Фиг.1. Движение на тектонски плочи



Фиг.2. Вълни на Лъв и на Райли

При земетресенията се наблюдават първични (компресионни) и вторични (люлеещи) вълни като разликата е в тяхното разпространение, скорост и разрушителност. Първичните вълни се движат най-бързо и пристигат първи до повърхността, докато вторичните пристигат след това, компресионните вълни предизвикват вибрации, а люлеещите могат и да изместват сериозно скали и други обекти. Интерференцията на вълните от двата типа предизвиква два типа повърхностни вълни – на Лъв и на Райли (фиг. 2). Вълните на Лъв се изразяват в хоризонтално трептене на средата, докато тези на Райли имат вертикално отклонение и наподобяват морските вълни.



Фиг. 3. Най-честите земетресения

активност или по-точно местата на сблъсък на отделни тектонски плочи, а именно Средиземноморието, средата на Атлантическият океан и Тихоокеанският огнен пръстен. На тези места също така се срещат много често и вулканични изригвания.

Земетресенията се измерват чрез уред наречен сеизмограф, като устройството му може да бъде от просто махало до сложна система от сензори и потенциометри (фиг. 4). Основната му функция е да отбелязва амплитудата на сеизмичните вълни.



Фиг. 4. Сеизмографи

Магнитуда, буквално преведено от латински “величина”, е число, което характеризира относителния размер на земетресението.

Има много разработени магнитудни скали. Една от най-използваните е магнитудната скала на Рихтер от 1933г. (фиг. 5). Принципът по който скалата оценява земетресението е чрез сравняване на амплитудата на сеизмичните

вълни, нанесени срещу дистанцията от сеизмичната станция до хипоцентъра на земетресението изчислена от разликата във времената на пристигане на S и P вълните.

Формулата за изчисляване на магнитуда е

$$M = \log(A/A_0) + f(A), \quad (1.1)$$

където A е амплитудата на вълната, A_0 е “стандартна” амплитуда, а $f(A)$ е калибровъчна функция която зависи от различни фактори (например: вид на сеизмичната вълна, разстояние до епицентъра, увеличение на сеизмографа и др.)

С развитието на сеизмологията става ясно че методът разработен от Рихтер е строго валиден само за определени честоти и разстояния. Неефективен е за земетресения които не са близо до сеизмичната станция и са над магнитуд 7.

Като разширение на Рихтеровата скала през 1970г. е разработена Моментната магнитудна скала. Тя се базира на сеизмичния момент на земетресението, което представлява величина за определяне на общата освободена енергия. Изчислява се по формулата :

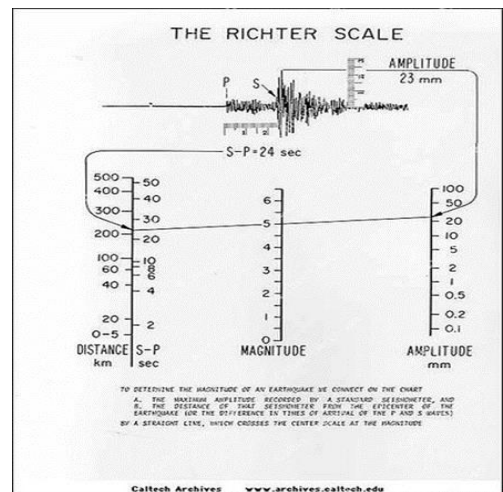
$$M_0 = \mu AD, \quad (1.2)$$

където μ е модул на твърдостта, A е общата площ на разрушение, а D е разстоянието на приплъзване.

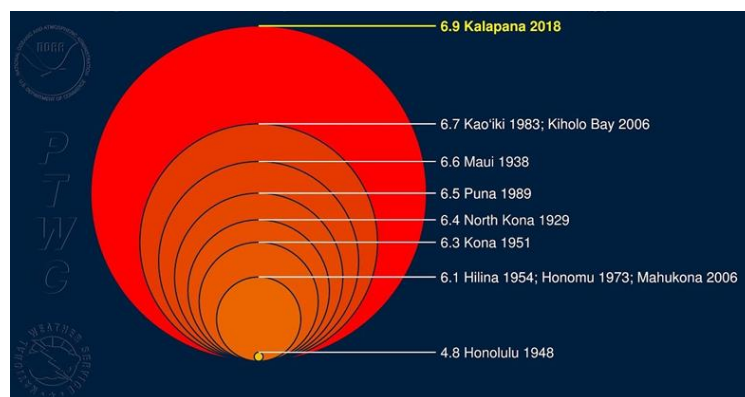
Чрез M_0 се определя моментния магнитуд M_w :

$$M_w = 2/3 * \log M_0 - 10.7 \quad (1.3.)$$

Скалите са логаритмични, от което следва, че с увеличаването на магнитуда ще има голяма промяна в стойностите на енергията и амплитудата на сеизмичните вълни. С увеличаването на магнитуда с 1 единица, енергията нараства 32 пъти, а амплитудата 10 пъти.



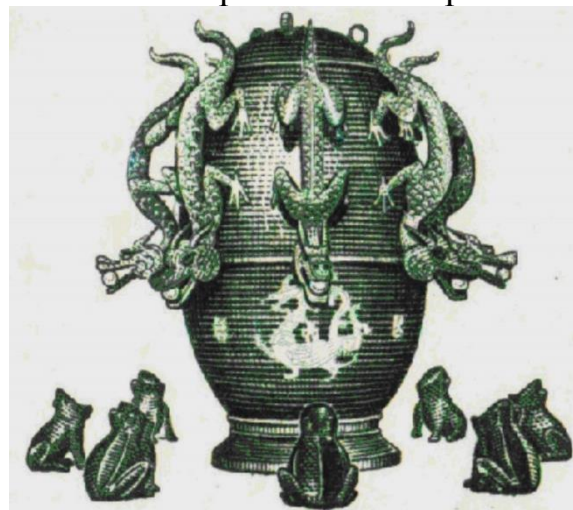
Фиг. 5. Скала на Рихтер



Фиг. 6. Сравнение на енергията освободена при земетресения с различен магнитуд по скала Рихтер

Възможността да предвидим земетресение би била от съществено значение за държавите които попадат в зони с висока сеизмична активност. Това означава да определим точно дата, локация на епицентъра и магнитуд. Дори с технологиите с които разполагаме, предвиждане на земетресение засега е невъзможно. Причината за това е, че е много трудно да се проследят непрекъснатите движения на тектонските плочи и да се реагира навреме. Въпреки това учените по света опитват различни методи по този въпрос.

През 132 г. след н.е. китайски астроном, математик и инженер на име Жанг Хенг представя пред съда Хан първият в света сеизмоскоп (фиг. 7). Сеизмоскоп е инструмент, който показва треперенето на земята по време на земетресение. Това, с което сеизмоскопът на Хенг е специален, е неговата чувствителност и способността му да посочва посоката, откъдето идва земетресението. От външната страна на съда има осем драконови глави, обърнати към осемте основни посоки на компаса. Разположени под драконовите глави, в основата на съда, се виждат осем жаби с отворени уста и глави наклонени нагоре. Съдържанието на буркана е неизвестно, но се предполага, че вътре е имало някаква вариация на механизъм на махалото. Когато земетресение удари района, в който се намира изобретението, дори и трусът да е твърде слаб, за да бъде усетен от човек, махалото ще се залюлее, заради треперещата земя и ще изхвърли металната топка от устата на дракона в тази на жабата. Посоката, от която падала топката, показвала от коя посока бил епицентърът на земетресението.

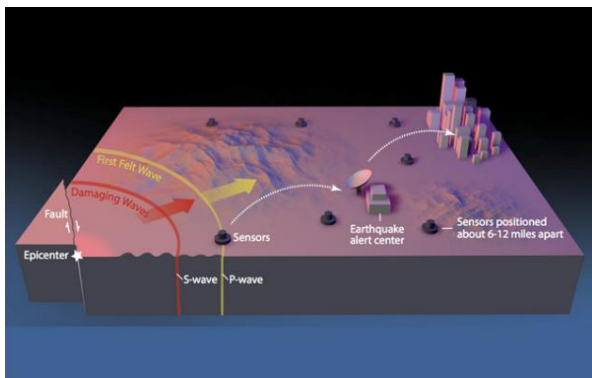


Фиг. 7. Първият сеизмоскоп

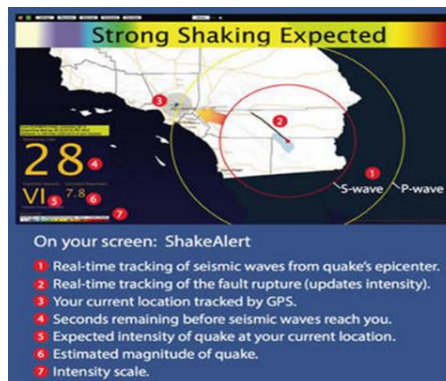
Като част от програмата AuScore са инсталирани над 100 непрекъснато работещи сателитни сензора в цяла континентална Австралия, както и в няколко от австралийските островни територии. Сензорите проследяват глобалните навигационни спътникови системи (GNSS). Тези данни за проследяване позволяват на учените да определят изключително точни местоположения на сензорите и промяната им с течение на времето. Чрез сравняване на скоростта на движение на всеки отделен сензор в сравнение с другите сензори, учените могат да видят кои области на плочата се движат по-бързо от други. Чрез улавяне на „изкривявания“ в движенията на плочата, те могат да използват това, за да разберат къде може да се натрупват напрежение, да се получава деформация и това да доведе до земетресение.

Системите за ранно предупреждение за земетресения работят в няколко страни по света, включително Мексико, Япония, Турция, Румъния, Китай, Италия, Тайван и щата Калифорния.

Принципът на работа е чрез регистрираните P вълни от най-близките сеизмични станции до епицентъра на земетресението и изпращане на информация за предстоящото бедствие до близките населени места (фиг. 8). Вълните от P тип пристигат първи, докато силните трусове от S и L вълните все още не са започнали и така местните жители разполагат със секунди или десетки секунди да предприемат действия за защита на живота и имуществото си.



Фиг. 8. Принцип на действие



Фиг.9. Системи за ранно предупреждение в Калифорния (Earthquake Early Warning)

Приложението MyShake изпраща предупреждение до потребителите на мобилни телефони за предстоящо земетресение (фиг. 9). Системата използва сензори за земно движение за откриване на земетресения, които вече са започнали, и оценява техния размер, местоположение и въздействие. Когато отчете земетресение с голям магнитуд, системата издава съобщение ShakeAlert, като предоставя предупреждение секунди преди да започнат трусовете.

След много проучвания през последното десетилетие учените стигнаха до заключението, че повишените концентрации на газ радон в почвата или подпочвените води могат да бъдат признак за непосредствено земетресение. Смята се, че радонът се освобождава от кухини и пукнатини, тъй като земната кора се напруга при внезапното приплъзване на плочите преди земетресение. Някои учени смятат, че схема от сензори за измерване на нивата на радон би могла да предвиди земетресение седмица преди това.

Много проучвания сочат към теория, че животните усещат радон и други йонизирани газове отделящи се при преместването на отделните плочи. Това се дължи на силно развитите им сетива, или по-точно обонянието им и усетът им за трептения с по-ниска честота от тази която чуваме (инфразвук). Такива са вътрешното ухо на змиите и сензорите в стъпалата на слоновете. Също така ампулните органи в кожата на сомове.

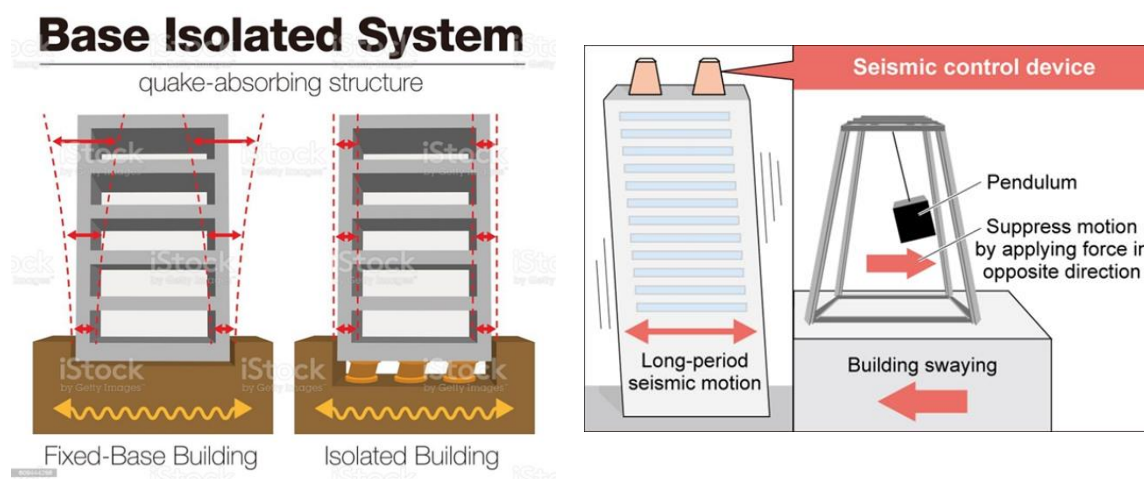
Учените от Иститута Макс Планк наблюдават поведението на козите около вулканът Етна, като отчитат промени в поведението им, които може да са свързани с предстоящо изригване.

Колегите им участващи в проектът Icarus наблюдават чрез предаватели и сателитни спътници движението на хиляди бозайници, птици и насекоми, като смятат, че то е свързано с предстоящи земетресения или изригвания (фиг. 10).



Фиг. 10. Сензор върху птица

За да разберем как да защитим сградите първо трябва да разберем защо се рушат, това се дължи на резонанса между собствената честота на сградата (зависи от масата) и честотата на вълната на земетресението, което увеличава амплитудата многократно. Защитата на сградите от земетресения е комбинация от много фактори като гъвкавост, еластичност и твърдост, те се получават чрез използването на различни материали и системи, които са в различните части на сградите, такива приспособления са диафрагмите, свръзките и малките разстояния (толеранс) в по-старите сгради. (фиг.11). Тези приспособления позволяват на сградите да разпределят трептенията от земетресението по цялият си обем или позволяват „полюшване“, предотвратяващо механични повреди, като се минимализират шансовете за срутване на сградата или загуба на функционалност. Също така много важен фактор е единната основа, която позволява на цялата структура да не се раздели. Много често използван материал е стоманата заради здравината и пластичността си, което и позволява да не се чупи като по-крехките материали. По-нов метод за убиране на трептенията са пружините или махалата в основта, чиято природа им позволява да намалят амплитудата на вълната спрямо сградата.



Фиг.11. Механизми за защита от земетресения

Заклучение

За последните години сеизмологията претърпява голямо развитие. Засега ние можем да изчислим вероятност за земетресение, да прогнозираме вторични трусове и да подобрим устойчивостта на сградите при земетресения. Въпреки че не сме направили успешно предвиждане, за тази цел са стартирани различни проекти, вложени са много средства и в бъдеще учените се надяват да можем с точност да определим размера, мястото и времето на идващо земетресение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/waves.html>
- [2] https://nauka.offnews.bg/news/Nauki-za-Zemiata_15/Efoto-na-zemetreseniata_9938.html
- [3] https://www.usgs.gov/faqs/can-you-predict-earthquakes?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products
- [4] https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/early-warning?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con
- [5] https://www.engadget.com/2018-09-28-backlog-zhang-heng-seismoscope.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmJnLw&guce_referrer_sig=AQAAAKv-ca3j2tdTE7iTkcVTpH0-OtpX3_uDl87lcW7VOooYv6urgM2nJix4pWEpwgnGk5AiCznK9dnBYh8HjuK1w_IGBaOfzlTUMqBGD6mJpV8a6BxTJl5LycI3MS8bqKFgEuukf-B0D6KOCG3ZbycCEI0VWrCoyhf40K65zor3cWv_
- [6] https://www.usgs.gov/faqs/what-difference-between-earthquake-early-warning-earthquake-forecasts-earthquake-probabilities?qt-news_science_products=7#qt-news_science_products
- [7] <https://ed.ted.com/lessons/why-do-buildings-fall-in-earthquakes-vicki-v-may>
- [8] <https://ed.ted.com/lessons/why-are-earthquakes-so-hard-to-predict-jean-baptiste-p-koehl>
- [9] <https://earthquake.ca.gov/get-alerts/>
- [10] <https://bg.khanacademy.org/science/cosmology-and-astronomy/earth-history/topic/plate-tectonics/v/plates-moving-due-to-convection-in-mantle>
- [11] <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/intensity.html>
- [12] https://www.usgs.gov/faqs/moment-magnitude-richter-scale-what-are-different-magnitude-scales-and-why-are-there-so-many?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products
- [13] <https://www.auscope.org.au/earth-imaging>
- [14] https://www.icarus.mpg.de/90671/news_publication_14575703_transferred?c=63759

ЕФЕКТЪТ НА ДЪНИНГ-КРЮГЕР

Сашка Александрова

Катедра Приложна Физика, ФПМИ, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" №8, България
e-mail: salex@tu-sofia.bg

Резюме. В настоящата статия е разгледан ефектът на Дънинг-Крюгер, който в психологията се изразява в това, че дефицитът на знания, умения и опит става причина хората да се справят лошо в област, в която са некомпетентни. Погрешните им представи и недостатъчни знания ги правят неспособни да разберат своите грешки. Обратно, компетентните хора често са склонни да подценяват своите знания и предполагат, че окръжаващите ги оценяват също толкова ниско, колкото те се самооценяват. Приближаване към една реална самооценка се постига единствено и само чрез натрупване на знания.

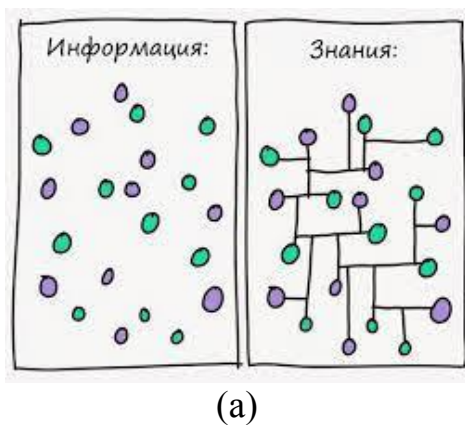
Ключови думи: информация, знание, самооценка, обучение.

1. Увод

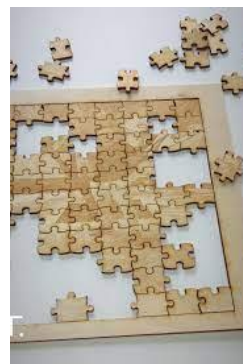
В психологията ефектът на Дънинг-Крюгер е когнитивно изкривяване, което се изразява в това, че хора, които имат ниско ниво на квалификация, правят грешни изводи, и при това не са способни да осъзнават своите грешки. Това води до възникване на завишени представи за собствените им възможности, т.е. до завишена самооценка. Тези хора не оценяват и чуждите знания, склонни са да взимат неправилни решения и да обвиняват другите за неуспехите. Тук ще се спрем на въпроса какви последствия може да има този ефект при съвместна работа, неизменно качество ли е на всички хора и как могат да се избягват неприятните последствия.

2. Подход и експериментални условия

За целите на настоящото изложение най-напред ще дефинираме понятията информация и знание. Под информация ще разбираме съвкупност от данни, факти, сведения по даден въпрос, които получаваме от различни източници. Знанието се получава в резултат от осмисляне на информацията чрез анализ и умения, придобити посредством опит или образование. Илюстрация на тези понятия е показана на фиг. 1. Информацията е представена на фиг.1а като отделни, несвързани данни. След анализ и търсене на взаимовръзки, тя се превръща в подредена структура – знание (фиг.1б). На фиг.2б информацията е представена като разпиляните плочки на пъзел, а знанието – като подреден пъзел.



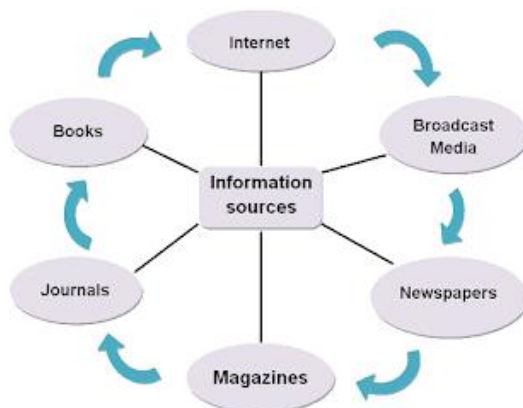
(a)



(б)

Фиг. 1. Знанието като анализирана информация (а) и като пъзел (б)

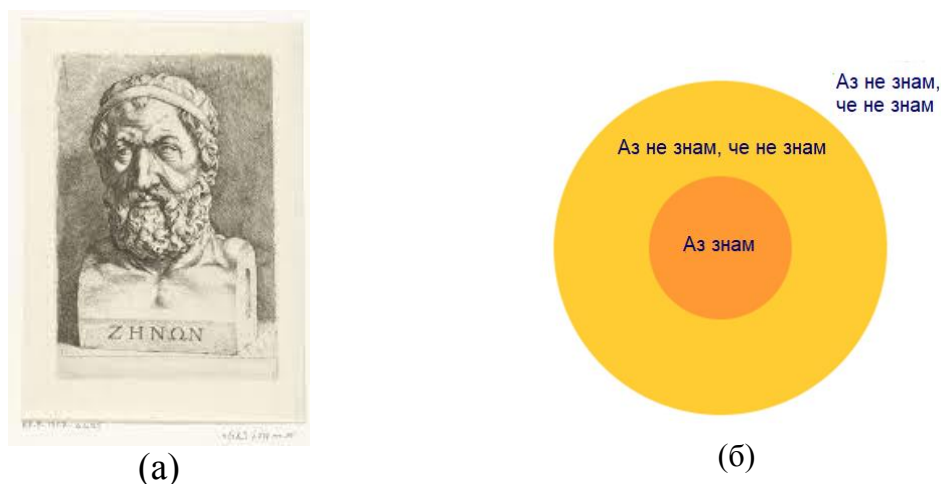
Информация по даден предмет или тема може да се получи от различни източници (фиг.2), като в различните исторически епохи са преобладавали само някои от тях. Основен информационен източник във времената на всемирна глобализация е Интернет-мрежата, където много лесно, с един клик, всеки може да получи информация по всички въпроси, представляващи интерес.



Фиг. 2. Източници на информация

Информацията е достъпна за всички и сякаш всички знаят всичко. Това създава у някои хора илюзорно превъзходство и неоправдано самочувствие.

Въпросът за знанията е вълнувал хората още от древността. Широко известна е притчата за древногръцкия философ Зенон от Елея (фиг. 3а), илюстрирана на фиг.3б. Когато учениците му го запитали: „Учителю, защо ти, който знаеш много повече от нас, имаш много повече съмнения?“. В отговор Зенон начертал на пясъка един голям и един малък кръг и им казал: „Големият кръг са моите знания, а малкият кръг са вашите знания. Обиколката на моя кръг, границата на моите знания с неизвестното, е по-голяма от вашата. Оттук идват и повечето ми съмнения“. По този начин стигаме до въпроса със самооценката.



Фиг. 3. *Зенон от Елея (а) и кръговете на знанието (б)*

Известни са думите на друг древногръцкия философ, Сократ, а именно „Аз знам, че нищо не знам, но има такива, които и това не знаят“ и на китайския мъдрец Конфуций „Истинското знание е, когато познаваш степента на своето невежество“. Хората често са прекалено оптимистични, оценявайки качеството на своята работа при изпълнение на социални и интелектуални задачи.

Защо хората обикновено са убедени, че са по-способни, отколкото всъщност са? През последните години се наблюдава нарастване изследванията, които се опитват да обяснят грешките в самооценката. Една стратегия за разбиране на източниците на грешки е да се определят индивидите, които правят най-погрешните самооценки. Изследвайки по какво тези хора, склонни към грешки, се различават от други с по-точна преценка, могат да се идентифицират източниците на погрешните представи.

В психологията ефектът на Дънинг-Крюгер е когнитивно изкривяване, което се изразява в това, че хора, които имат ниско ниво на квалификация, правят грешни изводи, взимат неправилни решения и при това не са способни да осъзнават своите грешки тъкмо поради ниското ниво на своята квалификация. В същото време наистина висококвалифицирани хора са склонни да страдат от недостатъчна увереност в своите сили, считайки другите за по-компетентни, и освен това са склонни да предполагат, че околните ги оценяват толкова ниско, колкото и самите те. Това е парадокс, с който често се сблъскваме: по-малко компетентни хора считат себе си за професионалисти, а по-компетентните са склонни да се съмняват в себе си и в своите способности.

Хипотезата за съществуването на подобен феномен е формулирана още в 1999 г. от Джъстин Крюгер и Дейвид Дънинг [1]. Те цитират изказване на Чарлз Дарвин, че „Невежеството по-често ражда увереност отколкото знанието“ и на Бертран Ръсел, че „Едно от неприятните качества на нашето време е в това, че тези, които изпитват увереност, са глупави, а тези, които имат поне някаква въображение и разбиране, са изпълнени със съмнения и нерешителност“.



Фиг. 4. Дейвид Дънинг (David Dunning) (ляво) и Джъстин Крюгер

Всъщност всичко започва с комичен случай, когато някой си McArthur Wheeler ограбва две банки в Питсбърг, САЩ, посред бял ден, без маска. Камерите записали лицето на Уилър и той бързо е задържан от полицията. Нарушителят е шокиран. След ареста, оглеждайки се невярващо, той каза: „Но аз намазах лицето си с лимонов сок“. Уилър знаел, че сокът се използва като невидимо мастило при писане на писма, но бил достатъчно глупав, за да повярва, че така ще скрие лицето си. Случаят попада в центъра на вниманието на Дейвид Дънинг, професор по психология от университета Корнел и неговият студент Джъстин Крюгер и в крайна сметка става първият описан пример за ефекта, който по-късно става известен като „Ефект на Дънинг-Крюгер“.

3. Резултати и обсъждане

Изследователите провеждат тест сред група студенти, които отначало изпълняват тест за определяне на способности им в определена област (логическо мислене, граматика или чувство на хумор), след което трябва да оценят сами ниво си на знания и умения в съответната област [2]. Резултатите



Фиг. 5. Резултати от теста (в проценти)

са показани на фиг.5. Интересното е, че студентите, които са постигнали най-ниски резултати, винаги са надценявали колко добре са се справяли и то с много. Вижда се, че студентите с резултат в долния кваartil, преценяват, че са се представили по-добре от две трети от останалите! Това е причината, поради която студенти, които получават лоши оценки на изпит, понякога имат чувството, че заслужават много по-висока бележка. Представящите се слабо също така не могат да разпознават нивото на умения и компетентност на други хора, което е част от причината те да считат себе си за по-добри, по-способни и по-знаещи от другите. Най-способните (определени като компетентни) пък са склонни да подценяват своите резултати (горният кваartil на фиг.5). Това се дължи на факта, че ако дадена задача изглежда лесна на човека, тогава той има усещането, че тази задача ще бъде лесна и за всички останали.

Резултатите могат да се илюстрират и със графиката на фиг.6 на зависимостта на собствената увереност като функция на знанията и уменията.



Фиг. 6. Зависимост на собствената увереност като функция на знанията и уменията

Най-лявата част на фигурата показва пик на увереността тъкмо на онези хора, чиито знания граничат с невежеството. С повишаване на знанията увереността спада, въпреки нарастващата компетентност, достигайки до зоната на отчаянието – „аз знам, че нищо не знам“. По-нататък тенденцията е увереността бавно да нараства, но много трудно надхвърля пика на невежеството достигайки плато на устойчиво нарастване.

Как може да се обясни този психологически ефект? Дънинг и Кругер считат, че именно знанията и уменията, необходими за да се справиш добре с дадена задача, са същите, които ти трябва да да прецениш, че не ставаш за нея. Той счита, че дефицитът на умения и опит създава двоен проблем. Първо, този дефицит е причина хората да се справят лошо в област, в която са некомпетентни. Второ, техните грешни и недостатъчни знания ги правят неспособни да разберат своите грешки.

Ефектът на Дънинг-Кругер има отношение и към затрудненията с метапознанието, т.е. способността да видиш отвън своите способности и поведение. Човек често е в състояние да направи самооценка само от своята ограничена и крайно субективна гледна точка. От тази ограничена перспектива той изглеждат много умел, знаещ и превъзхождащ другите. Поради това му е трудно да има по-реалистично виждане за собствените си възможности.

Друг фактор, обясняващ ефекта, е това, че понякога скромни познания за даден предмет могат да накарат хора погрешно да повярват, че знаят всичко, което трябва да се знае за него. Както се казва – малкото знания може да са опасно нещо. Човек може да има съвсем слаба представа за един предмет, но да вярва, че е експерт. Този ефект в действие видяхме във връзка с COVID-19 пандемията.

И така, кой е засегнат най-силно от ефекта на Дънинг-Кругер? За съжаление, всички ние. Така е, защото независимо от това, колкото информирани или опитни сме в дадена област, за всеки има такава, в която е некомпетентен и неинформиран. Истината е, че всеки е податлив на този феномен и всъщност повечето от нас вероятно ни засяга с удивителна честота. Хора, които са истински експерти в дадена област, може погрешно да вярват, че тяхната интелигентност и знания някак си се преливат и в други области, които не са им толкова добре познати. Един брилянтен учен например може да е много лош писател и дори да не е в състояние да види това.

4. Заключение

Какво можем да направим, за да придобием по-реална оценка на нашите лични способности в дадена област, ако не сме сигурни във самооценката си?

- *Да продължим да се учим и упражняваме.*
- *Да искаме оценката и на странични хора за това как се справяме.*
- *Да поставяме под въпрос своите знания.*

За да не оставим читателя с негативно впечатление, трябва да напомним, че ефектът на Дънинг Кругер е аспект на непрекъснатия процес на усъвършенстване и развитието на нашата преценка и знания. Той не определя по никакъв начин развитието на уменията или учебния процес, а просто обяснява защо понякога сме били прекалено уверени и защо понякога все още не сме достатъчно уверени.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] J.Kruger, D.Dunning, J.of Personality and Social Psychology, **77**, 1121, 1999.
[2] J.Ehrlicher, K.Johnson, M.Banner, D.Dunning, J.Kruger, Organizational Behavior and Human Decision Processes, **105**, 98, 2008.

ТАЙНИТЕ НА АЛБЕРТ АЙНЩАЙН

Ливанта Стоичова и Гургана Костова

Факултет по транспорта, ТУ - София, бул. "Кл. Охридски" 8, България,

e-mail: lstoichova@tu-sofia.bg, gekostova@tu-sofia.bg

Резюме. В доклада се разказва за един от най – известните физици в света - Алберт Айнщайн и за неговите открития. Започвайки от интереса му за работата на компаса, целият му живот е посветен на физиката. Започва с теоретичната физика, към която допълва атомната физика, статистическата и квантовата теория, изследва и топлинните свойства на светлината. С това прави много експерименти и става известен с Общата теория на относителността, Фотоелектричния ефект, $E=mc^2$, както и много други открития.

Ключови думи: Алберт Айнщайн, теория на относителността, проект дъга, извънземни.

1. Увод

Алберт Айнщайн е геният, определил облика на 20 век. Ние го помним като блестящ и зашеметяващо изобретателен учен, а също и като ексцентрично обличащ се човек с рошава коса. Сякаш забравяме другите му прояви – като яростен противник на расизма, участвал в шествия за правата на афроамериканците, като отдаден миролюбец, спасил хиляди души от нацистките погроми, като надарен цигулар и дори като влиятелна знаменитост, спомогнала да започне ядрената епоха. През своя живот Айнщайн революционизира схващанията ни за Вселената и направи възможни повечето от технологиите, от които зависи нашето съвремие.

2. Животът на Алберт Айнщайн

Роден е на 14 март 1879 година в Улм – Германия. Проговаря на 4 години, обаче бил отличен ученик и най-много се изтъква в математиката и физиката. Приет е в колеж по физика преди да навърши 11 години. Живял е в Германия, но се мести да живее в Швейцария. През 1896 завършва гимназия и се записва на 4-годишен математически научен курс, за да стане учител. През 1900 година се дипломира, но не получава диплома, поради неразбирателство с преподавателя от Политехническият институт в Цюрих. През 1901 година получава Швейцарско гражданство и започва да работи в Швейцарското бюро за патенти в Берн.

Жени се за съученичката си Милева Марич, от която има два сина, но бракът им завършва с развод. Има слухове, че преди да се ожени за Милева, е имал извънбрачна дъщеря, която никога не е виждал.

Започва да се развива неговата гениалност и започва с много теории и открития. Той става редовен член на Кралската пруска академия на науките в Берлин. Със своите открития става един от най – влиятелните физици в света. През 1921 получава Нобелова награда по физика.

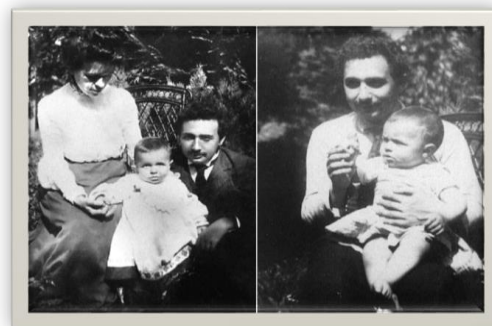
Айнщайн се премества в Съединените щати. Той не спира да твори, и получава нападки срещу него и срещу неговите теории от родната му страна (Германия).

Прекарва остатъка от живота си в „Институт за съвременни проучвания“ в Принстън, Ню Джърси.

На 18 април 1955 година, на 76 годишна възраст умира в Ню Джърси. Погребението му било направено в пълна тайна. Има легенда, която разказва, че в гроба му била закопана и пепелта от ръкописите на неговите последни научни разработки. Самият физик ги е изгорил преди смъртта си. Той смятал, че някои от последните му открития могат да навредят силно на човечеството.



Фиг. 1. *А. Айнщайн като дете*



Фиг. 2. *А. Айнщайн и семейството му*

3. Научната дейност на Алберт Айнщайн

Изследванията на Айнщайн са били важна стъпка в разбирането на физическите явления. Първите открития, направени от Айнщайн, са през 1905г. Публикува 3 важни статии отнасящи се до електродинамиката на движещите се тела, фотоелектричния ефект и специална теория на относителността. Айнщайн става световноизвестна фигура след формулирането на теорията на относителността през 1915г.

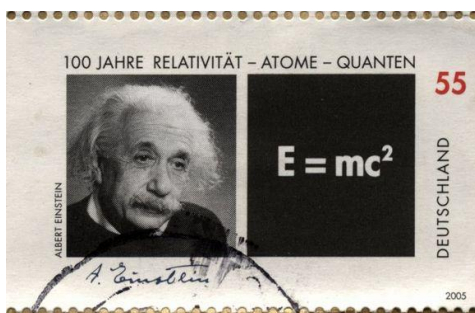
Той доказва съществуването на атоми и полага основите за изчисляването на числото на Авогавд. По-късно тази теория е доказана от Джейн Перин.

В допълнение към многото изследвания, с които Айнщайн става известен, е едно изследване, свързано с квантовата механика, но Нилс Бор разбива аргументите му.

Айнщайн в своето дългогодишно изследване прави тестове, за които със сигурност можем да кажем, че иска да ги забравим. Едно от тях е откриването

на атомната бомба на 11.10.1939 година. Той казва, че е възможно да се създадат големи количества енергия с определени радиоактивни елементи и по-специално уран. Тази енергия може да се освобождава бавно, както е случаят в съвременните ядрени реактори, или може да бъде освободена с голяма експлозивна сила, както е атомната бомба. Въпреки, че Айнщайн е бил против изработването на ядреното оръжие, опустошителната сила на атомната бомба е изпробвана в Япония, над Хирошима и Нагасаки.

В последните години от живота си той работил активно по създаването на теория за енергийното поле. Смисълът е в това: в единствено уравнение да се включат взаимодействието между трите фундаментални сили електромагнитната, гравитационната и атомната.

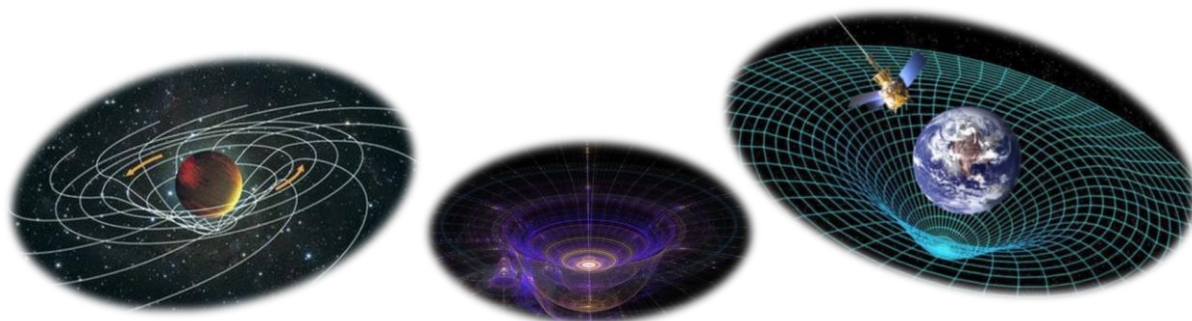


Фиг. 3. Откритието и Нобеловата награда на Айнщайн

4. Теория на относителността

Общата теория на относителността със сигурност е най-популярният научен труд на Айнщайн. Публикувана е през 1915 година. Обаче преди разработването на общата теория на относителността, немският физик публикува своята Специална теория на относителността през 1905 г. – на 2 декември. Специалната теория на относителността описва поведението на инерциални отправни системи, при които скоростта на светлината е постоянна и непроменяща се, независимо от състоянието на движение на нейния източник. Разработвайки специалната теория на относителността, Айнщайн въвежда нови разбирания за измеренията време и пространство, като ги обединява в единен математически модел – пространство-време. От тази теория разбираме, че времето не е константа, а относително измерение. За да включи гравитацията, Айнщайн е разработил своята Обща теория на относителността. Тя обединява характеристиките на Специалната теория на относителността и закона за всеобщото привличане на Нютон. Следователно общата теория на относителността може да се разглежда като продължение на Специалната теория на относителността. Обаче тази теория променя този възглед за гравитацията. Според нея нашата Вселена се състои от 3 пространствени измерения + 1 времево измерение. Заедно тези измерения образуват четири измерен континуум, известен като тъканта на пространство-времето. Обектите, които имат маса, създават кривина в тъканта на пространство-времето. Тази

кривина на пространство-времето е отговорна за гравитацията. Предвижданията на Общата теория на относителността са доказани експериментално неведнъж. Въпреки това, обаче, в нея все още има редица неизвестни. Най-известното уравнение на тази теория е $E=mc^2$ (равенство на енергия и маса). Общата теория на относителността има изключително голямо значение за развитието на астрофизиката.



Фиг. 4. Теория на относителността

5. Проект дъга

През 1943 година се води Втората Световна Война. По време на войната армията на САЩ се стараели по всякакъв начин да направят корабите и самолетите си незабележими за локаторите и радарите на противника. Тогава възникнала идеята да се създаде електромагнитно поле с напрежение. На Айнщайн била дадена задача да изчисли всички уравнения за създаване му.

Проектът бил проведен върху ескортиращ американски есминец (разрушител-тип кораб). Автор на теоретичната разработка е самият Айнщайн, а техническото изпълнение на проекта е поверено на Никола Тесла. Целта била да направят невидим корабът.

Обясненията на експеримента се основават на единната теория на полето на Айнщайн. Теорията се базира на математически и физични обосновки на едни от основните природни сили – електромагнитното излъчване и гравитацията. Казано с други думи – теорията слива в едно електромагнетизма и гравитацията. В резултат на това, успешно ще може да се манипулира светлината, което на практика би довело до невъзможността на човек да види определен обект, светлината около който е изкривена. Независими учени твърдят, че Общата теория за полетата позволява използването на електрични генератори, с помощта на които да се извърши изкривяване на светлината около даден обект, вследствие на което той става невидим за човешкото око.

Мистериозната история на експеримента „Филаделфия“ или проект дъга се разиграва пред очите на стотици хора. На американският военен кораб "Елдрич" била поставена специална апаратура от генератори и бобини, които трябвало да извлекът силен електромагнетизъм.

Според някои легенди, проектът завършил с пълен и дори неочакван за авторите му успех. Но при този проект се случили събития, които са сред най-големите загадки на XX век.

Очевидците казват, че синьо-зелена мъгла обвивала кораба и той просто се изпарявал. После дошли и данните за новото местоположение - Норфолк, Вирджиния (на разстояние 320 km). Часове по-късно отново се появил на пристанището във Филаделфия, но екипажът му вече не бил същия. Много от моряците били дезориентирани, а по телата им имало изгаряния. Други били вградени в стените на машината, сякаш атомите са се разпаднали и сглобили отново, но по ужасяващ начин. Проблемите за оцелелите продължили години след това – някои минавали през стени, други се самозапалвали, трети били така обгърнати от лудостта, че се самоубили.

Разбира се, американското правителство веднага покрило неуспешния си експеримент. Сякаш телепортирането никога не се е случвало, но един от очевидците изпраща писмо, описващо цялата история на експеримента. Авторите на биографиите на Айнщайн също намерили документи, които потвърдили, че през 1943г. и 1944г. световноизвестният физик бил на служба в Департамента на военноморските сили на Вашингтон. Появили се свидетели, които твърдели, че лично са наблюдавали изчезването на миноносецът. Пресата също писала, че край Филаделфия се е състояла трагедия. Дневниците на кораба както и на съпровождащите му кораби били унищожени. Към днешен ден Филаделфийският експеримент се счита за мистификация.

Но преди този проект, както и след него, се провели подобни експерименти със същата цел. Документално, корабите оборудвани с генератори и бобини са факт.



Фиг. 5. Проект дъга

6. Секретен доклад „Връзки с Обитателите на Небесни тела”

1947г. също е белязана с интересен момент в историята на Айнщайн. Заедно с Робърт Опенхаймер разглеждат всеки един възможен резултат и причина извънземни създания да пребивават на планетата Земя. Робърт Опенхаймер е американски физик и теоретик, а Алберт Айнщайн е немски физик и теоретик. Американското правителство им поставя задача да напишат кратък доклад за възможните връзки на човечеството с обитателите на небесни тела. Двамата изготвят свръх секретен документ на име „Връзки с Обитателите на Небесни тела”. Този доклад се състои от 6 страници, които обясняват за евентуална връзка между хората и извънземни същества. Той посочва, че връзката с извънземните не представлява основно нов проблем от гледна точка на международното право. Но възможността за противопоставяне на интелигентни същества, които не принадлежат към човешката раса, ще доведе до проблеми, чието разрешаване е трудно да си представим. Опенхаймер и Айнщайн стигат до заключението, че при контакт с други разумни същества от Вселената може да се постигне разбирателство с тях, както и за създаване на различни видове взаимоотношения, освен обаче ако не са враждебни. Трудността се състои в опита да се установят принципите, на които следва да се основават тези взаимоотношения, защото психологията на извънземните може да е коренно различна от нашата. В документа също се говори за неидентифицирани летящи обекти и тяхното присъствие на Земята, нещо което на военните по света е много добре познато. Двамата учени разглеждат също вероятността, извънземни създания да са пристигнали на Земята, за да следят отблизо развитието ни.



Фиг. 6. Извънземни небесни тела

7. Любопитни факти

- Колкото повече се задълбочавало търсенето на фундаментални физически теории и колкото повече популярност набирал, толкова по-рошава ставала косата му. Попитан относно косата, която изглежда сякаш е

бръкнал в контакта, Айнщайн отговаря "Това е резултатът на това, че не правя нищо с нея."

- Айнщайн бил изключително разсеян. Когато пътувал във влак за Германия, кондукторът се приближил към него, а Айнщайн започнал да рови в джобовете си за билета. Кондукторът, разпознал известния физик и му казал, че може да пътува безплатно. "Благодаря ви," казал Айнщайн, "но ако не намеря билета си няма да знам къде да слеза от влака."
- Бил е недоволен от това колко често се образуват дупки на чорапите му, затова от един момент нататък е спрял да носи чорапи.
- Повече от половин век преди да съществува думата "папараци", описваща досадните хора от пресата, които преследват известните, Айнщайн бил обезпокояван от тях. Хубавото е, че имал хитър начин за отклоняване на вниманието им. Често, спрял на улицата от случайни хора, карали го да обясни "теорията си", Айнщайн отговарял "Пардон, извинете ме! Винаги ме бъркат с професор Айнщайн." Неприязънта му към папараците му дошъл в повече на един от рождените му дни, така че изплезил език, за да развали снимката им. Фотографията само запалила още медиен интерес към личността му, приемайки този жест като знак за закачливостта на Айнщайн. Тя е една от най-известните фотографии на физика.



Фиг. 7. Алберт Айнщайн

- Получил е предложение за президентския пост на Израел, което деликатно отхвърлил.
- Айнщайн е първият, който открива уравнението, което показва, че Вселената се разраства, но смята, че това е грешка, която след няколко години се оказва за вярна.
- Айнщайн е 99-ият елемент на периодичната таблица. Кръстен е на името на Алберт Айнщайн, макар че той всъщност няма нищо общо с откритието или изследванията.
- Айнщайн може да е ускорил смъртта си. Айнщайн умира на 18 април 1955 г. от спукване на кръвоносен съд. Според сайта на Американския музей по естествена история лекари му предложили операция, но Айнщайн отказал с думите: "Безвкусно е живота да се удължава изкуствено."

- Последните думи на Айнщайн били на немски. Когато бил в болничната стая, той казал нещо на сестрата, която не разбирала немски. И така: никой не знае какво точно ѝ е казал.
- Мозъкът му е отстранен на сутринта, когато е настъпила смъртта и се съхранява в специален съд в продължение на 20 години от патолог в болницата в Университета в Принстън.
- Очите му се пазят в сейф в Ню Йорк.

8. Цитати

- „Учи се от вчерашния ден, живеј за днешния, надявай се за утрешния. Важното е да не преставаш да задаваш въпроси.”
- „На този, който нехае за истината в дребните неща, не може да му се вярва и за важните.”
- „Когато ухажвате красиво момиче, един час ви се струва като една секунда. Когато седите на нажежена жарава, една секунда ви се струва като един час. Това е относителността.”
- „Истинският белег за интелигентност не е знанието, а въображението.”
- „Не можем да решим проблемите си, като мислим по начина, който сме използвали, когато сме ги създали.”
- „Единственият източник на знанието е опитът.”



Фиг.8. Цитат на Айнщайн

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://interestingengineering.com/7-of-albert-einsteins-inventions-that-changed-the-world>
- [2] <https://www.britannica.com/biography/Albert-Einstein>
- [3] <https://mk.delachieve.com/%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B0-%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%98%D0%B0-%D0%BD%D0%B0-%D0%B0%D0%BB%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%82-%D0%B0%D1%98%D0%BD%D1%88%D1%82%D0%B0%D1%98%D0%BD/>
- [4] <https://dariknews.bg/novini/liubopitno/sekreten-doklad-na-ajnshtajn-razkrivatajnata-na-nlo-1578244>
- [5] <https://www.spomen.bg/article/8392569>
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=aniX9808hYw>
- [7] <https://www.vesti.bg/tehnologii/nauka-i-tehnika/obshtata-teoriia-na-otnositelnostta-kakvo-predstavliava-6107160>
- [8] <https://bnr.bg/post/101382823/albert-ainshtajn-i-teoriata-na-otnositelnostta>

100 ГОДИНИ ПО-КЪСНО – АЛБЕРТ АЙНЩАЙН И НОБЕЛОВАТА НАГРАДА ПО ФИЗИКА ЗА 1921Г.

Невена Кожухарова и Елена Халова

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

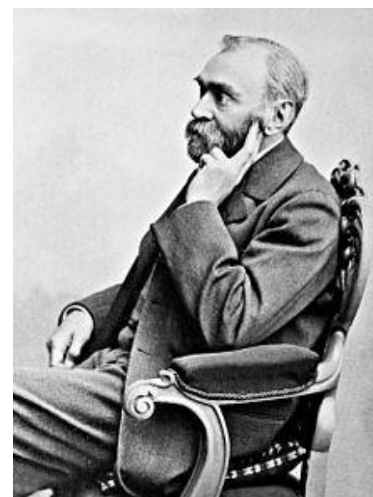
***Резюме.** Настоящият доклад, като част от редовна рубрика представяния на „Дни на физиката“, е посветен на годишнина от голямо научно откритие или годишнина от връчването на една от най-известните и престижни награди – Нобеловата. Основна цел е отново да се очертае едно от големите постижения на физиката, която през 20 век не само доминира в науката, но нейните приложения изцяло променят бита и начина на живот на човечеството. Работите на Айнщайн, в частност и тази за фотоефекта, са първата голяма крачка във физиката на 20 век, довела до „революция“ в съвременната физика.*

Ключови думи: Нобелова награда по физика, фотоелектричен ефект, уравнение на Айнщайн за фотоефекта.

I. Накратко за Нобеловата награда

Нобеловите отличия се връчват вече 120 години на учени за провеждане на забележителна научноизследователска работа, за разработване на впечатляващи методи и направили изключителен принос за развитието на обществото в областите физика, химия, медицина или физиология, както и за литература и за мир. В сегашно време се счита от голяма част от обществото, че това е най-голямото световно признание.

Наградата се раздава ежегодно от 1901г., съгласно завещанието на Алфред Нобел – шведски индустриалец и известен най- вече като изобретател на динамита (фиг.1). Една от подбудите за създаването на наградата е свързана с шока, че името на Нобел за идните поколения ще се свързва с последиците от изобретението на динамита. През 1888г. Алфред Нобел вижда във френски вестник собствения си некролог под името „Търговецът на смърт е мъртъв“, публикуван по репортерска грешка. Статията заставя Нобел да се замисли над това, как ще го запомни човечеството и завещанието му е удовлетворяване на желанието да бъдат възнаградени хората, които служат на човечеството. Всъщност завещанията, оставени от А. Нобел, са три и са били дълго време оспорвани от



Фиг. 1. Снимка на
Алфред Нобел

наследници на Нобел (самият той няма преки наследници, предявили претенции са негови племенници, синове на братята му). Тези действия по оспорването са свързани с факта, че от огромното наследство за роднините остава много малка част – около 16%. Към момента на смъртта си Нобел е притежател на 355 патента и над 90 фабрики в 20 страни по света. В изказвания по повод на завещанието на един от най – богатите хора за времето си, шведският крал го обявява за „национален предател“, а в пресата се изказват мнения, че присъждането на такава награда без оглед на националност и вероизповедание е твърде вероятно да доведе до корупция.

За първи път наградата е дадена през 1901г., 5 години след смъртта на Нобел и това става всяка година на 10 декември – денят на смъртта му. Мястото на връчване е Стокхолм, с изключение на тази награда за мир – тя се връчва в Осло. Всяка награда може да бъде връчвана най-много на трима номинирани. При двама премията се дели поравно, а при трима – вариантите са или да се разпредели на три равни части или единия да вземе половината, а на останалите да се разпредели по една четвърт. Често се случва парите от наградата да се даряват за научни, хуманитарни или културни каузи. Наградите се състоят от златен медал, диплом, удължаване на шведското гражданство и парична сума. Медалът (фиг. 2) е запазена марка, на фондацията, изработен е от злато с изображение на Нобел в профил и тежи около 175 грама. Първоначално, до 1974г., не е имало условие да се присъжда наградата само на живи хора по време на номинацията. През 2006г. паричната сума е на стойност 10 милиона шведски крони или 1,37 милиона долара. До 2006г., т.е. за сто години наградата са получили 781 човека и 18 организации. Има и случаи на отказана награда, но веднъж връчвана, тя не може да се отнема. Първоначалният замисъл е тя да подпомага учените при по-нататъшните им изследвания, но повечето от лауреатите в момента на връчване вече са преустановили активната си научна работа. Допуска се да има години без да се връчва награда, но на поне пет години това трябва да става за всяка една от областите.

Интерес винаги е будел факта, че няма награда в областта на математиката,



Фиг. 2. Златният медал на Нобеловата награда

като има много и разнообразни хипотези. Според А. Нобел, обаче, причината е, че „в тази наука всичко е открито и едва ли има какво ново още да се открие“, още повече тя не според него наука, в смисъла който се влага в тази дума, а помощен метод за обясняване на научните истини.

Интересно е да се припомни колко са наградени с повече от една награда. Първо – това е Мария Кюри с награда по физика през 1903г. и през 1911г. в областта на химията (тя дълго време е и

единствената жена с Нобелова награда). В областта на физиката има един учен

с две награди – Джон Бардийн , които са дадени през 1956г. и 1972г. В областта на химията има също един учен с две награди – Фредерик Сангър. Последният учен с две награди е Лайнъс Полинг, но те са отново, както и при М. Кюри, в различни области – едната е за химия, а другата е за мир.

II. Нобеловата награда по физика за 1921 година

От петте учредени в завещанието на Нобел награди на първо място е наградата по физика, която трябва да се присъди за „този, който е направил най- важно откритие или изобретение в областта на физиката за предишната година“. Трябва да отбележим факта, че това е най- голямото признание за един учен. През последните десетилетия не е възможно да се определи работата през последната година единствено и някои от лауреатите я получават за отрития и приноси от преди 2 или 3 десетилетия. Понякога, както и в случая на А. Айнщайн, отличието е присъдено не за най- значимия принос в науката. Той има много важни приноси в квантовата теория (и не само!), с която по негови думи „се бори до края на живота си“, но основните са в периода 1924-1925 г. Може би е доста трудно да се опишат (даже и само да се скицират) в няколко страници приносите на Айнщайн за физиката. Във връзка с наградата за 1921 година ще изброим накратко приносите към „старата квантова теория“, които имат отношение и към мотивите на Нобеловия комитет. Те биха могли да се групират в следните точки:

А) Идеята за светлинния квант. Айнщайн открива светлинния квант през 1905г. без да използва закона на Планк, но статията му предизвиква отрицателни реакции. Революционна стъпка и необикновена храброст от страна на Айнщайн, която му помага за спечелването на наградата е във формулирането на Евристичният принцип. Хипотезата за светлинния квант е утвърждение на едно квантово свойство на свободно електромагнитно лъчение, а евристичният принцип разширява обхвата на това свойство на светлината в случая на взаимодействие между светлината и веществото.

Б) Специфични топлемности. Със статиите, посветени на квантови ефекти в твърдо тяло, Айнщайн изиграва важна роля за окончателното формулиране на третия закон на термодинамиката и посочва изход от възникнали сериозни парадокси.

В) Фотонът. Представата за фотона първоначално е пакет енергия, постепенно се превръща в представа, че е като частица с определена енергия и импулс. Самият Айнщайн не обсъжда въпроса за импулса на фотона дълго време (до 1917г.).

Г) Приносът на Айнщайн е значим и при работите по квантова статистика. Той има движеща роля при прехода от старата квантова механика към вълновата механика.

Но нека се върнем отново към 1921г. В мотивите на Нобеловия комитет за връчване на наградата на А. Айнщайн се изтъкват следните мотиви: „За заслуги

в теоретическата физика и особено за откритието на закона за фотоелектричния ефект“ или в оригинал на английски език: The Nobel Prize in Physics 1921 was awarded to Albert Einstein "for his services to Theoretical Physics, and especially for his discovery of the law of the photoelectric effect."

Реално наградата за 1921г. е връчена година по-късно. Основна причина за това е, че по време на селекцията през 1921г. Нобеловият комитет решил, че никой от номинираните за дадената година не е изпълнил критериите, посочени в завещанието на Нобел. В такъв случай съгласно правилата на Нобеловата фондация, е възможно наградата да се запази за следващата година, не дълго, както се случва през 1921г. и Айнщайн я получава през 1922г.

III. Уравнение за фотоефекта

Бихме искали първоначално да споменем отзивите за уравнението за фотоефекта от по-късен период от време, а именно 1948г. при честване на 70 годишнина на А. Айнщайн. Те са на също много известни физици за времето (а и до днес) и в голямата си част са поместени в Юбилеен сборник от споменатата година. Сред авторите са Р. Миликен, Л. Дьо Бройл, М. Фон Лауе, П. Франк, една част от представянията са от по-личен характер и се отнасят не за постиженията, а за взаимоотношенията между учените.

Първата статия е написана от Миликен в типичен за него пряк стил. Говорейки за уравнението $E = h\nu - P$ за фотоефекта, той казва: „Аз прекарах 10г. от живота си проверявайки експериментално това уравнение на Айнщайн от 1905г. и противно на всичките ми очаквания през 1915г. бях принуден да потвърдя неговата безспорна валидност, въпреки нелогичността му, тъй като то като че ли нарушаваше всичките ни представи за интерференция на светлината“. Това изказване е във времена, в които физиката е сериозно напреднала и Миликен е значително омекнал в мнението си от гореспоменатата година, където твърди в две последователни статии следното: „Уравнението на Айнщайн за фотоефекта ... изглежда, във всички случаи предсказва точно наблюдаваните резултати... И все пак полукорпускулярната теория, чрез която Айнщайн достига до това уравнение, за момента изглежда напълно незащитима.“. И характеризира хипотезата за електромагнитната светлинна корпускула като „смела, да не кажем безрасъдна“. Миликен съвсем не е единственият първокласен физик по това време с подобни възгледи, физическата общност като цяло приема хипотезата с неверие и скептицизъм, донякъде граничещ и с насмешка. Статиите на Айнщайн преди 1905г. не са привлекли голямо внимание. Може би чак до началото на 20-те години Айнщайн почти единствен приема сериозно светлинния квант. Критичното отношение към хипотезата за светлинния квант е от особено значение за ранното развитие на квантовата механика, за което съществен принос има Айнщайн.

През 1905г. все още няма революция, физиката би могла да приеме или изостави хипотезата за светлинния квант просто като любопитно свойство на чистото лъчение в топлинно равновесие без никакво физично значение. Айнщайн проявява храброст в следващата стъпка, която между другото му спечелва и Нобеловата награда, формулирайки евристичния принцип. *(Ако по отношение на зависимостта на ентропията от обема монохроматично лъчение има поведението на дискретна среда, състоящи се от кванти с дадена енергия, тогава този факт навежда на мисълта за едно проучване дали законите на генериране и на превръщане на светлината са също устроени така, като че ли светлината е съставена от кванти енергия от този вид.)* Този принцип разширява обхвата на основното свойство на светлинния квант за случаите на взаимодействие на светлината с веществото.

На основата на този евристичен принцип Айнщайн предлага „най- проста картина“ на фотоефекта. Един квант отдава цялата си енергия на единствен електрон и предаването на енергията от един светлинен квант е независимо от присъствието на други кванти. Той отбелязва, че електронът, излъчен от вътрешността на тялото, ще претърпи най- общо казано загуба на енергия до достигане на повърхността. Нека енергията на електрона за случая без енергийна загуба е $E_{\max}$. Тогава според твърдението на Айнщайн имаме съотношението:

$$E_{\max} = h\nu - P ,$$

където ν е честотата на падащото монохроматично лъчение, а P е енергията, необходима на един електрон за отделяне от повърхността (отделителната работа). Това уравнение обяснява наблюдаваното от Ленард – независимост на енергията на електроните от интензитета на светлината. Уравнението е важно и заради константата на Планк h и прави много силни предсказания. Първото е, че енергията се изменя линейно с честотата ν . Второто е, наклонът на графиката (E, ν) е универсална константа и не зависи от природата на облъчвания материал. Трето, стойността на тази константа в уравнението е Планковата константа, определена от закона за излъчване на абсолютно черно тяло. Сега тези факти са всеобщо известни, но в началото на XX век нито един от тях не е бил известен.

Може би е подходящо да добавим най-накрая и реакциите на някои известни физици като Планк, Нернст, Рубенс, при предложението да се приеме Айнщайн за член на Пруската академия (през 1913г.), при което препоръката им изразява най- висока оценка на неговите постижения и завършва по следния начин: „Накрая, може да се каже, че едва ли има някой измежду многото велики проблеми, на които съвременната физика е така богата, в решаването на които Айнщайн да не е направил забележителен принос. Това, че в някои случаи може да се е разминал с целта при своите разглеждания, както например в случая с хипотезата за светлинните кванти, не би могло да се смята като

сериозна слабост, тъй като не е възможно да се предложи наистина нови идеи дори и в най- точните науки, без понякога да се поема риск.“

IV. Заключение

След повече от столетие от откриването на фотоефекта и законите за него, в днешни времена не се и замисляме къде намира той приложение. А приложенията са навсякъде около нас в ежедневието ни, както и са развити в много области за изследване, обхващащи физиката на твърдото тяло, течностите и газовете, стигащи до методи за изследване и в други науки като биологията. Често споменаваме имената на най-известните учени в дадена област, в случая физиката, без да се замисляме често за трудностите и дързостта, която те са проявявали в своята работа и изследвания, както и за житейски трудности, които те са причинили, но от своя страна са предизвикали революция в науката и са довели до много по-добри условия за цялото човечество.

ЛИТЕРАТУРА

[1] <https://bg.wikipedia.org/wiki>

[2] „Изкусен е Всевишният...“ Алберт Айнщайн в науката и живота, Пайс А., София, 2004

DYNAMICAL MODELING OF DISSIPATIVE SOLITONS IN THE PRESENCE OF INTRAPULSE RAMAN SCATTERING AND NONLINEAR GAIN

Ivan M. Uzunov and Todor N. Arabadzhiev

Department of Applied Physics, Faculty of Applied Mathematics and Informatics, Technical University of Sofia, 8 Kl. Ohridski Blvd., Sofia 1000, Bulgaria
Corresponding autor; tna@tu-sofia.bg

Abstract. *In this report we try to answer the following questions: What is the effect of nonlinear gain and intrapulse Raman scattering on the peak amplitude, time width, velocity and self-frequency shift of dissipative solitons?; What is the behavior of our two dynamic models, the first derived using the variational method and the second through the method of moments, in terms of modeling the soliton parameters?; What is the correspondence between the results of the direct numerical solution of the basic equation (CCGLE), the models and some literature sources?*

Key words: Raman dissipative solitons, Complex Cubic Ginzburg-Landau equations (CCGLE), Intrapulse Raman Scattering, Nonlinear Gain, Dynamic models.

1. Introduction

The numerical solution of the complex cubic Ginzburg-Landau equation (CCGLE) as well as the approximated dynamical models (DM) have been widely used for modelling of the nonlinear wave propagation in optical fibers with presence of nonlinear gain, spectral filtering, and higher-order nonlinear effects [1-8].

In this paper, two dynamic models, derived by using of the variation approach (the first one) and the method of moments (the second one) [4-8], have been studied. The comparison between the results given by the dynamic models and by the direct numerical solution of the basic equation allow us to draw a conclusion about the applicability of the models in the considered cases.

The numerical solution of the basic equation has been made by using of the Agrawal's split-step Fourier method with two iterations [9] which performance for modeling of intrapulse Raman scattering (IRS) has been considered in [10].

By calculating of the influence of the nonlinear gain and the intrapulse Raman scattering (IRS) on the peak amplitude, width, velocity, and self-frequency shift of the RDS, the applicability of the presented two dynamic models has been investigated. It has been found, in agreement with [5,11-13], that the increasing of the values of the IRS as well as the decreasing of the values of the nonlinear gain coefficient leads to decreasing of the peak amplitude and absolute value of the self-frequency shift of RDS. In other words, the calculations point that the intrapulse Raman scattering and the nonlinear gain have an opposite influence on the soliton's

peak amplitude, width, velocity, and self-frequency shift in terms of increasing or reducing of their values [12,13].

The important observation that only the second model can be applicable for modeling of the considered here cases has been made. The influence of the higher order correction terms responsible for the nonlinear gain/absorption and nonlinear refractive index together with the nonlinear gain and IRS on the dissipative solitons has been considered in ref. [13]. The conditions for existence of the fixed amplitude solitons have been shown in ref. [12-14].

2. Basic equation, dynamic models and numerical solution

2.1 Basic equation

The dynamic behavior is described by the following complex cubic-quintic Ginzburg-Landau equation (CCQGLE) perturbed by IRS [1-3]:

$$i \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} + |U|^2 U = i\delta U + i\beta \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} + i\varepsilon |U|^2 U + \gamma U \frac{\partial}{\partial t} (|U|^2) \quad (1)$$

where U is the normalized envelope of the electric field, t and x are the evolutionary and spatial variables, δ is the linear loss-gain coefficient, β describes the spectral filtering (gain dispersion), ε is the nonlinear gain or absorption coefficient (the nonlinear gain arises from the saturable absorption). In this equation we have implied that the group-velocity dispersion is anomalous. Parameter γ considers the effect of the intrapulse Raman scattering (IRS) in the simplest quasi – instantaneous description.

2.2 Two dynamic models

The first model: Considering the HOE terms in the right part of Eq. (1) as a small perturbation, we can search its solution in the form [4,6]:

$$U(x, t) = \eta(x) \operatorname{sech} \{ \eta(x) [t - k(x)] \} \exp \{ -i\omega(x)(t - k(x)) + i\alpha(x) \} \quad (2)$$

where $\eta(x)$ and $\omega(x)$ are the soliton amplitude and frequency, correspondingly, $k(x)$ is the pulse position and $\alpha(x)$ is the phase of the pulse. The following system of ODE, has been derived [4,6]:

$$\begin{aligned}
\frac{d\eta}{dx} &= 2\delta\eta + (2/3)(2\varepsilon - \beta)\eta^3 - 2\beta\eta\omega^2 + (16/15)\mu\eta^5 \\
\frac{d\omega}{dx} &= -(4/3)\beta\omega\eta^2 - (8/15)\gamma\eta^4 \\
\frac{dk}{dx} &= -\omega \\
\frac{d\alpha}{dx} &= (1/2)(\eta^2 + \omega^2)
\end{aligned} \tag{3}$$

The second model: Derived by using of the method of moments dynamical system allows us to study the influence of the higher-order effects on the localized solutions of CCGLE. To derive the dynamical system, we have used the trial function in the form [6,8]:

$$U(x, t) = \eta(x) \operatorname{sech}[(t - k(x))/\sigma(x)] \exp[i\omega(x)(t - k(x)) + ic(x)(t - k(x))^2] \tag{4}$$

where $\eta(x)$, $\sigma(x)$, and $k(x)$ are respectively the amplitude, width, and position of the pulse maximum, $\omega(x)$ is the frequency, and $c(x)$ is the chirp parameter.

$$\begin{aligned}
\frac{d\eta}{dx} &= (\delta - c)\eta + \beta \left(\frac{\eta(-60 - 5\pi^2 + 3\pi^4 c^2 \sigma^4)}{15\pi^2 \sigma^2} - \eta\omega^2 \right) + \varepsilon \frac{2(3 + \pi^2)}{3\pi^2} \eta^3 \\
\frac{d\omega}{dx} &= -4\beta \frac{(1 + \pi^2 c^2 \sigma^4)\omega}{3\sigma^2} + \frac{8}{15} \gamma \frac{\eta^2}{\sigma^2} \\
\frac{dk}{dx} &= \omega - \frac{2\pi^2}{3} \beta c \omega \sigma^2 \\
\frac{d\sigma}{dx} &= 2c\sigma + \beta \left(\frac{8}{\pi^2 \sigma} - \frac{16}{15} \pi^2 c^2 \sigma^3 \right) - \frac{4}{\pi^2} \varepsilon \sigma \eta^2 \\
\frac{dc}{dx} &= \left(-2c^2 + \frac{2}{\pi^2 \sigma^4} - \frac{2\eta^2}{\pi^2 \sigma^2} \right) - \beta \frac{4(3 + \pi^2)c}{3\pi^2 \sigma^2}
\end{aligned} \tag{5}$$

2.3 Numerical solution of the basic equation

The numerical solution of the basic equation has been made by using of the Agrawal's split-step Fourier method with two iterations [9-10] with parameters: time resolution 0.0002-0.00244, number of samples: 2^{15} - 2^{17} , a constant propagation step (but case dependent) - with size between 10^{-3} and 10^{-5} or adaptive step-size. The following numerical quantities have been calculated: mean frequency:

$$\omega(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} \omega |U(x, \omega)|^2 d\omega / \int_{-\infty}^{+\infty} |U(x, \omega)|^2 d\omega, \text{ velocity: } v(x) = \left(\int_{-\infty}^{+\infty} t |U(x, t)|^2 dt / \int_{-\infty}^{+\infty} |U(x, t)|^2 dt \right) / x,$$

peak amplitude: $\eta(x) = \max |U(x, t)|, \forall t$, and identical to the model (3) time width:

$\sigma(x) = (\tau(x)/\tau(0))/\eta(0)$ where $\tau(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} |U(x,t)|^2 / \eta(x)^2 dt$. We also use the quantity full-width half- maximum: $FWHM = 2.6339\sigma(x)$. The initial condition used for the direct calculation of (1) contrary to (2) has a negative phase sign: $U(0,t) = \eta \operatorname{sech}[\eta t] \exp[-i\omega t]$.

3. The influence of the nonlinear gain and IRS. The efficiency of the dynamic models.

In this section we have presented the influence of the nonlinear gain and IRS under the RDS. It has been applied described dynamic models as well as the direct numerical solution of CCGLE. The numerical region for the change of the parameter describing nonlinear gain $\varepsilon \in [0.22, 0.32]$ is chosen in the following way. After numerical calculation with Eq. (1) we have found that for values $\varepsilon < 0.22$ numerical solutions are unstable ones: the amplitudes decrease and finally disappear. Next for the values $\varepsilon > 0.32$ we have not obtained the stationary solution. For the calculation of the cases $\varepsilon = 0.31, 0.32$ a step size of order of 10^{-5} has been used.

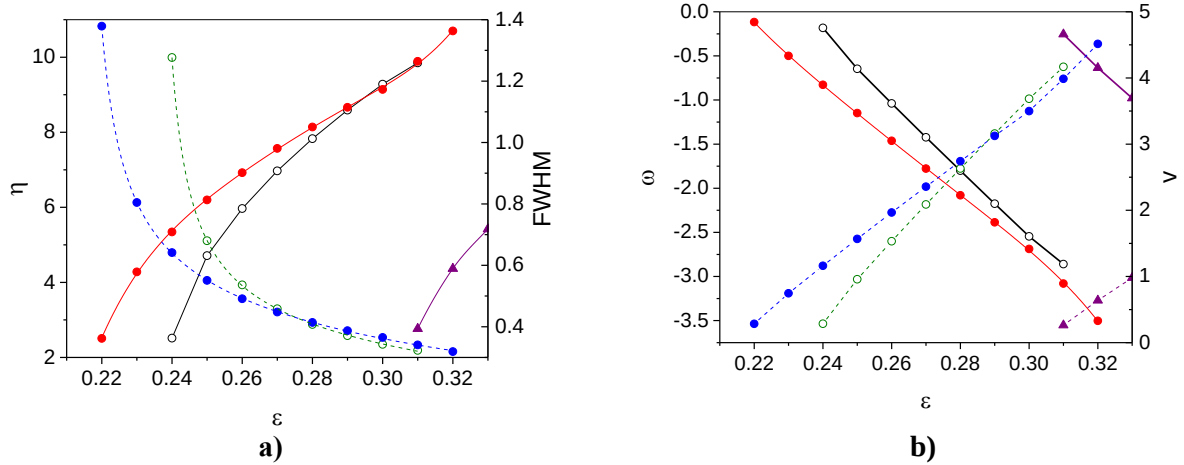


Fig. 1. Results obtained by direct numerical solution of (1) (red and blue solid circles), the first DM (3) (purple solid triangles) and the second DM (5) (black and olive empty circles), and for: a) the peak amplitude (solid lines) and FWHM (dashed lines), b) mean frequency (solid lines) and velocity (dashed lines) as functions of $\varepsilon \in [0.22; 0.32]$ at parameters $\delta = -0.012$; $\beta = 0.6$; $\gamma = 0.05$; $\eta(0) = 10$;

As can be seen from Fig. 1, when the value of nonlinear gain ε increases, the values of amplitudes, frequencies, and velocity (Fig. 1 a, b) of the RDS also increase while FWHM decreases (Fig. 1 a) i.e., solitons compress. From these results the conclusion can be drawn that the self-frequency shift of the RDS increases when the value of nonlinear gain ε increases. As can be seen from Fig. 1 the second DM (5) qualitatively correct describes all observed dependencies, but this is not the case with the first DM (3) which is too far from the direct numerical solution.

Simultaneously by Eq. (1) and by DM (5), it has been found that the amplitude and the absolute value of the self-frequency shift decrease with the increase of the value of the IRS [11,12]. Scaling relations for the velocity, pulse amplitude, and FWHM of the pulse have been proposed and numerically verified [12], which in terms of our notations take the following form: $v = k(x_{\max})/x_{\max} \sim 1/\gamma$, $\eta \sim 1/\gamma$, and $FWHM = 2\ln(2 + \sqrt{3})\sigma(x_{\max}) \sim \gamma$. So, we have recalculated results of [12] by different methods and at the same time we have answered of the question whether the dynamical models can approach the numerical findings. Following values of the physical parameters have been used: $\delta = -0.012$; $\beta = 0.6$; $\varepsilon = 0.3$ [12,13].

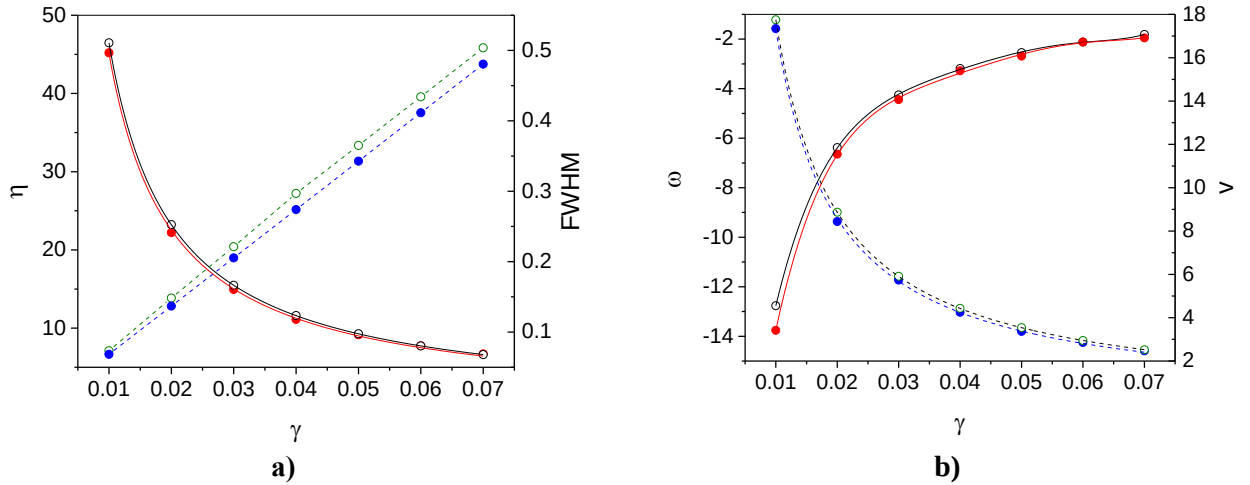


Fig. 2. Results obtained by the numerical solution of DM (5) (black and olive empty circles) and direct numerical solution of (1) (red and blue solid circles) for the dependence of the following dissipative solution parameters vs the parameter of IRS: a) the amplitude (solid lines) and FWHM (dash lines); b) the mean frequency (solid lines) and velocity (dash lines) as functions of $\gamma \in [0.01; 0.07]$ at $\delta = -0.012$; $\beta = 0.6$; $\varepsilon = 0.3$; $\eta(0) = 1$; $\sigma(0) = 1/\eta(0)$; $c(0) = 0$; $\omega(0) = 0$.

Fig. 2 presents our results obtained by the numerical solution of Eq.1 and DM (5) for the dependence of the amplitude, FWHM, velocity and the frequency shift of the RDS on IRS γ . We found that DM (3) has failed and cannot be applied in this case. If we increase the value of the γ , the values of the amplitude (Fig. 2a), frequency shift (Fig. 2b) and velocity decrease. The pulse width increases (Fig. 2a). The obtained here results by DM (5) are in an excellent agreement with the corresponding numerical results as well as with the scaling relations of [12]. The new observation in Fig. 2 is that the dynamical model given by DM (5) is an excellent way to describe those results. The reasons for such a successful application of DM (5) are two. First, for these values of the physical parameters numerical solutions preserve well their soliton like form from the Eq. 2. Second, is the existence of the approximated fixed point given by Eq. 4 in ref. [13]. If we draw the dependencies of the amplitude, FWHM and the frequency of the pulse parameters in accordance with the fixed point depending on γ in the region of the values considered above, we will find: a)

quantitative agreement between the dependency of the amplitude on the parameter of IRS shown in Fig. 2a; b) quantitative agreement between the dependency of the FWHM on the parameter of IRS shown in Fig. 2a , and c) only qualitative agreement between the dependency of the frequency on the parameter of IRS in Fig. 2b.

4. Conclusions

- An opposite effect of the nonlinear gain and IRS has been observed with respect to the behavior of the peak amplitude, time width, velocity, and self-frequency shift.
- Only the second model, based on the method of moments, remains useful or gives adequate results in all cases considered.
- The results obtained by the second model and by the direct numerical solution are in excellent agreement with similar results in the literature [12, 13].

REFERENCES

- [1] A.Hasegawa, Y.Kodama, *Solitons in Optical Communications* (Clarendon, Oxford,1995).
- [2] N.N. Akhmediev, V.V. Afanasjev, and J. M. Soto-Crespo, Phys. Rev. E 53, 1190 (1996).
- [3] N.N. Akhmediev, and V. V. Afanasjev, Phys. Rev. Lett. 75, 2320 (1995).
- [4] I.M. Uzunov, T.N. Arabadzhiev, Zh.D. Georgiev, Proc. of SPIE, Vol.9447, 94471G (2015).
- [5] S. C. Latas, M.F.S. Ferreira, M. Facao, JOSA B, 34, 5, 1033-1040 (2017)
- [6] I.M. Uzunov, Z. D Georgiev, T.N. Arabadzhiev Phys. Rev. E 97 (5), 052215 (2018)
- [7] A. I. Maimistov, J. Exp. Theor. Phys. 77, 727 (1993).
- [8] I. M. Uzunov, T.N. Arabadzhiev, and Zh. D. Georgiev, Opt. Fib. Tech. 24, 15 (2015).
- [9] M.J. Potasek, G.P. Agrawal, and S.C. Pinault, J. Opt. Soc. Am. B 3, 205 (1986).
- [10] I.M. Uzunov, and T.N. Arabadzhiev, Opt. and Quant. Electron. 51, 283 (2019).
- [11] I.M. Uzunov, and T.N. Arabadzhiev, *Applied Physics B* 125(11), 221 (2019).
- [12] O. Descalzi, J. Cisternas and H. R. Rand, Phys. Rev. E 100, 052218 (2019).
- [13] I.M. Uzunov, and T.N. Arabadzhiev, Phys. Rev. E 103, 022208 (2021)
- [14] J. M. Soto-Crespo, N.N. Akhmediev, and G. Town, Opt. Commun. 199, 283 (2001).

АРХЕОСЕИЗМОЛОГИЯ В БЪЛГАРИЯ (ОБЗОР)

Бойко Рангелов

Геологопроучвателен Факултет, Минно-Геоложки Университет-София, България
e-mail: branguelov@gmail.com

Резюме. Представената тема е обзор за използването на интердисциплинарен подход при изучаване на археологически обекти от гледна точка на сеизмологията с цел разкриване на древни сеизмични въздействия върху археологически артефакти.

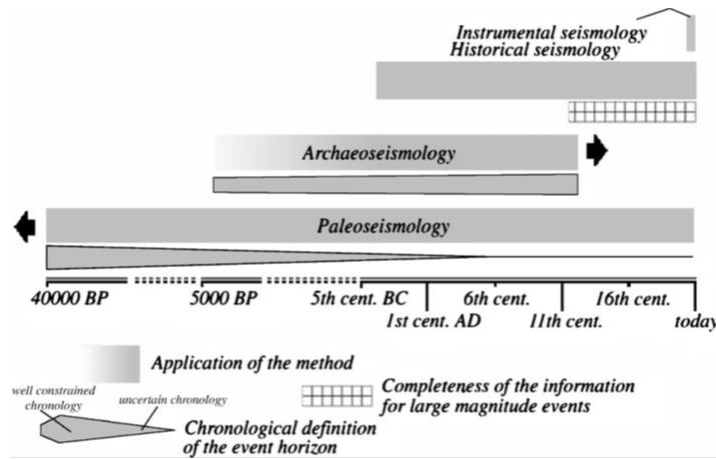
Ключови думи: сеизмология, археология, сеизмични ефекти в България.

1. Увод

През последните години интензивни изследвания по нововъзникнали интердисциплинарни методи, все по-широко навлизат в геофизичната и археологична практика. Особен интерес представляват т.н. археосеизмология и палеосеизмология.

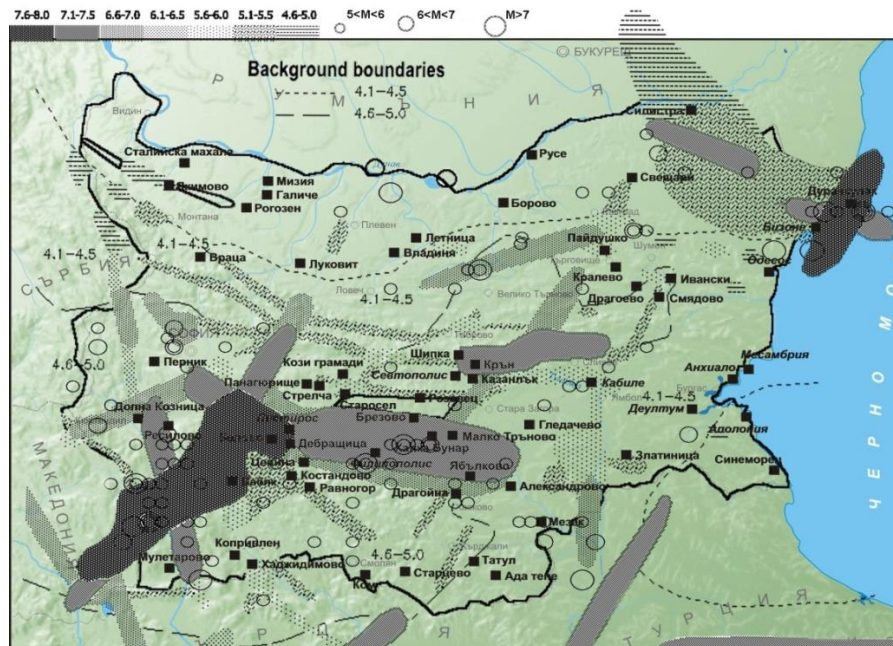
Археосеизмологията е нова научна дисциплина, занимаваща се с изучаването на сеизмичните (често и на други геодинамични) явления и процеси върху археологичните паметници, както по време на тяхното съществуване, така и след „погребването“ им под пластове горележаща почва и всичко това станало през историческите времена на съществуване на човечеството, след създаването на писменост – т.е. историческия период на антропоцена. Обект на изследванията, са въздействията върху останки от селища, отделни сгради и съоръжения и отделни артефакти. Палеосеизмологията обхваща доста по-дълги периоди от време, както от холоцена, така и преди него. Понякога, палеосеизмологични реконструкции достигат хиляди и по-рядко милиони години. Важно е да се отбележи, че огромна част от известните каталози на земетресенията по света, се базират на историчната сеизмология – т.е. писмени паметници за въздействията от древни земетресения върху сега съществуващи или вече изоставени и разрушени селища от историята на човечеството. Често тези сведения се съпоставят с наблюденията от археосеизмологията и палеосеизмологията, като значително подпомагат хронологизацията за известни или неизвестни земетръсни събития. Инструменталната сеизмология датира от около един век, поради което нейния обseg за силни минали трусове е силно ограничен (фиг. 1).

За провеждане на изследванията, предварително се очертават зони и райони, където могат да се очакват сеизмични въздействия върху археологически паметници и артефакти [1].



Фиг. 1. Хронологичен диапазон на дисциплините изучаващи минали земетресения (по [1]).

2. Археосейсмология в България



Фиг. 2. Обединена карта на регистрираните земетресения по сеизмични зони (шрихованите) и карта на археологическите паметници в България (черни квадрати) – по [1].

На показаната карта, ясно се очертават рисковите сеизмични зони и някои исторически и архитектурни паметници (фиг. 2). Не би трябвало обаче, да се очакват евентуални сеизмични разрушителни въздействия, които да се срещат само в най-застрашените зони, тъй като деструктивизмът на самите сеизмични вълни може да се простира далеч от епицентъра. На общия фон на земетръсните огнища, тези обекти, изглеждат най-вероятни за локализиране на

съществуваща сеизмична дейност, способна да въздейства върху различните археологически и исторически обекти [2].

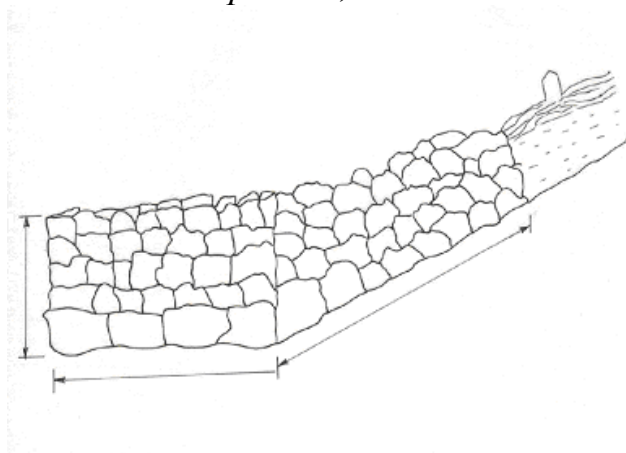
3. Модели и експедиционни изследвания

(Халколитен солодобивен комплекс – Провадия)

В този обект се наблюдават трите представени на това място хронологически пласта - късен неолит (5400-5000 г. пр. Хр.), среден халколит (4600-4500 г. пр. Хр.) с началото на късния халколит (4500-4400 г. пр. Хр.) и римска епоха (I-IV в.). Установява се производствен солодобивен комплекс с голяма площ [1]. След като солта, която се е смятала за богатство, то е трябвало да бъде защитавано, поради което са изградени високи бойни кули – бастиони, от двете страни на портата – вход към очевидно проспериращо селище (фиг. 3, фиг.4).



Фиг. 3. Снимка на разкопките на древното селище Провадия. Виждат се основите на бастионите и портата, както и големите срутени камъни.



Фиг. 4. Примерен изглед на правоъгълен бастион в Провадия с размери 3x5x3 метра (реконструкция).

Реконструкцията е направена въз основа на обема на изкопаните едри и по-дребни камъни и положението на основата. Няма следи от спойващи вещества между тях. Вижда се и част от плетената от дървени клони и измазана с глина повърхност на отбранителната стена.

Тези отбранителни кули са били построени от гигантски (приблизителни размери 0,7x0,7x1м), подредени, неспоени камъни и впоследствие разрушени. Тук археологията и сеизмологията се пресичат. Оказва се, че единствената причина за разрушаването на тези съоръжения, може да е само силно земетресение. За изследване на причините за срутените бастioni са проведени археосеизмологични изследвания за уточняване на източника и силата на явлението, довело до разрушаването им край солницата в Провадия. Основни източници на силни сеизмични въздействия в района на Провадия са огнищата на земетресения, разположени в районите на сеизмична зона Вранча (Румъния) и зона Шабла-Калиакра, които са потенциалните кандидати за разрушенията в Провадия.

Историческите сведения за сеизмичната активност на огнище Вранча (Румъния) са описвани многократно [1]. Характерно за това огнище са силните и дълбоки (между 90 и 150 км т.нар. междиннофокусни) земетресения. По-известните земетресения от сеизмично огнище Вранча са тези от 1940 г. с магнитуд (M7.4) и от 1977 г.(M7.2). И двете земетресения са предизвикали интензивност VII степен по скалата на Медведев-Шпонхоер-Карник (МШК) в района на Провадия, изразяваща се в паднали комини и леки пукнатини в мазилките на някои по-паянтови сгради. Епицентрите на тези земетресения се намират на около 300 км на север от археологическия обект Провадия - Солницата в ъглов сектор от около 5^0 - 10^0 .

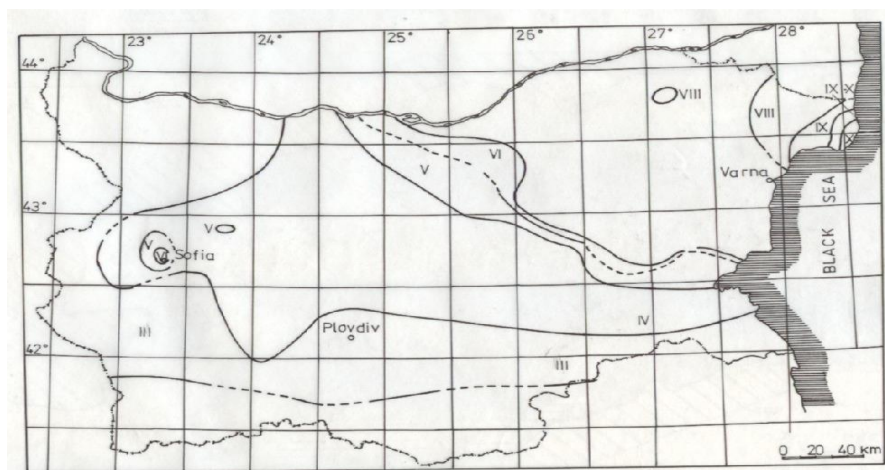
Историческите данни за сеизмичната активност на земетръсното огнище Шабла-Калиакра идват главно от писмени източници. Има данни за няколко земетресения с магнитуд, превишаващ 6.5 (по скалата на Рихтер) – 3 в. пр.Хр., 543, 1444, 1832, 1869 и 1901г. [3].

Характерно за огнище Шабла-Калиакра е, че е плитко и се активизира нерегулярно, но генерира изключително силни земетресения. Очакваният максимален магнитуд на земетресения, генерирани от това огнище, може да достигне 8.0.

Земетресението от 1901 г. предизвиква тежки разрушения в крайбрежните селища, свличания и каменопади, пропадане на огромен блок в района на Балчик с размери от около 1 x 1 км, втечняване на грунта и вълна цунами, в пристанището на Балчик, с амплитуда от около 2-3 м. Епицентралната интензивност е оценена на X степен МШК (фиг. 5).

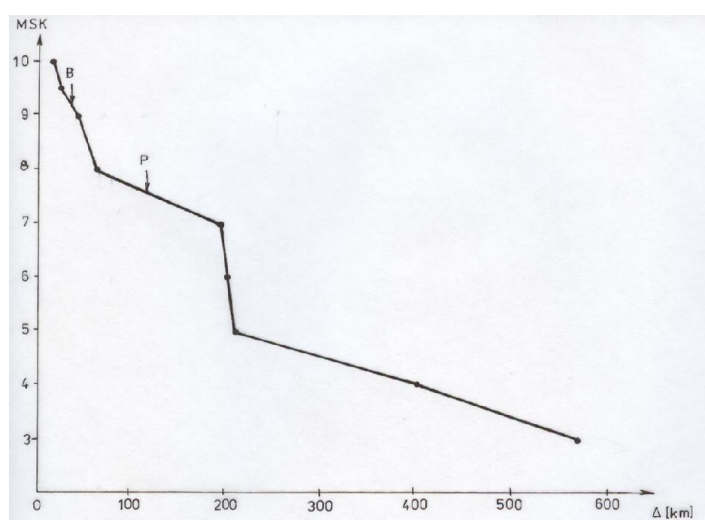
Най-добре е документирано това земетресението с огнище в зона Шабла-Калиакра с магнитуд 7.2 (31.3. 1901 г.), разположено в акваторията на Черно море на около 20 км от брега. То може да служи като референтно сеизмично събитие, с достатъчно надеждна информация за наблюдаваните и предизвикани от това огнище ефекти. Един профил по посока на древните поселения показва,

че това земетресение е имало интензивност в района на Провадия – VII-VIII степен по скалата на Медведев-Шпонхоер-Карник (фиг. 6).

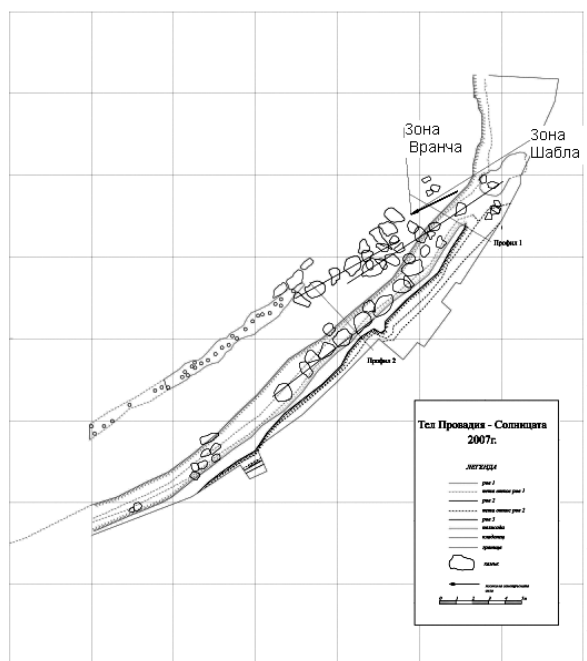


Фиг. 5. Макросеизмична карта на земетресението от 31 март 1901 г. (M:7.2) [2]: Римските цифри показват наблюдаваните интензивности по скалата Медведев-Шпонхоер-Карник. Описаните ефекти в района на Провадия са от VII-VIII степен.

Основен обект на изследванията са срутените много големи (с размери между 1 и 0,5 м³) камъни - елементи от двете фортификационни съоръжения (бастиони) от отбранителната система на селището от средния халколит (4600-4500 г. пр. Хр.). Наблюдаваните ефекти, дават основание да се приеме, че основната посока на сеизмичната сила е в сектор 50-65° спрямо географския север (фиг. 7).



Фиг. 6. Калибровъчен профил по посока на Провадия и Балчик. Местоположенията им са означени с В и Р. По вертикалата е наблюдаваната интензивност, а по хоризонталата – епицентралното разстояние.



Фиг. 7. *Провадия-Солницата. Схема с основните срутвания на едри каменни блокове от бастионите. Означени са посоките на сеизмичните огнища (Вранча и Шабла) както и интерпретацията за посоката на максималната сеизмична сила, действала от посока североизток.*

Анализът дава възможност да се предположи, че в периода на датировка на съоръженията (средата на V хил. пр. Хр.) в посочената сеизмична зона, се е случило сеизмично събитие с достатъчна сила (предполагам магнитуд $\sim 7-7.5-8.0$), което е предизвикало интензитет в района на Провадия-Солницата, превишаващ VII степен - причина за разрушаване на двата каменни бастиона с височина над 3 м. Това предположение изглежда напълно доказано. Ако е така, то става дума за първото документирано силно земетресение в историята на Европа от тази епоха (около 4550 години преди новата ера) – с определен източник, приблизително местоположение и сила.

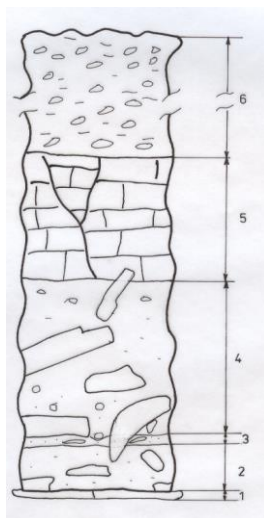
(Храм на Кибела – Балчик)

Много столетия след това – някъде в средата на VI в. сл. Хр., това сеизмично огнище (Шабла-Калиакра) отново дава сигнал за коварството си. Има данни, че селището при Балчик (древния Дионисополис) се е преместило на високо. Балчик има нещастна съдба, поради това, че се намира в един много активен свлачищен район и местенето на високо, не му помага особено. Освен от силния трус през III в. пр. Хр., Балчик преживява още един апокалипсис – през средата на VI в. За него съдим от археологическите разкопки, довели до сензационното откриване на най-западения храм на Кибела (майката на боговете) – открит през 2007 г. при случайни изкопни работи за модерен строеж (фиг. 8) [4].

В този случай земните пластовете са запазили много повече информация от всеки друг път. В тях, като че ли може да се проследи цялата история на трагично погребания храм – от неговия възход и развитие (действал е повече от 8 века - от III в. пр.Хр. до V-VI век от новата ера) до неговия трагичен край. Следите дават възможност за сигурно датиране и възстановка на това, какво се е случило преди много векове [5]. Един примерен вертикален профил е показан на фиг. 9.



Фиг. 8. Храмът на Кибела – след разкопаването му.



Фиг. 9. Стратиграфска колонка в храма на Кибела – реконструкция по фотографии: 1. Подови плочи на храма (5-8 см); 2. Първи слой от пепел, горяло дърво и керемиди от покрива на храма (12-15 см); 3. Слой от пясък с мидени черупки, отложен от цунами след земетресението през VI в. сл. Хр. (3-5 см); 4. Теригенен слой с множество артефакти – мраморни плочи и статуи, керамика, монети, барелефи и др. (80-100 см); 5. Стената от варовикови блокчета – някои напукани и отместени от земетресението (90 см); 6. Слой извън храма от повърхностни отложения (300-400 см).

(Тракийски култов комплекс „Четиньовата могила” - Старосел)

Тракийският култов “храм” е открит и разкопан от Георги Китов през 2000 г (фиг. 10). Той е най-големият открит досега тракийски царски комплекс с мавзолей. Гробницата-хероон, има внушителната ограда (крепида) от каменни блокове, парадно стълбище с коридор и култова площадка. Входът е очертан от плочи с пластична и цветна украса.

Светилището в Старосел е изпълнявало ритуална функция – във вътрешната камера са се изпълнявали тайни орфически ритуали. Този храм е най-величественият, намерен до сега в Тракия. Вероятно той е бил изграден от богат владетел, някъде около V в. преди Христос. Покривът е срутен, фасадата му е била засипана и добре затрупана, така че да не личи, че някога е имало стълбище, коридор и храм.



Фиг. 10. Тракийски култов комплекс „Четиньова могила”, Старосел

Археологическото съоръжение е разположено под земята и след запълването му, станало в древността, заедно с могилата представлява монолитно цяло. Поради куполовидната си форма, могилата висока към 25 m е подложена на усилените земетръсни въздействия, заради повишаващото се земното ускорение към средата на височината ѝ. При разкриването на камерите са установени видими деформации, които могат да се припишат на земетръсно въздействие. По една от стените и до входа се наблюдават пукнатини, които могат да бъдат породени от слабост на конструкцията или от сеизмични фактори. От друга страна по покривната конструкция има пукнатина с дясно-отседно хоризонтално разместване с амплитуда 1- 1,5 cm, което се смята за сигурна индикация за динамично натоварване в следствие на сеизмично въздействие (фиг.11) [5]. Хоризонтални отмествания са отбелязани и на още няколко места, главно на вертикалните ръбове на конструкцията [6].



Фиг. 11. *Напуквания по тавана на храма от сеизмични въздействия*

Възможно е, това сеизмично въздействие, да е спомогнало за разрушаването на купола на кръглата камера и за запълването ѝ с каменни блокове и почва. Стратиграфският анализ на палеосеизмичните разкопки проведени преди години, установява четири етапа, което е в съгласие с многократната проява на сеизмично въздействие, без да се отрича евентуално първоначално умишлено разрушаване на съоръжението още в древността [6].

Неотдавна са проведени и археосеизмологични изследвания на цяла поредица от археологически обекти по Черноморското крайбрежие на България. Обекти разположени в Дуранкулак, Камен бряг, Калиакра, Кастрици, Варна и др., са обследвани от българо-руски експедиции, установили множество ефекти от древни земетресения върху сгради и съоръжение покриващи огромен интервал от време (до 6-7 хиляди години [7]).

4. Заключение

Направеният обзор за използването на археосеизмологията в България, показва, че използването на интегрален подход за прилагане на специфична методология, определяща сеизмичните въздействия върху древни археологически обекти, може до подпомогне извличането на допълнителна информация и обогатяване на знанията за минали исторически земетресения. Като страна богата на древни археологически паметници, археосеизмологията е перспективна дисциплина за подобни проучвания. Това е от особена важност при сеизмичното райониране на страната, което осигурява норми прилагани понастоящем и осигуряващи надеждна антисеизмична защита на сгради и съоръжения.

Благодарности

Разработката е подкрепена от национална научна програма (ННП) „Опазване на околната среда и намаляване на риска от природни бедствия“, - Решение на МС № 577/17.08.2018 г. и фин. от МОН (Спор.№ ДО-230/06-12-2018). - Работни пакети (РП.І.10. и РП.І.4.3)

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Б. Рангелов, Неспоконната Земя, изд. БАН, 2011 г.
- [2] B. Rangelov, The archeoseismology in Bulgaria – Present and Expectations, Proc. 31st Gen. Ass. ESC., Hersonissos, Greece, pp. 372-378, 2008. (on CD).
- [3] B. Rangelov, A. Bojkova, Archaeoseismology in Bulgaria, Proc. Conf. Geoarchaeology and Archaeomineralogy., Sofia, Bulgaria, pp.341-346, 2008.
- [4] B. Rangelov, E. Mircheva, I. Lazarenko, R. Encheva, The archaeological site – possible evidence about multihazard ancient events, Proc. Conf. Geoarchaeology and Archaeomineralogy., Sofia, Bulgaria, pp. 347-352, 2008.
- [5] A. Korzhenkov, E. Mazar, Structural reconstruction of seismic events: Ruins of ancient buildings as fossil seismographs; Sci. and New Technol. N 1. pp. 62–74, 1999.
- [6] Zl. Paneva B. Rangelov., Archaeoseismology and reconstruction of the ancient environment in Bulgaria., Proc. 3rd EMUNI student research multi-conference. pp. 82-89, 2011.
- [7] B. Rangelov, O. Dimitrov, A. Korzhenkov, E. Rogozhin, A. Ovsyuchenko, Archaeoseismological Studies – Bulgaria-Russia Cooperation . Proc. XV Intl. Conf. SES2019, pp.205 – 208, 2019.

METHODOLOGY OF DATA EXTRACTION FROM ARCHIVE INFORMATION FOR THE GROUND CONDITIONS

**Boyko Rangelov¹, Dimo Solakov², Atanas Kisyov¹, Stefan Dimovski¹,
Nikolay Stoyanov¹, Maya Tomova¹, Christian Tzankov¹, Dragomir
Gospodinov³, Edelways Spassov⁴, Bojurka Georgieva¹, Stoyko Christov¹,
Bogdana Milenkovich⁵, Orlin Dimitrov⁶**

¹Geology Faculty, MGU "Sv. I. Rilski", e-mail: brangelov@gmail.com

²NIGGG-BAS

³PU "P. Hilendarsky",

⁴Kinematics

⁵Rudarsko-geoloski Faculty, Belgrade University

⁶IO-BAS

Resume. This is a presentation of the methodology, data sources and extraction from the archives of the parameters considering the soil ground conditions reflected by the parameter $V_{s,30}$. This parameter is an integral characteristic of the ground conditions used in almost all procedures of the seismic hazard mapping software. The $V_{s,30}$ means the velocity of the transverse seismic waves to the depths of 30 meters of the ground layers. It depends of many factors such as density and type of rocks and sediments of the surface earth's strata, surface water level, the strength of the medium, etc. and modifying the influence of the seismic waves to the structures located on the surface. Sometimes the analogue macroseismic maps of historical earthquakes are available, giving the information about spatial intensities distribution. The extraction of this information from old analogue data sources is an essential part of the procedure of digitalization. This main task is solved for different geophysical parameters of the ground – rock composition, depth distribution of the different layers, density, porosity, water saturation and many others. The physical properties can be obtained by different geophysical methods, frequently used for completely diverse tasks, not related to the needed physical properties. The data collection can be done by in situ measurements, boreholes sampling, lab tests, etc. Due to the recent complicated densely populated areas in the large communities, very frequently such investigations are not possible due to the complicated conditions – buildings, stock, noisy environment, etc. Examples of the solutions are presented.

Key words: analogue sources of information, digitalization, methodology.

1. Introduction

The seismic hazard assessment is based on models for simulation of the expected ground acceleration. This study is focused to the $V_{s,30}$ determination and digitalization as the very important parameter to the seismic hazard modeling. The $V_{s,30}$ means the average velocity of the transverse seismic waves (S-waves) to the depths of 30 meters. This important characteristic is responsible for the S wave's velocity increase (rarely) and attenuation (most frequent case) in the most upper

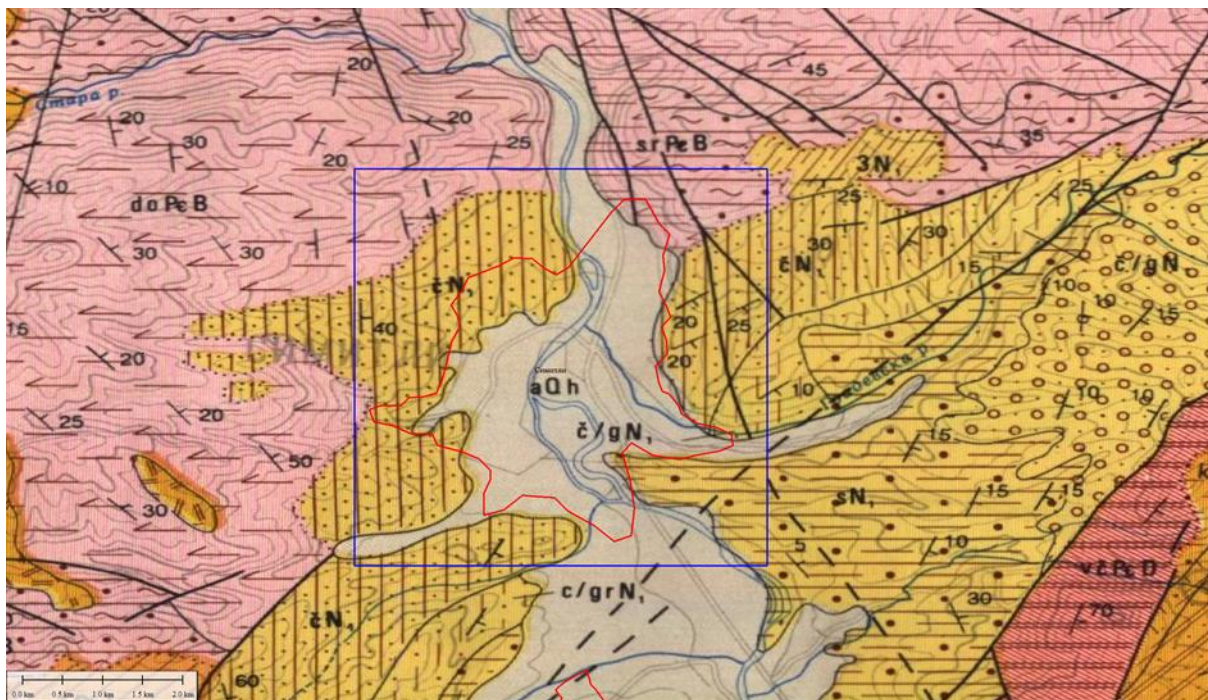
ground layer. That's why it is an essential element included in almost all software packages for seismic hazard determination. Increased difficulties appear with the $V_{s_{30}}$ determination in densely populated areas in case of the seismic microzonation, seismic hazard and risk assessment, vulnerability of structures in the zones, urban areas, critical infrastructure, etc., and have to be performed in near field distances of well determinate fault structures. All methods explored in such situations are very difficult to perform, due to the complicated measurement conditions in the urban environment. Due to this it is absolutely impossible to make regular grid of measurements points, to perform bore holes and/or to take samples for lab tests. Due to these difficulties a lot of archive useful materials have to be extracted, collected, digitized and interpret. Usually they are in analogue form and not usable in the recent processing technologies. In the recent times all analogue data and information must be transformed to the digital products to be used easily by all recent software. In this respect the digitalization of analogue materials is an important and times consuming task, but a necessary step to go forward and to use the extracted information, frequently obtained earlier for various reasons.

2. Analogue data archives (examples)

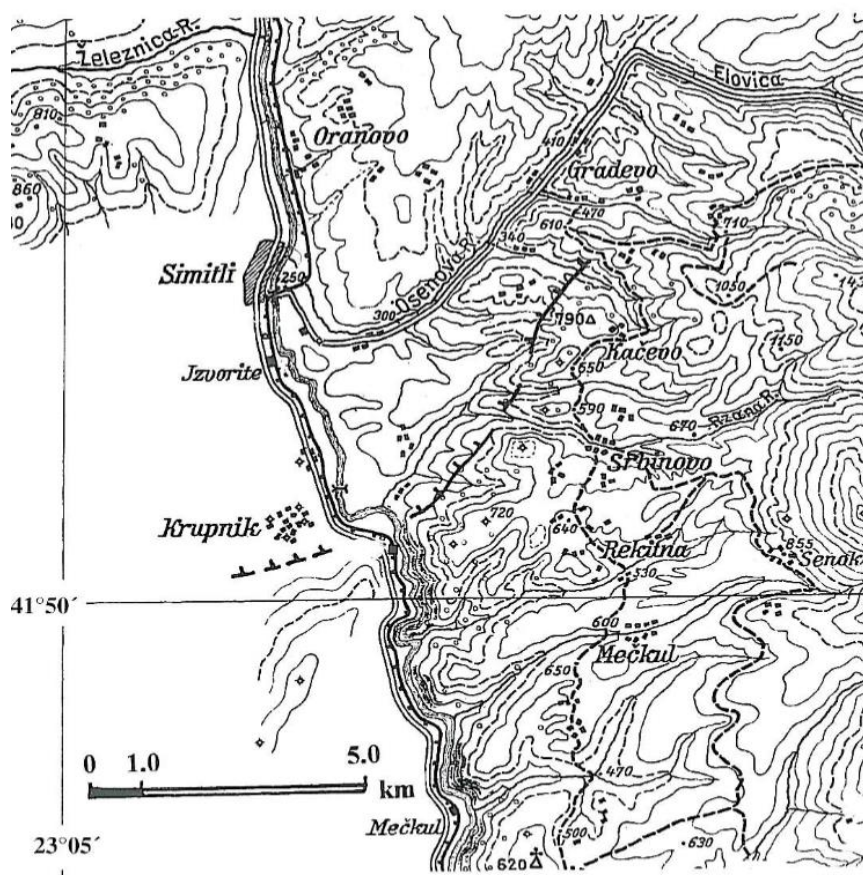
In the urban environment frequently the only way to obtain reliable primary geophysical data and information is to use the archives. To collect and exploit data and materials is important to find the respective archive units, to perform digitalization using different techniques, because of the different information sources (records, pictures, maps, photos, etc.), available in the libraries, stores, even newspapers and old books.

The following examples are presented just to illustrate the variety of sources and techniques used for digitalization. The main focus of these archive materials is on the area of SW Bulgaria – the most seismic hazardous region of Bulgaria due to the M7.8 earthquake occurred on 4th April 1904 [1].

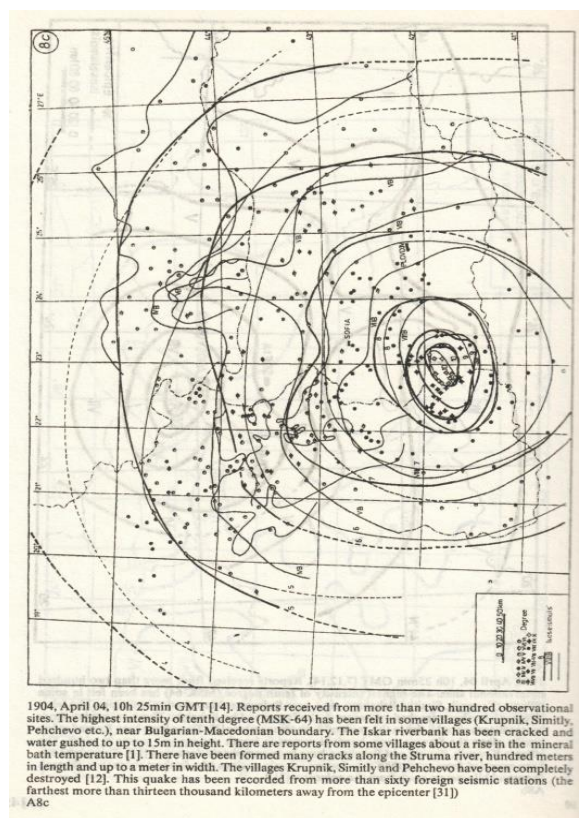
- Geological maps of different scales, layers of petrology composition, age, time of origin, thickness, roughness of the layers overlapping boundaries, lateral inhomogeneity, etc. Usually almost all found maps and schemes are presented on paper as colored pictures and legend describing the meanings of colors and symbols (fig.1.) [2].
- Morphology and surface faults (fig.2.) [3].
- Macroseismic maps (fig.3.) [1].
- Deep faults (fig.4.) [4], [5].
- Borehole diagrams.
- Pictures, sketches, schemes, photographs, etc.
- Seismic, electromagnetic, radioactivity profiles and measurement points, etc.
- Hydrogeology and water bodies maps, sedimentation analysis, etc.



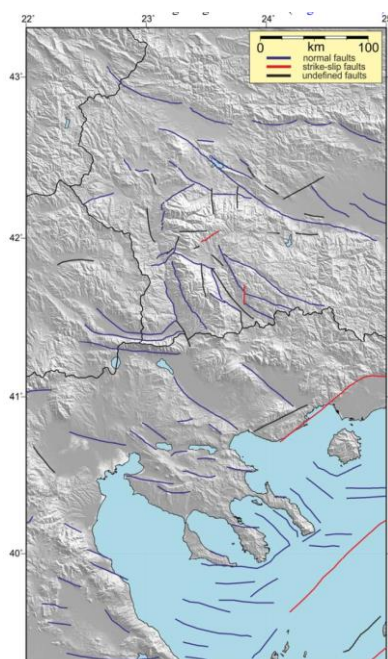
Фиг. 1. Analogue geology map (scale 1:100 000) of Simitli (red line – town boundary), interested area (blue quadrat)[2]



Фиг. 2. Morphology and faults map[3]



Фиг. 3. A facsimile of the macroseismic map of the 1904 (M7.8) earthquake [1]



Фиг. 4. Faults in SW Bulgaria and N Greece [4]

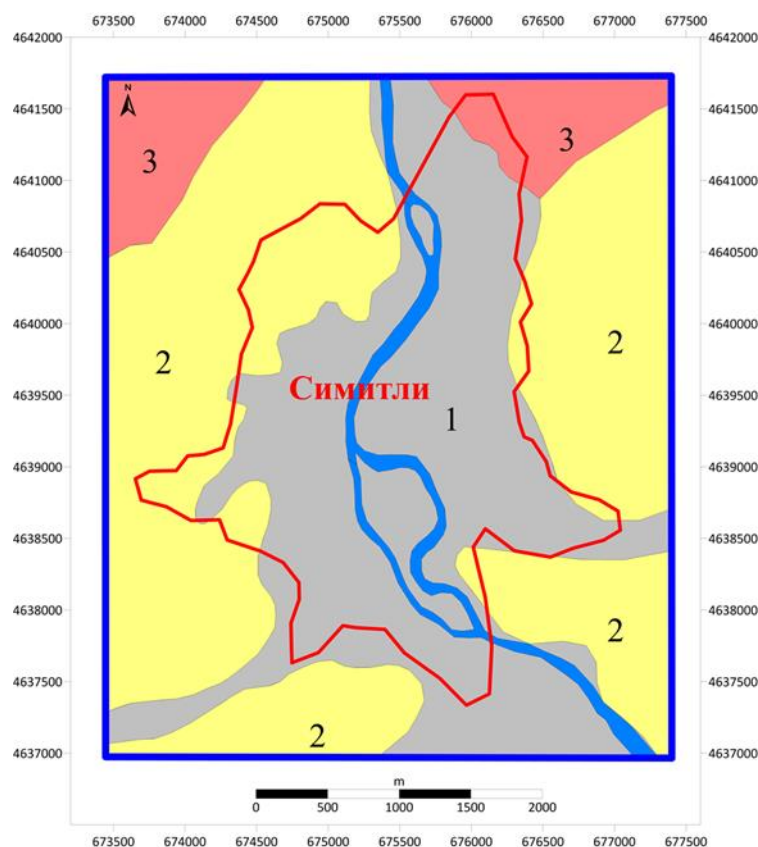
3. Methods of digitalization and some results

To achieve the reliable digital products usable for the V_{s_30} calculations several methods of digitalization are performed and earlier explored [6] (example descriptions follow):

- The used techniques for digitalization of the geology maps and schemes are photography, scanner, specialized software ("digit maps"-ArcGIS) and grid performance – for fig. 1, fig. 2 and fig. 4
- Digitized by photo and then processed by "Silver crest" special device – fig.3.

As the result of digitalization, integrated geology, geomorphology and faults data processing and summarizing all archive information, a new digital map is prepared (for example – town of Simitly – fig.5). On the digital map several important blocks with expected min and max V_{s_30} are presented.

The next step is using the high resolution prepared digital map to establish the values for each separated block. This needs grid establishment with the respective values of V_{s_30} – fig.6. The values are exported to the Excel table and can serve as an input to the specialized software for the seismic risk assessment [7]. Such a procedure has been performed earlier and gives reasonable results [8], [9].



Фиг. 5. Digitized map Simitly with integrated geological structures (next step of digitalization of necessary maps for V_{s_30} assessment)

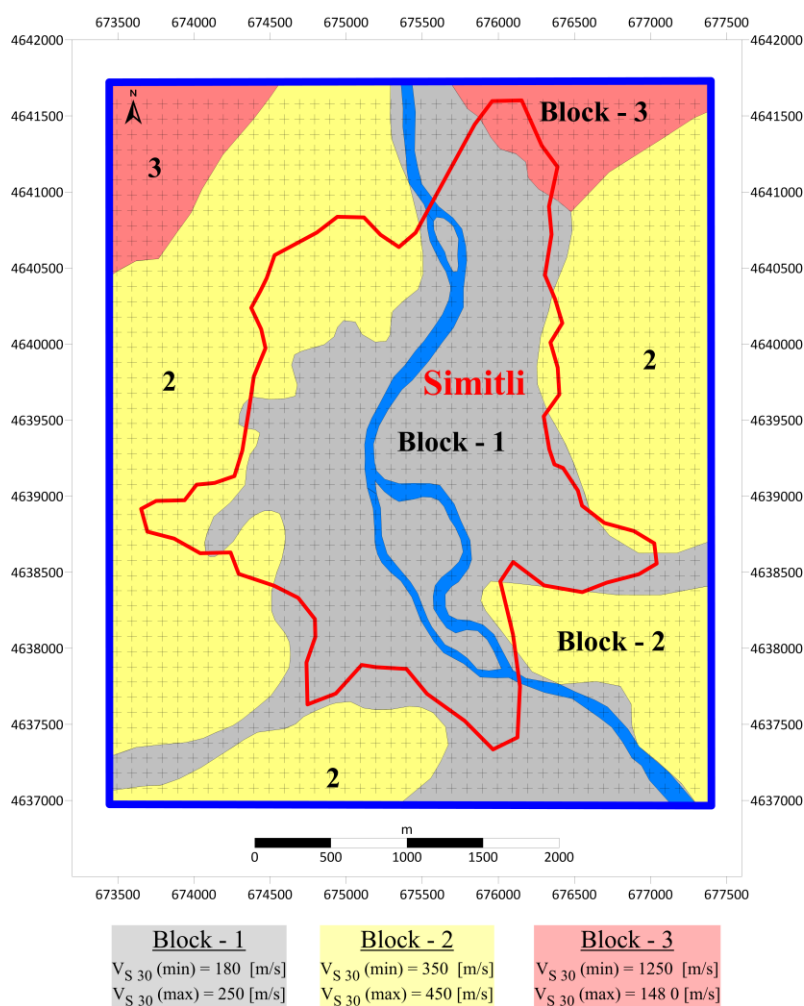


Fig. 6. Final product after digitalization map and values (on the grid + include coordinates and $V_{s\ 30}$)

4. Conclusion

The integrated methodology for digitalization of analogue archive sources is suggested and performed. The focus point is the area of the strongest seismic event in Europe for the last 200 years – M7.8 seismic event of 4th of April, 1904. For this area a lot of analogue sources exists which gives the possibilities to use the extracted information for the $V_{s\ 30}$ surface layers parameter – integral representing the ground conditions about several near field located populated towns and villages. The obtained digital dataset is of major importance for the seismic hazard calculations by different software platforms. This will be the next step to use the digital database for practical purposes.

Благодарности

Разработката е подкрепена от национална научна програма (ННП) „Опазване на околната среда и намаляване на риска от природни бедствия“, - Решение на МС № 577/17.08.2018 г. и фин. от МОН (Спор.№ ДО-230/06-12-2018). - Работни пакети (РП.1.10. и РП.1.4.3)

ЛИТЕРАТУРА

- [1] B. Rangelov, S.Rizhikova, T.Toteva., The earthquake (M7.8) source zone (South-West Bulgaria)., Acad.Publ.House "M.Drinov"., 279 pp. 2001.
- [2] R. Marinova, I. Zagorchev, Geology map – Razlog (scale 1:100 000), S.,1993.
- [3] N. Ambraseys., The Kresna earthquake of 1904 in Bulgaria., *Annali di Geofisica*, v.44 No1, pp.95-117. 2001.
- [4] K. Matev, GPS constraints on current tectonics of SW Bulgaria, N Greece and Albania. PhD thesis, Univ. of Grenoble, Chambéry, France, 203 pp. 2011.
- [5] M. Tranos, V. Karakostas, E. Papadimitriou, V. Kachev, B. Rangelov, D. Gospodinov, Major active faults of SW Bulgaria: implications of their geometry, kinematics and the regional active stress regime., in *Tectonic development of the Eastern Mediterranean region*. (Robertson A. and Mountrakis D. - eds.), Geological Society of London, Special publications **260**, pp. 671-687. 2006.
- [6] B. Georgieva, B. Rangelov, D. Solakov, S. Dimovsky, A. Kisyov, Methodology of mapping and digitalization of $V_{s,30}$ for the seismic hazard assessment in big cities., *Journal of Mining and Geology*., v. 63. pp.210-213. 2020.
- [7] P. Trifonova, D. Solakov, S. Simeonova, M. Metodiev, S. Balan, Parameters of the seismic risk for Blagoevgrad region, Bulgaria., *Proc. 1st Intl. Conf. Envir. Protection and disaster RISks*. v.2, pp. 353-360; doi.org/10.48365/envr-2020.1.32 2020.
- [8] B. Rangelov, D. Solakov, S. Dimovsky, A. Kisyov, B. Georgieva, Mapping and digitalization of the ground conditions for the seismic hazard assessment, . *Proc. Days of Physics, TU, Sofia*, 28-30 May., pp. 91-97. 2020.
- [9] D. Solakov, S. Simeonova, P. Raykova, B. Rangelov, Earthquake scenarios for the city of Blagoevgrad, *Proc. 20th International Multidisciplinary Scientific Conference SGEM 2020*, 272-280. 2020.

ГЕНЕРАЦИЯ НА ВТОРА ХАРМОНИЧНА В ТЪНКИ АМОРФНИ СЛОЕВЕ

Сашка Александрова

Катедра Приложна Физика, ФПМИ, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" №8, България
e-mail: salex@tu-sofia.bg

Резюме. В настоящата работа се обсъжда приложението на генерация на втора хармонична (ГВХ) за изследване на центросиметрични среди, каквито са аморфните вещества. Изследваните слоеве са отложени върху стъклени подложки. Дискутиран е въпросът за локализиране на източника на нелинейност в слоя. Показано е, че ГВХ може да се дължи на градиент на механични напрежения по дебелината на слоевете и да се направят изводи за структурата им.

Ключови думи: втора хармонична, механични напрежения

1. Увод

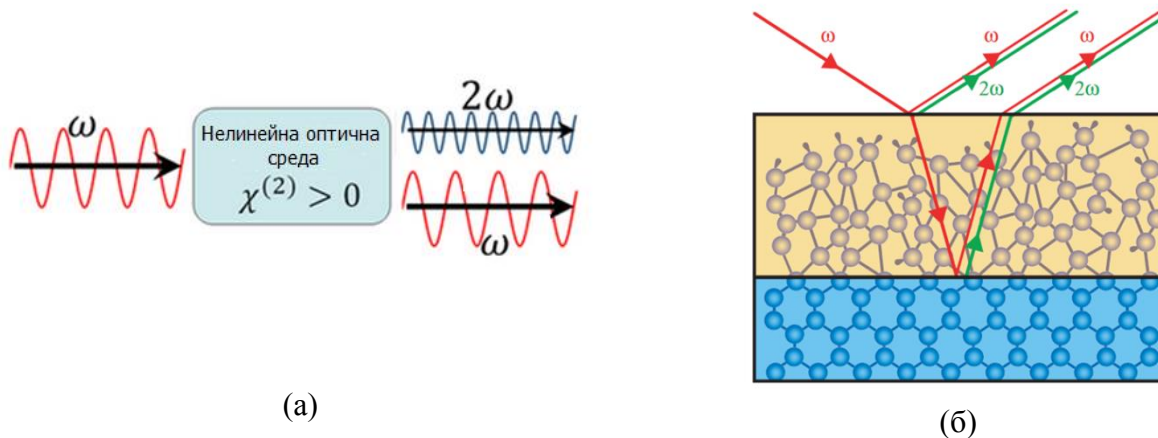
Генерацията на втора хармонична (ГВХ) е утвърдена нелинейна оптична техника за изследване на среди без инверсна симетрия (центросиметрични среди) [1]. Нелинейните оптични явления, каквото е и ГВХ, се наблюдават при взаимодействие на оптична радиация с висок интензитет, каквито са лазерите, с нелинейна среда. На микро-ниво ГВХ означава преобразуване на два фотона с енергия $\hbar\omega$ в един фотон с енергия $2\hbar\omega$. За да проявява даден материал нелинейност от втори порядък, необходимо е да има нецентросиметрична кристална структура. Следователно не се очаква ГВХ в аморфните материали, като силициев нитрид и силициев диоксид, използвани във фотонни интегрални схеми, както и в кристалния силиций. Източници на нелинейност в такива среди могат да бъдат области, където центросиметрията се нарушава. Това прави метода на ГВХ чувствителен към наличието на структурни и морфологични изменения и нарушения, повърхности и интерфейси, нановключения и други нехомогенности в центросиметрични кондензирани среди и тънки слоеве.

В настоящата статия е направен обзор и са показани резултати от изследване на ГВХ за локализиране на източника на нелинейност в центросиметрични материали, а именно в тънки аморфни слоеве, отложени върху стъклена подложка.

2. Подход и експериментални условия

Процесът на ГВХ и приложението му за изследване на тънкослойни структури са показани схематично на фиг.1. При прилагане на ГВХ към центросиметрични среди основен принос се очаква от областите с нарушена

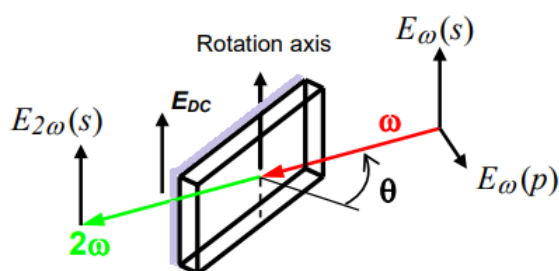
центросиметричност, свързани с гранични повърхности. Допълнителен обем на принос към интензитета на ГВХ обикновено идва от ефекти от по-висок порядък, най-често свързани с електричен квадрупол и магнитно-дипол ефекти [2].



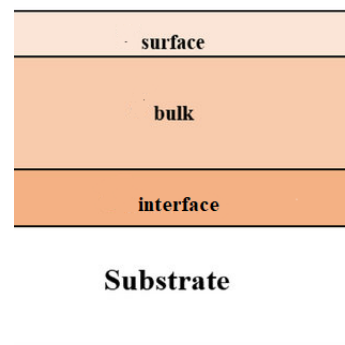
Фиг. 1. Генерация на втора хармонична (а) и приложението ѝ за изследване на тънкослойни структури (б)

Представени са данни за слоеве, отложени върху стъклени подложки, а именно хидрогениран аморфен силиций (a-Si:H), халкогениден слой $\text{Ge}_{35}\text{Sb}_{5}\text{S}_{60}$ и слоеве TADPH (Tetra-Aminodiphenyl) и ZnS [3-7]. С цел локализиране на източниците на нелинейност за всички слоеве са изследвани серии с различни дебелини.

На фиг. 2 е показана измерителната схема. Източникът е Nd3+: YAG лазер с дължина на вълната 1064 nm, продължителност на импулса 30 ns и енергия на импулса от 0,2 mJ. Измерванията на ГВХ са извършени в режим на пропускане и две ориентации на структурата слой-подложка по отношение лазерния източник. Измерванията на ГВХ бяха извършени както за p-, така и за s-поляризация на лазерния лъч и за p и s-позиции на анализатора на ГВХ-сигнала.



Фиг. 2. Схема на експеримента



Фиг. 3. Трислойен модел на слоевете

За локализиране на източниците на нелинейност е извършено моделиране на слоевете като трислойна структура (фиг.3) с отчитане на интерференцията и

поглъщането при дължина на вълната на ВХ. Дискутирани са 7 различни варианта, отчитащи приносите на различните подслоеви и различни комбинации от тях [4].

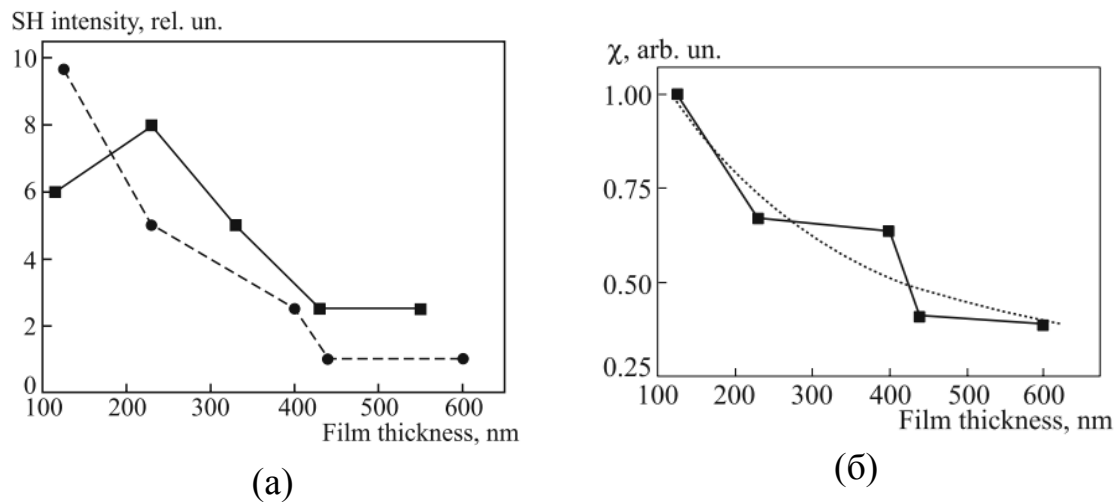
Да напомним, че в нелинейната оптика ефектите от втори порядък се описват с тензора на нелинейната възприемчивост χ . Установено беше, че за условията на настоящия експеримент тензорът χ се характеризира с единичен параметър χ_{xxx} (осите x и y лежат в равнината на слоя). Понататък индексите са пропуснати. В предложения модел [4] се предполага изменение на χ по дебелината на слоя h съгласно

$$\chi(h) = \chi^0 + \chi^1 \exp(-\alpha h) \quad (1)$$

В уравнението χ^0 , χ^1 и α са фитинг параметри.

3. Резултати и обсъждане

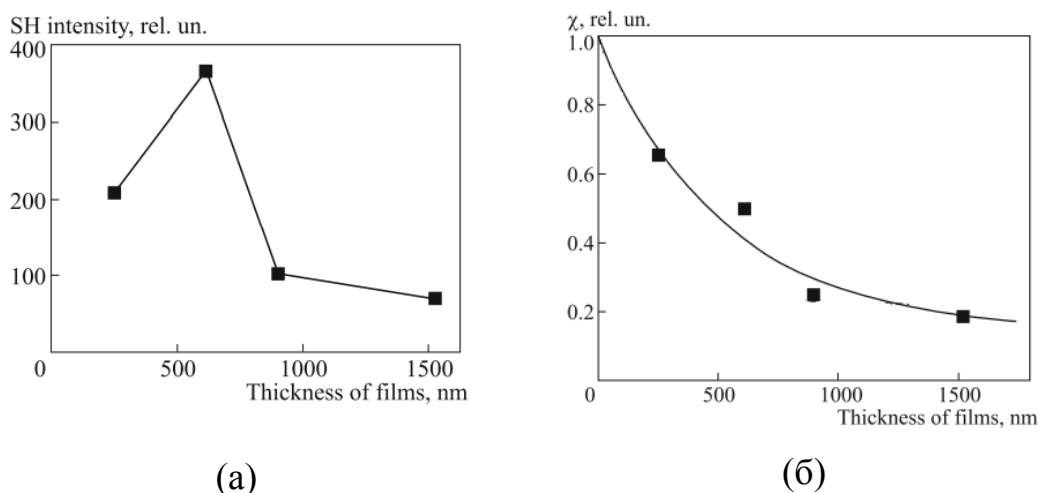
Експерименталните резултати от изследванията на ГВХ в а-Si:H [4, 5] и пресметнатата нелинейност χ съгласно (1) в зависимост от дебелината на слоевете са показани на фиг. 4. Най-добър фитинг на данните за интензитета на ВХ беше установен за варианта, при който източник на ВХ е целият слой.



Фиг. 4. Зависимости от дебелината на слоя а-Si:H на интензитета на ВХ (а) и на нормализираните стойности на χ (■) и пресметнатата $\chi(h)$ (б)

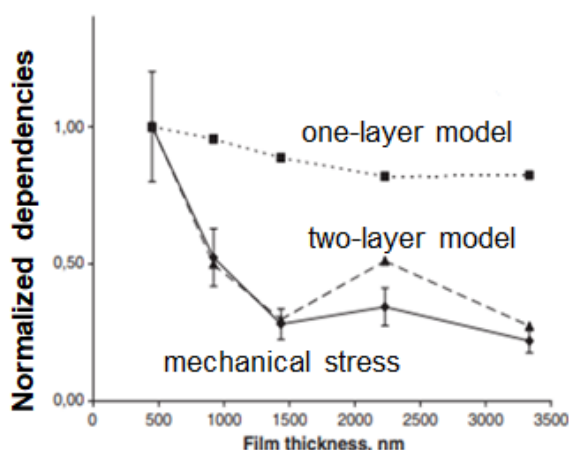
От фиг. 4б може да се види, че приносът на изменящата се компонента се увеличава с намаляването на дебелината на слоя, а за относително тънки слоеве (100-200 nm) е съпоставим с постоянната компонента χ^0 . Предполагаме, че постоянната част се дължи на електричен квадруполен механизъм. Изменящата се компонента има обмен електрично-диполен произход, дължащ се на градиент на механичните напрежения в слоя.

Резултати от изследване на халкогенидни слоеве $\text{Ge}_{35}\text{Sb}_{5}\text{S}_{60}$ са показани на фиг. 5. Най-добър фитинг в този случай показва двуслоен вариант, състоящ се от активен обемен подслой и неактивен подслой ($\chi=0$), разположен близо до външната повърхност на слоя [6]. Този подслой има постоянна дебелина от 275 nm за всички изследвани слоеве. Този извод е подкрепен от данни за механичните напрежения в слоевете, получени от измервания на кривината на образците по метода на Нютоновите пръстени. Резултатите са показани на фиг. 6, заедно с пресметнатите стойности за χ за два от моделите – с източник на нелинейност целият обем на слоя и с двуслойния вариант с неактивен приповърхностен слой.



Фиг. 5. Зависимости от дебелината на слоя $\text{Ge}_{35}\text{Sb}_{5}\text{S}_{60}$ на интензитета на ВХ (а) и на нормализираните стойности на χ (■) и пресметнатата $\chi(h)$ (б)

Вижда се, че най-доброто съгласие между нормализираните криви на механичните напрежения $\sigma(h)$ и $\chi(h)$ се получава с двуслойния вариант.

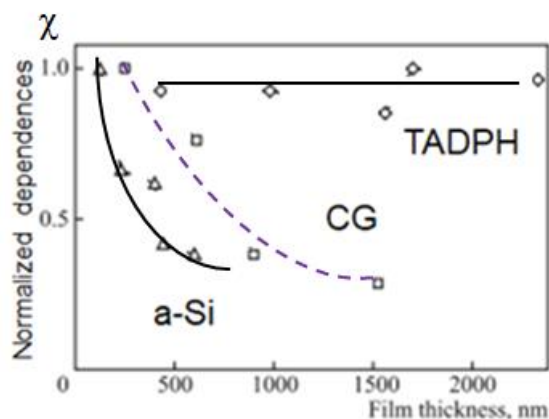


Фиг. 6. Нормализирани зависимости от дебелината на слоя $\text{Ge}_{35}\text{Sb}_{5}\text{S}_{60}$ на механичните напрежения (експеримент) и оптичната нелинейност χ (фитинг), използвайки еднослоен и двуслоен модел

Тези резултати са в подкрепа на предположението за наличието на градиент на механичните напрежения по дебелината на слоя като източник на ГВХ. От технологична гледна точка може да се очаква и релаксация на напрежението с увеличаване на дебелината на филма в процеса на отлагане.

Резултатите за слоевете TADPH показват постоянни стойности на нелинейността χ и на механичните напрежения с дебелината [7]. Слоевете и ZnS не показват корелация на тези характеристики. Сравнителна характеристика на изследваните слоеве е дадена на фиг. 7.

От проведените изследвания могат да се дискутират въпроси относно структурата и структурните елементи на слоевете, източниците на нелинейност и връзката с механичните напрежения, възникващи в процеса на отлагане.



Фиг. 7. Сравнителна характеристика на изследваните слоеве

Докато в аморфни силициеви слоеве тези структурни елементи са само отделни връзки (Si-Si, Si-H, Si-O, както и така наречените висящи връзки) [8], в халкогенидните слоеве това са обемни пирамидални SbS_3 и тетраедрични GeS_4 елементи [9, 10]. Най-високи стойности на механичните напрежения се очакват на интерфейса слой-подложка. Оптичните нелинейности в органичните материали се определят главно от вътрешно-молекулни връзки, докато механичните им характеристики зависят от относително слаби междумолекулни взаимодействия.

4. Заключение

Прилагането на метода на ГВХ за изследване на аморфни тънки слоеве позволява да се оцени приносът от различни нелинейни компоненти към ГВХ във слоевете от даден материал, сравняване на тези приноси в слоеве от различни материали, както и връзката на обемният диполен механизъм на ГВХ с механичните напрежения и структурните елементи на слоевете. Проблемът с механичните напрежения в тънки слоеве е актуален за съвременните

тънкослойни технологии [11]. Резултатите са от значение за оптимизиране на технологичните процеси на отлагане на тънкослойни материали.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] G. Lupke, Surf. Sci. Rep. **35**, 75, 1999
- [2] D. J. Bottomley, G. Lupke, C. Meyer, and Y. Makita, Opt. Lett. **20**, 453, 1995
- [3] S. Alexandrova, P. Danesh, I.A. Maslyanitsyn, Phys. Rev. B **61**, 11136, 2000; Vacuum **69**, 391, 2003
- [4] S. Alexandrova, I. A. Maslyanitsyn, V. D. Shigorin, Phys. Wave Phenom. **16**, 167, 2008
- [5] S. Alexandrova, I. A. Maslyanitsyn, V. Pamukchieva et al., Phys. Wave Phenom. **19**, 161, 2011
- [6] S. Alexandrova, K. Christova, I. Miloushev, I. Maslyanitsyn et al., J. Non-Cryst. Solids **389**, 17, 2014
- [7] B. G. Goncharenko, I. A. Maslyanitsyn, V. B. Tsvetkov et al., Phys. Wave Phenom. **21**, 1, 2013
- [8] E. Johlin, N. Tabet, S. Castro-Galnares et. al., Phys. Rev. **B85**, 075202, 2012
- [9] L. Petit, N. Carliea, F. Adamietz, M. Couzi, V. Rodriguez, K. C. Richardson, Mat. Chem. & Phys., **97**, 64, 2006
- [10] J.-B. Dory, C. Castro-Chavarria¹, A. Verdy et. al., Nature Sci. Rep., **10**, 11894, 2020
- [11] G. Abadias, E. Chason, J. Keckes, et. al., J. Vac. Sci. Technol. **A 36**, 020801 2018

ВИРИАЛНАТА ТЕОРЕМА В СЪВРЕМЕННАТА ТЕОРИЯ НА ПРОТОЗВЕЗДНИТЕ ЯДРА

Сава Донков

Катедра Приложна Физика, ФПМИ, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" №8, България
e-mail: savadd@tu-sofia.bg

Резюме: Вириалната теорема е мощен инструмент за оценка на енергийния баланс в съвременната теория на Молекулярните облаци и звездообразуването. Тя се прилага успешно на различни скали и за различни подструктури. В представената работа тя е приложена към сферично-симетричен модел на протозвездно ядро. Изхождайки от основните уравнения на средата – уравнението на Ойлер, уравнението за непрекъснатост, уравнението за състоянието на газа и уравнението на Поасон за гравитационния потенциал – а също така, използвайки някои скалиращи закони (за профила на плътността, за турбулентната и акреционната скорости и за масата), ние пресмятаме членовете на Вириалната теорема за нашия модел, при предположение за стационарен поток. Като следствие от това, ние получаваме уравнение за баланса на енергиите на единица маса, в термини на абстрактни скали. Решавайки уравнението спрямо водещите по порядък членове, ние получаваме наклона на профила на плътността във външните слоеве на протозвездното ядро и съответният енергиен баланс. Този наклон се оказва „-2“ и съвпада с редица наблюдения и симулации на подобни обекти, на късен етап от тяхната еволюция – когато в центъра се е оформила протозвездата.

Ключови думи: вириална теорема; молекулярни облаци; протозвездни ядра; профил на плътността

1. Въведение

Молекулярните облаци (МО) са местата на звездообразуване в галактиките. Те се характеризират с много ниски температури ($T \sim 10\text{-}30\text{ K}$) и са съставени основно от молекулен водород добре размесен с малко хелий и прах (виж [1] за ревю). Тяхната термодинамика може да бъде описана, с добро приближение, от изотермично уравнение на състоянието $P_{\text{gas}} = c_s^2 \rho$, където $c_s^2 = RT / \mu$ е квадрата на скоростта на звука. Сложната физика и еволюция на МО се управляват основно от гравитацията, свръхзвуковата турбулентност, термодинамиката и магнитните полета ([2]). Те имат фрактална структура. Всички подструктури на МО акретират материя от по-горното йерархично ниво, а облакът като цяло от заобикалящия го газ на топлата междузвездна среда. Сложната картина на МО се допълва от новородените звезди и избухващите свръхнови (най-масивните звезди еволюират много бързо и се взривяват в рамките на живота на родителския облак), които в крайна сметка постепенно разрушават облака ([3],

[4], [5]). МО притежават фрактална структура в широк интервал от пространствени скали: $0.001\text{pc} \leq L \leq 100\text{pc}$ ([6], [4]). При това средната плътност (или концентрация- n) на средата варира от 10^2cm^{-3} , на $L \sim 100\text{pc}$, до $n > 10^5 \text{cm}^{-3}$ на скалите на предзвездните и протозвездните ядра ($L \leq 0.1\text{pc}$). Един от големите проблеми на теорията на МО е да се установи връзката между тяхната структура и физиката, която ги управлява. Възможен начин това да бъде осъществено се крие в предсказването (от физична гледна точка) на функцията на разпределение на вероятността (PDF-probability distribution function) на масовата плътност - ρ .

Приносът на тази работа е в теоретичното предсказване на PDF на протозвездните ядра, на късен стадий от тяхната еволюция, в техните външни слоеве, далеч от централния обект (протозвездата или протоклъстера). Използвайки модел на сферично симетричен, турбулентен и самогравитиращ облак, който акретира материя от заобикалящата го среда чрез квази-стационарен поток, ние предсказваме профила на плътността на външните слоеве в съгласие с наблюденията и симулациите.

2. PDF на масовата плътност и физиката, която го управлява

PDF на масовата плътност трасира общата структура на МО в термини на абстрактни скали. Нека означим PDF с $P(s)$, където $s = \ln(\rho / \rho_c)$ е логаритмичната плътност, а ρ_c е нормировка, най-често това е плътността на външния край на облака. Тогава можем да дефинираме скала, асоциирана с ниво на плътността s , по следния начин:

$$L = L_c \left(\int_s^{s_0} P(s') ds' \right)^{1/3}, \quad (1)$$

където L_c , обикновено това е размера (радиуса) на целия облак. Можем да разграничим два типа PDF, които се управляват от различна физика. Лог-нормален PDF (гаусово разпределение на логаритмичната плътност), който е присъщ на свръхзвуковата изотермична турбулентност, доминираща над гравитацията, топлинното налягане и магнитните полета. От друга страна PDF от вида „степенна опашка“ (PLT- power-law tail) се наблюдава, когато гравитацията доминира над турбулентността и останалите сили. Видът на PDF, който ще наблюдаваме, се определя от еволюционния етап на облака. Както е показано от множество числени симулации, на ранните етапи от еволюцията на МО доминира свръхзвуковата турбулентност и се наблюдава лог-нормален PDF ([7], [8], [9], [10]). Наблюденията на области без или с ниско звездообразуване също показват лог-нормален PDF ([11], [12]). Свръхзвуковата турбулентност създава разреждания и сгъстявания в средата. Обикновено контрастът в плътността е много голям. В плътните области гравитацията постепенно взима

превес и като резултат от това се появява PDF от вида PLT ([13], [14], [15]). За теоретично обяснение на PLT читателят може да прегледа работите [16], [17], [18], [19], [20].

3. Модел на еволюирал МО (с размер на протозвездно ядро).

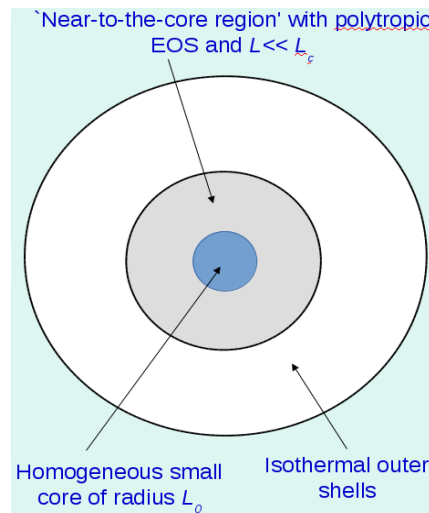
Моделът е разработен оригинално в [17] и след това е доразвит в [18]. Тук ние ще припомним само неговите основни предположения.

МО се моделира като газово, сферично-симетрично и самогравитиращо кълбо. Материята се втича (акретира) през неговата външна граница с радиус L_c и преминавайки през всички пространствени скали (надолу) се втича в много малко и плътно ядро, разположено в центъра. Ядрото е хомогенно, с радиус $L_0 \ll L_c$, плътност ρ_0 и маса M_0 , която нараства бавно в сравнение с характерното време на акрецията. Оттук нататък ние разглеждаме всички скали L и плътности ρ , като нормирани, съответно, към външния радиус на облака L_c и към плътността на външната граница ρ_c . Безразмерните характеристики на ядрото на облака са: $L_0 \ll 1$ и $\rho_0 \gg 1$. Следователно пространствените скали и съответните им плътности извън ядрото обхващат интервалите: $L_0 \leq L \leq 1$ и $\rho_0 \leq \rho \leq 1$, съответно.

Ние предполагаме съществуването на профил на масовата плътност $\rho(L)$, който съответства на обемно претегления PDF $P(s)$, чрез уравнението:

$$P(s)ds = -3L^2dL, \quad s = \ln(\rho(L)). \quad (2)$$

Облакът е турбулентен. Турбулентността е локално хомогенна и изотропна във всеки слой на облака с радиус L и обем $dV = 4\pi L^2 dL$. Всички скали в интервала $L_0 \leq L \leq 1$ принадлежат на инерционния интервал на турбулентността и следователно дисипацията на енергия (поради вътрешно триене) може да бъде пренебрегната в уравненията. Всяка скала в облака е в динамично равновесие (steady state), отнасящо се, както до макросъстоянията (движението на флуидните елементи), така и до микросъстоянията (топлинното движение на молекулите).



Фиг. 1. Схематично представяне на нашия МО (модел).

4. Уравнения на средата и уравнението на Вириалната теорема.

Уравненията на средата, които управляват движението на флуидните елементи в горните слоеве (далеч от ядрото) на облака, са изброени по-долу:

- уравнението на Ойлер, задаващо уравнението за движение на един флуиден елемент (това всъщност е уравнението на Навие-Стокс, но без дисипативния член):

$$\frac{\partial}{\partial t} \vec{u} + \vec{u} \cdot \nabla \vec{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla P_{gas} - \nabla \varphi \quad (3)$$

- уравнението за непрекъснатост, осигуряващо закона за запазване на масата в затворен обем:

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho + \nabla \cdot (\rho \vec{u}) = 0 \quad (4)$$

- уравнението на Поасон за гравитационния потенциал:

$$\Delta \varphi = 4\pi G \rho \quad (5)$$

- изотермичното уравнение за състоянието на газа:

$$P_{gas} = c_s^2 \rho. \quad (6)$$

Вижда се, че имаме четири полета (скоростта на флуидния елемент, локалната плътност на средата, гравитационният потенциал и газовото налягане), функции на радиуса и времето, свързани в система от четири уравнения.

Нека сега да си мислим за сферичен обем с радиус $L_0 \ll L \leq 1$, който представлява вложено в облака кълбо (подструктура), зададена в ойлерови координати (ние разглеждаме облака, като неподвижен). Неговият инерчен момент се дава с интеграла:

$$I = \int_{V_L} \rho r^2 dV, \quad (7)$$

в който само плътността зависи от времето. Да разгледаме първата производна по времето на инерчния момент: $dI/dt = \int_{V_L} (\partial\rho/\partial t) r^2 dV$. В този израз частната

производна на плътността по времето може да се замени с изрази $-\nabla \cdot (\rho \vec{u})$, което следва от уравнение (4). След това подинтегралният израз се преобразува в дивергентен вид, за да се приложи към него теоремата на Гаус. След което, се взима втора производна на инерчния момент (която има смисъл на ускорение на изменението на инерчния момент на облака) и после се възползваме от уравнения (3) и (5). Някои от изразите се преобразуват отново в дивергентен вид, пак се прилага теорема на Гаус и в този дух се стига до следния израз:

$$\frac{1}{2} \frac{d^2}{dt^2} I = 2[(E_k + E_{th}) - T_s] + W - \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \oint_{S_L} (\rho \vec{u} r^2) \cdot \vec{ds} \quad (8)$$

който се нарича уравнение на Вириалната теорема. Неговите членове са, както

следва: $E_k + E_{th} = \int_{V_L} \left(\frac{1}{2} \rho u^2 + \frac{3}{2} P_{th} \right) dV$, пълната кинетична енергия на газа,

като първото събираемо е кинетичната енергия, дължаща се на движението на флуидните елементи, а второто е кинетичната енергия на топлинното движение на газовите молекули; $T_s = \oint_{S_L} \vec{r} \cdot \Pi \cdot \vec{ds}$, повърхностният кинетичен член, който

има смисъл на „ограничаващо повърхностно налягане“ за нашия обем, където $\Pi = \rho \vec{u} \otimes \vec{u} + P_{th} \mathbf{I}$ е тензора на налягането, обусловен отново от движението, както на флуидните елементи, така и на молекулите; $W = - \int_{V_L} \rho (\vec{r} \cdot \nabla \phi) dV$,

гравитационната енергия на кълбото, която се дължи, както на самогравитация, така и на гравитационното въздействие на външната за обема материя (дължаща се на външните за обема слоеве на облака и на външната за целия облак материя, която ние за простота приемаме за изотропно разпределена спрямо центъра на облака); накрая $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \oint_{S_L} (\rho \vec{u} r^2) \cdot \vec{ds}$ е скоростта на изменение

на потока на инерчен момент през границата на обема (вследствие на акрецията на газ към центъра).

Ще направим следния кратък коментар върху смисъла на Вириалната теорема. Ако втората производна на инерчния момент е отрицателна, тогава членовете отлясно, които се опитват да свият обема (повърхностното налягане и гравитацията) имат превес и този обем ще контрактира. Ако лявата страна е

положителна, тогава членовете отдясно, които се опитват да разширят обема (кинетичната енергия на макро- и микро-движенията) имат превес и този обем ще се разсее в околната среда. Скоростта на изменение на потока на инерчен момент може да допринася, както в едната, така и в другата посока, в зависимост от знака на производната.

В контекста на нашия модел лявата страна е нула, защото ние предполагахме динамично равновесие на потока (т. нар. „steady state flow“) и материята преминава през слоевете на облака без да се натрупва, втичайки се в ядрото на облака (в центъра), което е нищожно малко в сравнение, както с целия облак, така и с обемите в горните слоеве и затова изменението на неговата маса не влияе върху инерчния им момент. По същите причини ще имаме, че $\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \oint_{S_L} (\rho \vec{u} r^2) \cdot \vec{ds} = 0$. Последното важно съображение е, че $T_S = \oint_{S_L} \vec{r} \cdot \Pi \cdot \vec{ds} = 0$.

То следва от решенията за профила на плътността, получени по съвсем независим начин в работите [17] и [18]. Съгласно следствията от тези решения, върху флуидният елемент, движещ се през горните слоеве на облака, не трябва да действа сила, т.е. той се движи праволинейно и равномерно (радиално навътре). Тъй като гравитационният потенциал, породен от материята в кълбото, не зависи от L (в нашия модел това е радиалната координата), то градиентът му е нула и следователно гравитационната сила е нула. Тогава и повърхностното налягане би трябвало да е нула, защото в противен случай би причинило ускорение навътре. Така достигаме до следното, значително по-просто, уравнение:

$$2(E_k + E_{th}) + W = 0. \quad (9)$$

То ще бъде основата за получаване на уравнение за профила на плътността за горните слоеве на протозвездното ядро (нашия облак).

5. Уравнение за профила на плътността в горните слоеве на облака.

За да получим уравнение за профила на плътността в горните слоеве на облака, ние трябва да пресметнем в явен вид членовете на уравнение (9), съобразявайки се с нашия модел. Това означава, че трябва да вземем предвид няколко неща. Първо предположението, че съществува профил на плътността:

$$\rho(L) \sim L^{-p}, \quad 1 < p \leq 2. \quad (10)$$

След това от уравнението за непрекъснатост (4), записано в сферични координати, можем да получим и профил за акреционната скорост на флуидните елементи:

$$u_a(L) \sim \rho(L)^{-1} L^{-2} \sim L^{p-2}. \quad (11)$$

Предполагаме и класически закон за скалиране на турбулентната скорост:

$$u_t(L) \sim L^\beta, \quad 0 \leq \beta \leq 1. \quad (12)$$

Пълната скорост на квадрат на флуидния елемент се дава от формулата:

$$u^2 = u_a^2 + u_t^2 \sim L^{2p-2} + L^{2\beta}. \quad (13)$$

Също така възползваме се от уравнение (6), за да изразим газовото налягане чрез профила на плътността:

$$P_{gas}(L) \sim c_s^2 L^{-p}. \quad (14)$$

Накрая решението на уравнението на Поасон (5), в сферични координати ще ни даде гравитационния потенциал, но, тъй като в гравитационния член W участва градиентът на потенциала, достатъчно е да зададем просто силата на единица маса, действаща върху флуидния елемент:

$$-\nabla\phi(L) = -G \frac{M(L)}{L^2} \frac{\vec{L}}{L} \sim -GL^{1-p} \vec{e}_L. \quad (15)$$

където $\vec{e}_L = \vec{L}/L$ е единичен вектор, насочен радиално навън. Обърнете внимание, че в (15) е взета под внимание само гравитацията на слоевете между флуидния елемент и ядрото, но без ядрото, чието въздействие приемаме за пренебрежимо.

След заместване на горните уравнения (от 10 до 15) в явния вид на уравнение (9), ние интегрираме и след това обезразмеряваме получения израз. Така достигаме до следното уравнение за профила:

$$A_0 \frac{L^{p-1}}{p-1} + T_0 \frac{L^{2\beta+3-p}}{2\beta+3-p} + 3 \frac{L^{3-p}}{3-p} - \frac{3}{3-p} \frac{G_0}{2} \frac{L^{5-2p}}{5-2p} = 0. \quad (16)$$

В това уравнение безразмерните коефициенти $A_0, T_0, 3, G_0$ имат, съответно, следния смисъл: това са акреционната, турбулентната, топлинната и гравитационната енергии на единица маса на флуидния елемент, нормирани към топлинната енергия на единица маса: c_s^2 . Радиалната координата L и плътността ρ са нормирани, както е указано в секция 3, към външния радиус и плътността на външния ръб на облака, съответно.

Търсим възможно решение от водещ порядък на (16), като сравняваме степенните показатели на всеки два члена в уравнението и получаваме корен за p . Например: $p-1=5-2p \Rightarrow p=2$. За всеки получен корен пресмятаме показателите на всички членове. Водещи са членовете с най-малък показател, защото $0 < L \leq 1$. За да имаме нетривиално решение на (16), трябва да имаме поне два члена от водещ порядък и то с противоположни знаци. Може да се види, че единственото решение е за $p=2$ и съответно за профила и енергийния баланс на флуидния елемент получаваме:

$$\rho(L)=L^{-2} \text{ и}$$

$$2(A_0+3)-3G_0=0, \beta>0; \quad 2(A_0+T_0+3)-3G_0=0, \beta=0. \quad (17)$$

Този резултат трябва да се разбира така. Профилът с наклон „-2“ е възможен при две различни енергитични уравнения. В първия случай $\beta>0$ - турбулентността съществено се скалира и тогава тя не е от водещ порядък, затова не участва в енергийния баланс. Във втория случай $\beta=0$ - турбулентността не се скалира и тогава е от водещ порядък.

6. Заключение

Полученият от нас профил „-2“ се среща в много наблюдения и симулации на предзвездни и протозвездни ядра (виж [19] и рефернциите там), съответстващи на късен етап от еволюцията на МО. Енергийният баланс, говори за вириализация на обектите и е въпрос на бъдещи проучвания и уточнение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ballesteros-Paredes J., Andre P., Hennebelle P., Klessen R. S., Kruijssen J. M. D., Chevance M., Nakamura F., Adamo A., Vazquez-Semadeni E.: 2020, Space Science Reviews, 216, 5, 76.
- [2] Mac Low M.-M., Klessen R. S.: 2004, Reviews of Modern Physics, 76, 1, 125-194.
- [3] McKee C. F., Ostriker E. C.: 2007, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, 45, 1, 565-687.
- [4] Hennebelle P., Falgarone E.: 2012, Astronomy & Astrophysics Rv., 20, 55H.
- [5] Klessen R. S., Glover S. C. O.: 2016, Star Formation in Galaxy Evolution: Connecting Numerical Models to Reality, Saas-Fee Advanced Course, 43, 85.
- [6] Elmegreen B. G.: 1997, The Astrophysical Journal, 486, 944E.
- [7] Vazquez-Semadeni E.: 1994, The Astrophysical Journal, 423, 681.
- [8] Passot T., Vazquez-Semadeni E.: 1994, Physical Review E, 58, 4, 4501-4510.
- [9] Kritsuk A., Norman M., Padoan P., Wagner R.: 2007, The Astrophysical Journal, 665, 416.
- [10] Federrath C., Roman-Duval J., Klessen R., Schmidt W., Mac Low M.-M.: 2010, Astronomy & Astrophysics, 512, 81.
- [11] Kainulainen J., Beuther H., Henning T., Plume R.: 2009, Astronomy & Astrophysics, 508, L35.
- [12] Lombardi M.; Bouy H., Alves J., Lada C. J.: 2014, Astronomy & Astrophysics, 566, A45.
- [13] Klessen R. S.: 2000, The Astrophysical Journal, 535, 869.

- [14] Kritsuk A., Norman M., Wagner R.: 2011, *The Astrophysical Journal*, 727, L20.
- [15] Veltchev T. V., Girichidis P., Donkov S., Schneider N., Stanchev O., Marinkova L., Seifried D., Klessen R. S.: 2019, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 489, p.788-801.
- [16] Girichidis P., Konstandin L., Whitworth A. P., Klessen R. S., 2014: *The Astrophysical Journal* , 781, 91.
- [17] Donkov S., Stefanov I. Z.: 2018, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 474, 5588D.
- [18] Donkov S., Stefanov I. Z.: 2019, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 485, 3224D.
- [19] Li G.-X.: 2018, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 477, 4951L.
- [20] Jaupart E., Chabrier G.: 2020, *The Astrophysical Journal Letters* (accepted), (arXiv:2010.00603).

FACTORS DETERMINING THE KINEMATICS AND DYNAMICS OF THE GRIFFON VULTURE FLIGHT

Dimitar Nenov¹, Radostina Tasheva², Diana Zlatanova¹

¹ Department of Zoology and Anthropology, Faculty of Biology, Sofia University "St. Kliment Ohridski", Dragan Tsankov Blvd. 8, Sofia,
e-mail: dinenov@uni-sofia.bg; dianazlatanova@biofac.uni-sofia.bg

² Department of Applied Physics, Technical University Sofia, Kliment Ohridski Blvd. 8, Sofia,
e-mail: rpt@tu-sofia.bg

Abstract: GPS telemetry data of 18 griffon vultures (*Gyps fulvus*) was analyzed against the factors determining the kinematics and dynamics of the flight, such as altitude, terrain ruggedness and land cover. The connection of the obtained results with the choice for an overnight stay is further discussed.

Резюме: Данни от GPS телеметрия на 18 белоглави лешояда (*Gyps fulvus*) са анализирани спрямо факторите, обуславящи кинематиката и динамиката на полета, като надморска височина, начупеност на терена и покритие на релефа. Дискутирана е връзката на получените резултати спрямо избор на предпочитаните места за нощувка.

Keywords: dynamic, kinematics, griffon vulture, flight, relief, thermals

1. Introduction

The griffon vulture, an essential element in the ecosystems, is under constant anthropogenic pressure due to habitat loss, food scarcity and poisoning [1]. For conservation purposes, some individuals were equipped with GPS/GSM devices to be tracked and monitored [2].

All vulture species depend on thermals for their flight. Thermals are columns of rising air masses from a heated ground. This phenomenon is named thermal convection. Depending on the meteorological conditions and relief the air above the ground gets heated and rises periodically. Thermals rise is a result of the equivalent force to the Archimedean force and the gravity. For a body with volume V and density ρ_t in a fluid with density ρ it is:

$$F_{eq} = Fa - G = (\rho - \rho_t)Vg$$

Areas over which thermals are observed are those with intensive convection, i.e. those covered with rocks, sand or dry soil. If the thermals are rising with a high frequency they can create columns of constantly rising air.

Thus the efficiency of vulture flight is highly dependent on the bird's ability to find the next air column by planning the route of the flight [4].

For a horizontal stationary flight (with constant speed) a set of requirements must

be met. They are linked to the equilibrium between the gravity ($G = mg$) and the lift force F_y . The lift as part of the full aerodynamic force, acting on the body, is a direct consequence of the uneven flow of air around the wings of flying objects. This creates higher pressure under the wings and lower pressure over them. As a result, the lift is directed from the area with higher pressure towards the area with lower pressure. It can be determined by:

$$F_y = \frac{1}{2} C_Y \rho S v^2 \quad (1)$$

where F_y is the lift; C_Y is the lift coefficient determined by the shape of the wing, the angle of attack and Reynolds number; ρ is the air density and v is the speed of flight.

The minimal speed required for taking off the ground must be higher than the speed determined by the equilibrium of the lift and the gravity:

$$v_{\min} \geq v = \sqrt{\frac{2mg}{C_Y \rho S}} \quad (2)$$

To create a model of the vulture takeoff, we can use the method of geometric similarity, i.e. to consider all dimensions proportional to a single dimension – a . Then $S \propto a^2$, $G \propto m \propto V \propto a^3$, so for the lift we have $F_y \propto a^2 v^2$ and $v \propto l^{\frac{1}{2}}$, for the speed. This is why the larger birds, such as the griffon vulture, would require a higher frequency of wing flapping to take off the ground, and potentially cannot achieve that from a flat surface.

If the minimum speed is not achieved, then the bird will be in a state of free fall until it can reach a zone of thermals. It will then be lifted upwards as a result of the Archimedean force as additional upward force and can continue the horizontal flight despite having a low relative speed. If the thermals are missing or they are too weak, the free fall from a higher altitude can help them increase their horizontal speed by flapping their wings.

The presence or absence of thermals and their intensity will be a factor for the vultures' choice of roosting sites as they will be used for takeoff on the next day.

2. Materials and Methods

The Fund for the Wild Flora and Fauna (FWFF) have equipped 18 griffon vultures with GPS/GSM devices, model OT-P33/Ornitela UAB [5], attached to the wings of the vultures. The devices were set to send their current location every 10 minutes with the provided energy of solar panels.

The dataset analyzed included locations from Bulgaria from 17th July 2016 to 5th March 2019 with a total of 205 570 locations. Each location provided data for the latitude, longitude, the device number, date and time (in UTC), the number of satellites, altitude (m), speed (km/h), the direction of movement (degrees), temperature (°C), battery status and horizontal dilution of precision (HDOP). HDOP shows the error of obtaining the location based on the position of the satellites, the

delay and the movement of the device. For reliable data, only locations with HDOP undervalue of 7 were considered.

Each received location was considered to be in flight if the speed of movement was over 5 km/h (according to the theoretical accuracy of the GPS/GSM devices) and less than 150 km/h. Thus, after filtering and HDOP rule application, the resulting data set in flight consisted of 37809 locations.

For the GIS analyses, ArcGIS Desktop (10.2.2) and QGIS (2.18) with GRASS GIS (7.2.1) packages were used. The following GIS layers were used: digital elevation model (DEM) with 20 by 20 m resolution, CORINE 2018 (CLC18) [6] and map of the Physical Blocks for Bulgaria derived from ortho-photos. Derivative layers were created from the DEM layer for the angle of the slope, the aspect of the terrain, and the terrain ruggedness index (TRI) - for each location their values were extracted from the respective GIS layers. The data set was transferred to Microsoft Excel spreadsheets.

The relative altitude of flight was calculated for each location from the terrain (the difference between the altitude of the device and the altitude of the terrain). The HDOP values show the error in the horizontal plane, but not in the vertical. Therefore, only locations with positive relative altitude were used in the analysis. Each consecutive location (with a time difference of less than 700 s) for each individual was connected with vector lines. A buffer layer was created around each vector with a radius equal to the average maximal deviation. The resulting layer was used as a mask to cut and analyze the GIS layers to determine the flight selectivity of the vultures towards the land cover by the use of the Jacobs selectivity index [7].

All statistical analyses and figures were done with SigmaStat (3.5) and SigmaPlot (11.0).

3. Results and Discussion

A statistically significant difference was found between the medians of the altitude and the TRI ($H = 1978.16$, $p < 0.001$). A statistically significant difference was also found between the altitude of the terrain and the relative altitude of the flight ($H = 1270.10$, $p < 0.001$) (fig. 1).

The flight at a high relative altitude is related to potentially high energy losses as it requires more energy to reach the minimal flying speed for static flight. Locations with a high relative altitude were usually over areas with fewer thermals due to an increased distance from large enough terrains directly heated by the sun. As a result, we assume that the vultures fly high above the ground in areas without suitable conditions for thermals so that they can compensate for their low horizontal speed by descending towards the ground towards the next thermal. From there they can maintain their flight with minimal energetic cost and minimal horizontal speed. If the area has suitable conditions for thermal convection and wind currents, the vultures fly with a low relative altitude switching between thermals.

The data obtained showed that the griffon vulture tracked in Bulgaria prefer to fly

over terrain with an altitude between 407 m and 814 m, as well as over 2442 m (Jacob's selectivity index).

Several more statistically significant differences were also observed:

- Between the medians of the speed of flight and the altitude of the terrain ($H=613.78$, $p<0.001$). Their speed increases when the altitude of the terrain is between 407 m and 1628 m after which it stays the same.
- Between the altitude of the terrain and the slope and also between the TRI and the slope ($H = 1086.61$, $p < 0.001$ and $H = 34940.05$, $p < 0.001$) (fig. 2). Both factors increase with the slope.
- Between the medians of the relative altitude of flight and the slope and between the speed of flight and the slope ($H = 82.23$, $p < 0.001$ and $H = 1596.34$, $p<0.001$) (fig. 3).

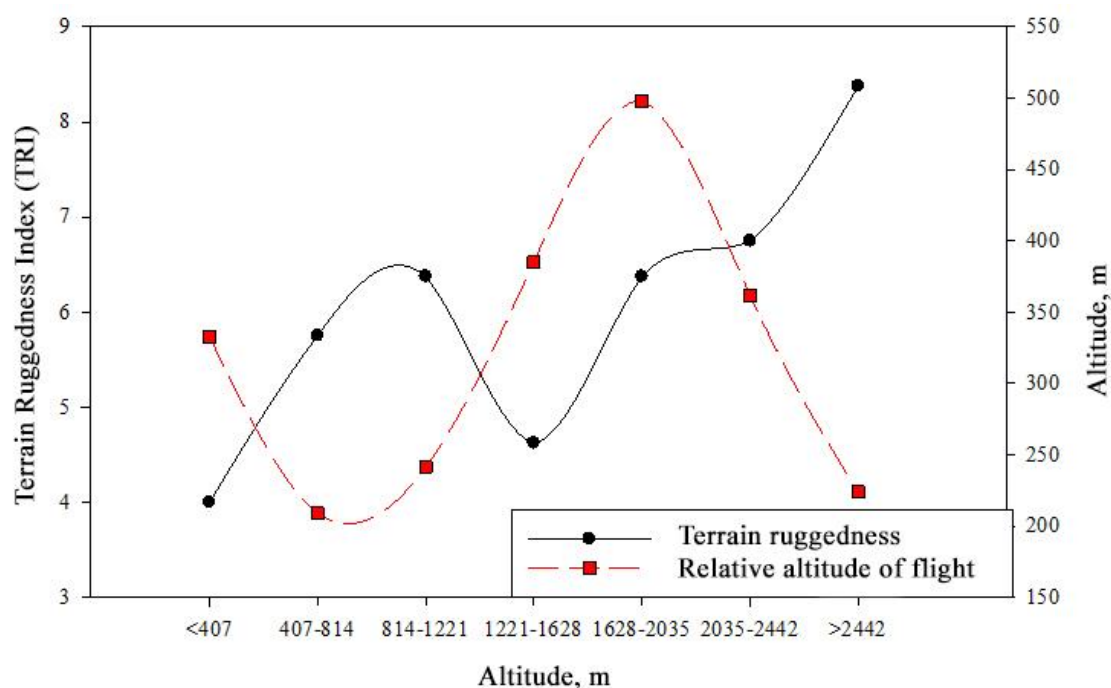


Fig. 1. Relation between the TRI and the relative altitude of flight towards the altitude of the terrain.

All these differences found support the hypothesis that by lowering their relative altitude griffon vultures aim to enter areas suitable for thermal convection. Overall griffon vultures prefer to fly over terrain with a higher slope angle and fly lower when the slope increases. In areas not optimal for thermals griffon vultures prefer to pick roosting sites higher above the ground to gather enough speed on the next day.

Statistically significant difference was also found between the medians of the speed of flight ($H = 67.48$, $p < 0.001$), the relative altitude ($H = 1475.35$, $p < 0.001$) and the terrain altitude ($H = 947.97$, $p < 0.001$) – to the TRI (fig. 4). The speed goes down between TRI of 0 and 10, after which it stays relatively the same.

The relative altitude of the flight decreases constantly with the increase of the TRI showing a negative correlation between them. From the previous conclusions for the significance of the relative altitude, we can expect that higher TRI is preferred for

flight. But this result can be misleading. On the one hand, an increase in ruggedness can increase the turbulence of the air currents, which can have a negative impact on the flight. On the other hand, this effect can be less significant if the other factors are favourable towards the formation of thermals.

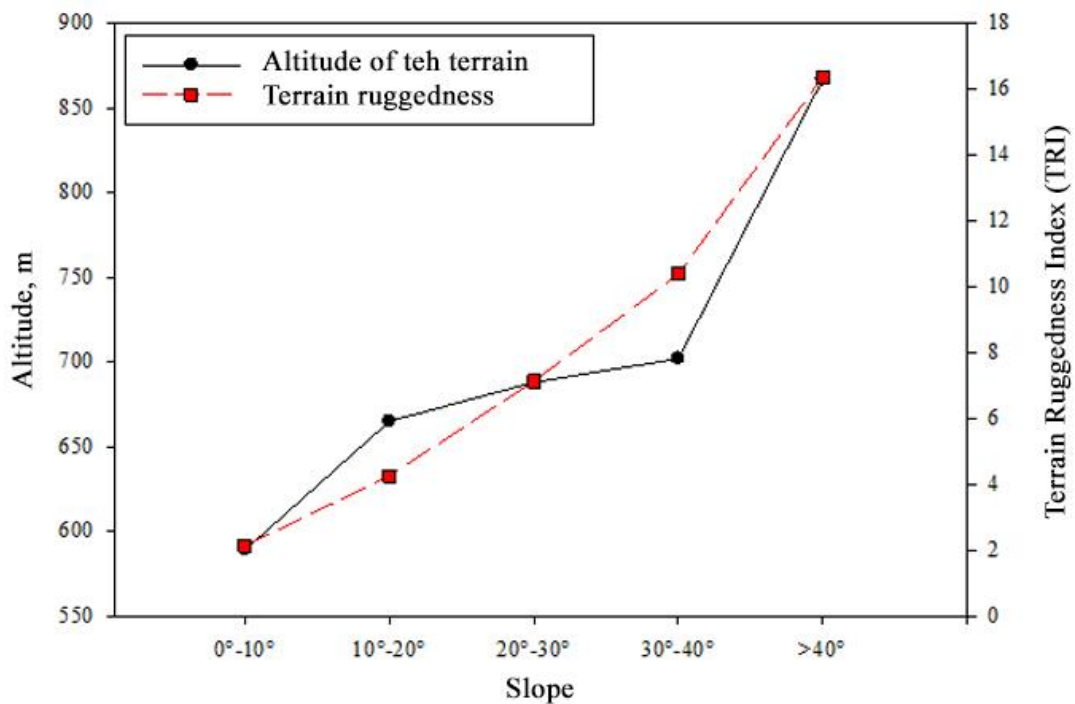


Fig. 2. Relation between the TRI and the altitude of the terrain towards the slope of the terrain.

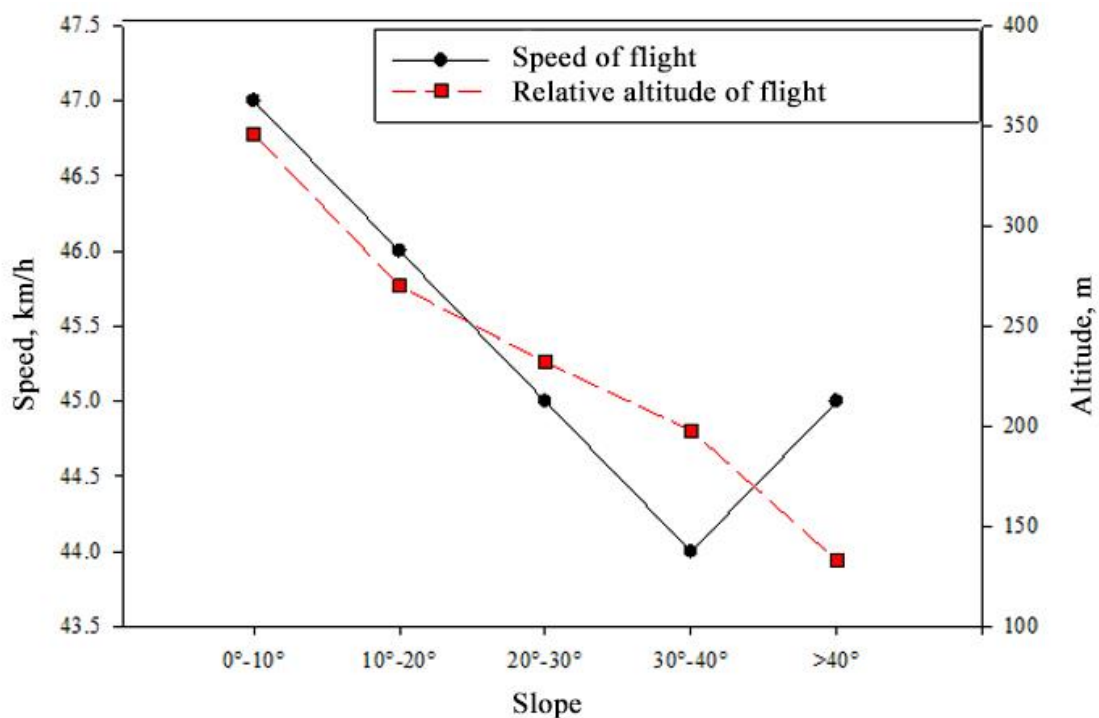


Fig. 3. Relation between the speed of flight and the relative altitude of flight towards the slope of the terrain.

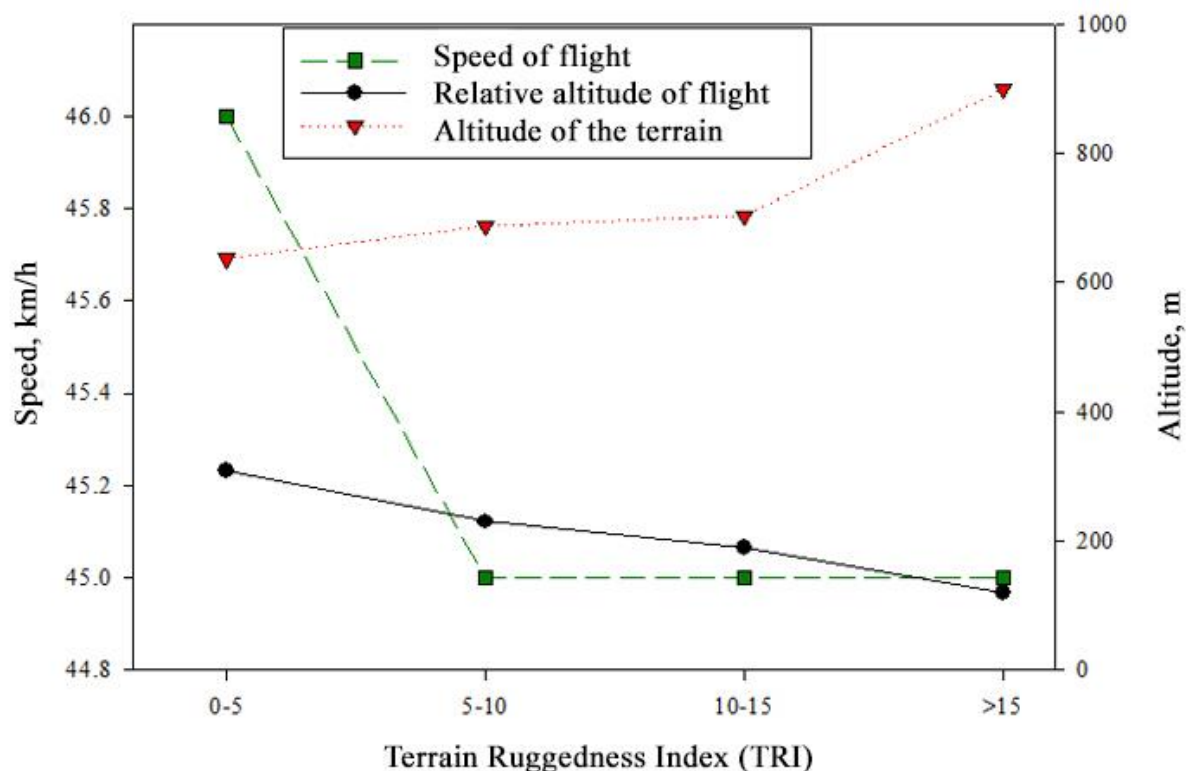


Fig. 4. Relation between the speed of flight, the relative altitude of flight and the altitude of the terrain towards the terrain ruggedness.

Compared to the other aspects of the terrain more locations were observed over the Southwest and South aspect (fig. 5). 103 locations were received from flight over terrain without aspect – those are mostly water bodies.

South and Southwest aspects are preferred by the vultures because such terrain is better lit by the sun and the angle between the sun rays and the ground is closer to 90 degrees. Those factors are important for an increased formation of thermals.

Using Jacob's index of selectivity it was found that the griffon vulture actively chooses to fly over bare rocks, natural grasslands, sparsely vegetated areas, transitional woodland/shrub areas and moors and heathlands (ordered from highest to lowest preferred). A noticeable avoidance was observed for areas with increased anthropogenic presence and wetlands and areas with wet soil not suitable for thermals. Similar results were observed in the Caucasus for young cinereous vultures (*Aegypius monachus*) [8].

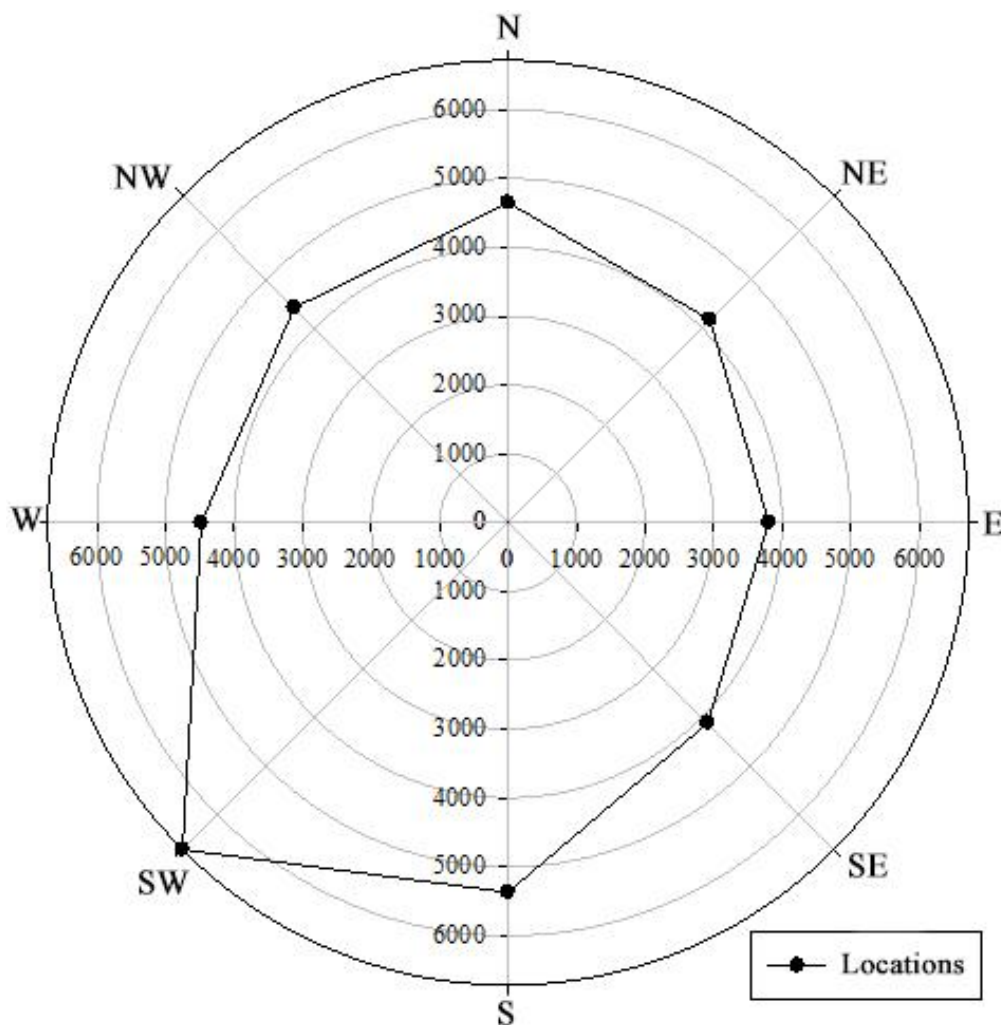


Fig. 5. Number of locations received from the GPS/GSM over each aspect of the terrain.

6. Conclusion

In a conclusion, we can say that there is an active selection in vultures towards the altitude of the terrain and its slope when the griffon vultures have to map their flight. They prefer to fly over bare rocks, natural grasslands and sparsely vegetated areas – land covers suitable for thermals. While wetlands are avoided as a result of their high specific heat capacity and, therefore, decreased thermal convection as well as a low rate of thermal raise due to not suitable factors for air currents.

There is no direct selection for the aspect of the terrain, but such exists when in a combination with other factors.

The griffon vulture avoids areas with increased anthropogenic presence.

ACKNOWLEDGMENTS:

We would like to thank the Fund for the Wild Flora and Fauna and Emilian Stoyanov in particular for providing the GPS data from the vultures for the current analyses.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Margalida, A., Colomer, M. A. À., Modelling the effects of sanitary policies on European vulture conservation, *Scientific Reports*, **2 (753)**, 1–7, 2012. DOI:10.1038/srep00753.
- [2] Stoynov, E., Peshev, H. and Grozdanov, A., Early warning system for wildlife poisoning, using intensive GPS tracked vultures as detectives, *Fund for Wild Flora and Fauna*, 2018. DOI:10.13140/RG.2.2.28251.41760.
- [3] Андреев В., Ташева Р., *Авиационна метеорология за авиоспециалисти*, София, 2018
- [4] Pennycuik, C. J., Fifteen Testable Predictions about Bird Flight, *Oikos*, **30 (2)**, 165, 1978. DOI:10.2307/3543476.
- [5] Стойнов, Е. Х., *Реинтродукция на белоглавия лешояд (*Gyps Fulvus*) в моделни територии в България*, 2019.
- [6] Büttner, G., Feranec, J., Jaffrain, G., Mari, L., Maucha, G. and Soukup, T., The Corine Land Cover 2000 Project, *EARSeL EProceedings*, **3 (3)**, 331–346, 2004.
- [7] Jacobs, J., Quantitative measurement of food selection, *Oecologia*, **14 (4)**, 413–417, 1974. DOI:10.1007/BF00384581.
- [8] Gavashelishvili, A., McGrady, M., Ghasabian, M. and Bildstein, K. L., Movements and habitat use by immature Cinereous Vultures (*Aegypius monachus*) from the Caucasus, *Bird Study*, **59 (4)**, 449–462, 2012 DOI:10.1080/00063657.2012.728194.

ЕМПИРИЧНА ФОРМУЛА ЗА ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ПРИНОСА НА RA-226 И U-235 КЪМ СПЕКТРАЛНАТА ЛИНИЯ С ЕНЕРГИЯ 186 KEV

Румен Г. Кобиларов

Катедра Приложна Физика, ФПМИ, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" №8, България
e-mail: rkobi@tu-sofia.bg

Резюме. В работа е изведена емпирична формула, чрез която се изчислява приноса на Ra-226 и U-235 към спектралната линия с енергия 186 keV. По този начин лесно могат да се определят концентрациите на активностите на двата радиоизотопа. Формулите позволяват да се направят изводи за съдържанието в почвената проба на обеднен или обогатен уран.

Ключови думи: гама спектрометрия, радиоизотопи, Ra-226, U-235.

1. Увод

Природният уран е смес от три радиоактивни изотопа U-238 (относителна разпространеност 99,283 %), U-235 (относителна разпространеност 0,7115 %) и U-234 (относителна разпространеност 0,0055 %). Радионуклидите U-238 и U-235 са родоначалници на ураниевото и актиниевото радиоактивни семейства. Семейството на U-238 съдържа 19 радионуклида, от които основен принос в гама-излъчването (97,9 % от общата интензивност на гама-квантите) имат продуктите на разпад на Ra-226 – Pb-214 и Bi-214. Продуктите на разпад на U-238 – Th-234 и Pa-234 имат по-малък принос (2,1 %). Семейството на U-235 съдържа 16 радионуклида. Поради по-малката относителна разпространеност на този изотоп, общото гама-излъчване от неговите дъщерни продукти е около 1,25 % от гама-излъчването на семейството на U-238 [1].

В практиката активността на Ra-226 много често се определя чрез измерване на активностите на дъщерните ядра на Ra-226 – Pb-214 и Bi-214, когато те са във веково равновесие с матерното ядро. Неточностите в измерването тук се дължат на факта, че Ra-226 се разпада непосредствено чрез α -разпад до Rn-222 (радон). Радонът е инертен газ и при не добро херметизиране на съда, в който е поставена почвената проба, той може много лесно да го напусне. Това от своя страна води до подценяване на активността на Ra-226. Този проблем може да се избегне чрез измерване на активността на Ra-226 директно по неговата гама-линия с енергия 186,211 keV. В почвите обаче се съдържа и изотопа U-235. Една от гама-лините на U-235 има енергия 185,712 keV. Близостта на двете гама-линии води до тяхното припокриване в една спектрална линия с енергия 186 keV (фиг. 1). Ще отбележим, че съвременните гама-спектрометри с

детектор от свръх чист германий (HPGe-детектор) имат разделителна способност приблизително 2 keV за линията 1,33 MeV на Co-60 (високи енергии) и приблизително 1 keV за линията 122 keV на Co-57 (ниски енергии).

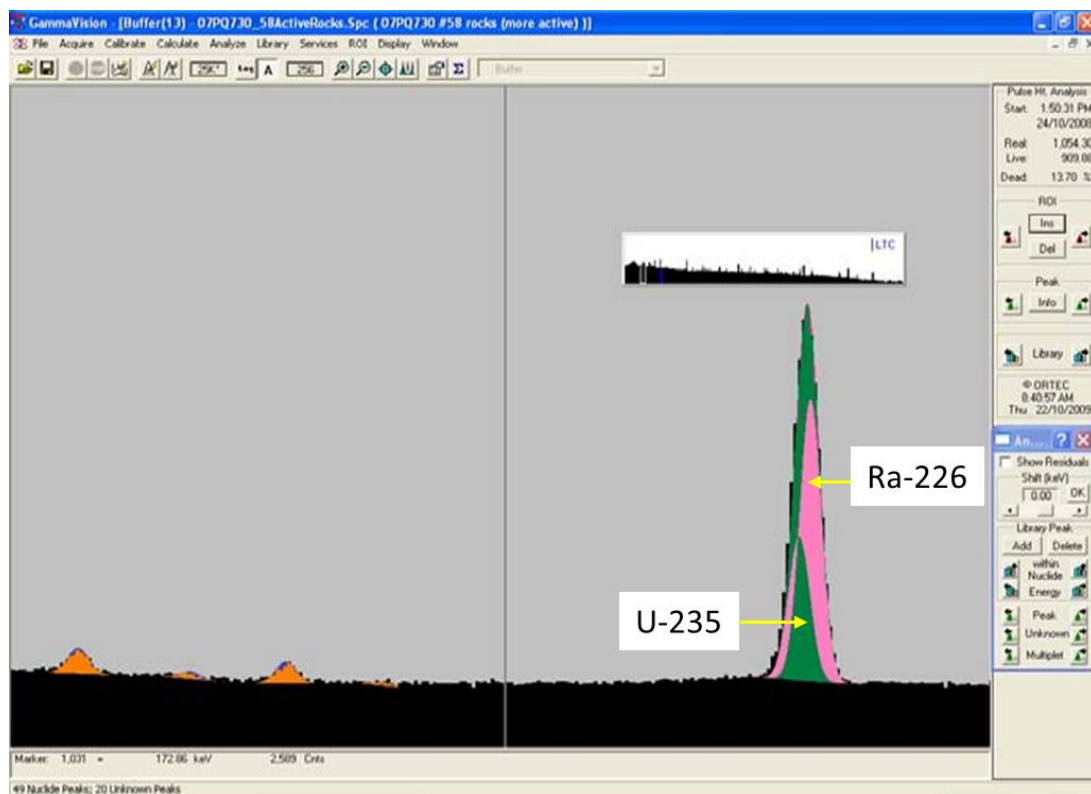
В тази работа е изведена емпирична формула, чрез която да се изчисли приноса на Ra-226 и U-235 към спектралната линия с енергия 186 keV. По този начин лесно могат да се определят концентрациите на активностите на двата радионуклида.

2. Извод на формулите

В гама-спектрометрията скоростта на броене (count rate, CR) [count/s] се изчислява чрез израза

$$CR = A \times P_\gamma \times \varepsilon_f \quad (1)$$

където P_γ е квантовия добив и ε_f е ефективността в пика на пълно поглъщане на гама-квант със съответната енергия.



Фиг. 1. Пример за припокриване на гама-линията с енергия 186,211 keV на Ra-226 и гама-линията с енергия 185,712 keV на U-235.

В почвената проба се съдържат Ra-226, който има гама-линия с енергия 186,211 keV и U-235, който има гама-линия с енергия 185,712 keV. Поради близостта на двете линии, в гама-спектъра на пробата двете линии се припокриват и образуват една спектрална линия с енергия 186 keV. Общата (сумарната) скорост на броене (CR_T) в тази линия се определя като

$$CR_T = CR_{Ra-226} + CR_{U-235} \quad (2)$$

От (1) получаваме отношението

$$\frac{CR_{Ra-226}}{CR_{U-235}} = \frac{A_{Ra-226} \times P_{Ra-226} \times \varepsilon_f}{A_{U-235} \times P_{U-235} \times \varepsilon_f} = \frac{A_{Ra-226} \times P_{Ra-226}}{A_{U-235} \times P_{U-235}} \quad (3)$$

Квантовият добив за гама-линиите на Ra-226 с енергия 186,211 keV и на U-235 с енергия 185,712 keV е 3,59 % и 57,2 %, съответно [2]. Следователно

$$\frac{CR_{Ra-226}}{CR_{U-235}} = \frac{0,0359 \times A_{Ra-226}}{0,572 \times A_{U-235}} \quad (4)$$

При веково равновесие между Ra-226 и U-238, което обикновено е изпълнено в почвените проби, отношението на активностите $\frac{A_{U-238}}{A_{Ra-226}}$ на двата радионуклида е

$$\frac{A_{U-238}}{A_{Ra-226}} = 1 \quad (5)$$

За природния уран отношението на активностите $\frac{A_{U-238}}{A_{U-235}}$ на U-238 и U-235 е

$$\frac{A_{U-238}}{A_{U-235}} = \frac{21,7}{1} \quad (6)$$

Следователно от (2) и (4) получаваме

$$CR_{U-235} = 0,4234 \times CR_T \quad (7)$$

$$CR_{Ra-226} = 0,5766 \times CR_T \quad (8)$$

3. Заключение

Тези формули позволяват да се направят изводи дали в почвената проба се съдържа обеднен или обогатен уран. В практиката от значение е първият случай. За обеднения уран отношението на активностите на U-238 и U-235 е 77,81:1. Следователно, ако активността на U-238, измерена по гама-линията на Ra-234m с енергия 1001,03 keV, е по-голяма в сравнение с тази на Ra-226, в пробата се съдържа определено количество обеднен уран. Това количество може да се определи като се има в пред вид, че при обеднения уран съдържанието на U-238 е 99,7995 %, а това на U-235 е 0,1995 %.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Р. Кобиларов, Радиоекологични изследвания в районите на Банско-Разлог и Национален парк "Централен Балкан", дисертация за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“, 2017.

[2] M. Ivanovich, R.S. Harmon, Uranium Series Disequilibrium: Applications to Earth, Marine, and Environmental Sciences, Oxford, 1992.

ПРОБЛЕМИ И ПЕРСПЕКТИВИ ПРЕД ЯДРЕНАТА ЕНЕРГЕТИКА НА ХХІ ВЕК

Румен Г. Кобиларов

Катедра Приложна Физика, ФПМИ, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" №8, България
e-mail: rkobi@tu-sofia.bg

***Резюме.** В работа са представени част от проблемите, възникнали пред ядрената енергетика през последните десет години на миналия век и началото на настоящия век. Показано е, че въпреки привлекателността на възобновяемите източници на енергия в днешно време атомната енергия няма алтернатива. Посочени са и основните направления в бъдещото развитие на този отрасъл от енергетиката, чрез които да се възвърне доверието на хората към атомната енергия.*

Ключови думи: атомна енергия, радиоактивни отпадъци, ядрени трансмутации, термоядрен синтез.

1. Увод

До определен момент човечеството е имало достатъчен обем енергоресурси – дървен материал. След това били разработени методи за използване на органичните горива и силата на водата. След тях дошъл редът и на атомната енергия. Но в края на 70-те години на миналия век за пръв път бил формулиран проблема за недостига на енергийни ресурси. В различните дискусии на национални и международни форуми били обсъждани и предлагани редица решения на проблема, като например възникналата в края на 90-те години концепцията за устойчивото развитие, която накратко се свежда до следния извод: във връзка с ограничените енергийни запаси и уязвимостта на биосферата от гледна точка на влиянието върху нея на развитието на енергетиката на Земята могат да живеят ограничен брой хора, така нареченият „златен милиард“. Но явно такъв сценарии не е в интерес на огромния брой (по съвременни данни - около 6,7 милиарда) „излишно“ население. В резултат през 1997 г. бил приет протоколът от Киото в допълнение към Рамковата конвенция на ООН за изменението на климата. В този международен документ били формулирани две основни цели: 1) общо ограничение на енергопроизводството или в терминологията на протокола „ограничение на емисиите на въглероден диоксид (CO_2) в атмосферата“ и 2) разрешавала се търговията на квоти. Този документ също не довел до решаване на проблема, защото най-големият потребител на органични горива (САЩ) не го подписали, а друг основен потребител (Китай) не дал своето съгласие с разпределението на квотите.

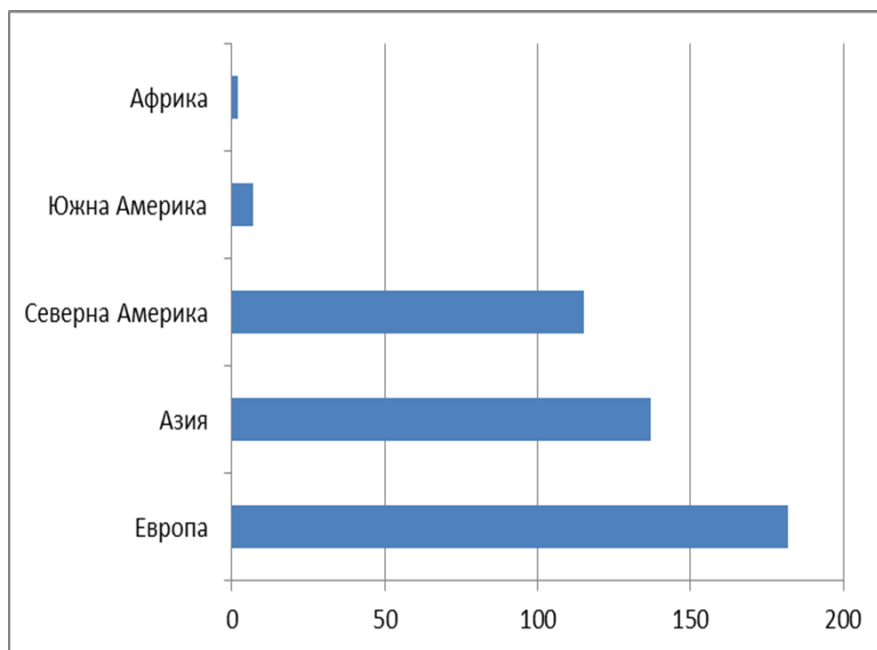
Това довело до интензивното търсене на нови енергийни източници – възобновяемите източници на енергия като използването на слънчевата (фотоволтаици) и вятърната енергия, биогориво, геотермална енергия и т.н. Дори наскоро ЕК прие така наречения „Европейски зелен пакт“, който трябва да стане пътна карта за постигане на устойчивост на икономиката на ЕС [1].

Въпреки привлекателността на възобновяемите източници на енергия те също имат своите недостатъци – някои от тях нарушават и дори разрушават биоравновесието в природата, висока цена на получаваната електроенергия за крайния потребител и др.

Това показва, че в днешно време атомната енергия няма алтернатива. Предимствата от гледна точка на намаляване темпа на климатичните промени, енергийната сигурност и полезните политики в областта на икономиката и опазване на околната среда са причина много държави да планират въвеждане в експлоатация на нови или разширяване на вече съществуващите АЕЦ.

2. Съвременно състояние на ядрената енергетика

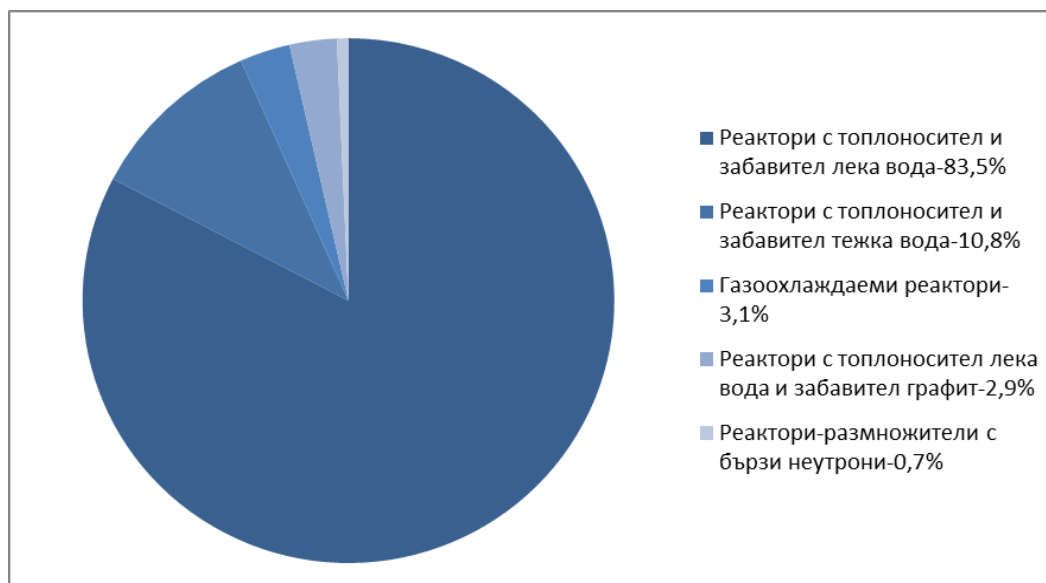
До края на 2019 година в световната енергетика има работещи 443 ядрени реактора, разпределени по континенти, както е показано на фиг. 1. Мощността на генерирана от тях електроенергия е 392,1 GW. Делът на ядрената енергетика в общото производство на електроенергия е 10%.



Фиг. 1. *Разпределение на броя на ядрените реактори по континенти.*

В така наречената висока проекция (high projection) на Международната агенция за атомна енергия (IAEA) се посочва, че до 2030 г. ще бъде достигнато увеличение на ръста на мощността на ядрената енергетика с около 25% до 496 GW, а до 2050 г. се очаква да се увеличи с 80% до 715 GW [1]. В ниската проекция (low projection) до 2050 г. се очаква постепенно намаляване на

мощността на ядрената енергетика до 371 GW. Ако направим сравнение с 2018 година, можем да кажем, че по вероятна е ниската проекция. В края на 2018 г. броят на работещите ядрените реактори е бил 450, а мощността на генерирана от тях електроенергия е била 396,4 GW. Тези прогнози са в съгласие с необходимостта от намаляване на последствията в климатичните изменения, което е отразено в специален доклад на междуправителствена група от експерти по изменение на климата [2]. Типът на реакторите е показан на фиг. 2.



Фиг. 2. Типове реактори в зависимост от топлоносителя и охладителя

3. Проблеми пред ядрената енергетика

Различията между основните типове реактори са основно в к.п.д., схемата на зареждане с ядрено гориво, защитата от неконтролируема верижна реакция и др. Недостатък на реакторите от първите четири типа е, че при тях генерирането на топлинна енергия е вследствие на самоподдържаща се управляема верижна реакция на делене на ядрата на U-235. Запасите от този изотоп на урана в природата са много малки (в природния уран относителната разпространеност на U-235 е само 0,7115%). Това е причина за изчерпването му в близко бъдеще и бързото нарастване на цената му. Съгласно различни автори, в зависимост от темповете на производството и употребата му, запасите от U-235 ще бъдат изчерпани според песимистичните прогнози до 2035 г., а според оптимистичните – ще стигнат за още около 118 години [3]. Този проблем е решен при реакторите-размножители с бързи неутрони, при които енергията се получава чрез реакция на делене на U-238 при взаимодействието му с неутрони с високи енергии. В природния уран относителната разпространеност на U-238 е 99,283%, т.е. запаси от този радионуклид има за стотици години.

Основните страхове на обществото при използване на ядрената енергия е обезпечаването на безопасността при нейното използване и обработката и

съхранението на радиоактивните отпадъци (РАО) с голям период на полуразпад. Според определението на IAEA радиоактивни отпадъци са ядреният материал, намиращ се в концентрации или химични форми, които не позволяват неговото възстановяване и са предназначени за изхвърляне [4]. В ядрения цикъл се образуват голям брой радиоактивни изотопи, част от които имат периоди на полуразпад от порядъка на десетки и хиляди години. В Табл. 1 са показани периодите на полуразпад на най-важните радионуклиди, които се явяват РАО.

Таблица 1. *Периоди на полуразпад на най-важните радионуклиди, които се явяват РАО*

<i>Изотоп</i>	<i>Период на полуразпад</i>
Стронций-90	29 години
Цезий-137	30 години
Америций-241	430 години
Америций-243	7400 години
Плутоний-239	24000 години
Техниций-99	213000 години

В днешно време от АЕЦ се изхвърлят около 400 000 тона радиоактивни изотопи и тежки метали във вид на отработено ядрено гориво. От този обем се преработва само около 30%. Останалото количество се съхранява в 151 хранилища за отработено ядрено гориво, разположени в 27 държави [5]. В държавите, в които се извършва радиохимично преработване на РАО, главен способ е тяхното съхранение в повърхностни или подземни хвостохранилища. Това е скъпо струващ способ, който води до възражения, както от местното население, така и от специалистите при изграждането на такива хранилища в конкретни райони.

Този проблем в известна степен е решен при реакторите-размножители с бързи неутрони, тъй като при облъчването на ядреното гориво с неутрони с високи енергии протича процес на трансмутация на дългоживущите РАО. Но тук се явява друг проблем: при използването на тези реактори се натрупва плутоний в чист вид, а направата на плутониева атомна бомба е сравнително лесна задача. По този начин Индия влязла в ядрения клуб на държавите, притежаващи ядрени оръжия. Това е и основната причина тези реактори да нямат широко приложение в практиката.

В последно време се разработва концепцията за затворен цикъл на ядреното гориво, включващ ядрена трансмутация. Ядрената трансмутация на дългоживущите РАО се заключава в преобразуване на тези радионуклиди в стабилни изотопи или в радиоактивни изотопи с малък период на полуразпад при взаимодействието им с потоци от заредени (електрони, протони и други заредени йони) и неутрални (неутрони и гама кванти) частици.

Методът на ядрените трансмутации се развива главно в РФ и САЩ. Например в САЩ е стартирана програма „Преработка на ядрените отпадъци с

помощта на ускорители“, за която са предвидени колосалните около 30 милиарда долара до 2030 година [6]. В Руската федерация този метод се развива в няколко научни институти, например [7].

По данни на ООН населението на планетата към средата на 2019 г. е 7,7 милиарда, което е увеличение с 1 милиард в сравнение с 2007 г. и с 2 милиарда в сравнение 1994 г. По прогнози на ООН населението на планетата ще се увеличи до около 8,5 милиарда към 2030 г. и до 9,7 милиарда към 2050 година [8]. Това изисква развитието на нови източници на енергия за задоволяване на техните енергийни нужди. Ясно е, че възобновяемите източници на енергия не могат да изиграят тази роля. Ограничаването на използването на АЕЦ след аварията в Чернобил и Фукушима не допринася за решаване на енергийния проблем.

4. Перспективи пред ядрената енергетика

Като изход от тази ситуация може да послужат ядрено-космическите програми, разработвани в РФ и САЩ. Такива програми, които могат да обезпечат енергийните потребности на човечеството, са стартирали още от 60-те години на миналия век и получават нов живот в наши дни. Например, на 16 декември 2020 г. президента на САЩ Доналд Тръмп подписва Директива за космическа политика № 6, в която е изложен план за национална стратегия за развитие на технологии за космическа ядрена енергия и задвижване (National Strategy for Space Nuclear Power and Propulsion (SNPP) technology) [9].

Проблемът е, че ядрено-космическите програми също са базирани на използването на изотопа U-235, а запасите от този изотоп са ограничени. Следователно решението е да се разработи ядрена енергетика, базирана на изгарянето на U-238 или Th-232. Предимство на реакторите, базирана на изгарянето на U-238 или Th-232 е, че са абсолютно безопасни. Освен това при деленето на U-238 и Th-232 с високо енергетични неутрони, се отделят кратко живущи радиоактивни изотопи, което решава до голяма степен и проблема с РАО. Трудността е да се получат такива неутрони без взрив. Единственият друг начин е получаването им е с помощта на ускорители. Следователно предстои решаването на технологичните задачи за използването на ускорители в ядрената енергетика и намаляване на техните размери.

Друго възможно решение е термоядрения синтез. Предимствата на синтеза са основно в изобилието на ядрено гориво (запасите от деутерий в океанската вода са почти неизчерпаеми), радиационната безопасност (почти 1000 пъти по-ниска от тази при реакторите, базирани на делене на ядрата), отсъствие на отделяне на въглероден диоксид (CO_2), отсъствие на „тежки“ РАО, физическа невъзможност от взривяване на реактора и др.

Основния проблем тук е създаването на устройство, което да може да поддържа изключително високите температури (от порядъка на $10^8 \text{ }^\circ\text{C}$, температура пет пъти по-висока от тази в недрата на Слънцето), необходими за

протичане на процеса на сливане на леки ядра. Не по-малко важен е и проблема за задържане на нагрятата до такива температури плазма.

За решаване на тези проблеми през 1988 г. е започнала предварителна работа за развитието на международен проект, наречен ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Основните цели поставена пред този проект са: 1) демонстрация на научната и техническата осъществимост на използването на термоядрената енергия в промишлени мащаби; 2) достигане на контролирана термоядрена реакция, в резултат на синтеза на деутериеви и тритиеви ядра, при която да се получи десет пъти повече енергия, отколкото се потребява за нагряване и удържане на плазмата; 3) демонстрация на режим на продължително горене на плазмата; 4) разработка на системи и технологии, необходими за енергетичен термоядрен реактор и приложното им изпитание в интегриран вид [10].

Въпреки първоначалният оптимизъм (поставеният срок за завършване на проекта е приблизително до 2015 г.), все още поради технологични трудности този проект не е реализиран. Работата по проекта е в напреднал стадий и се очаква до 2025 г. да завърши.

5. Заключение

Въпреки привлекателността на възобновяемите източници на енергия в днешно време атомната енергия няма алтернатива. Предимствата на тази енергия от гледна точка на намаляване темпа на климатичните промени, енергийната сигурност и полезните политики в областта на икономиката и опазване на околната среда са безспорни.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal>
- [2] <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- [3] <https://iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/>
- [4] https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1837_R_web.pdf
- [5] Nuclear technology overview – 2020, IAEA/NTR/2020
- [6] https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/
- [7] А.С. Герасимов, Г.В. Киселев, Научно-технические проблемы создания электроядерных установок для трансмутации долгоживущих радиоактивных отходов и одновременного производства энергии (российский опыт), Физика элементарных частиц и атомного ядра, том 32, вып. 1, 2001.
- [8] https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf
- [9] <https://trumpwhitehouse.archives.gov/presidential-actions/memorandum-national-strategy-space-nuclear-power-propulsion-space-policy-directive-6/>
- [10] Международнoй проект ITER, УТС-Центр, 2005.

Авторски указател

Александрова Сашка, проф д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет – София

Алексов Асен, студент, ФТ, Технически Университет – София

Арабаджиев Тодор, доц. д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет – София

Богданова Мирослава, студент, ФТ, Технически Университет – София

Георгиева Божурка, ГФ, Минногеоложки Университет, София

Господинов Драгомир, Пловдивски Университет

Граматиков Камен, студент, ФТ, Технически Университет – София

Донков Сава, доц. д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет - София

Димовски Стефан, ГФ, Минногеоложки Университет, София

Димитров Орлин, IO-BAS

Занева Мария, ПФКМ, ФПМИ, Технически Университет – София

Златанова Диана, БФ, Софийски Университет

Иванов Благовест, студент, ФТ, Технически Университет – София

Йорданов Боян, студент, ФЕТТ, Технически Университет – София

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

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

Костова Гергана, студент, ФТ, Технически Университет – София

Кисьов Атанас, ГФ, Минногеоложки Университет, София

Куртев Александър, студент, ФА, Технически Университет – София

Миленкович Богдана, Rudarsko-geoloski Faculty, Belgrade University

Ненов Димитър, докторант, БФ, Софийски Университет

Петкова Михаела, студент, ФА, Технически Университет – София

Попова Елена, студент, ФТ, Технически Университет – София

Рангелов Бойко, проф. д-р, ГФ, Минногеоложки Университет, София

Стефанов Иван, доц. д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет - София

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

Тончев Николай, студент, ФТ, Технически Университет – София

Томова Мая, ГФ, Минногеоложки Университет, София

Слаков Димо, NIGGG-BAS

Спасов Еделвайс, Kinematics

Стоичова Ливанта, студент, ФТ, Технически Университет – София

Стоянов Николай, ГФ, Минногеоложки Университет, София

Узунов Иван, проф. дфн, КПФ, ФПМИ, Технически Университет - София

Халова Елена, доц. д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет – София

Христов Стойко, ГФ, Минногеоложки Университет, София

Цанков Кристиан, ГФ, Минногеоложки Университет, София

ПРОГРАМА НА ДНИ НА ФИЗИКАТА 2021г.**Научно-популярна сесия****21.04.**

Доклад	Автор(-и)	Час
Откриване	доц. д-р Елена. Халова	16:00
„Пътят на черните дупки“	доц. д-р Иван Стефанов, КПФ, ТУ	16:10
„Космическа надпревара в изследване на планетата Марс“	доц. д-р Елена Халова, КПФ, ТУ	16:30
„Топ 10 на най-големите физици в историята и техните значими открития“	Мирослава Богданова и Николай Тончев, ФТ, 1к, ТУ	16:50
„Атомно послойно отлагане на нанослое в наноструктури“	Дамян Делибалтов, ПФКМ, 4к, ТУ	17:10
„Живот в Слънчевата система. Търсене, възможности и доказателства“	Благовест Иванов и Асен Алексов, ФТ, 1к, ТУ	17:30

22.03.

Доклад	Автор(-и)	Час
„Физика и пандемия“	доц. д-р Христо Търнев, КПФ, ТУ	16:00
„Аз знам, че нищо не знам“ и ефектът на Дънинг-Крюгер	Проф. дмн Сашка Александрова, КПФ, ТУ	16:20
„Електромагнитно изстрелване“	Камен Граматиков, ФТ, 1к, ТУ	16:40
„Ядрен синтез, физични и химични свойства на Тритий. Възможности за приложението му в производството на екологично чиста електрическа енергия“	Михаела Петкова и Александър Куртев, ФА, 1к, ТУ	17:00
„Тайните на Алберт Айнщайн“	Ливанта Стоичова и Гергана Костова, ФТ, 1 к, ТУ	17:20

23.04.

Доклад	Автор(-и)	Час
„Къде и как се раждат звездите“	ас. Любов Маринкова, КПФ, ТУ	16:00
„Мисии в овладяване на Марс през 2021“	доц. д-р Елена Халова и ас. Невена Кожухарова, КПФ, ТУ	16:20
„Земетресенията - знанията ни за тях в настоящето и превенция на щетите “	Елена Попова , ФТ, 1к и Боян Йорданов, ФЕТТ, 1к, ТУ	16:40
„Нарушената симетрия“	Мария Занева, ПФКМ, 2к, ТУ	17:00
„ 100 години по-късно – Алберт Айнщайн и Нобеловата награда по физика 1921г.“	ас. Невена Кожухарова, доц. д-р Елена Халова, КПФ, ТУ	17:20

Научна сесия**24.04.**

Доклад	Автор(-и)	Час
„Емпирична формула за изчисляване на приноса на Ra-226 и U-235 към спектралната линия с енергия 186 keV“	гл.ас. д-р Румен Кобиларов, КПФ, ТУ	10:00
„Археосейсмология в България (обзор)“	Проф. дфн Бойко Рангелов, ГФ, МГУ	10:30
„Проблем и перспективи пред ядрената енергетика на ХХІ век“	гл.ас. д-р Румен Кобиларов, КПФ, ТУ	11:00
„Генерация на втора хармонична в тънки аморфни слоеве“	Проф. дмн Сашка Александрова, КПФ, ТУ	11:30
„Методология за извличане на данни от архивни източници за целите на грунтови условия “	Проф. дфн Бойко Рангелов и колектив, ГФ, МГУ	12:00
„Вириалната теорема и съвременната теория на протозвездните ядра“	доц. д-р Сава Донков, КПФ, ТУ	12:30
„Фактори обуславящи кинематиката и динамиката на полетата на белогравия лешояд“	докторанто Димитър Ненов, БФ, СУ, гл.ас. д-р Радостина Ташева, КПФ, ТУ и Диана Златанова, БФ, СУ	13:00
„Dynamical modeling of dissipative solitons in the presence of intrapulse raman scattering and nonlinear gain“	Проф. дфн Иван Узунов и доц. д-р Тодор Арабаджиев, КПФ, ТУ	13:30
„Монте Карло симулации за анализ и оптимизация на радиационната защита на циклотрон TR-24“	докторант Галина Димитрова, ФзФ, СУ	14:00
„Оценка на индуцираната радиоактивност в стените на защитния бункер на циклотрон TR-24 чрез Монте Карло симулации“	Мариам-Рима Шехади, ПФКМ, 4к, ТУ	14:30

ЗАВОД ЗА ОПТИКА

ОПТИКОЕЛЕКТРОН
ГРУП



Панагюрище 4500, Индустриален парк ОЕ, тел: 0357/62 156, факс: 0357/63316 e-mail: pfo@opticoel.com, www.pfo-bg.com