



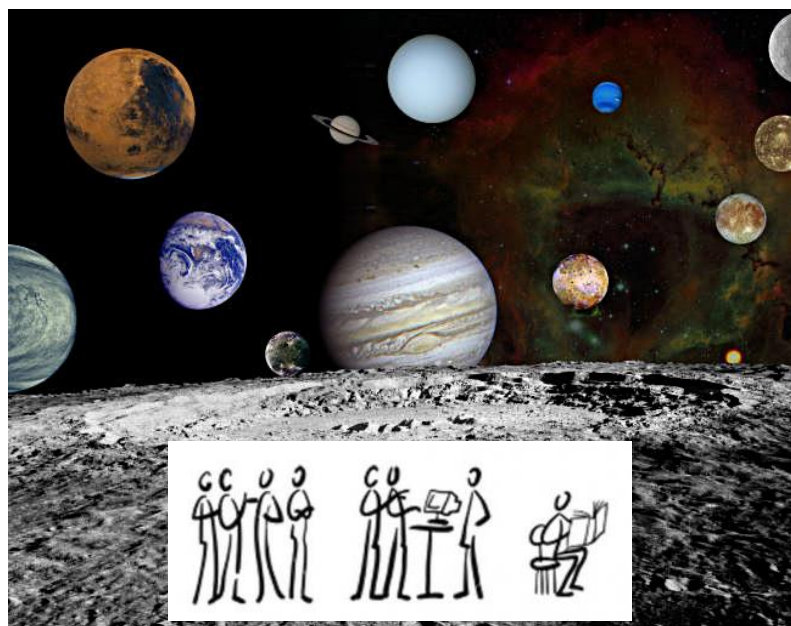
Технически университет София



Катедра Приложна физика

Сборник популярни и научни доклади

Дни на физиката 2024
Том 16



София, 11 - 13 Април 2024 г.

Дни на физиката 2024

Сборник популярни и научни доклади

Редактори: Е. Халова
С. Александрова
Н. Кожухарова

ИЗДАТЕЛСТВО НА ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

ISSN 1313-9576

Предговор

Провеждането на „Дни на физиката 2024“ се състоя в рамките на „Дни на науката“ в Технически университет – София и се организира от Катедрата по приложна физика към Факултета по приложна математика и информатика (ФПМИ). Тази година Дните на физиката бяха посветени на Международно десетилетие на науките за устойчиво развитие 2024-2033 година приета от Общото събрание на ООН резолюция. Настоящото издание на „Сборник популярни и научни доклади“ е шестнадесети том от поредица, която е включена в електронната база данни на НАЦИД. Сборникът включва доклади, представени на “Дните на физиката”, които се проведеха от 11 до 13 април 2024г.. „Дните на физиката“ се проведеха в традиционния формат в зала на ТУ-София съпроводени с демонстрации на физични експерименти. Мнението на студентите е, че “Дните на физиката” са една отлична възможност за придобиване на опит в излагането на научни проблеми и участие в научни форуми и дискусии.

Лекторите и тази година бяха студенти, преподаватели и учени от: ТУ–София, МГУ "Св. Иван Рилски" и БАН. Представените доклади бяха посветени на интересни и актуални теми от всички области на тази модерната и съвременна наука - физиката. Докладите бяха на фундаментални, приложни и исторически теми от областта на физиката. Пред вид широка и разнообразна аудитория на научния семинар, докладите бяха представени оригинално и увлекателно, разбираемо за всички.

Читателите както всяка година, могат за се запознаят с носителите на Нобеловата награда по физика за 2023г и с особеностите на квантовите компютри. Да си отговорят на редица въпроси. Труден ли е за разбиране квантовият свят. Да видят красотата, която не можем да видим с очите си чрез космическите снимки. Да се запознаят с особеностите на Земетресенията, Лунотресенията, и Марсотресенията. Как историята на цивилизацията е свързана с развитието на средствата за въоръжаване? Първият учебник по Физика в България. Има ли все още въпроси без отговор? И много други.

В последния ден от “Дни на физиката” традиционно бе проведена научната сесия, която даде възможност за среща на учени и преподаватели, участници във форума. Представени и дискутирани бяха проблеми в съвременни научни области. Темите бяха от много различни области на физиката и нейните приложения, както и въпроси, свързани с обучението по физика на студентите от ТУ-София.

Както и в предишни години се проведеха традиционните демонстрации на физични явления и закономерности в зала на ТУ-София по много атрактивен начин от гл. ас. инж. Л. Георгиев и предизвикваха огромен интерес у готуващите ученици от София и студентите от ВУЗ, поради възможността им да се докоснат и обсъждат реални физични експерименти и изследвания.

В края на сборника е представена програмата на проведените „Дните на физиката 2024“. Всички представени статии 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 към всички, които проявяват интерес към науката 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 - 2024”, както и на членовете на Организационния комитет и Ръководството на ФПМИ.

Организирането и провеждането на „Дните на физиката 2024“, както и издаването на настоящия сборник са съфинансирани по вътрешния конкурс на ТУ-София 2024 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, а така също и на ФПМИ.

Благодарност и на „Завод за Оптика - АД“ за финансовата подкрепа, която за пореден път позволи представените доклади да бъдат публикувани в поредния том 16 на сборника в Университетското издателство.

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

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

И. Копринков, Нобелови награди по физика, 2023	6
С. Александрова, За физиката през 2023 г.: От Галилей до Опенхайм	15
К. Граматиков, Катапултиращи системи във военната авиация	22
Г. Пелова, Квантови компютри	32
И. Богданова и Д. Бойков, Изтъкнати български физици	40
Т. Петкова, Космическите снимки – красотата, която не можем да видим с очите си	46
Е. Халова, Първият учебник по Физика в България	54

НАУЧНИ ДОКЛАДИ

В. Rangelov, Eartquakes, Moonquakes, Marsquakes – typology, similarities and differences	60
Р. Несторов, Нови технологични решения при конвертирането на двг бус в електробус	72
И. Стефанов и Н. Денев, Изследване на вида на движението на тежестта в лабораторното упражнение „Определяне на инерчния момент на маховик“	78
Авторски указател	86
Програма на Дните на физиката	87

НОБЕЛОВА НАГРАДА ПО ФИЗИКА 2023**Иван Копринков**

Катедра по приложна физика, Факултет по приложна математика и информатика,
ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" 8, София ,1000, email: igk@tu-sofia.bg

Резюме: Представени са основните физични идеи, принципи и технологии за генерация на аттосекундни светлинни импулси, за което е присъдена Нобеловата награда по физика за 2023 година на Пиер Агостини, Ференц Краус и Ан Л'Юлие.

Ключови думи: Нобелова награда, физика, висши хармонични, аттосекундни импулси, свръхбързи електронни процеси.

1. Увод

Нобеловите награди се присъждат ежегодно на хора за техния изключителен принос за развитие на човечеството чрез своите научни изследвания, открития и технологии или за забележителните им заслуги за утвърждаване в обществото на висши идеали и ценности в областите физика, химия, литература, мир и медицина или физиология. Нобеловата награда по физика за 2023 година бе присъдена (в тази последователност) на Пиер Агостини, Ференц Краус и Ан Л'Юлие (Pierre Agostini, The Ohio State University, Columbus, USA; Ferenc Krausz Max Planck Institute of Quantum Optics, Garching, Germany; and Anne L'Huillier Lund University, Lund, Sweden), "за експериментални методи за генерация на аттосекундни светлинни импулси за изследване на динамиката на електрони в материята" [1]. Генерирането на аттосекундни импулси, $1\text{as}=10^{-18}\text{s}$, представлява най-късият създаден и контролиран от човека физичен процес.



Фиг. 1. Носители на нобеловата награда по физика за 2023 година:
Пиер Агостини, Ференц Краус и Ан Л'Юлие

Кратки биографични данни и основни приноси на носителите на нобеловата награда за 2023 година, в кратък ретроспективен порядък на научните им постижения, съгласно позицията изразена от Нобеловия комитет.

Ан Л'Юлие. Родена е през 1958 година в Париж, Франция; получава докторска степен през 1986 година от университета Пиер и Мария Кюри, Париж, Франция; към момента на получаване на нобеловата награда е професор в университета Лунд, Швеция. През 1987 година, групата на Ан Л'Юлие установява, че при преминаването на интензивни свръхкъси лазерни импулси през инертен газ се генерират висши хармонични на лазерното лъчение в много широк спектрален диапазон [2].

Пиер Агостини. Роден е през 1941 година в Тунис (тогава френски протекторат); получава докторска степен през 1968 година от университета "Aix-Marseille", Франция; към момента на получаване на нобеловата награда е професор в университета на Охайо, САЩ. През 2001 година [3], групата на Пиер Агостини успява да генерира и изследва серия от светлинни импулси всеки от които с продължителност около 250as . Тези импулси са резултат от фазово синхронизирани висши хармонични, генерирани като нелинеен процес при фокусиране на мощни фемтосекундни лазерни импулси в струя от атомен газ. Пиер Агостини е свързан и със създаването на метод за характеризиране на аттосекундни импулси известен като "*Reconstruction of attosecond beating by interference of two-photon transitions*" или, накратко, RABBIT [3].

Ференц Краус. Роден е през 1962 година в Унгария; получава докторска степен през 1991 година от Технологичния университет на Виена, Австрия; към момента на получаване на нобеловата награда е директор на института Макс Планк по квантова оптика, Гархинг, и професор в университета Лудвиг-Максимилиан, Мюнхен, Германия. През 2001 година групата на Ференц Краус за пръв път генерира изолиран, единичен, аттосекунден светлинен импулс с продължителност 650as [4].

2. Какво се случва в аттосекундната временна скала и защо са ни нужни аттосекундни светлинни импулси?

Всеки физичен процес, при определени условия, има типично характерно време на развитие. Процесите в микросвета, по-специално тези в атомите и молекулите, имат своите характерни времена на развитие. Някои от най-важните и най-интересните от тези процеси попадат във фемтосекундната и аттосекундната временна област. Така например, типичното време на трептене на атомите в молекулите попада във фемтосекундната временна област. Периодът на трептене при най-леките атоми, тези във водородната молекула, е около 7fs ($1\text{fs}=10^{-15}\text{s}$) и нараства с увеличаване на масата на молекулите. Най-бързи процеси в атомите и молекулите са свързани с движението на електроните. Ако приемем за критерий (в рамките на старата квантова механика) времето за *борово орбитиране* на електрона в основното състояние

на водородния атом, то е приблизително $150as$. За да имаме задоволително времево разрешение на процесите, на нас ни трябва поне на един порядък по-къси импулси от характерните времена на тези процеси. Следователно, за да изследваме динамиката на електроните в атомите и молекулите, на нас ни трябва светлинни импулси дълбоко в аттосекундната област.

Най-перспективният, засега, подход за генерация на аттосекундни импулси е базиран на генерацията на висши хармонични на честотата на мощни къси лазерни импулси. Това е много силно нелинеен процес и за неговата ефективна реализация са необходими много интензивни лазерни импулси, от порядъка на $10^{15}W/cm^2$. Това обикновено води до генерацията на периодична във времето последователност от импулси от висши хармонични, породени от съответните осцилации на лазерното поле. Такава поредица от импулси не е много подходяща за прецизни метрологични изследвания, тъй като не е ясно кой точно от импулсите от поредицата е иницирал даден физичен процес. Ето защо е нужно генерирането на единични импулси от висши хармонични с аттосекундна продължителност. Това налага още по-строги изисквания към *началните светлинни импулси*, те трябва да са едновременно много интензивни (от порядъка на $10^{15}W/cm^2$) и много къси (от порядъка и по-къси от 10fs). Генерирането на импулси с подобни параметри става възможно благодарение на едно продължително развитие на лазерната физика и лазерните технологии.

3. Генерацията на аттосекундни импулси – най-висшият акорд в развитието на лазерната физика.

Генерацията на аттосекундни импулси, за които е присъдена Нобеловата награда по физика за 2023 година, не е еднократен акт на определено научно откритие, а представлява кулминацията на един продължителен период на научни изследвания и ключови научни и технологични открития, чието начало можем да проследим назад във времето до създаването на самите лазери. За някои от възловите етапите на тези научни изследвания също са присъдени Нобелови награди по физика. По-долу ще отбележим накратко някои от най-важните постижения в развитието на лазерната физика и лазерните технологии направили възможно генерирането на аттосекундни светлинни импулси.

◆ Създаването на оптичните квантови генератори на кохерентно лъчение - лазерите. *Нобелова награда по физика за 1964 година на Чарлз Таунс, Николай Басов и Александър Прохоров*

◆ Създаване на режима на синхронизация на модовете на лазерното лъчение, позволяващо генерация на мощни свръхкъси пикосекундни а по-късно и на фемтосекундни лазерни импулси.

◆ Създаване на принципите на нелинейната оптика. *Нобелова награда по физика за 1981 година на Николаас Бломберген (един от създателите на нелинейната оптика) и Артър Шаулоу (официално, за техният принос за*

развитие на лазерната спектроскопия) заедно с Кай Зигбан (за неговият принос за развитие на електронната спектроскопия с високо разрешение).

◆ Въвеждане на лазерите на титан сапфир (основен лазер за генерация на свръхкъси и мощни светлинни импулси) и на подходящ механизъм за синхронизация на модовете на тези лазери.

◆ Създаване на метод за стабилизация на лъчението на лазерите. *Нобелова награда по физика за 2005 година на Джон Хол и Тиодор Хени за разработването на метод за стабилизиране на абсолютната фаза на ултракъси импулси и за използването им за спектроскопия с безпрецедентно висока точност.*

◆ Създаване на метод за усилване на свръхкъси лазерни импулси. *Нобелова награда по физика за 2018 година на Дона Стрикланд и Жерар Муру.*

Цитираните по-горе базови постижения на лазерната физика и технологии, и не само те, правят възможно генерирането на аттосекундни импулси, за което е присъдена Нобелова награда по физика за 2023 година, а именно:

◆ Разработване на експериментални методи за генерация на аттосекундни светлинни импулси за изследване на динамиката на електрони в материята. *Нобелова награда по физика за 2023 година на Пиер Агостини, Ференц Краус и Ан Л'Юлие.*

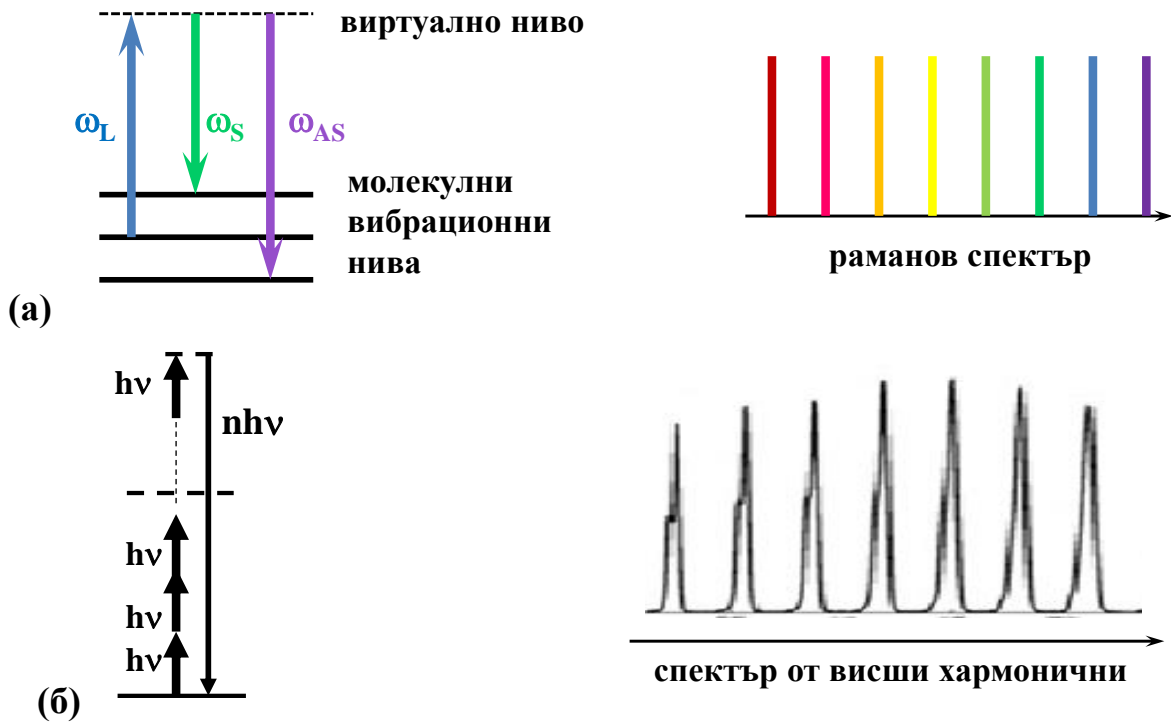
4. Генерация на аттосекундни импулси чрез висши хармонични.

Основно изискване при генерацията на свръхкъси импулси (фемтосекундни, аттосекундни, ...) е генерирането на широк спектър от фазово-синхронизирани спектрални компоненти на електромагнитното поле. Продължителността на генерираният импулс τ е от порядъка на реципрочната стойност на генерирания спектър $\Delta\omega$ (при фазова съгласуваност на спектралните компоненти), т.е., $\tau \sim (\Delta\omega)^{-1}$. Най-често, това е спектър с еквиливантни компоненти. Засега са известни два метода за генерация на широк еквиливантен спектър: (i) каскадно Раманово разсейване, Фиг.2(а), и (ii) генерация на висши хармонични, Фиг.2(б). Генерация на аттосекундни импулси на този етап е реализирана единствено на базата на метода на генерация на висшите хармонични. Оригиналната английска терминология е *high harmonic generation* (HNG).

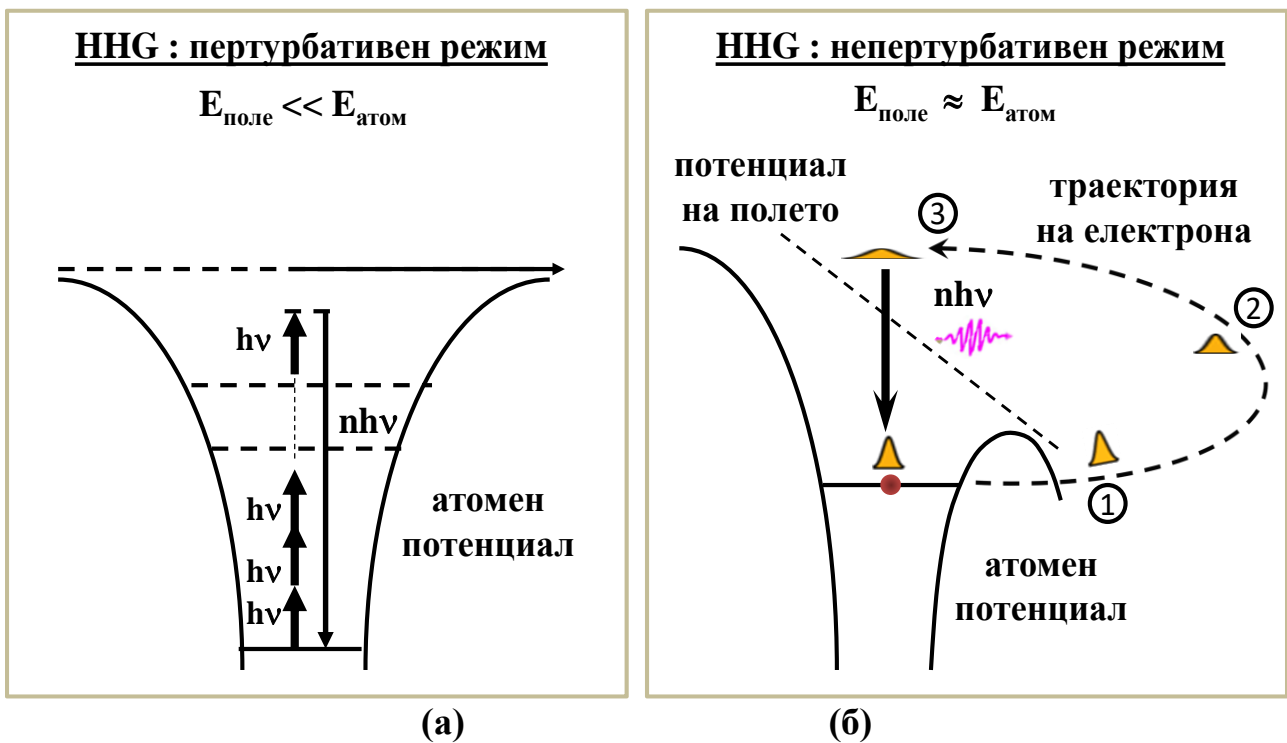
Генерацията на хармонични е един от основните и добре установени методи на нелинейната оптика за получаване на кохерентно лъчение в спектрални области, където лазерните източници обикновено не могат да генерират директно. Генерацията на висши хармонични, по същество, е генерация на хармонични, но от много по-висок порядък, без да има строга граница между тях. Съществуват два основни режима при генерацията на хармонични: (i) *пертурбативен* и (ii) *непертурбативен* режим, Фиг.3(а) и Фиг.3(б), съответно.

Конвенционалната генерация на хармонични се извършва в *пертурбативен режим*. В пертурбативен режим, лазерното поле е много по-слабо от вътрешно-атомното поле и практически не променя атомния потенциал, Фиг.3(а).

Генерацията на хармонични в този случай се извършва изцяло вътре в атома, Фиг. 3а.



Фиг. 2. Основни методи за генерация на широк екидистантен спектър: (а) каскадно раманово разсейване , (б) генерация на висши хармонични.



Фиг. 3. Режими на генерация на висши хармонични: (а) пертурбативен режим , (б) непертурбативен режим.

Фиг. 3а. При този процес n -лазерни фотона с енергия $h\nu$ се унищожават и едновременно с това се ражда нов фотон с енергия $nh\nu$, което на практика е процесът на генерация на хармонични на микрониво. Продължителността на импулса на хармоничните в този случай е от порядъка на продължителността на възбуждащия лазерен импулс, с известно скъсяване поради факта, че нискоинтензивните предни и задни фронтове на лазерния импулс не се преобразуват ефективно в хармонични поради нелинейността на процеса.

Генерацията на висши хармонични се извършва в непертурбативен режим. В непертурбативен режим, лазерното поле е съизмеримо с вътрешно-атомното поле и много силно променя атомният потенциал, Фиг.3(б). Създава се условие за значителна вероятност за тунелиране на атомния електрон през формираната се потенциална бариера с крайна височина и крайна дълбочина. В резултат, атомният електрон напуска атома и се движи в континуума, но не остава свободен, а неговото движение се управлява от кулоновия потенциал на атомния остатък и осцилиращото лазерно поле. Поради осцилацията и алтернативната смяна на посоката на лазерното поле на всеки полупериод, картината на Фиг.3(б) се мени в съответствие с посоката на това поле.

Можем да различим три основни етапа в динамиката на атомния електрон свързан с генерацията на висши хармонични, Фиг.3(б).

1. *Тунелиране* на атомния електрон през потенциалната бариера и попадането му в континуума зад бариерата.

2. *Ускоряване* на тунелирания електрон в континуума под въздействие на кулоновото поле на атомния остатък и лазерното поле и връщане обратно към атомния остатък след обръщане на фазата на осцилиращото лазерно поле. През този етап, електронът се ускорява и акумулира значителна енергия.

3. *Рекомбинация* на електрона с атомния остатък и излъчване на акумулираната от електрона енергия от предходния етап под формата на високо енергетичен квант когато вълновата функция на електрона съществено се припокрива с вълновата функция на изходното състояние на електрона в атома преди тунелирането. Това е моментът когато имаме максимална вероятност за квантов преход на електрона от континуума към изходното му свързаното състояние.

Последният етап представлява именно генерация на висши хармонични в непертурбативен режим. Както се вижда, Фиг.3(б), електронът при този механизъм прекарва по-голяма част от времето извън атома, където има нищожна вероятност за излъчване. Значителна вероятност за излъчване има само когато електронът се върне отново в атомния остатък, етап.3. Времето за което електронът може да излъчи високоенергетичен квант преминавайки покрай изходното квантово състояние (около нулевата стойност на полето) е много кратко и представлява много малка част от периода за осцилация на лазерното поле. При дължина на вълната от около 800nm на лазера на титан-сапфир (основният лазерен източник използван при тези процеси), периодът на осцилация на лазерното поле е около $2.5fs$. Това показва, че висшите

хармонични могат да се излъчат в един много кратък времеви прозорец, който попада в аттосекундната област. Следователно, генерацията на аттосекундни импулси чрез метода висшите хармонични е обусловена от самия механизъм на излъчване.

Не винаги етап 3 завършва с излъчване на високо-енергетичен квант, т.е., води до генерация на висши хармонични. Тъй като това е вероятностен квантовомеханичен процес, много често етап 3 завършва с разсейване за електрона и излизането му извън цикъла на излъчване. Всъщност, генерацията на висши хармонични е процес с много малка вероятност и генерираните висши хармонични имат на много порядъци по-нисък интензитет от възбуждащите ги мощни фемтосекундни лазерни импулси.

Излъчването на висши хармонични се разглежда като вид спирачно лъчение от силно ускорения електрон от полето. Управлявайки по подходящ начин динамиката на движение на тунелиралния електрон ние можем да влияем върху характеристиките на генерираните висши хармонични, променяйки техния спектър, времева структура на излъчването (излъчване на серия от аттосекундни импулси или единичен аттосекунден импулс), продължителност на индивидуалния аттосекунден импулс и т.н.

Най-късият генериран досега аттосекунден импулс се приема че е $53as$.

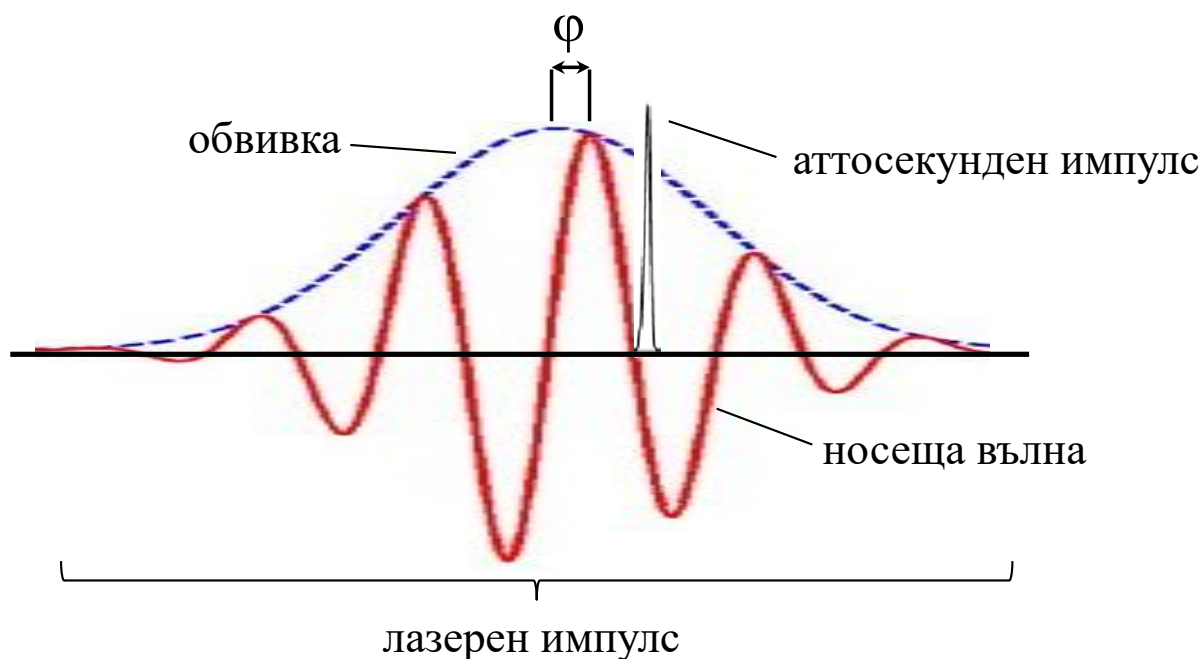
5. Методи за генерация на стабилен единичен аттосекунден импулс.

За изследване на динамика на свръхбързи физични процеси като, например, динамиката на електроните във веществото (атоми, молекули, кондензирана материя) са необходими единични аттосекундни импулси с висока степен на стабилност във времето спрямо възбуждащите ги лазерни импулси. Това налага специални изисквания към възбуждащите лазерни импулси. В противен случай обикновено се генерира серия от аттосекундни импулси с флуктуации във времето им на излъчването.

За генерация на стабилен единичен аттосекунден импулс са разработени и се прилагат методи/технологии които се основават на следния основен принцип: всеки от етапите на генерация на висши хармонични се модифицира така, че да работят ефективно само за време допускащо генериране само на един аттосекунден импулс. Някои от най-популярните методи са споменати накратко по-долу.

◆ *Скъсяване на продължителността на възбуждащия фемтосекунден лазерен импулс до няколко осцилации на носещата вълна.*

Поради много високата нелинейност на процеса на генерация на висши хармонични, последните се генерират ефективно само от най-интензивните осцилации на лазерното поле. Ако продължителността на лазерния импулс е само няколко осцилации (например две-три) на носещата вълна, висши хармонични се генерират ефективно само от тази осцилация на полето, която е с най-голяма амплитуда. Това най-силно се проявява когато амплитудата на



Фиг. 4. *Аттосекунден импулс и възбуждация лазерен импулс.*

най-интензивната осцилация на носещата вълна съвпадне с амплитудата на обвивката, т.е., когато "абсолютната" оптическа фаза φ е равна на нула, Фиг.4.

◆ *Контрол на поляризацията на възбуждация фемтосекунден лазерен импулс.*

Този подход за генерация на единичен аттосекунден импулс се базира на факта, че линейната поляризация връща електрона обратно към атомния остатък с голяма вероятност за рекомбинация и излъчване на аттосекунден импулс, докато елиптичната поляризация отдалечава електрона от атомния остатък и елиминира тази възможност. Това позволява чрез специално генериран лазерен импулс, който има линейна поляризация само около една осцилация на полето, да генерира аттосекунден импулс от връщащият се към атомния остатък тунелирал електрон само от тази осцилация, докато елиптичната поляризация в останалата част от лазерния импулс ускорява тунелиралите електроните по траектории встрани от атомния остатък и не водят до генерация на допълнителни аттосекундни импулси.

◆ *Контрол на стабилността на абсолютната фаза (фазата между обвивката и носещата вълна) на възбуждация фемтосекунден лазерен импулс.*

За прецизни метрологични измервания са необходими не само единични аттосекундни импулси, но и стабилност (синхронизация във времето) на генерация на тези аттосекундни импулси спрямо възбуждащите ги фемтосекундни лазерни импулси. Липсата на подобен контрол води до аттосекундни импулси, които флукутират във времето много повече от тяхната собствена продължителност. Това силно понижава прецизността на временните измервания с такива импулси.

6. Заключение

Генерацията на аттосекундни светлинни импулси представлява огромен скок в развитието на експерименталните методи за изследване на временната динамика на най-бързите физични процеси, които протичат в градивните структури (атоми, молекули, кондензирана състояние) на познатите ни материя. Резултатите от прилагане на тези технологии в реални експерименти се очакват с голям интерес, тъй като биха спомогнали не само за по-доброто разбиране на конкретните физични процеси, но биха могли да дадат и голям тласък за развитие на съществуващите физични теории.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] The Nobel Prize in Physics 2023, Press release, NobelPrize.org.
- [2] M. Ferray, A. L'Huillier, X. F. Li, L. A. Lompre, G. Mainfray and C. Manus, *J. Phys. B*, **21** L31 (1988)
- [3] P. M. Paul, E. S. Toma, P. Breger, G. Mullot, F. Auge', Ph. Balcou, H. G. Muller, P. Agostini, *Science*, **292**, 1689-1692 (2001)
- [4] M. Hentschel, R. Kienberger, Ch. Spielmann, G. A. Reider, N. Milosevic, T. Brabec, P. Corkum, U. Heinzmann, M. Drescher and F. Krausz, *Nature*, **414**, 509-513 (2001)

ЗА ФИЗИКАТА ПРЕЗ 2023 Г.: ОТ ГАЛИЛЕЙ ДО ОПЕНХАЙМЕР

Сашка Александрова

Факултет по приложна математика и информатика, Технически университет-София,
e-mail: salex@tu-sofia.bg

Резюме: За физиката изминалата 2023 г. беше вълнуваща с много открития и пробиви в различни области – от изследване на произхода на Вселената до разработването на нови технологии за здраве и енергия – като разшири познанията ни и подобри живота ни по невероятни начини. В настоящата статия представяме някои от акцентите на годината по физика, представени от авторитетни издания и сайтове за наука.

Ключови думи: редуccionизъм, възникване, материя.

1. Увод

Ако разгледаме хронологията на развитие на физиката, а и на всяка друга наука, обикновено в даден момент в дадена област се наблюдава откритие, резка внезапна поява на нов факт или факти, резултат на експериментални или теоретични търсения. Тези факти привличат изследователите, натрупват се данни, хипотези, теории и основите са положени. По-нататък следват повече или по-малко продължителни периоди на осмисляне, споделяне, надграждане, подобряване с изход в практиката или към нови идеи и посоки на развитие, и така до следващото откритие.

Какво се случи във физиката през 2023 г.? Бяхме ли свидетели на епохални открития, на пробиви в отделни направления, имаше области от физиката, които особено силно да привличат изследователите?

2. Подбор и класация на постиженията по физика

Началото на всяка година е време за равносметки, за обръщане на поглед назад, за да се види по-общо картината, която ни оставя старата вече отишла си година. Можем ли да преценим кои са най-съществените постижения за изминалата година? Какъв метод на подбор да изберем? Каквато и класация да предложим, от разстояние във времето може да се окажат други, които сме пропуснали.

Различни институции публикуват класации на постижения и открития и други [1 – 3]. Традиционно група редактори от авторитетното списание *Physics World* след преглед на стотици публикувани резултати от изследвания избират 10, които определят като пробиви във физиката през съответната година. За 2023 г. резултатите са от всички области на физиката, като варират от

изследвания в астрономията и медицинската физика до квантовата наука, атомната физика и др. [1]. Информация за тези постижения е публикувана през годината на уебсайта на списанието. Избраните публикации трябва да отговарят на следните критерии:

- Значителен напредък в знанието или разбирането на физичните явления.
 - Значение на работата за научния прогрес и/или разработването на приложения от реалния живот.
 - От общ интерес за читателите на *Physics World*.
- Тук представяме избрани постижения, които се надяваме да са от интерес за нашите читатели.

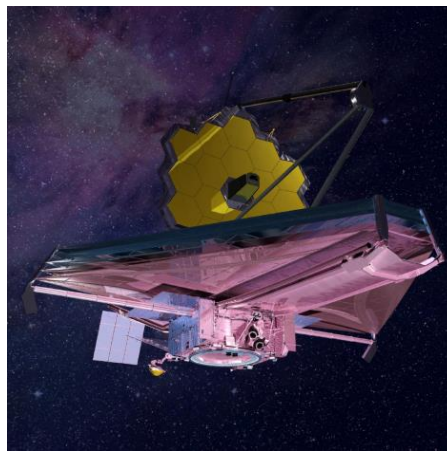
3. Резултати и обсъждане

3.1. От Галилео до „Джеймс Уеб“ (*James Webb Space Telescope – JWST*)

Първият жител на Земята, който е погледнал в небето през построения от него телескоп, е Галилео Галилей, професор от университета в Падуа. Това се случва през 1609 г. Телескопът е увеличение 30 пъти. Галилео прави подробно проучване на лунната повърхност, подробно описание на планините на повърхността на Луната, открива - Млечния път, 4 спътника на Юпитер, фазите на Венера и фазите на Луната. През 1610 г. публикува тези резултати в книга със заглавие *Sidereus Nuncius* (Звезден пратеник).



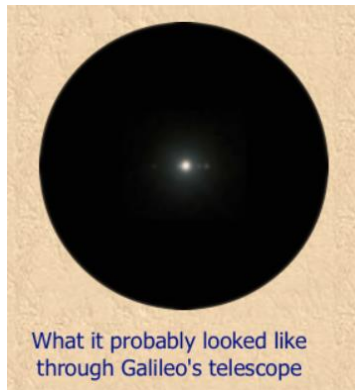
Фиг. 1. а. Модел на телескопа на Галилео



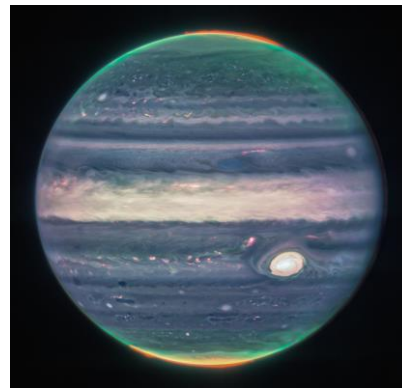
Фиг. 1. б. Космическият телескоп „Джеймс Уеб“ (*JWST*)

Космическият телескоп „Джеймс Уеб“ (*JWST*), пуснат в орбита в края на 2021 г., продължи да разкрива тайните на Вселената и през 2023 г., наблюдавайки най-старите звезди, най-отдалечените галактики и междувезденните ледени облаци, които могат да крият живот. *JWST* е най-мощният и сложен космически телескоп, създаван някога, с 6,5-метрово огледало и четири сложни апаратури, които могат да улавят инфрачервена

светлина от най-отдалечените и древни региони на Космоса. През 2023 г. потокът от открития продължава.



Фиг. 2. а. Как би изглеждал Юпитер през телескопа на Галилео

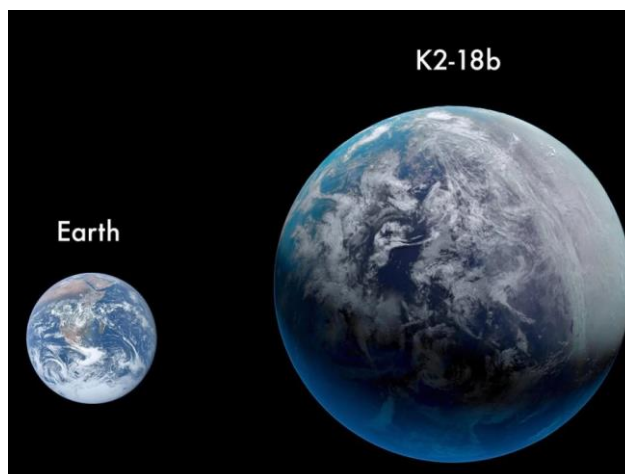


Фиг. 2. б. Юпитер през космическия JWST

JWST позволява да се погледне във времето дори по-назад от формирането на Слънчевата система, а именно към ранните дни на Вселената. Инфрачервени камери са толкова чувствителни, че откриват дори слабата светлина на изключително далечни галактики, които са били на път към нас в продължение на много милиарди години. За да направят такива далечни обекти видими, изследователите използват така наречения ефект на гравитационна леща. Втора галактика – гледана от Земята, лежи пред изследваната галактика – действа като лупа: нейната гравитация отклонява светлината и по този начин увеличава изображението. Миналата година първите изображения, които космическият телескоп успя да направи на далечни галактики, развълнуваха както експертите, така и обществеността: те не само предложиха резки и впечатляващи изображения – те също така поставиха под въпрос познанията ни за развитието на Космоса.

3.2. Открита екзопланета, на която може да има условия за живот

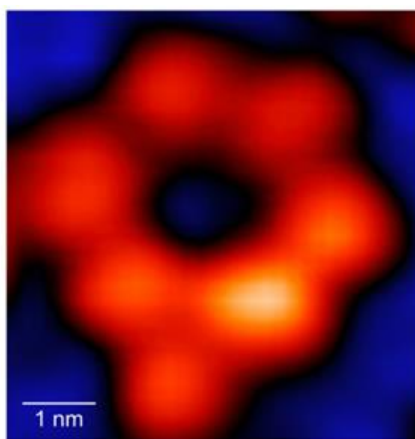
Екип от астрономи от Великобритания и САЩ, с помощта на JWST изследва планета K2-18b [3] като потенциален обитаем свят. Планетата, първоначално открита с космическия телескоп „Кеплер“, има 8,6 земни маси и 2,6 земни диаметра. Огромен свят, покрит с течна вода с предимно водородна атмосфера, K2-18b обикаля около звездата червено джудже на 120 светлинни години от Земята. Атмосферата ѝ е химическа смес, която показва наличието на течна вода, основна съставка, необходима за поддържане на живот. Намерени са следи от молекулата диметилсулфид, която на Земята възниква само от живи същества. Нужни са обаче още доказателства за нейното присъствие. Това може да се превърне в първия хищански (водород + океан) свят, открит някога, и първия случай на течна вода на планета, обикаляща около звезда [4].



Фиг. 3. Сравнение на Земята и K2-18b
(<https://www.reddit.com/r/spaceporn/comments/>)

3.3. Първото рентгеново изображение на единичен атом

Сътрудници на Аргонската национална лаборатория в САЩ (*Argonne National Laboratory*) успяват да получат изображение на единичен атом използвайки рентгенови лъчи от синхротронен източник [1]. Доскоро най-малкият размер на пробата, който можеше да бъде анализиран с помощта на синхротронна рентгенова сканираща тунелна микроскопия, беше атограм, което е около 10 000 атома. Това е така, защото рентгеновият сигнал, произведен от един атом, е изключително слаб и конвенционалните детектори не са достатъчно чувствителни за да го детектират.

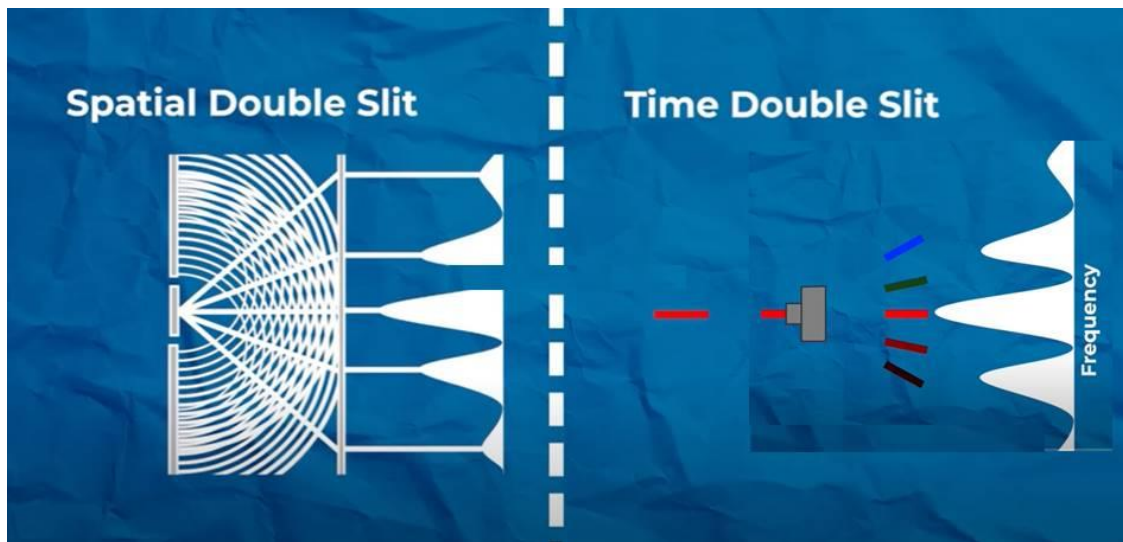


Фиг. 4. Изображение на пръстеновидна молекулна структура, съдържаща само един железен атом (<https://arstechnica.com/science/2023/05/this-is-the-first-x-ray-taken-of-a-single-atom/>)

За решаване на проблема екипът добавя остър метален накрайник към конвенционален рентгенов детектор, който се поставя само на 1 nm над изследвания образец. При движение на острието по повърхността на образца електроните тунелират през пространството между тях, създавайки ток, характеристичен за всеки елемент.

3.4. Двоен процеп във времето

Учени от Имперския колеж в Лондон (*Imperial College London*) възпроизвеждат класическия експеримент с двоен процеп, използвайки лазери, но с процепи във времето, а не в пространството [1, 5, 6]. Опитът от XIX век за интерференцията на светлинни вълни от Томас Юнг е един от най-емблематичните експерименти в историята на физиката и дава фундаментална подкрепа на вълновата теория на светлината. Докато този експеримент и други като него включват дифракция на светлината през двойка тесни процепи в пространството, изследователите показват, че е възможно да се постигне еквивалентен ефект с помощта на двойка процепи във времето. Те установяват, че интерференцията се случва между вълни с различни честоти вместо различни пространствени позиции. Работата може да има различни приложения като оптични превключватели за обработка на сигнали и комуникация или в оптични изчисления. Резултатите имат значение за разбирането за фундаменталната природа на светлината и нейните взаимодействия с материалите.



Фиг. 5. Изображение на пръстеновидна молекулна структура, съдържаща само един железен атом (<https://arstechnica.com/science/2023/05/this-is-the-first-x-ray-taken-of-a-single-atom/>)

3.5. Мюонът и Стандартният модел

Изследователи от Националната ускорителна лаборатория Ферми (*Fermi National Accelerator Laboratory*), колаборацията от проекта *Muon g-2*, обявиха резултатите от ново измерване на аномалния магнитен момент на мюона с точност 0,20 ppm, два пъти по-голяма от предишните експерименти от преди 2 години [1, 3, 6]. Основната цел е да се тества валидността на Стандартния модел. Всяко несъответствие между действителните измервания и теоретичните стойности може да означава, че Стандартният модел е непълен и

се нуждае от преразглеждане. Определената стойност е $a_{\mu}=116\,592\,055(24)\cdot 10^{-11}$ [7].

Подробно за свойствата на мюона и дългогодишните опити за точното измерване на a_{μ} може да прочетете в „Светът на физиката“, бр. 3, с. 264 (2010) и бр. 1, с. 34 (2022). Аномалният магнитен момент може да се изрази чрез жиромагнитното отношение g_{μ} на мюона – $a_{\mu}\equiv(g_{\mu}-2)/2$. Теоретичната стойност на g_{μ} според Стандартния модел е 2.

Експериментите обаче дават друга стойност, т.е. определената аномалия е положителна, $g_{\mu}>2$. Този факт дава името на проекта за измерване на аномалния магнитен момент *Muon g-2* (чете се g минус 2). Експериментаторите на *Muon g-2* изследват прецесията на мюони, циркулиращи в постоянно външно магнитно поле. Прецесията на мюона се определя от магнитния момент на частицата или от това как мюоните се ориентират по магнитните полета.

Разликата между изчислената и измерената скорост на прецесия подсказва, че може да има някаква все още неоткрита частица или сила, засягаща мюоните.

Предстои анализ на статистическата грешка, включвайки всички експериментални данни за шестте години работа на проекта. Теоретиците ще актуализират теоретичната стойност на мюонната магнитна аномалия. Окончателните резултати се очаква да бъдат обявени през 2025 г. за потвърждаване дали разликата между теорията и експеримента е статистическа случайност или причината е отвъд Стандартния модел.

3.6. Пробив в термоядрената енергетика

Ядреният синтез е процесът, който захранва Слънцето и звездите. В продължение на десетилетия идеята за възпроизвеждане на ядрен синтез на Земята като източник на енергия на теория би могла да задоволи всички бъдещи енергийни нужди на планетата. Постижението е за работа, извършена в Националната лабораторията по запалване (*National Ignition Facility*) на Националната лаборатория Лорънс Ливърмор – САЩ (*Lawrence Livermore National Laboratory*) в края на 2022 г. и съответно, не влиза в списъка на пробивите за годината. На 13 декември 2022 г. физици от лабораторията обявяват постижение, очаквано от десетилетия – генерирането на повече енергия от реакция при контролиран ядрен синтез, отколкото е необходима за задвижване на реакцията. При експеримент извършен на 5 декември 2022 г., лазерният импулс от 192 високоенергийни лазера, освобождава 3,15 млн. джаула (MJ) енергия от малка пелета, съдържаща два водородни изотопа, в сравнение с 2,05 MJ вложена енергия от лазерите [1, 8, 9]. В течение на 2023 г. резултатът е потвърден при още три експеримента. Това постижение бележи важен момент в историята на лазерния термоядрен синтез и се очаква да проправи пътя за бъдещ напредък в областта на ядрената енергетика. Както казват авторите на постижението, популярната шега в продължение на много десетилетия в изследванията на термоядрения синтез е, че „от ядрения синтез е

след 20 години и винаги ще бъде“, вече не е актуална. Основните етапи на запалване на термоядрения синтез и печалба на енергия, по-голяма от единица (т.е. „научна рентабилност“) са в минало време.

И накрая, да споменем Роберт Опенхаймер, известен на широката публика като „бащата на атомната бомба“. Той, разбира се, има отношение и към термоядрения синтез, но тук искаме да споменем филма „Опенхаймер“. Този умопомрачителен тричасов исторически епос предизвика силния интерес на публиката и беше отличен с Наградата на Американската асоциация за филмово изкуство, популярна като наградата „Оскар“, и то в конкуренция с филми, които традиционно се харесват, като филма „Барби“. Нека приемем този факт като признание на авторитета на науката.

4. Заключение

Представените в настоящата статия открития може да не променят живота ни веднага. След време може да се окаже, те са пропуснати резултати, които биха довели до съществени пробиви във физичните ни представи за света и да доведат до нови, неочаквани приложения.

ЛИТЕРАТУРА

[1]<https://physicsworld.com/a/physics-world-reveals-its-top-10-breakthroughs-of-the-year-for-2023/>

[2]<https://space.mit.edu/physics-world-reveals-its-top-10-breakthroughs-of-the-year-for-2023/>

[3]<https://www.inverse.com/science/most-mind-blowing-science-breakthroughs-2023>

[4]<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/acf577>

[5]<https://www.imperial.ac.uk/news/244037/double-slit-experiment-that-proved-wave-nature/>

[6]<https://phys.org/news/2023-11-muon-g-positive-anomalous-magnetic.html>

[7]<https://arxiv.org/abs/2308.06230>; Phys. Rev. Lett. 131, 161802

[8]<https://lasers.llnl.gov/news/tracing-the-steps-to-llnls-fusion-breakthrough>

[9]<https://journals.aps.org/rmp/abstract/10.1103/RevModPhys.95.025005>

КАТАПУЛТНИ СИСТЕМИ ВЪВ ВОЕННАТА АВИАЦИЯ

Камен Граматиков

Факултет по транспорта, ТУ-София, бул. „Кл. Охридски“ №8, София 1000

email: kgramatikov@tu-sofia.bg

***Резюме:** Бурното развитие на авиацията е съпътствано от нейната активна употреба в човешките конфликти през историята. Една от системите на летателните апарати, която често бива пренебрегната е именно катапултираща. Започнала като относително семпла концепция, тя претърпява значителни промени до достигане на съвременните си вид и характеристики, като през това време е спасила хиляди човешки животи.*

Ключови думи: катапултиране, ускорение, въздушен поток, претоварване

1. Основни цели

Задачата на този реферат е да обхване:

- обстоятелствата около създаването и развитието на катапултните системи;
- основните сили, които влияят върху пилота преди и по време на катапултиране, както и последствията от тях;
- механизмът на действие на катапултните системи;
- ефектът от тяхното въвеждане върху съвременната авиация.

2. Исторически контекст

Още в ранните години на 20-ти век, бурното развитие на авиацията, неизбежно обвързва нейното бъдеще с това на военното дело. Виждайки новите хоризонти, които тя разкрива пред човечеството, държави от целия свят се надпреварват да влагат средства както в технологични разработки свързани с летателните си апарати, така и в уменията на авиаторите си. Първата световна война опитно доказва на всички участващи в нея страни, че макар производството на самолети да е жизненоважно за изграждане на ефективни въздушни сили, набирането, подготвянето и запазването на човешкият ресурс също е фактор, който играе ключова роля в потенциален конфликт. Всеки един военен пилот преминава през много часове теоретично и практическо обучение като неговата потенциална смърт, освен лична трагедия, се превръща и в значителна загуба за страната му, от икономическа гледна точка. Именно по тази причина, с течение на времето все повече държави осъзнават колко важно е да запазят авиаторите си живи дори в разгара на най-ожесточената битка.

Първоначалната концепция за измъкване на екипажа е била относително семпла – пилотът, след като прецени, че по една или друга причина не е в състояние да приземи самолета, който управлява, напуска мястото си, скача от

него, след което активира парашута на гърба си и контролирано се спуска до земната повърхност. Практиката обаче, с цената на много животи, е показала, че изпълнението на описаните действия често е изключително трудно или дори физически невъзможно, поради редица причини, които ще обсъдим в следващата точка. Всички тези фактори, допринасят за по-нататъшното развитие на катапултните системи, включително и тези, които виждаме в съвременното си. В резултат на натрупания опит, днес катапултната система е неразривна част от всеки един модерен изстребител и значително увеличава шанса на пилота да оцелее в рискована ситуация, дори когато самолетът се движи със свръхзвукова скорост или се намира в непосредствена близост до земята.

3. Сили и други фактори влияещи върху тялото на пилота по време на опит за катапултиране

3.1. Въздушен поток около самолета

При първите самолети обтичането на самолета не е играло ключова роля, тъй като скоростта на полета е била относително ниска. С развитието на все по-модернизирани варианти обаче, скоростта на летателните апарати и съответно на въздушния поток става значително по-висока. На този етап силата, която бива упражнявана върху опитващият да се измъкне от кабината пилот е достатъчна, за да го “приклеци” на едно място или да нанесе трайни, понякога смъртоносни щети (най-често върху шийните прешлени, тъй като главата е първата част от тялото, която попада под напора на въздушното течение).

3.2. Претоварване по различните ос

Логично е да се заключи, че след навлизане в неконтролиран полет, върху летателния апарат и екипажа могат да действат претоварвания, значително по-големи от обичайните при редовна експлоатация. Вследствие на това, на пилота ще бъдат нужни много повече усилия, за да изпълни процедурата по катапултиране.

3.3. Центробежни сили

В случай на попадане в свредел и други неблагоприятни за летателния апарат състояния, при които той започва неконтролирано да се върти около някоя от осите си, постоянната промяна на посоката на сумарното претоварване, освен че допълнително натоварва организма на пилота, може да доведе до загуба на пространствена ориентация и по този начин пряко да попречи на задействането на системата за катапултиране.

3.4. Невъзможност на пилота да използва крайниците си

Със същата ефективност поради нанесени рани, с оглед на конкретното приложение на катапултиращите системи във военната авиация, би било

неразумно този фактор да бъде пренебрегнат. Потенциалните поражения по тялото на пилота могат значително да ограничат неговите способности и да превърнат изпълнението на движения, считани за лесни в нормални обстоятелства, силно затруднено или невъзможно.

3.5. Риск от попадане в двигателите на самолета

Този риск е валиден при летателни апарати, чиито двигатели са разположени в задната част. При тях, непосредствено след като се е измъкнал от кабината, има значителен риск пилотът да бъде завлечен от потока, който влиза в двигателя, което гарантирано ще завърши със смъртен случай.

С оглед на изброените наблюдения стигаме до извода, че системата за катапултиране трябва да бъде проектирана по такъв начин, че при нужда да може да бъде задействана бързо, без значителни физически усилия от страна на пилота, но същевременно да остане достатъчно добре обезопасена, така че рискът от нейното спонтанно активиране да бъде сведен до физическия минимум.

4. Първоначални концепции за катапултиращи седалки

Прототипите на катапултиращите седалки датират от първите години на миналия век. За ускоряване на седалката във вертикално направление, първоначално са се използвали системи със сгъстен въздух, поради способността си много по-бързо да придават кинетична енергия на седалките, в сравнение с хидравличните си аналози.

Впоследствие, за по-голяма ефективност, биват разработени системи, опериращи чрез задействането на контролирана експлозия (на същия принцип, на който работят огнестрелните оръжия). Експлозивът се поставя в тръби, които са разположени зад седалката, успоредно на облегалката. В горния си край, тръбите са запечатани, а в долния – завършват с капачки, които при настъпване на експлозията “изхвърчат” под напора на разширяващия се въздух, а струята, насочена към пода на пилотската кабина, внезапно ускорява седалката нагоре, без да нанася значителни щети по тялото на пилота поради относително малкото количество експлозив, което е вложено в производството на седалката.

На изображението виждаме един от първите експерименти на производителя на катапултни седалки *Martin-Baker*, проведен с манекен, оборудван със сензори за претоварване (фиг.1).



Фиг. 1.

Целта е била да се постигнат максимално добри характеристики на катапултната система, а именно:

- Минимална и максимална височина на ефективно действие
- Простота на механизма за активация
- Поддържане на претоварванията в поносими за организма на

пилота граници

На следващото изображение виждаме установка за изпитване на катапултни седалки, този път с жив човек прикрепен към системата (фиг. 2).

С течение на времето и придобития опит, системите за катапултиране претърпяват допълнителни промени, които ще разгледаме в следващите точки.

5. Допълнителни подобрения. Катапултни системи Zero-zero

По време на Студената война, с навлизането на все по-бързи и маневрени самолети и преминаването на звуковата бариера, пред катапултните системи се издигат нови препятствия, които налагат както промени на досегашните елементи, така и въвеждането на изцяло нови компоненти. Някои от тези нововъведения са:



Фиг. 2.

5.1. Преминаване към ракетно задвижване на катапултната система

Макар до този момент практиката да е доказала, че използването на ограничено количество експлозив предоставя достатъчна кинетична енергия за успешното изхвърляне на пилота от кабината, това не решава всички проблеми. С цел да се понижи долната височинна граница за използване на катапултните системи, е нужно седалката и пилотът в нея да бъдат издигнати до по-голяма височина от която активирането на парашута и последващото спускане да бъдат изпълнени безопасно. На пръв поглед добавянето на допълнително количество експлозив е ефективно решение – взривната вълна не е увеличена достатъчно, за да причини значителни щети по тялото на пилота, а придаденото ускорение е по-голямо от досегашното.

Усложнението е от друг вид – поради внезапното увеличение на кинетичната енергия за толкова кратко време, претоварването върху тялото на пилота е с големина много над тази, които организма може да издържи (над 15 g). В такива обстоятелства, въпреки че процесът по катапултиране е завършил успешно, е твърде вероятно това да доведе до смъртта на пилота или перманентни щети по тялото му, които да прекъснат летателната му кариера (В повечето случаи става въпрос за тежки наранявания по прешлените на

гръбначния стълб, често водещи до парализа). Именно поради тази причина, проектантите са се насочили към нов метод за ускорение – ракетното задвижване. Макар то също да води до значителни претоварвания, те са много по-малки по размер, тъй като са равномерно разпределени в по-голям интервал от време в сравнение с катапултирането чрез експлозия. По този начин е възможно значително да бъде увеличен шансът за безопасното катапултиране на пилота дори при непосредствена близост на летателния апарат със земната повърхност

5.2. Смяна на локацията на задействащия механизъм

Първоначално той се е намирал над главата на пилота. Поставянето му там е с двойна цел:

1) Да бъде лесно достъпен (близо до ръцете на пилота).

2) При активирането му чрез издърпване, ръцете на пилота да бъдат в такава позиция, че да защитават главата и горната част на торса от потенциални рани от външни тела.

С нарастване на претоварванията, както по време на полет, така и непосредствено преди катапултиране, поставянето на ръцете по описания начин става все по-трудно за изпълнение поради физическите ограничения, които силите налагат. Това води и до преместването на механизма под седалката, с дръжката, предназначена за издърпване, разположена между коленете на пилота (възможно е и запазването на двете опции – както над главата, така и под седалката).

5.3. Въвеждане на ограничители на движението за крайниците на пилота

При катапултиране с висока скорост, съществува и друг риск, който досега не разглеждахме в този реферат. Въздушната струя, която започва да обтича пилота в момента, в който той напусне очертанията на кабината, е със скорост достатъчно висока, за да счупи или откъсне крайник, който не е плътно прикрепен към седалката. По тази причина съвременните седалки са оборудвани с допълнителни механизми, които да издърпат и впоследствие придържат краката на пилота към основата на седалката. Така, освен че предпазва тялото на пилота, системата поддържа центъра на тежестта (на седалката с пилота) в положение, което не предразполага към по-нататъшно преобръщане и улеснява маневрирането след като катапултирането е завършило успешно.

Катапултиращи седалки Zero-zero. Обсъдените промени пряко довеждат до нова възможност, считана за немислима в началото на ерата на катапултните седалки, а именно – катапултна система, която да работи както при 0 m височина, така и при неподвижен самолет. Освен обсъдените до този момент затруднения, друго препятствие при липса на въздушна скорост е ефективното

отваряне на парашута – за да бъде то такава е нужно обтичането на въздушния поток, който да го разтвори до максималните му размери. Като компенсация за липсата на въздушен поток при нулева скорост, в парашута е разположен експлозивен заряд, който да го разтвори след взривяването си, без да нанесе щети върху него. Важно е да отбележим, че е възможна комбинация от първоначална експлозия, която да бъде достатъчна, за да ускори седалката докато излезе извън кабината, последвана от употреба на ракетен двигател за допълнително издигане на седалката във височина.

6. Последователност на действията при катапултиране със съвременна седалка (Collins Aerospace ACES 5)

С цел да придобием по-добра и обективна представа за работата на катапултиращата система, ще проследим последователността от действия които биват извършвани в един конкретен модел (Collins Aerospace ACES 5), вкаран в експлоатация през 2022-ра година:

- 6.1.** Пилотът активира системата като дърпа дръжката, разположена между коленете му и сигналът бива изпратен нататък по веригата
- 6.2.** Сигналът достига до подсистемата за откачане на фанара
- 6.3.** Коланите прекарани върху гърдния кош на пилота се затягат
- 6.4.** Фанарът се разкача (и бива отнесен с помощта на въздушното течение)
- 6.5.** Задейства се катапултиращата система
- 6.6.** Активира се пасивната защита за главата и врата, която затиска брадичката на пилота към гърдния кош
- 6.7.** Активира се пасивната защита за ръцете, която не им позволява да бъдат отнесени от въздушното течение, в случай че пилотът не успее да ги задържи пред себе си
- 6.8.** Активира се пасивната защита за краката, която ги пристяга към основата на седалката
- 6.9.** Когато седалката е извън кабината, две тръби на Пито, разположени на нивото на главата на пилота се завъртат успоредно на въздушния поток
- 6.10.** Включва се допълнителна подсистема, която анализира новополучените данни за височина и въздушна скорост и на база на тях определя какъв ще бъде режимът на работа
- 6.11.** Задействат се допълнителни ракетни двигатели, които в комбинация със СТАРАС (**Stability Package**) контролират крена и тангажа на седалката.
- 6.12.** Активира се първият парашут, чиято функция е да намали хоризонталната скорост (тази стъпка се изпълнява само при катапултиране при голяма височина и скорост)
- 6.13.** Щом са достигнати оптимални височина и скорост, се активира вторият парашут (в случай, че катапултирането не е при голяма височина и скорост, автоматично се изпълнява тази стъпка)

6.14. Пилотът се отделя от седалката и продължава контролираното си спускане до земната повърхност. При нужда може да бъде активирано устройство за излъчване на локацията.



Фиг. 3.

На изображението на фиг. 3 наблюдаваме тестване на друга популярна съвременна катапултна система (Martin-Baker MK.18 отново от 2022-ра година). Обърнете внимание на позиционирането на крайниците на пилота. Въжетата, които се виждат зад седалката, я прикрепят към парашутите, които не са показани на снимката.

7. Други видове катапултиращи системи

Освен до момента разгледаните системи, ще разгледаме и няколко частни случая, които макар да заемат досега обсъдените методики, включват в себе си допълнителни елементи.

7.1. Катапултиране по посока на гравитацията

В някои случаи (например при риск от контакт между катапултиращ пилот и вертикалния стабилизатор) е възможно катапултиране от летателния апарат насочено към земната повърхност. В тази ситуация на придаденото ускорение не се налага да компенсира това породено от гравитацията, а се сумира с него. Системата е успешно приложена за седалките на част от екипажа при някои разпространени военни самолети (включително В-52), но поради същността си е несъвместима със концепцията за Zero-zero катапултни седалки, което прави нейното масово приложение невъзможно.

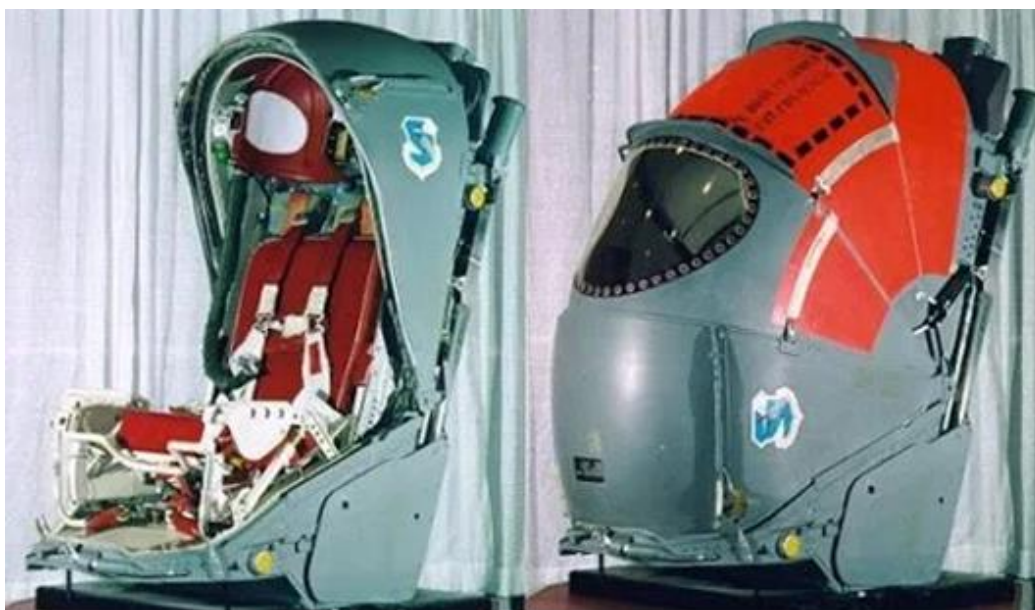
На изображението вдясно виждаме експеримент с такъв вид катапултираща седалка (фиг. 4). Обърнете внимание, че пилотът е в същата поза както при досега разгледаните случаи.



Фиг. 4.

7.2. Катапултиране при свръхзвукови самолети

При катапултиране със свръхзвукова скорост, силата упражнявана върху тялото на пилота е достатъчна, за да причини практически мигновена смърт. Именно по тази причина употребата на повечето катапултни седалки е ограничена в рамките на дозвуковия диапазон. През годините са създадени катапултни системи, които да “обгръщат” пилота, предпазвайки го по този начин както от напора на въздушния поток, така и от ниските температура и налягане.



Фиг. 5.

На изображението на фиг.5 виждаме пример за такъв тип катапултна седалка, използвана при свръхзвуковия В-58. Освен изброените си функции, тя е била заредна с провизии и допълнителна екипировка, които да позволят на пилота да оцелее продължително време в неблагоприятна среда, включително и на повърхността на океана.

7.3. Катапултиране при хеликоптери

Катапултирането при хеликоптерите се извършва по идентичен принцип, както разгледания в точка 6. Ключовата разлика се състои в неутрализирането на лопатите на носещия винт. За целта, при някои модели, най-известния от които Ка-52, е поставен експлозив в основата на лопатите, който се взривява преди фанарът да се е откачил, освобождавайки по този начин пътя за катапултирането на пилота (центробежните сили изместват лопатите радиално на носещия винт). Тази система не се е наложила масово, поради което повечето военни хеликоптери не разполагат с катапултиращи седалки.



Фиг. 6.

На изображението виждаме симулация на разкачането на лопатите на Ка-52 (фиг.6.).

8. Заключение

Катапултиращите системи, макар често да биват пренебрегвани при изучаването на авиационни предмети, представляват изключително обширна тема, която не може да бъде обхваната в рамките на един доклад. През десетилетията от изобретяването им, те са изминали изключително дълъг път в развитието си. Започнали като експеримент, целящ да спаси екипажа на относително бавнодвижещ се (според съвременните стандарти) самолет, те са се превърнали в изключително сложен и незаменим елемент на всеки модерен изстребител. Макар да включват в механизма си много, различни по вида си подсистеми, те са конструирани по такъв начин, че да работят ефикасно дори в най-неблагоприятните за това условия и да минимизират риска от смърт и перманентни щети по тялото на пилота. Към момента на съставяне на този

доклад, катапултните седалки на един от водещите производители (Martin-Baker) са спасили над 7500 човешки живота, по официални данни на компанията.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Science And Technology of Aircraft Seat Ejection: Advanced Concepts
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2022.2034267>
- [2] https://www.f-106deltadart.com/ejection_seat.htm
- [3] https://www.ejectionsite.com/frame_106.htm
- [4] Pilot extraction and ejection seat safety MiG-17F aircraft
<https://schultzairsthows.files.wordpress.com/2020/05/fighterjets-mig-17-extraction-card.pdf>
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Ejection_seat
- [6] History of Development of Martin Baker Ejection seats
https://web.archive.org/web/20130903154208/http://www.martin-baker.com/_pdfs/history_development_mk1-mk10_ejection_seats.pdf
- [7] <https://martin-baker.com/>
- [8] Collins Aerospace ACES 5® Next Generation Ejection Seat
<https://www.collinsaerospace.com/what-we-do/industries/military-and-defense/interiors/aces-5-next-generation-ejection-seat>

КВАНТОВИ КОМПЮТРИ

Гергана Целова

спец. Приложна математика и информатика, ФПМИ, ТУ-София, бул. "Кл. Охридски" №8,
София 1000, e-mail: gpelova@tu-sofia.bg

***Резюме:** В този доклад представя последните постижения в областта на квантовите компютри и техните приложения. Презентира също така анализ на текущите предизвикателства и възможните направления за бъдещо развитие на квантовите компютърни технологии.*

Ключови думи: квантови компютри, информатика, кубити, Файнман

1. Същност на квантовата информатика

Квантовата физика, теорията на информацията и компютърните науки са сред коронните интелектуални постижения на миналия век. Сега, на изгрева на двадесет и първи век, е в ход нов синтез на тези теми. Нововъзникващата дисциплина на науката за квантовата информация (Quantum information science) предоставя задълбочени нови прозрения за фундаментални проблеми, свързани както с изчисленията, така и с физиката. Разцветът на тази нова област през следващия век може да ни насочи към революционен напредък в технологиите и в нашето разбиране за физическата вселена.

Основните математически принципи на квантовата теория, които управляват всички известни физически системи, открити в природата, са установени преди близо 75 години. Рано се разбра, че тези принципи предполагат, че информацията, кодирана в квантовите системи, има странни и контраинтуитивни свойства, но систематичното изследване на квантовата информация започна изненадващо наскоро. Експлозивното скорошно развитие на квантовата информатика може да се отдаде на два съществени сходни фактора. Първо, задълбочаването на разбирането на класическата информация, кодирането, криптографията и изчислителната сложност, придобито през предходните десетилетия, постави основи, които са узрели за разширяване в квантовата сфера. Второ, докато днешните цифрови компютри обработват класическа информация, кодирана в битове, квантовият компютър обработва информация, кодирана в квантови битове или кубити. Две очевидни свойства на класическата информатика са, че тя може да се чете и копира, без да бъде нарушавана, и че състоянието на една съставна система може да бъде напълно специфицирано чрез уточняване на състоянието на всяка от нейните части.

2. Квантова информатика

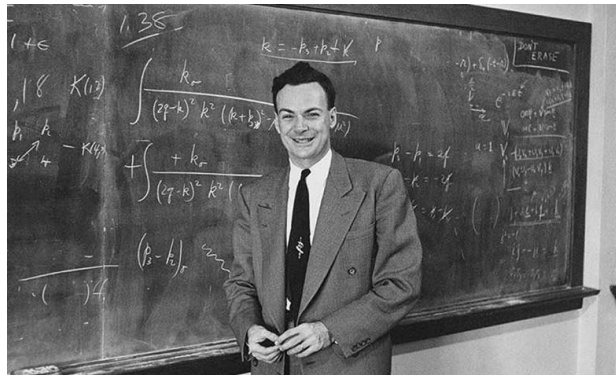
Ричард Файнман е сред първите учени, които засилват вниманието към необходимостта от разработка на квантови компютри. Неговия основен аргумент е, че обикновените "класически" компютри са неефективни при симулирането на квантови системи, което е важна задача за разбиране на различни физически явления на квантово ниво.

Класическите компютри работят с битове, които могат да бъдат в състояние 0 или 1, представлявайки двоична информация. Симулирането на квантови системи, които обикновено включват суперпозиции на състояния и квантова взаимодействия, изисква огромно количество изчислителна мощност. Такива симулации са изключително времеемки и неефективни при използването на класически компютри.

Файнман представя идеята, че квантовите системи могат да се симулират по-ефективно, ако използваме компютри, които също работят по квантови принципи. Квантовите компютри използват квантови битове (qubits), които могат да бъдат в състояние на суперпозиция, като това позволява едновременното представяне и обработка на повече информация отколкото е възможно с класически битове. През 1981 г., по време на конференция в Масачузетския технологичен институт (MIT), Ричард Файнман представя идеята за използване на квантовата механика в алгоритмите за симулиране на физически системи. Той се фокусира върху проблема за симулиране на сложни физически процеси като например взаимодействието на атомите и молекулите в материалите, като твърди, че този процес е труден и времеемък при използването на класически компютри. Предполага, че ако използваме квантови компютри с квантови битове (qubits) вместо класически битове, те биха могли да представят и обработват информацията на квантово ниво и така би се ускорил симулирания процес на физически системи. Това се дължи на два основни аспекта на квантовите системи:

Суперпозиция: Квантовите битове могат да бъдат в състояние на суперпозиция, което означава, че те могат да представят едновременно различни стойности (0 и 1) върху един и същи кюбит. Това позволява на квантовите компютри да обработват множество информационни стани същевременно, докато класическите компютри обработват един информационен бит на един момент.

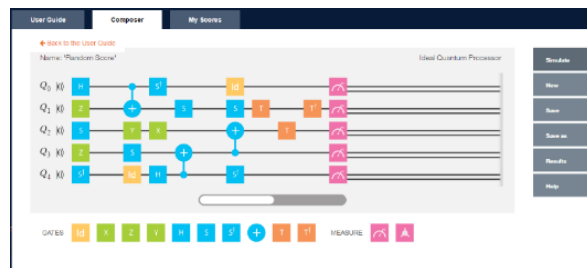
Квантови взаимодействия: Квантовите системи могат да се взаимодействат и обменят информация помежду си чрез явлението на квантовото заплитане. Това позволява на квантовите компютри да използват паралелни процеси и да решават някои проблема много по-ефективно отколкото класическите компютри.



Фиг. 1. Американският физик Ричард Файнман

3. Квантови компютри

След експерименталните успехи вече започва и развитието на квантовите компютри. През 2001 г. IBM представя първият си квантов компютър, наречен IBM Q, който е базиран на технологията на съединителните кубити на Джозефсонови съединителни кубити (Josephson junction qubits). Тя е една от ранните методи за създаване на квантови компютри, която използва квантовите битове върху суперпроводими вериги. В тази система кубитите се създават като суперпроводими контури с Джозефсонови връзки. Този вид кубити е много чувствителен към квантови свойства и може да представлява информацията с висока прецизност. IBM Q е първият квантов компютър, който е достъпен за публично използване чрез облачната услуга на IBM, наречена IBM Quantum Experience. Въпреки че IBM Q е ограничен в сравнение с по-новите и по-мощни квантови компютри, които са разработени след това, той е значим като първи стъпки в комерсиализирането на квантовите технологии.



Фиг. 2 (а) Квантовият компютър IBM Q; (б) IBM Quantum Experience

През септември 2019 г. Google обявява, че е постигнал "квантово надмощие" чрез използването на своя квантов компютър, наречен Sycamore. Този момент се счита за преломен в областта на квантовата информатика и е обект на голямо внимание и дискусии в научната общност.

Терминът "квантово надмощие" се отнася до момента, в който квантовият компютър извършва изчисление, което е значително по-бързо от това, което би било възможно с най-добрите класически компютри. В случая на Google Sycamore успява да реши специфична задача с времето за изпълнение около 200

секунди, което според техните изчисления би отнело на най-добрия класически суперкомпютър около 10 000 години да се постигне.

Изпълнението на квантовото надмощие е първоначално обявено чрез неформално предпечатно копие на научна статия, която бързо се разпространява из интернет. Въпреки че изчисленията на Google са предмет на критика и разисквания от страна на други учени, постижението на "квантово надмощие" остава важно в областта на квантовата информатика и привлича голям интерес и възбужда вълна от нови изследвания и разработки в индустрията на квантовите компютри.

IonQ е компания, която се фокусира върху разработването на йонни квантови компютри. Техните квантови компютри използват йони, замразени в електромагнитни капсули, за създаване на кубити и изпълнение на квантови изчисления. Пример за квантов компютър на IonQ е IonQ Quantum Cloud Services (QCS), който предоставя квантови компютърни ресурси в облак. С този инструмент потребителите могат да изпълняват свои квантови програми и изчисления на IonQ квантовия компютър.

Rigetti Computing е компания, която разработва квантов компютър, основан на свръхпроводимост, подобно на много други компании в тази област. Rigetti Quantum Cloud Services предоставя услуги в облак, които позволяват на потребителите да използват квантови компютри за свои изчисления и изследвания дори ако не притежават собствен квантов компютър. Потребителите могат да създават и изпълняват квантови програми и алгоритми на Rigetti Quantum Cloud Services, използвайки квантови компютри на Rigetti.

D-Wave Systems Inc. е компания, която е позната със своите усилия да разработи и комерсиализира квантови компютри. Те се отличават със своя подход и са едни от първите, които се фокусират върху разработката на квантов компютър и успешно комерсиализират тази технология.

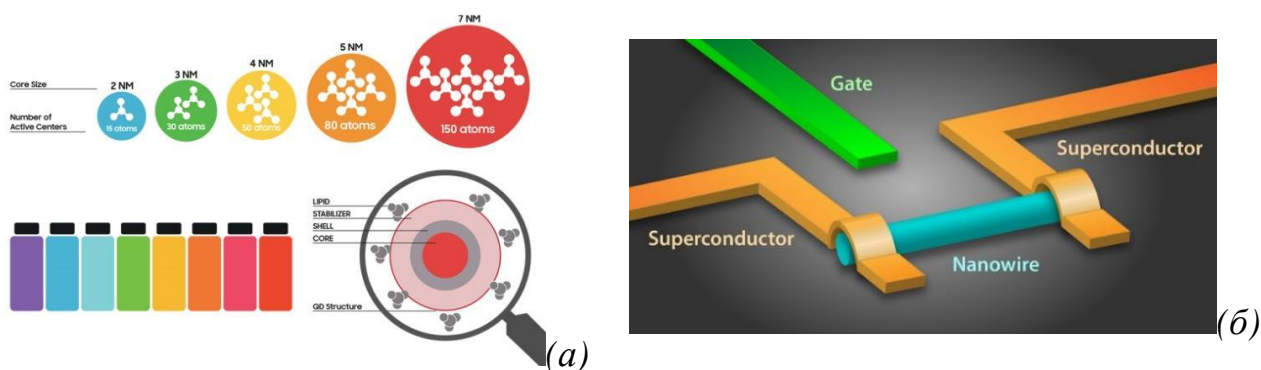
Един от ключовите продукти на D-Wave Systems е D-Wave Quantum Annealer. Това е квантов компютър, който използва метода на анеалирането (компютърът се стреми да намери своето минимално енергийно състояние) за решаване на оптимизационни задачи. Работи именно използвайки този метод, където системата се охлажда до близо абсолютната нула, за да се постигне квантова механическа стабилност.

D-Wave Quantum Annealer е подходящ за решаване на определени типове задачи като симулация на химически реакции, оптимизация на транспортни мрежи, разместване на стоки. Въпреки че тази технология не е универсален квантов компютър като тези, базирани на свръхпроводимост, тя все още представлява ценен ресурс за решаване на определени класове задачи.

4. Методи за реализация на квантовите компютри

Един от тях са квантовите точки, които представляват наночастици, които имат уникални оптични и квантови свойства. Когато се поддържат в състояние на суперпозиция, те могат да се използват за създаване на квантови битове.

Въпреки че идеята за използването на квантови точки за създаване на кубити е обещаваща, реализацията на практични квантови компютри е изключително сложно предизвикателство. Кубитите са много чувствителни на външни взаимодействия и е трудно да се поддържат в състояние на суперпозиция за дълго време (феномен, наречен декохеренция - процес, при който квантовата информация се губи поради взаимодействие с околната среда). Затова е необходимо да се разработят специални техники и технологии, които да поддържат квантовата информация стабилна и да се решат проблемите с декохеренцията.

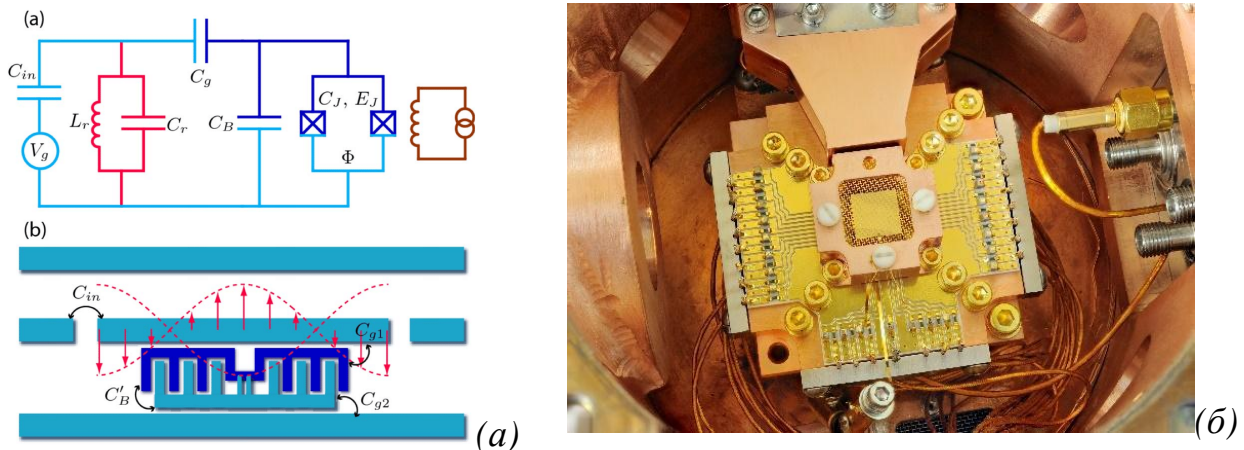


Фиг. 3. (а) Квантови точки (б) Хибридна полупроводникова-свърхпроводяща схема с нанопроводници кубити

Друг метод е суперпроводимостта, която е явление, при което материалът има нулево съпротивление на тока при много ниски температури близки до абсолютната нула. Когато се използват суперпроводими материали за реализацията на квантови компютри, се използват квантови системи, базирани на суперпозиция на състояния на материалите.

Суперпроводимите елементи, наречени суперкондуктивни кубити, предоставят особено добра платформа за изграждането на кубити със стабилно квантово поведение. Това се дължи на това, че те могат да бъдат поддържани в дълъг период от време в състояние на суперпозиция, като освен това имат бързи квантови гейтове, които позволяват манипулация на тяхното квантово състояние. Един от основните типове суперкондуктивни кубити е "трансмон" (Transmon). Той е модификация на квантовия скок, който е електрическа версия на останалите суперкондуктивни елементи. Трансмоните са подходящи за дълготрайна информация, като същевременно могат да се манипулират с квантови гейтове. Съществуват и други типове суперкондуктивни кубити като

например "фазовия кюбит" (phase qubit), "флъксовия кюбит" (flux qubit) и други, всеки от които имат свои специфични предимства и предизвикателства.

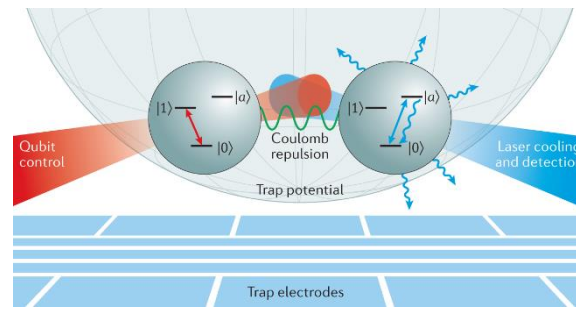


Фиг. 4. (а) Схема на Transmon кюбит и неговата ефективна верига
(б) Квантов компютър с уловени йони

Йонните квантови компютри са една от перспективните технологии за създаване на квантови компютри. В този тип компютри кюбитите са индивидуални йони, които са заредени атоми, улавяни и управлявани в електромагнитни полета. Йоните се използват като кюбити, които са особено устойчиви на квантови грешки и могат да съхраняват квантова информация за продължително време.

Един от най-често използваните йонни кюбити е единичният атом, който може да има две или повече енергийни състояния, представляващи квантовите 0 и 1. Манипулацията на квантовото състояние на йоните се извършва чрез лазерни импулси и микровълнови вълни, които действат върху атомните нива на йоните и ги превеждат в състояние на суперпозиция. Тази възможност за прецизен контрол прави йонните кюбити много привлекателни за използване в квантовите компютри. За да се реализират квантови операции с йонни кюбити, те трябва да бъдат поддържани на изолирано място, което обикновено се постига чрез тяхното улавяне в т. нар. йонни капсули. Изолацията от външната среда намалява вероятността от декохеренция.

Както при други типове квантови компютри, и при йонните квантови компютри има предизвикателства, които трябва да бъдат преодоляни. Например едно от тях е създаването на многостабилни и взаимодействащи квантови връзки между йоните, които да позволят извършването на сложни квантови изчисления. Освен това проектирането и контролът на сложните схеми за управление и манипулиране на йонните кюбити изискват висока техническа прецизност.



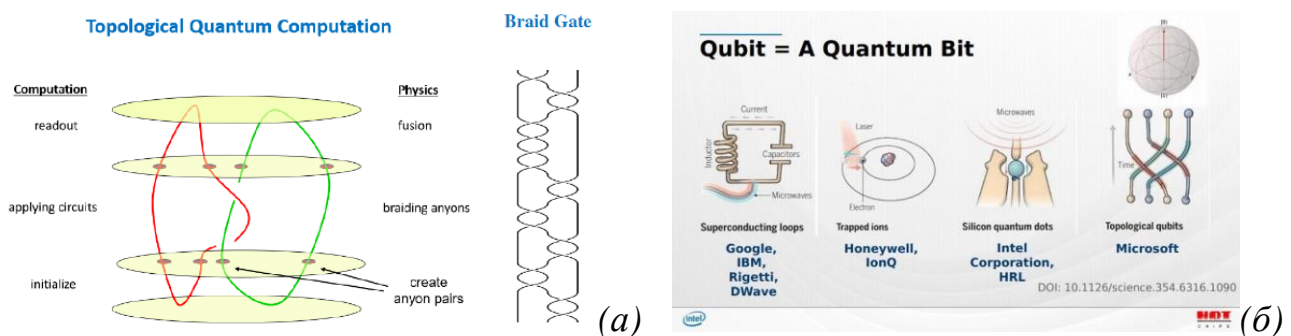
Фиг. 5. Квантов компютър с уловени йони

Топологичните квантови компютри са един от най-новите и обещаващи подходи към реализацията на квантови компютри. Те използват квантови частици, които се движат и взаимодействат в специални топологични състояния на материите, наречени топологични квантови състояния.

Топологичните състояния имат уникално свойство, че информацията, кодирана в тях, е устойчива на локални промени и деформации на системата. Това прави топологичните квантови компютри много устойчиви на външни смущения и грешки, което е критично във въпросите за съхранение и манипулация на квантовата информация.

Основната идея зад топологичните квантови компютри е да се използват специални топологични взаимодействия между квантовите частици, за да се създадат и манипулират кюбити. Тези взаимодействия се създават чрез специално проектирани материали като топологични изолатори. Когато квантовите частици се движат и взаимодействат в тези материали, те образуват кюбити, които са съхранени в топологичните състояния на материите.

Топологичните квантови компютри предлагат значителни предимства пред другите подходи за изграждане на квантови компютри. Един от най-важните аспекти е устойчивостта им на грешки и дефекти в материалите. Това може да направи тези компютри по-лесно за изграждане и поддръжка. Освен това топологичните квантови компютри имат потенциала да предоставят по-голяма мащабност и надежност, което е важно при работата със сложни квантови системи.



Фиг. 6 (а) Топологично квантово изчисление **(б)** Различните технологии, използвани от компаниите за квантови компютри

5. Заключение

Квантовите компютри представляват революционна технология с потенциал да промени начина, по който решаваме сложни проблеми в области като криптография, материалознание и молекулярен дизайн. Независимо от текущите предизвикателства, научната общност продължава да работи усилено за развитието на по-мощни и надеждни квантови компютърни системи.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_information_science
- [2] <https://techcrunch.com/2019/10/26/quantum-computings-hello-world-moment/>
- [3] Michel Nielsen, Isaac Chuang. Quantum information and Quantum computation. Cambridge University Press, 2010.
- [4] Robert S Sutor. Dancing with Qubits: How quantum computing works and how it can change the world. Packt Publishing Ltd, 2019.
- [5] Benioff, Paul. The Computer as a physical system. Illinois, 1980.
- [6] Chris Bernhardt. Quantum computing for everyone. Mit Press, 2019.
- [7] Feynman, Richard. Simulating Physics with Computers. California, 1981.
- [8] Jonathan A. Jones. Quantum Computing and Nuclear Magnetic Resonance. Oxford, UK.

ИЗТЪКНАТИ БЪЛГАРСКИ ФИЗИЦИ

Ивета Богданова и Даниел Бойков

Факултет по телекомуникации, ТУ-София, бул. „Свети Климент Охридски“ 8, България
email: ivetadb@icloud.com,

***Резюме:** Този доклад представя значението на изтъкнатите български физици за развитието на физиката както в България, така и по света. Чрез разкриване на техните животи, научни постижения и влияние, се подчертава не само техният принос за родината, но и за глобалната научна общност. Българските физици са оставили трайни следи в области като ядрена физика, квантова механика, полупроводниковата технология и други, които са важни за развитието на науката и технологиите. Тяхната работа и постижения напомнят за високото ниво на научен потенциал и интелектуална изобретателност, които са част от богатото културно-научно наследство на България.*

Ключови думи: наука, физици, открития, принос, учен, постижения.

1. Въведение

В наши дни, интересът към науката и нейните творци нараства, особено сред младите хора, които се вдъхновяват от живота и постиженията на известни физици и астрономи. Въпреки че литературата за тях е ограничена у нас, се наблюдава растеж в преводите на книги, разкриващи техния живот и дейност.

В чуждестранната литература се срещат ограничени сведения за българските физици. Въпреки това, в родната литература също липсват подробности за техните постижения. Днес ще се опитаме да запълним тази празнота, като представим част от българските физици, за да насърчим уважението към националните постижения и труда им.

2. Професор Георги Наджакков: Пионер в българската физика

Професор Георги Наджакков е изключителна фигура в историята на българската физика (фиг.1). Неговата неуморна решителност и стремеж към научни постижения го издигат като „патриарх на българската физика“, като неговото име се превръща в символ на изобретателност и научни приноси.

Георги Наджакков е роден през 1896 г. в град Дупница. Въпреки трудностите на младата си възраст, той се изправя срещу предизвикателствата и още на 16 години става глава на своето семейство, учейки и работейки едновременно. През 1915 г. се записва като студент във физико-математическия факултет на



Фиг. 1

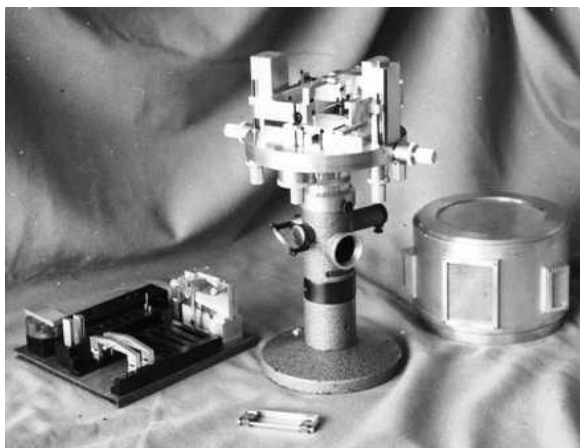
Софийския университет, но скоро е мобилизиран в армията, което забавя неговото образование. Въпреки това, Наджакков успява да завърши първото си висше образование само след 4 семестъра.

През 1921 г. таланът и качествата на Георги Наджакков са отличени и той е назначен за асистент във физическия факултет. Неговата страст към науката го води до специализация във Франция през 1925 г., където работи с известни учени като Мария Кюри и Пол Ланжвен. Въпреки липсата на ресурси, той успява да развие примитивна, но ефективна апаратура и да се насочи към електростатиката, откривайки нови научни факти и методи.

През 1937 г. Наджакков е избран за редовен професор в Софийския университет, където продължава да работи и развива науката с минимални средства, но с максимални резултати. Неговият основен научен принос е в откриването на фотоелектретния ефект и разработването на фотоактивната техника, които се превръщат в неговото най-голямо научно достижение.

Професор Наджакков прави революционно откритие през 1937 година, използвайки самоделна и примитивна апаратура. Той доказва, че когато са в електрическо поле и едновременно бъдат осветени, някои диелектрици се поляризират за постоянно в осветените участъци. Този ефект се нарича фотоелектретен ефект.

Има големи приложения в различни области - прави възможни рентгеновите дозиметри, безвакуумната телевизионна техника, запаметяващите устройства и снимките от спътник, и най-вече заляга в основите на фотокопирната техника.



Фиг. 2.

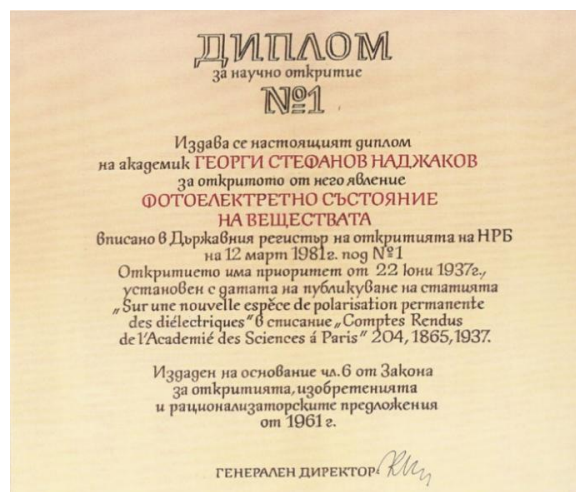


Фиг. 3.

Професор Наджакков получава многобройни национални и чужди награди и медали за своя научен труд. Той е член на много научни академии и асоциации и е основател на Физическия институт при БАН. В Златната книга на българските откриватели и изобретатели са вписани 15 български открития, потвърдени от световната научна общност. Диплом №1 е на акад. Георги Наджакков - човекът, на когото дължим фотокопирните машини. Великият учен ни оставя и наследство от повече от 60 научни труда, посветени на проблемите на физиката на твърдото тяло.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

Професор Георги Наджаков остава в историята като един от най-изявените български физици, чиито научни открития и приноси в областта на електростатиката и фотоактивната техника остават вдъхновение за бъдещите поколения физици. Неговото наследство продължава да влияе на развитието на физиката в България и по света.

3. Елисавета Карамихайлова - Първата българска ядрена физичка

Д-р Елисавета Карамихайлова е първата жена физик и професор по ядрена физика в България. (фиг. 6.) Нейните изключителни постижения и посветеност към науката я правят пионер в областта на ядрената физика в България.

Елисавета Карамихайлова е родена през 1897 г. във Виена. Следва Радиевия институт, където участва активно в изследванията, като се превръща в пълноправен участник в научните проекти.

Елисавета Карамихайлова се насочва към електро- и радиоинженерството, като изследва гама-лъчите и полоний. Пише първата научна публикация по ядрена физика на български език от български автор, което символизира началото на ядрената физика у нас. Тя не само продължава своите изследвания, но и се бори за равнопоставеността на жените в науката, организирайки срещи и лекции и противодействайки на сексизма в университетската среда.



Фиг. 6.

Въпреки финансовите трудности, Елисавета отказва да приеме австрийско поданство, предпочитайки да продължи своята научна работа. Тя кандидатства за различни стипендии, като печели стипендия за университета в Кембридж, където работи с прочутия физик Ръдърфорд. Въпреки предизвикателствата, през 1938 година завършва в Кембридж и се завръща в България, където

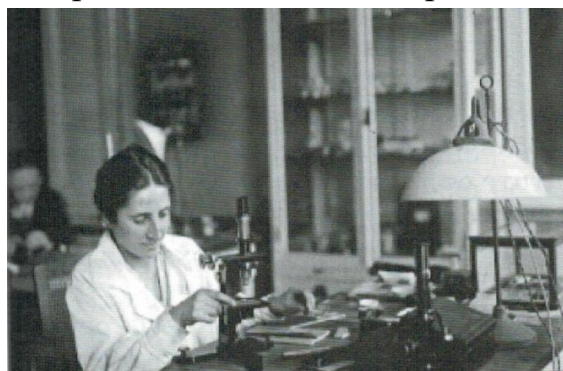
ръководството на Софийския университет не я приема първоначално, но след няколко неуспешни опити, година по-късно тя става първата жена доцент у нас. Създава катедрата по атомна физика с апаратурата, донесла от Виена и Кембридж, но освен това носи и нещо много по-важно - европейската култура, дух и начин на общуване.

Елисавета Карамихайлова продължава своята научна работа, изследвайки радиоактивността и борейки се за защита на населението. Тя изследва българската лечебна кал и минерални извори, бори се, за да се създаде защита за населението в близост до уранови мини - с това тя става пионера на радиоекологията в България. През 1962г. Елисавета става първата жена професор по физика у нас. Въпреки своята отдаденост към науката, тя се разболява от рак, поради продължителната си работа с радиоактивни лъчения, и почива през 1968 година.

Елисавета Карамихайлова се превръща в пионер в областта на атомната физика в България, въпреки че се сблъсква с дискриминация и ограничения в университетската среда, поради своя произход и контактите си с чужбина. Тя е важен пример за успешна жена, реализирала се в научната област.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

4. Професионалните постижения на Александър Петров във физиката на меката материя

Александър Петров е изявен български физик, чиято работа е насочена към изследвания в областта на физиката на меката материя (течни кристали, физика на живата материя, биомолекулна електроника и нанофизика) (фиг. 9).

Александър Петров бил роден на 27 май 1948 г. в Стара Загора, този известен физик завършва атомна физика в Софийския университет „Св. Кл. Охридски“ през 1970 г. През 1974 г. става доктор по физика в Института по физика на твърдото тяло при Българската академия на науките. През 1987 г. получава научната степен „доктор на физическите науки“, а през 1990 г. е избран за академик.

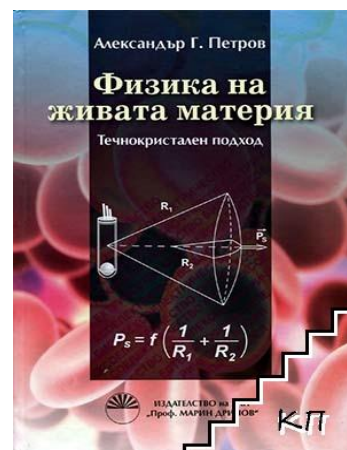
През периода от 1999 до 2015 г. той е директор на Института по физика на твърдото тяло при БАН и ръководител на Направление „Физика на меката материя“ в



Фиг. 9.

същия институт от 2006 до 2016 г. Преди това е ръководил Лаборатория „Биомолекулни слоеве“ на същия институт от 1991 до 2008 г.

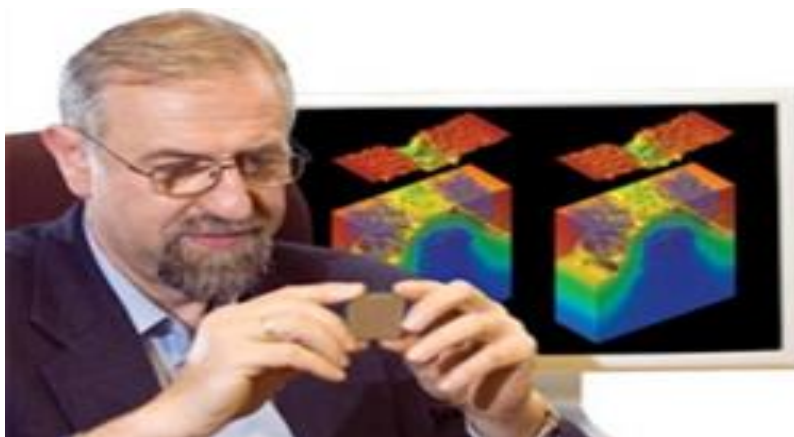
Неговите научни постижения включват изследвания в областта на течните кристали и физиката на живата материя, като въвежда нови представи за молекулната асиметрия и разкрива различни флексоелектрични ефекти (фиг. 10). За своите работи е удостоен с различни награди, включително Медал „Фредерикс“ от Руското течнокристално общество през 2004 г. и орден „Св.св. Кирил и Методий“ през 2018 г. за особено значимите му заслуги в областта на образованието и природните науки.



Фиг. 10.

5. Иновации в микроелектрониката: вдъхновени от Асен Асенов

Асен Асенов е известен български учен и предприемач в областта на микроелектрониката и моделирането на устройства, също така е един от пионерите в технологиите за компютърно подпомаган дизайн (TCAD). Той е декан на колежа Джеймс Уат по електротехника в Университета в Глазгоу и ръководител на Групата за моделиране на устройства.



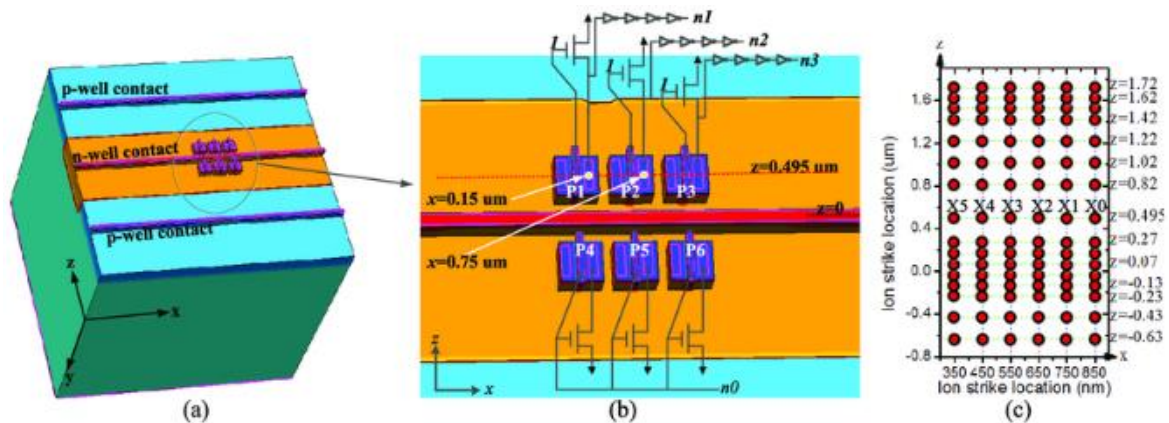
Фиг. 11.

Асенов получава магистърска степен по физика на твърдото тяло от Софийския университет през 1979 г. и докторска степен по физика от Българската академия на науките през 1989 г. Притежава значителен индустриален опит и през 1989–1991 г. е гост-професор във Физическия факултет на Техническия университет в Мюнхен, Германия. През 1991 г. се присъединява към Университета в Глазгоу, където става професор по електротехника през 2003 г.

В качеството си на ръководител на Групата за моделиране на устройства в Института по микроелектроника, Асенов и неговият колега Евгени Стефанов

разработват първия интегриран двуизмерен TCAD процес и симулатори на устройствата IMPEDANCE. Той играе ключова роля в създаването на Центъра за наноизработка „Джеймс Уат“ в университета.

Асенов е пионер в разбирането на въздействието на статистическата променливост и гранулирането на материята в CMOS технологията и ръководи разработването на първия „атомистичен“ TCAD симулатор GARAND. Той е член на Кралската академия на Шотландия.



Фиг. 12.

Асен Асенов е изключително талантлив и ангажиран научен деец, чиито приноси към областта на полупроводниковите технологии са неизмерими. Неговата работа продължава да вдъхновява нови поколения учени и инженери и остава ключов фактор за развитието на съвременните електронни системи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://bg.wikipedia.org>
- [2] <https://www.segabg.com>
- [3] „Бележити български физици“ – Параскева Симова
- [4] <https://shumenstories.com>
- [5] <https://bulgarianhistory.org>

КОСМИЧЕСКИТЕ СНИМКИ – КРАСОТАТА, КОЯТО НЕ МОЖЕМ ДА ВИДИМ С ОЧИТЕ СИ

Таня Петкова

ФАИО, ТУ-София, бул. “Кл. Охридски” №8, София 1000
e-mail: tpetkova@tu-sofia.bg

***Резюме.** С изстрелването си в края на 2021 г. телескопът Джеймс Уеб ни дава възможност да виждаме по-далеч (и по-отдавна) от всякога, а красивите изображения, получени от него, възбуждат с пълна сила социалния интерес към космическите картини и обекти. Настоящият доклад цели да представи начините, по които телескопите преминават границите на човешкото зрение, както и да обясни какво всъщност виждаме, когато наблюдаваме публикуваните от различните обсерватории изображения на Вселената, и каква информация можем да извлечем от тях.*

Ключови думи: телескоп, светлина, изображение, огледало, камера, Джеймс Уеб, Хъбъл, детектор, цвят, филтър, вълна, звезда, мъглявина, галактика

1. Увод

На фиг. 1а е показана снимка на мъглявината Конска глава в съзвездиято Орион, направена от Националната обсерватория Кит Пик в САЩ. Създадена е чрез наслагването на изображения на емисионни линии, направени в алфа-водород (червено), кислород (зелено) и сяра (синьо), така че да бъде получена подробна цветна картина на наблюдавания обект.



(а)



(б)

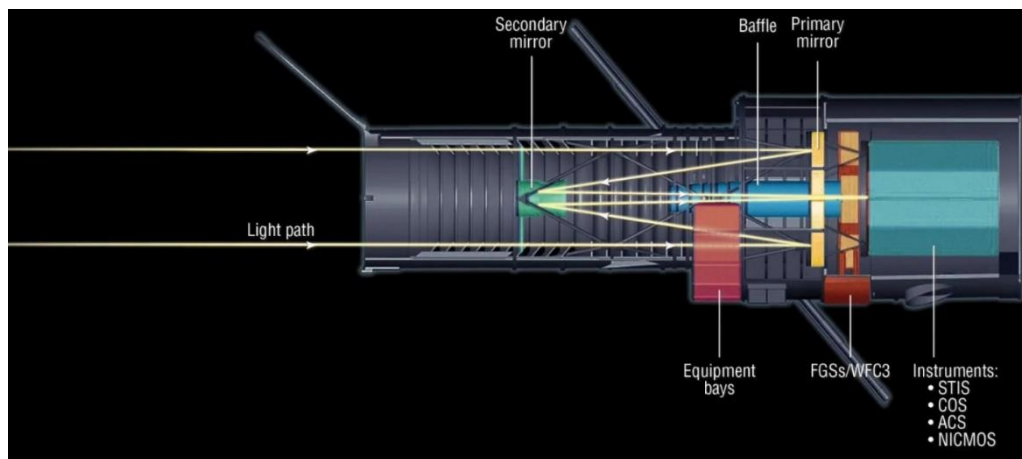
Фиг. 1. Изображения на мъглявината Конска глава, както би била видяна съответно през телескоп и с просто око

Какво обаче би станало, ако имаме възможността да пропътуваме това разстояние (около 1500 светлинни години) и да възприемем мъглявината със собствените си очи? Бихме видели нещо, по-близко до изображението, показано на фиг. 1б.

Не е изненадващо, че между способностите на човешкото око и тези на телескопите има разлика. От този пример става ясно, че снимките, които създаваме, откриват пред нас един съвсем нов свят, когото някои биха нарекли изкуствен. Този доклад цели да внесе яснота по въпроса, разглеждайки начина, по който телескопите събират данни, как те се обработват до получаването на финално изображение и каква информация ни дава то.

2. Устройство на телескопа – как той събира светлина?

Телескопите се състоят от комбинация от огледала и лещи, чиято цел е да създаде образ на космически обект, фокусирайки събраната светлина в камерата на устройството (при някои телескопи могат да бъдат прикачени две или повече камери, но обикновено едновременната им употреба не е възможна). Например телескопът Хъбъл използва две огледала. Светлината, навлизаща в него от Вселената, се отразява в основното огледало, после във вторичното, което я връща обратно през дупка в центъра на основното огледало, след което тя се фокусира и преминава в инструментите на Хъбъл (спектрометри и камери), както е показано на фиг. 2.



Фиг. 2. Огледалата на Хъбъл

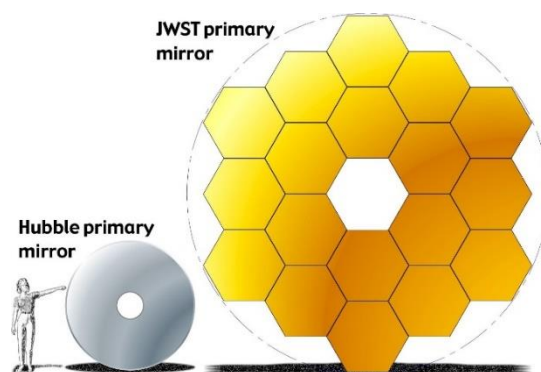
Ролята на камерата е да улови и съхрани светлината. Принципът ѝ всъщност е еднакъв на фундаментално ниво с този на модерните дигитални камери, които виждаме и употребяваме в ежедневието си. Тези камери използват детектори, направени от полупроводникови материали, чувствителни на светлина. Детекторите са разделени на множество малки квадратчета – пиксели. Когато върху него попадне светлина, всеки пиксел генерира електрична енергия – точно като соларните панели. Големината ѝ е пропорционална на интензитета

на светлината, така че колкото повече светлина попадне в сензора, толкова повече електричество се генерира. От произведената енергия е възможно да бъде изчислен интензитетът на светлината върху всеки пиксел. Зависимостта се вижда от формула (1), където I – интензитет, P – мощност, S – площ, която бива облъчвана, E – електрична енергия, t – време, като тук светлината се разглежда като електромагнитна вълна. Площта на един детектор обикновено е от порядъка на сантиметри, а един детектор съдържа милиони пиксели.

$$I = \frac{P}{S} = \frac{E/t}{S} \#(1)$$

Обединяването на информацията от всички пиксели в детектора ни доближава до получаването на пълна картина на наблюдавания обект. Тъй като е трудно да се правят големи детектори, много телескопи имат повече от един такъв. По този начин астрономите имат възможност да видят по-голяма област, с повече детайли.

Интуитивно се досещаме, че колкото по-голямо е основното огледало на един телескоп, толкова по-голямо количество светлина може да събере. Това означава, че увеличаването на размера му ни позволява да видим все по-далечни и бледи обекти, тоест да погледнем по-назад в миналото, тъй като светлината, отразена от тези звезди и галактики, е изминала по-дълго разстояние, съответно е пътувала повече време, преди да бъде уловена от нас. Именно това е и едно от нещата, които отличават новия телескоп Джеймс Уеб, чиято най-далечна снимка до момента е на звездата Еарендел, намираща се на 28 млрд. светлинни години от Земята.



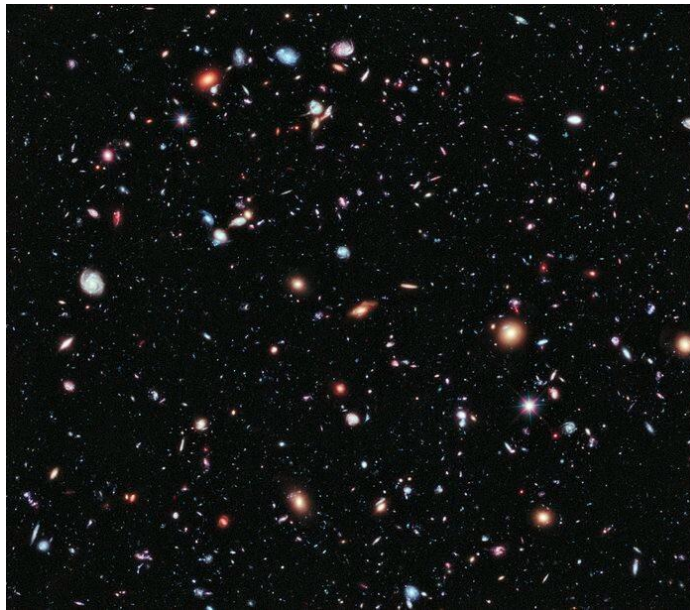
Фиг. 3. Съпоставка между основните огледала на телескопите Хъбъл и Джеймс Уеб

Основното огледало на Джеймс Уеб е с диаметър 6.5 метра, докато това на Хъбъл – 2.4. Ако второто бъде уголемено до размера на първото, то би станало толкова тежко, че изпращането му в орбита да е невъзможно. Това показва, че зад проектирането на новия телескоп стоят много нови идеи – включително построяването на огледалото от берилий (по-лек от силикона, използван за

огледалата на Хъбъл) и на сегменти, които позволяват сгъването му до компактни размери при изстрелването му (фиг. 3).

Телескопът Джеймс Уеб заснема изображения в инфрачервения спектър. Това също му дава предимство, тъй като вълните с тази дължина (между 760 nm и 100 000 nm) имат добра проникваща способност, тоест позволяват на учените да видят какво се крие зад слоевете газ и прах в Космоса. Хъбъл обаче за момента все още е най-мощният телескоп, когато става дума за снимки във видимия спектър.

Друга причина – може би основната – телескопите до такава степен да превъзхождат човешкото око, е времето, за което те улавят светлина. За нас събирането на светлина за един „кадър“ продължава едва 1/30 от секундата, докато при телескопите то може да бъде толкова дълго, колкото пожелаем. Обикновено това означава не повече от 10-20 минути, обаче съществува възможността да се наслагват множество експозиции. Например известното изображение *eXtreme Deep Field (XDF)*, направено от Хъбъл, има комбинирано време на наблюдение над 2 млн. секунди (фиг. 4). Съдържа най-далечните космически обекти, наблюдавани от човека до момента на направата си.

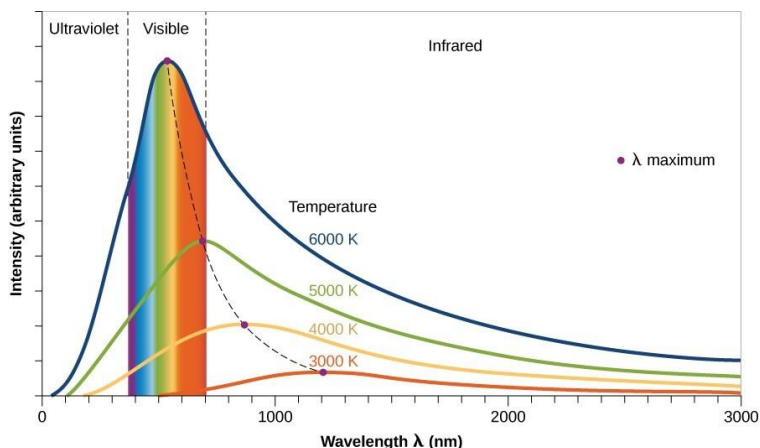


Фиг. 4 *eXtreme Deep Field (XDF)*, 2012 г. Комбинира десетилетие наблюдения на съвездието Пещ

3. Откъде идват цветовете?

Вече стана ясно, че електричеството, произведено от един пиксел, ни дава информация за интензитета на погълнатата от пиксела светлина. Това обаче не ни насочва към „цвета“ ѝ, тоест дължината. Звездите (те могат да се разглеждат условно като абсолютно черни тела, тоест такива, които поглъщат електромагнитно излъчване във всички дължини на вълната, без да отразяват)

излъчват диапазон от светлинни вълни, всяка с различен интензитет – колкото повече светлина със съответната дължина се излъчва, толкова по-голям е интензитетът, като винаги е налична дължина λ_{max} , при която той е с най-висока стойност. Графиката на зависимостта между двете величини има вид на камбана, като показаната на фиг. 5, и се нарича черна крива.



Фиг. 5 Зависимост между дължината и интензитета на излъчването на абсолютно черни тела с различни температури

Виждаме също, че при понижаване на температурата, интензитетът спада.

Зависимостта между интензитета и температурата (3) може да бъде изведена от закона на Стефан-Болцман (2) и формула (1):

$$P = \sigma ST^4 \quad (2)$$

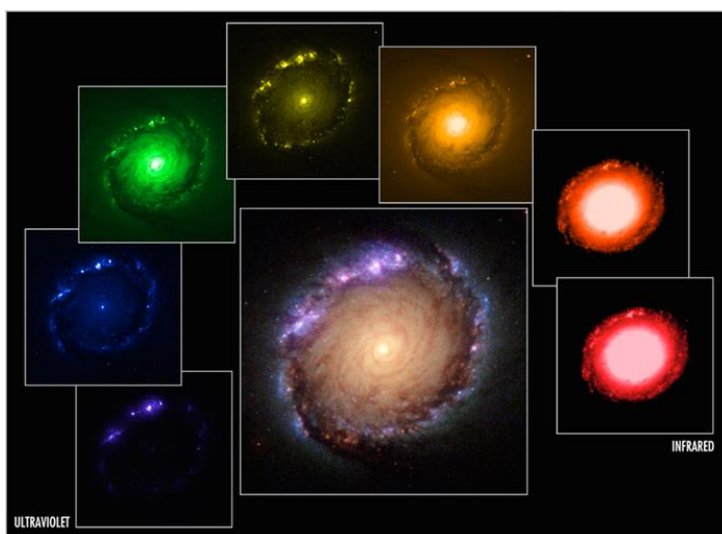
$$I = \sigma T^4 \quad (3)$$

Възможно е да възприемем един и същ цвят по различни начини. Например един обект може да изглежда жълт, просто защото излъчва предимно жълта светлина, но може и оттенъкът му да произлиза от диапазон, състоящ се предимно от червена и зелена светлина, с много малко синя (комбинацията от червена и зелена светлина дава жълто). Ако пък всички цветове присъстват в приблизително еднакво количество, виждаме бяла светлина – такава например е тази, излъчвана от нашето Слънце.

За да контролират това с каква светлина си имат работа, астрономите използват големи филтри, покриващи детекторите на телескопите, които пропускат само определен вид светлина – червена, зелена, синя, инфрачервена и т. н. Правят се множество снимки през различните филтри, които в последствие се оцветяват и наслагват, за да се получи комплексно цветно изображение. Предимството на този метод е, че позволява използването на неограничен брой филтри. Така например телескопът Кит Пик (KPNO) има над 100 филтъра, използвани за различни цели.

Самото наслагване на снимките също е сложен процес. Специалистите по образна диагностика трябва да подсигурят, че снимките не се разминават, имат еднаква резолюция, както и да изчистят различни „артефакти“ в изображенията – включително шум, произведен от детекторите, космически лъчи и др.

Когато тази процедура е завършена, на различните изображения се приписват различни цветове. Когато става дума за вълни извън видимия диапазон (както е при Джеймс Уеб, който функционира в инфрачервения спектър), цветовете се разпределят в хроматичен ред. Така вълните с най-къса дължина се отбелязват със синьо, по-дългите – зелено, а най-дългите с червено. При повече от три изображения, междинни цветове като оранжево и лилаво се разполагат на логичните места между основните три. Когато се работи с видима светлина обикновено цветът, приписан на филтъра, съответства на този, който виждаме, когато държим филтъра на ярка бяла светлина.



Фиг. 6 *Наслагване на снимки, направени през различни филтри, с цел получаване на цветно изображение*

След наслагването се предприемат стъпки за коригиране на цветовете, контраста и ориентацията, с цел публикуването на по-възвущащо, но все пак точно от научна гледна точка изображение. Тези снимки не само възхищават, но и съдържат голямо количество информация.

4. Каква информация ни дават цветовете?

Изображенията на космоса не се правят единствено с естетична цел. Чрез тях можем да изведем заключения за много от характеристиките на наблюдаваните обекти.

Благодарение на цвета на една звезда, например, можем да си направим извод за нейната температура. Най-горещите звезди са сини, а най-студените – червени. Това е така, тъй като температурата на една звезда зависи от

дължината на вълната, при която имаме максимум в спектъра на излъчване – λ_{max} , по следния начин:

$$T = \frac{b}{\lambda_{max}} \text{ – закон на Вин\#(4)}$$

Тук $b = 2.9 \times 10^{-3} \text{ m.K}$ – константа на Вин. Наблюдавайки група звезди, благодарение на цветовете ние лесно можем да разберем кои са най-горещи и кои – най-студени.

Температурата на звездите е тясно свързана с друга тяхна характеристика – продължителността на живота им. Звездите съществуват в множество размери и колкото по-масивни са, толкова по-бързо изгарят запасите си от водород, съответно имат по-висока температура и излъчват повече светлина. Поради тази скорост на производство на енергия, те имат значително по-кратък живот от такива като нашето Слънце (от порядъка на 1000 пъти).

Тази информация е ключова, защото ни позволява да направим изводи за възрастта на цели звездни купове (група звезди с общ произход, задържани от взаимната си гравитация). Звездите в тях идват в широк диапазон от размери, обаче се формират по едно и също време. Това значи, че като идентифицираме най-масивната звезда в един куп (която ще бъде и най-ярката, както и една от най-горещите), можем да твърдим, че нейната продължителност на живот е приблизително равна на възрастта на целия куп, защото по-големите звезди с по-кратка продължителност на живот са вече „мъртви“. И тъй като тези звезди в общия случай са най-горещи, гледайки цветовете на една космическа снимка – дали е осеяна със синьо или е цялата жълта и червена – можем да получим обща идея за това колко е стар купът.

Освен звезди, Вселената е пълна и с облаци от газ (предимно водород и хелий, но също други елементи, отделени от повърхността на звезди или в следствие на свръхнови) и микроскопичен прах - мъглявини. Астрономите не могат да видят отделните пращинки, обаче присъствието им е указано от влиянието, което те оказват на преминаващата през тях светлина.

Съществуват два вида мъглявини: светли и тъмни/поглъщащи. Светли са тези, които се виждат благодарение на собствена и отразена светлина. При тях по-малките пращинки разсейват най-вече синята светлина, поради което те изглеждат сини независимо от излъчването на звездите зад тях. По-големите пращинки отразяват добре всички цветове, поради което цветът им е сравнително близък до този на източниците.

Тъмните мъглявини представляват по-гъст слой от газ и прах, поради което поглъщат светлината на намиращите се зад тях обекти. Тъй като синята светлина се разсейва най-лесно, тези мъглявини обикновено изглеждат по-червени. Мъглявината Конска глава е тъмна.

В още по-голям мащаб, цветовете на космическите снимки ни дават информация за процеса на формиране на цели галактики. Например

вътрешността на спираловидните галактики (каквато е Млечният път) е населена предимно със стари звезди, които ѝ придават жълт или червен цвят. Там формирането на нови звезди отдавна се е забавило или е спряло. Спиралните ръкави, от друга страна, се състоят предимно от млади звезди и съответно за тях е характерен синият оттенък. Тоест „посоката“ на образуване на една галактика е отвътре-навън, от центъра към периферията.

5. Заключение

В настоящия доклад бяха разгледани методите, чрез които се създават така популярните сред обществото изображения на Космоса – методи, плод на години труд и научен напредък, които постоянно се развиват и подобряват. Тези снимки не съответстват на това, което бихме възприели с просто око, обаче са изцяло базирани на реалността. Чрез тях ние имаме възможност да изследваме Вселената, която обитаваме, да проследим развитието ѝ и да се замислим за своето място в нея.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Dr. Travis A. Rector, Kimberly Arcand, and Megan Watzke, ‘Coloring the Universe’ (2015)

[2] ‘Webb’s Mirrors’(2016), webb.nasa.gov, <https://is.gd/D6rASR> (съкратен линк генериран с уебсайта is.gd)

[3] Hubble Optics, science.nasa.gov, <https://is.gd/qE1Dq1> (съкратен линк генериран с уебсайта is.gd)

[4] ‘How Are Webb’s Full-Color Images Made?’ (2023), webbtelescope.org <https://is.gd/KCMxNr> (съкратен линк генериран с уебсайта is.gd)

[5] ‘Introduction to image processing’, University of Iowa, noirlab.edu, <https://is.gd/eK2LK0> (съкратен линк генериран с уебсайта is.gd)

[6] ‘The Electromagnetic Spectrum’, University of Central Florida, [pressbooks.online.ucf.edu, https://is.gd/9t4qPi](https://is.gd/9t4qPi) (съкратен линк генериран с уебсайта is.gd)

[7] Звезден куп (2024), Wikipedia, <https://is.gd/Mxo45Y> (съкратен линк генериран с уебсайта is.gd)

[8] Мъглявина (2021), Wikipedia, <https://is.gd/Q8ryQy> (съкратен линк генериран с уебсайта is.gd)

ПЪРВИЯТ УЧЕБНИК ПО ФИЗИКА В БЪЛГАРИЯ

Елена Халова

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

Резюме. Настоящият доклад представя българския възрожденец Найден Геров и първият учебник по физика със заглавие „Изводи от физиката“..

Ключови думи: първият учебник по физика, Найден Геров.

1. Найден Геров автор на първия учебник по физика

Найден Геров (1823 - 1900) е сред най-ярките възрожденски личности с неocenim принос към развитието на българския език и литературата, фолклористиката, училищното дело, дипломатията (фиг. 1). **Той е известен с много „първи“ неща** – мащабния тълковен речник на българския език, създаването на едно от първите класни училища, въвеждане честването на празника на Кирил и Методий, работата му като пръв руски вицеконсул в Пловдив. Сред богатата му енциклопедична дейност често остава незабелязан приносът му към обучението по физика – написването на първия български учебник по физика, който е един от двата авторски учебника от XIX в.



Фиг. 1. Найден Геров

Роден е на 23 февруари 1823 година в Копривщица. Син е на килийния учител Геро Добрович-Мушек (1775 – 1864), който е възпят от Каравелов като Хаджи Генчо от поевстга „Българи от старо време“. Сестра му Ивана Хаджигерова става първата учителка в Копривщица.

Учил е в родната Копривщица в килийното училище на баща си. На 11 г. заминава да учи в гръцкото училище в Пловдив (1834-1836г.), после се връща в Копривщица и учи при Неофит Рилски.

През 1839 г. препоръчан от него заминава да учи в Одеса – в Ришельовския лицей, където по онова време се обучават редица български възрожденци (фиг. 2).

През 1845 г. Геров се връща в Копривщица и създава едно от първите двукласни училища в страната (фиг. 3), със строга учебна програма и **преподаване на български език**. В тази връзка ще цитирам думите на Христо Г. Данов „При Найден Геров чух майчиния си език и видях що е наука“.



Фиг. 2. *Решево̀вския лицей завършил с отличие от Н. Геров*



Фиг. 3. *Двукласното училище открито от Найден Геров*

Найден Геров **приема отговорно ролята** си на един от създателите на новата образователна система у нас. Макар и да не е получил специализирано образование по физика, той се заема да запълни една съществена липса, като създава ръководство за учене и преподаване на физика, въвеждайки непозната до този момент физична терминология.

От есента на 1850 г. Найден Геров се премества заедно с учениците си в Пловдив, където продължава да преподава физика, в Епархийското училище (фиг. 4), наречено по негова инициатива „Св. св. Кирил и Методий“. Найден Геров има заслуга за първото отпразнуване в България на 11 май (днес. 24 май) като ден на славянската писменост.



Фиг. 4. *Гимназията „Св. св. Кирил и Методий“ в Пловдив*

По-късно физиката в Пловдивското централно епархийско училище се поема от ученика му Йоаким Груев (1828 - 1912), който превежда и отпечатва два учебника по физика на А. Гано (1869 г.) и на Д. Шуберт (1872 г.)

2. Първият български учебник

Първият български учебник по физика е написан от Найден Геров през 1846 година. Когато пише учебника, Найден Геров е едва 24 – 25-годишен.

Учебникът е бил съставен за учениците от българското класно училище в Копривщица, основано в 1846 г. от Найден Геров, първият български учител с висше образование, получено в Русия.

През лятото на 1849 г. в правителствената книгопечатница в Белград, той заедно с издателя Петър Лазаревич отпечатва първият български учебник по физика под името, „**Извод от физиката**“, **първа част**, в 2020 екземпляра (фиг. 5). Въпреки че представлява обемист завършен труд, обещаната **втора част**

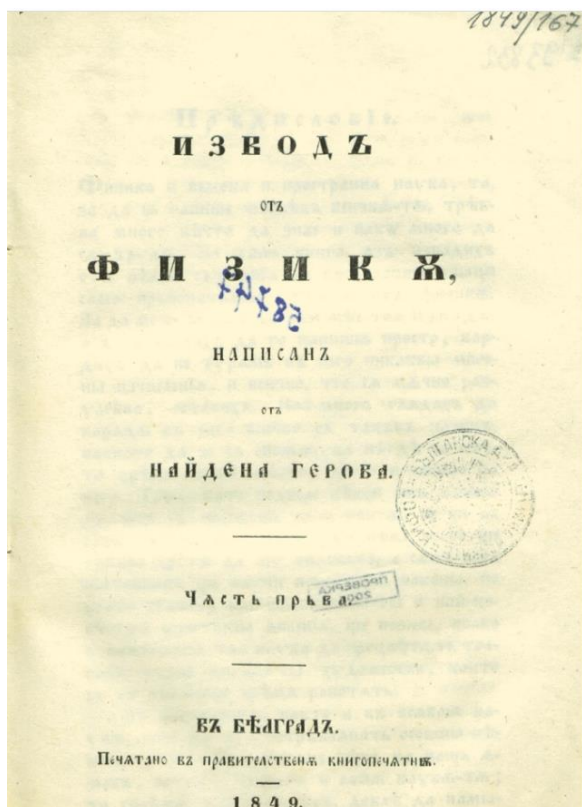
на „Извод от физика“ остава само в ръкопис и е предадена на Народната библиотека „Кирил и Методи през 1961г.

В предисловието към „Извод от физика“ първа част Найден Геров пише *„Физиката е висока и пространна наука, за да я изложи човек цялата, трябва много нещо да се труди ...“* Наред с основните представи за околния свят, учебникът дава информация за приложението на основните природни закони в техниката и битата.

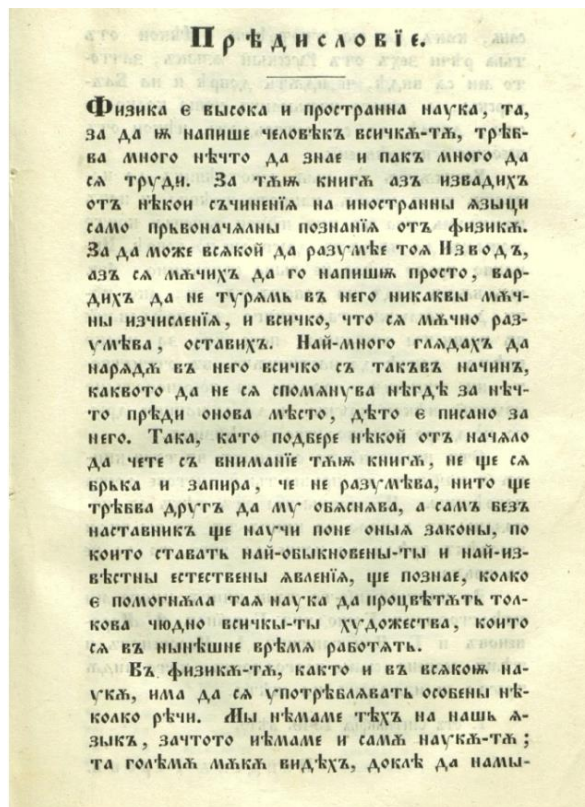
От предисловието на “Извод от физиката“ (фиг. 6.) се знае, че Геров е използвал книги от френски и руски език.

Както авторът сам казва, този учебник е съставен **от извадки от съчинения** на чуждестранни езици, като са подбрани само **начални познания по физика**.

При тази работа, пише авторът в предисловието към учебника, той е срещнал големи трудности, защото във физиката се употребяват особени думи, които *„ние нямаме в нашия език, защото нямаме и самата наука“*. Това показва, че по онова време знанията по физика не са били разпространени у нас.



Фиг. 5. Първият български учебник 1849г.



Фиг. 6. Предисловие към Първият български учебник

3. Структурата на учебника

Структурата на учебника е много актуална за времето си. **Първата част** на учебника съдържа **механика и акустика** (фиг. 7, 8.). В изложението на много

уроци в този учебник са *описани съответни опити*, но няма *никакви формули* и *математични обработки на доказателствата*. Всички *чертежи* са дадени в *края на учебника*. Дадени са и кратки *исторически бележки*.

Първата глава – „Тяжест“, се занимава със *силата на тежестта* и свързаните понятия *тегло, измерване на теглото, равновесие на телата, движения на течности и газове*.

Втората глава – „Притяжение частично“, разглежда *силите на сцепление, еластичност, мокрене на твърди тела*.

Третата глава – „За гласа и акустиката“, обсъжда понятията *звук, сила и височина на звука, излъчване на звук от струни и мембрани, отражение на звука, шум*.

О Г Л А В Л Е Н И Е


за първа-та частъ отъ Изводъ отъ физикъ.

ВЪВЕДЕНИЕ,
Глава I.
Предварителны познанія.

	Образъ
Пространство и вещество	1
Атоми	2
Тѣло	2
Состояніа въ тѣла-та	3
Купъ	4
Обемъ	4
Движеніе и покой	5
Самонедвѣтелностъ	7
Аванія	7
Сили и дѣйствителнѣ	8
Наблюдѣніе и опытъ	10
Законъ физическій	10
Физика	10
Краткы познанія отъ Химіѣ	11
Тѣла нематѣланческы	12
Метали	17

Глава II.
Общи свойства въ тѣла-та.

Дѣланностъ	20
Шепанностъ	24
Сгнѣтлѣностъ	29
Прожгавина	33
Распускаемостъ	33

Alba
books

Фиг. 7. Съдържание на учебника

СЪДЪРЖАНИЕ	
Глава III.	
Сили, движение и равновесие	
Определение, че е сила и движение	30
Равновесие	31
Силите и равновесие	30
Възвешане	33
Лета	33
Движение равномерно	35
Изменение движение	35
Катапулт	35
Удар между тела	35
Удар между тела	35
Движение свободно	37
Движение равномерно	37
Сила съпротивления	37
Съпротивление на движение	37
КНИГА ПРЪВА.	
Тягестъ.	
Глава I.	
Действие от тягестъ	
Как се движат предметите от тягестъ на земята	39
Понякога не могат да се движат тягестата	39
Глава II.	
Закони, по които действуват тягестата	
Как падат тягестата на земята и на водата	39
Движение свободно	39
Глава III.	
Утвърди	
Как се движат тягестата на земята	39
Равновесие по отношение на повдигане	39
Глава IV.	
Тягестъ.	
Определение, че е тягестъ	98
Катапулт	98
Движение равномерно	98
Катапулт	98
Катапулт с една сила	98
Катапулт с две сили	98
Катапулт с три сили	98
Катапулт с четири сили	98
Катапулт с пет сили	98
Катапулт с шест сили	98
Катапулт с седем сили	98
Катапулт с осем сили	98
Катапулт с девет сили	98
Катапулт с десет сили	98
Глава V.	
Катапулт	
Определение, че е катапулт	101
Закони, по които се движат катапулт	101
Катапулт с една сила	101
Катапулт с две сили	101
Катапулт с три сили	101
Катапулт с четири сили	101
Катапулт с пет сили	101
Катапулт с шест сили	101
Катапулт с седем сили	101
Катапулт с осем сили	101
Катапулт с девет сили	101
Катапулт с десет сили	101
Глава VI.	
Равновесие на тягестата (катапулт)	
Определение	110
Катапулт с една сила	110
Катапулт с две сили	110
Катапулт с три сили	110
Катапулт с четири сили	110
Катапулт с пет сили	110
Катапулт с шест сили	110
Катапулт с седем сили	110
Катапулт с осем сили	110
Катапулт с девет сили	110
Катапулт с десет сили	110
Глава VII.	
Равновесие на тягестата въздухоплаване	
Катапулт с въздухоплаване	110
Равновесие на въздухоплаване	110
Катапулт с въздухоплаване	110
Катапулт с въздухоплаване	110
Катапулт с въздухоплаване	110
Катапулт с въздухоплаване	110
Катапулт с въздухоплаване	110
Катапулт с въздухоплаване	110
Катапулт с въздухоплаване	110
Катапулт с въздухоплаване	110

Фиг. 8. Съдържание на учебника

Подходът на Найдено Геров в „Извод от физиката“ се основава на **наблюдението и опита**. Според него **„Явленията си стават непрестанно и без нас...“**, но за да ги изучим и разберем е необходим научен експеримент, **„...обаче някой път ние не можем така просто само с едно наблюдение да познаем каква е причината, поради която явленията стават. Тогава ние правим да стават тези явления по наша воля в малък прост вид, та да ги разгледаме от всички страни във всякакви случаи и така намираме след много пъти истинската им причина. Такава работа ние наричаме опит“**.

Авторът въвежда френската метрична система и създава първите физични понятия. Това е **новаторски подход** за времето си, който се развива в условията на **едва зараждащо се българско светско образование**.

В знак на огромната благодарност на българския народ към възрожденеца Найдено Геров, родната му къща в Копривщица е превърната в музей пред която е поставен бюст на Н. Геров (фиг.9).



Фиг. 9. Бюст на Найдено Геров пред родния му дом в Копривщица

4. Заключение

Оценявайки делото на един от пионерите в просвещението на българския народ Найден Геров, трябва да отбележим и неговата огромна роля за развитието и на физиката в частност. Създаването на първия български учебник по физика спомага за развитието на науката и образованието в България. Този учебник написан на български език е много важен за обучението по физика и нейното развитие като фундаментална наука, спомагаща за разбирането на процесите и явленията които движат света.

ЛИТЕРАТУРА

[1] <https://bulgarianhistory.org/nayden-gerov/>

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

EARTHQUAKES, MOONQUAKES, MARSQUAKES – TYPOLOGY, SIMILARITIES AND DIFFERENCES

Boyko Ranguelov¹

¹ Geophysical Department, Mining and Geology University, Sofia, Bulgaria, e-mail:
branguelov@gmail.com

***Resume.** The typology of the different seismic events observed on the Earth, The Moon and the Mars, is presented. Despite the origin of seismic events on the terrestrial bodies are expected to be similar, the missions to the Moon and Mars equipped by seismological equipment, show significant differences in the space-time distribution of the seismicity, as well as the sources of the Moonquakes and Marsquakes. The conclusion is that we have rather limited knowledge about the seismic processes on the other terrestrial objects, than to the Erath.*

Key words: Typology, Earthquakes, Moonquakes, Marsquakes.

1. Introduction

The seismic events are typical for the sudden destruction of the solid substances everywhere (on Earth, Moon and Mars in particular).

Earthquakes, Moonquakes and Marsquakes are a clear expression of the strata stress release on these terrestrial cosmic bodies. Due to this property these seismic events generate seismic waves which are the most important source of information for the internal structure of the planets and their satellites (if they are solid bodies) and the respective dynamics of their geology evolution.

According the recent scientific research of the terrestrial bodies almost all initial space missions include in their scientific programs installation of seismometers and telemetric transfer of information.

Almost all missions to the Moon and Mars including seismic studies are successful and the data provided show expected similarities and surprising differences of the registered seismic events [1]. Comparisons of these similarities and differences are important and can help the understanding of seismic processes on the space terrestrial studied bodies. And this is the main aim of this study, including typology, similarities and differences of the Earthquakes, Moonquakes and Marsquakes.

It is important to mention that every seismic event is in fact the sudden stress (accumulated in solid strata) release in a very short time followed by the propagation of the seismic waves. The seismic waves are body-waves (P-primary and S-secondary) and surface waves (Raleigh and Love – named to their discoverers). These waves are registered by seismographs (broadband, short period, accelerometers, etc.) on the seismogram and the final part (tail) of the seismogram is called “coda”.

2. Data and observations collection

The instrumental seismic observations on the Earth covered about 150 years' time interval, since first seismic stations installed in 1890-ties in Japan and other seismic prone countries. Now a huge extensive seismic equipment is dispersed all over the world with more than several thousand seismic stations – (broadband seismic, accelerometers and tide gougues) and short period's (usually velocity graphs), providing registration of seismic events from very small (negative) magnitudes to the major catastrophic earthquakes all over the globe. The magnitude scale is “open”, but the physical properties (mainly stress accumulation ability) of the Earth's crust limit the upper boundary of strongest magnitude to about 10-11 Richter scale.

First seismograph on Moon was installed by Apollo 11 mission in 1969. All astronauts' missions of Apollo studied the moonquakes by several seismic stations and array. The registration of moonquakes was switched-off in 1977. The total number of seismic events on the Moon are over 12-13 000 [1].

First measured by NASA's InSight lander on April 6, 2019, marsquake was one of the lander's key science goals, achieved successfully. Up to now more than 1700 Marsquakes are registered on Mars surface.

3. Seismic events - typology

On Earth

A short description of earthquakes includes:

- Tectonic earthquakes – due to the tectonic forces in different geodynamic regime: extension (in the rift zones) – produce normal faults; compression (subduction zones) – produce trust faults; blocks' interactions (transform faults) - produce strike-slip faults; huge rock's layers horizontal sliding – produce listric faults and all possible combinations related to the stress accumulation release - fig.1, [2].
- Volcanic earthquakes – swarms of earthquakes, generated by magma movements in the magma chamber of the active volcanoes.
- Collapse earthquakes – due to huge collapses in caves and mines.
- Tide's earthquakes – due to the Erath's tides generated by Sun-Moon gravity effects to the solid earth.
- Meteorite impacts – (Impact craters - astroblems) - mostly preserved ancient craters. Over 200 major astroblems are detected on the Erath's surface
- Induced earthquakes – due to the human activity – dams filling, blasts (including nuclear explosions), liquid extraction or pumping, rock bursts, hydraulic fracking, etc.)

Earthquakes are conditionally separated by depth in dependence of their occurrence as “shallow” (depths between 0 and 33km – in the earth's crust), intermediate (depth between 33 and 300 km) and deep (between 300 and 760km)

in the earth's mantle. The power of earthquakes is usually measured by Richter scale.

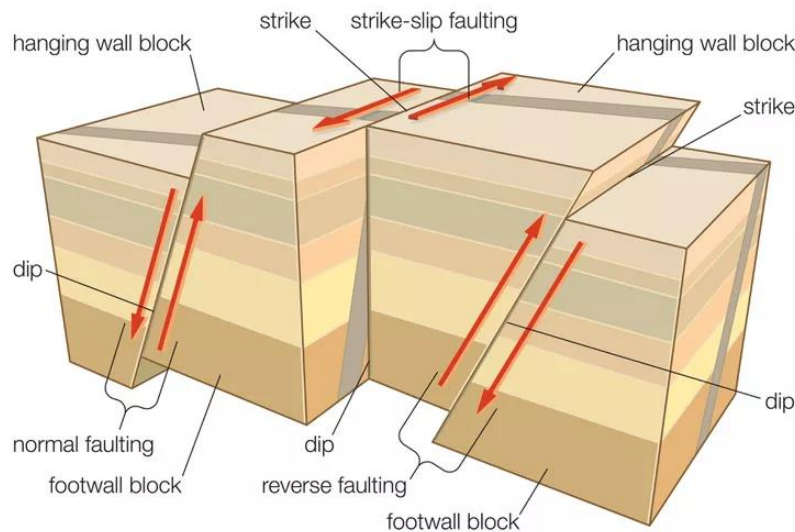


Fig. 1. *Schema of blocks and different types of movements on the faults – classical seismology [2].*

On Moon

Surprising results about moonquakes were obtained during the Apollo missions and the seismic registrations on the Moon – fig.2 [1]. According their depth of occurrence they have been divided as “deep” and “shallow” moonquakes and according their origin as:

- Natural moonquakes - deep and shallow. Deep moonquakes (~700 km below the surface,) are considered to have probably tidal in origin. Shallow moonquakes (50–220 kilometers below the surface), some of them at depths up to 30 km. The shallow moonquakes occurred at the depth interval 30-200 km – upper mantle but not in the Moon’s crust. The origin is not very clear (the scientists supposed that they are due to the contraction of the moon during the cooling of the interior of the satellite). There is relative similarity with the intraplate earthquakes in their occurrence. The stress-drop is enormous most probably due to the destruction of the rock substance at the deep interior. There is no correlation between tides and shallow moonquakes.
- Thermal moonquakes (the frigid lunar crust expands when sunlight returns after the two-week lunar night). Thermal dependence for the thermal moonquakes due to the sunrise and sunsets is important. The surface temperature changes are $+120^{\circ}\text{C}$ to -130°C . The seismic events due to heating-cooling effect occurred in the very shallow depths, have low magnitudes and low expected intensities. Relatively short lasting signal.
- Meteorite impact vibrations (generated by the hits of meteorites on the Moon surface). Eleven hits by meteorites over 1 ton have been registered [3].

- Artificially generated seismic events by blasts and kicks. In general 9 active artificial shocks have been performed (hitting by lunar module, blasts or human hits). Artificially generated seismic waves have been made in 2 specially designed active experiments of the mission Apollo 17. One of them used linear disposition of 3 broadband seismometers at distances 45.7 meters. Another was triangle shape area of 4 geophones (velocitymeters) with distances of 50-60 meters between them [4].

What is important to mention is that the seismic signals attenuate many times less than in the Earth - fig.3. This means that the quality factor is higher than on the Earth. Considering the fact that the surface mineral composition is dominated by anorthosite (rich of Calcium aluminosilicate) it means that the Moon sounds as a giant glass sphere, resonating to the seismic waves much more intensive than on Earth. That's why the seismic waves attenuate less than on Earth and the coda waves are much longer on seismograms of the moonquakes. The power of moonquakes is usually measured by Richter scale calibrated to the earth's conditions. Observed moonquakes (fig. 4. and fig.5.) have been mostly less than 3 on the Richter scale; the largest recorded ones have a magnitude between 5 and 5.7 (M_{max}). Shallow moonquakes can register up to $m_b=5.5$ on the body-wave magnitude scale. Between 1972 and 1977, 28 shallow moonquakes were observed – less than all others. Deep moonquakes tend to occur within isolated kilometer-scale patches, sometimes referred to as nests or clusters. The power spectrum of vibrations is in the frequency domain of 0.5-8Hz. The high stress drop is typical for the moonquakes of any type.

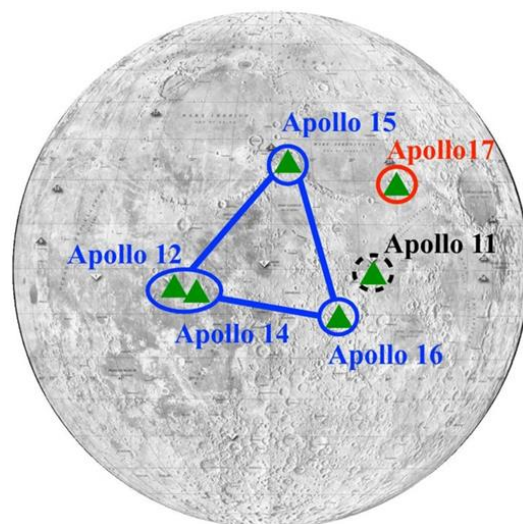


Fig. 2. Locations of the landing sites of Apollo's and seismometers disposition [1]

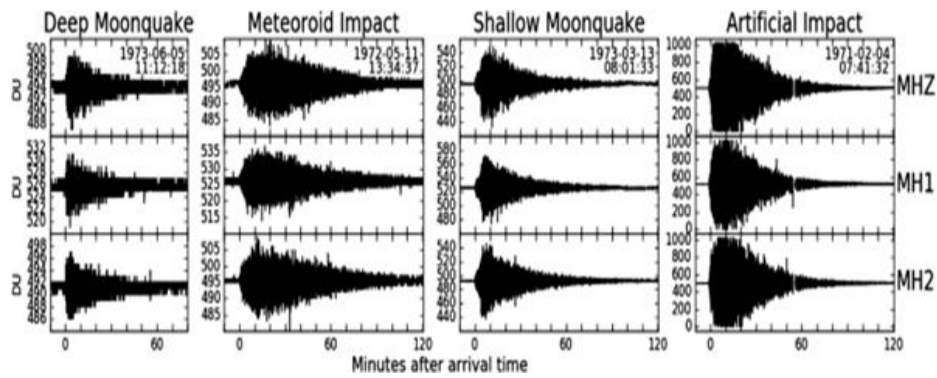


Fig. 3. Typical seismograms of Moonquakes (note the length of vibrations) [1]

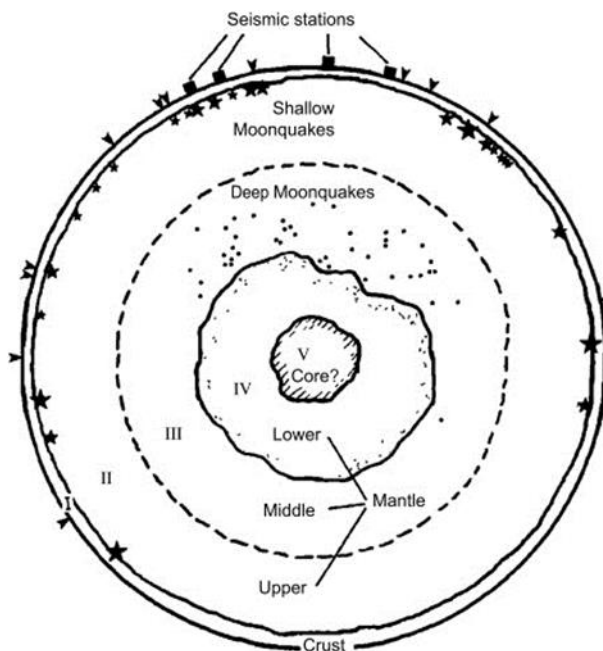


Fig.4. Depth distribution of Moonquakes [3]

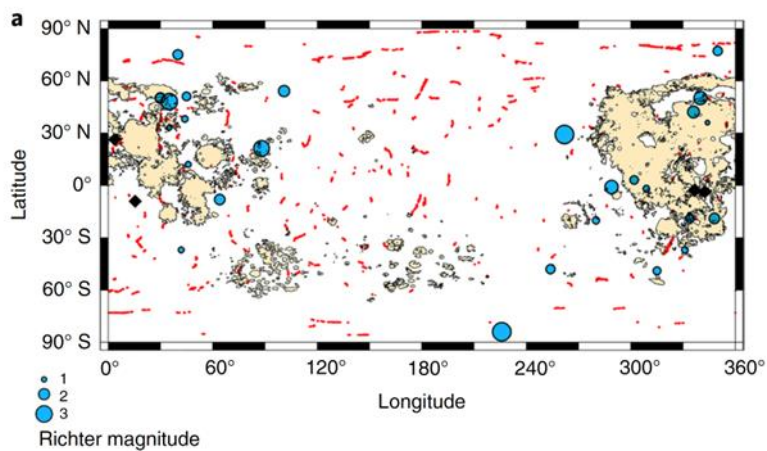


Fig. 5. Spatial distribution of some moonquakes[4]

On Mars

Marsquakes are registered mainly by the NASA mission InSight. Over several hundreds of marsquakes were detected with the larger magnitudes around 4-4.7. In total more than 1 500 marsquakes were registered. For the relatively short period of the InSight mission these numbers of seismic events demonstrate that the Mars is a moderate seismic active planet – much more active than the Moon (excluding deep moonquakes), but less than the Earth. In general the frequency domain of the registered seismic waves is between 0.4-1.0 Hz and 0.2-0.4Hz. This means the domination of relatively low frequencies and fast attenuation of the seismic signals. Up to the present day only crust seismicity of Mars is registered. These seismic events were used in general to prove deep Mars interior showing very similar to the Earth marsodynamics – molten core, solid mantle, active crust with a lot of formerly active volcanoes.

High frequency events are usually related to the extensional marsodynamics and are shallower. Low frequency marsquakes are most frequently connected with compressional regime. All marsquakes are considered that the generation mechanism is due to the cooling effect of the planet, which still is in development.

The strongest marsquake recorded up to now, which had a magnitude of 4.7 and caused vibrations to reverberate through the planet for at least six hours, was recorded by NASA's InSight lander on May 4th 2022 – fig.10. This seismic event is considered as very strong for the Mars conditions.

The stresses accumulations are considered as the result of billions of years of evolution; including the cooling and shrinking of different parts of the planet at different rates. It is still not fully clear why some parts of the planet seem to have higher stresses than others. One day, this information may help to understand where it would be safe for humans to live on Mars and where they have might want to avoid!

Two meteorite huge impacts have been registered by InSight seismometer proving the surface seismic waves propagation and for first time documented on another planet [8]. The power of Marsquakes is usually measured by Richter scale, calibrated to the earth's conditions.

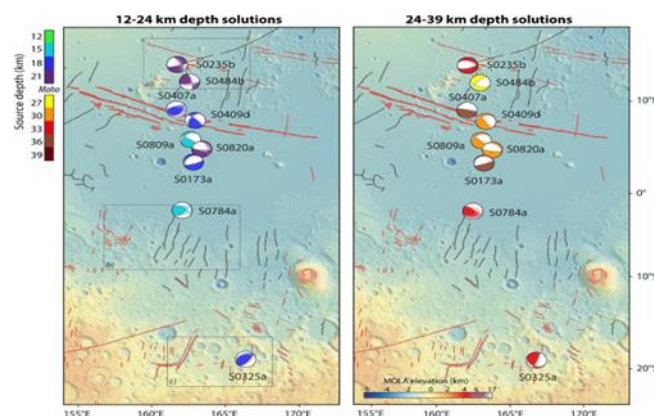


Fig. 6. Most events are tectonically related to the faults—just as on the Earth[5].

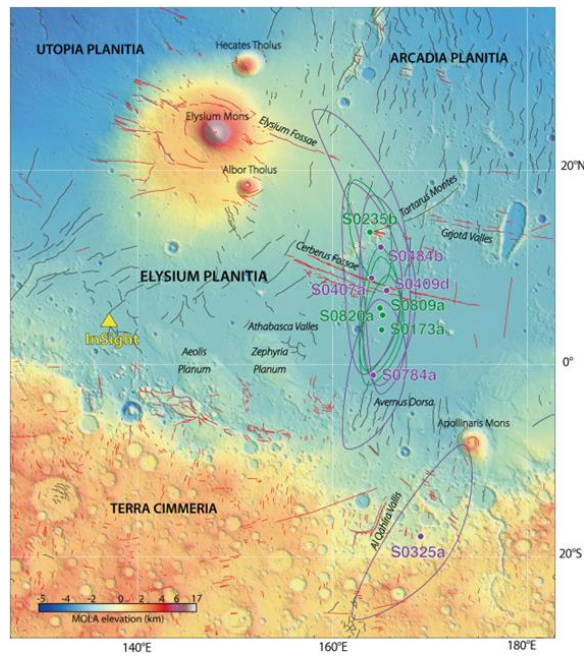


Fig. 7. Low frequency events <2.4 Hz (green) and high frequency events >2.4 (purple)[5].

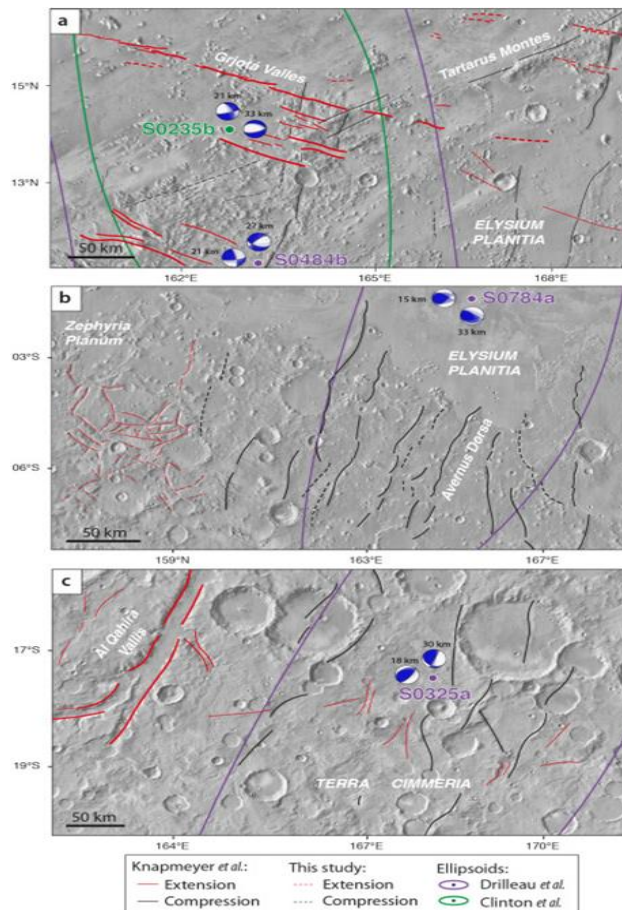


Fig. 8. Extensional (red) and compressional (black) faults and marsquakes [5].

Seismogenic sources are mostly visible structures of the central Elysium Planitia region where InSight landed. They are fractures and faults, ranging from a few tens of kilometers to several hundred kilometers long [6]. In general two main models of deformation are observed, extension (red lines) which is dominant in the region, and compression (black lines) – fig.8.

The surface temperature fluctuations vary between $+20^{\circ}\text{C}$ to -150°C , but clear influence of heating-cooling effects are not registered.

Mars fractures and faults have been mapped by several missions (Viking 1 and 2, Pathfinder, Spirit and Opportunity) thus providing rather clear picture of the zones and compression and extension – fig. 9. The reason for such distribution of the Mars crust stress is still unclear. The scientists propose the contraction hypothesis, but not all details of it can explain all peculiarities. The largest marsquake was registered on May 2022 [7].

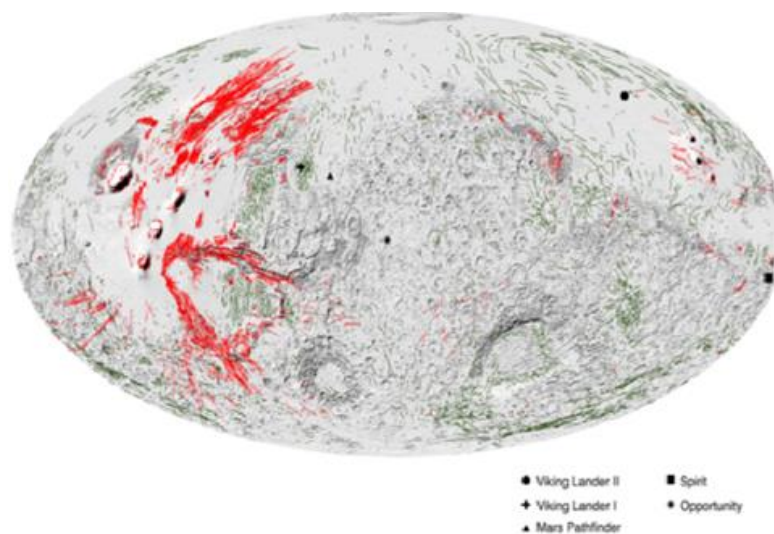


Fig. 9. Global distribution of the Mars' zones of compression (red) and extension (green) [6].

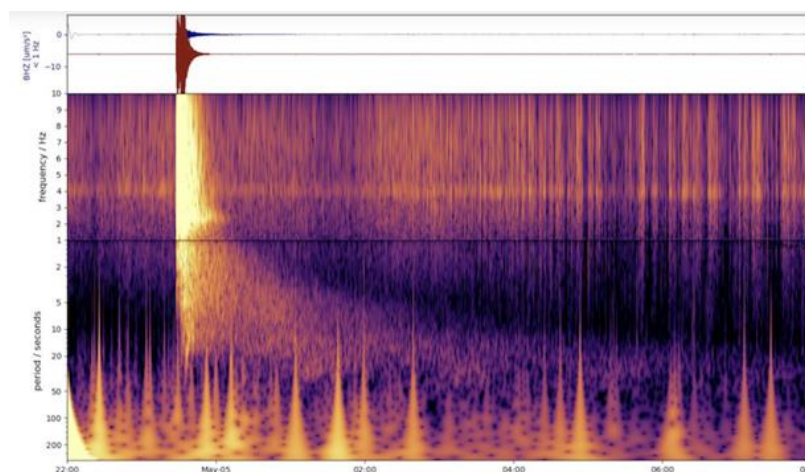


Fig. 10. Seismogram of the marsquake (M4.7) registered on May, 2022 and frequency spectrum [7]

4. Extraterrestrial seismic events – comparison with earthquakes

To use the typology described earlier a table with the main parameters of the observed and registered seismic events is constructed – Table 1.

Table 1. Seismic events of all types and their main seismological properties

Main parameters/ Type of seismic events	Source	Depth [km]	Magnitude (Mmax, Richter)	~ % of registrations
Earthquakes:				
tectonic	Tectonic forces	0 – 780	-1 to 9.6	95–96
volcanic	Volcanic activity	0 – 3-5	-1 to 5-6	2–3
collapse	Caves, mines	0–1	1 to 4-5	0.3
tide	Sun-moon gravity	0–10	0 to 3-4	0.2
meteorite	Impact	0–0.5	3 to 5	0.1
induced	Human	0–1-3	0 to 6	0.5
Moonquakes:				
thermal	Day-night change	0–0.1-0.2	1.0–3.0	0.1
tide (very clear coincidence)	Sun-Earth gravity	Deep (240–700)	5.0–5.7	90
meteorite	Impact	0–1	1.0–5.0	7
induced	Human	0–0.01	5.0–5,2	~0.1
cooling	Contraction	Shallow (30–220)	5.0–5.5	2–3
Marsquakes:				
tectonic (extension)	Stress-release	Crust (10–20)	1–4.7 (strongest)	50–70
cooling (compression)	Stress-release	Crust (20–40)	2.0–4.0	30–50
Meteorite (very rare)	Impact	0–0.5	0–5.0 (for now)	~0.1

The table presents the main seismological parameters focusing to the origin of known events, depth, magnitude and percentage of seismic registrations on Earth, Moon and Mars.

To compare the seismic activity and seismic events nature for all extraterrestrial registrations a table is created, which deals with the specifics (similarities and differences) of all types of seismic events registered on Earth, Moon and Mars. The lower diagonal part of the table identifies the similarities, and the upper diagonal part – the differences in very short and essential form pair by pair.

Table 2. Differences (upper) and similarities (lower) parts of the table presents the comparison between Earthquakes, Marsquakes and Moonquakes.

Differences / Similarities	Earthquakes	Moonquakes	Marsquakes
Earthquakes	Same	Thermal and tidal activity. “Nests” for deep events. Very high stress drop. Long lasted coda waves	Higher intensities for same magnitudes. Long lasted coda waves.
Moonquakes	Missing (except meteorite impact and part of tidal and induced events). Shallow are similar to intraplate events (without clear tectonic activity)	Same	Missing thermal and tidal activity. Still missing induced events.
Marsquakes	Tectonic origin. Faults related. Meteorite impacts.	Contraction as reason of limited seismic events. Meteorite impacts	Same

5. Discussion and conclusions

Recent registrations of Moonquakes and Marsquakes show many similarities and even more differences. In general all seismic events on Earth, Moon and Mars are due to realize of accumulated stress in the solid strata of the Earth and others two. In all cased the seismic waves propagate trough the substrate of the planets and Moon and are main source of information about the deep interior of the investigated bodies.

The concentric structure established by the seismic waves' propagation and the confirmed different layers of the studied bodies reveal the composition and together with other natural physical fields (like magnetic, gravity, radioactive and thermal)

give the possibility to compare and investigate the shape of the internal layers and the depth dynamics in more details – fig. 11.

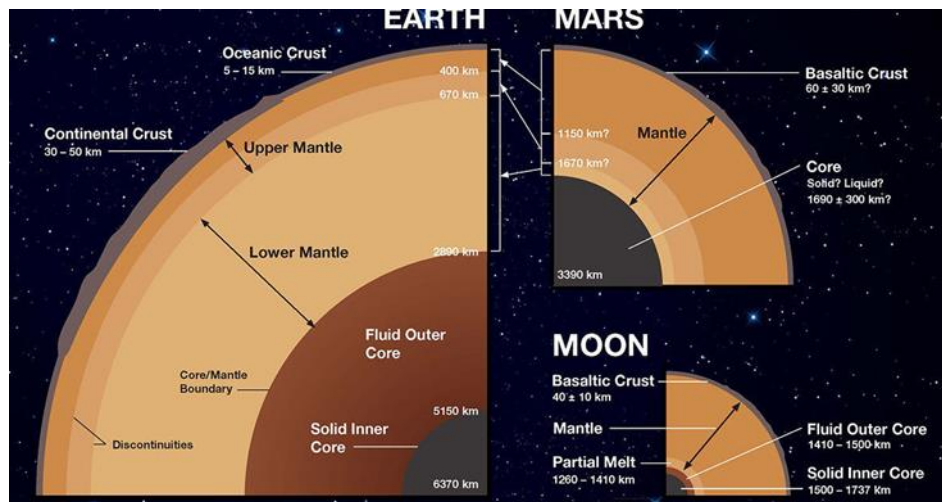


Fig. 11. Size and structural comparison between Earth, Mars and Moon [9].

Much more interesting are non-expected differences of the seismicity of the investigated extraterrestrial bodies (in our case Moon and Mars) with comparison of the Earth's seismicity. As an imminent property of the geodynamics, the seismicity is most recent and attractive expression of it. The structure and evolution of the Earth predefine the high seismic activity of our planet. The plate tectonic paradigm is a powerful tool to study recent geodynamics. The Moon and moonquakes are different in many aspects. High seismicity due to the change of day-night heating and cooling the Moon's crust is the main source of surface seismic activity of the Earth's satellite. The tidal effects of Sun-Earth influence to the moon are another surprise for the science. The coincidence in time and the phases of gravity interactions is another powerful source of Moon seismicity and happened in higher depths. The shallow (50 – 240 km) earthquakes, even very small in number are still an enigma and have not yet clear explanation. Another very strange property is the long lasted vibrations after each moonquake. They are 5-10-20 times longer than on Earth. Probably this is due to the chemical composition of the Moon's crust (with larger content of anorthosite) but it is not yet confirmed explicitly.

Regarding Mars and marsquakes they have also surprise elements. Even clearly related to the faults' structures (extensional and compressional) the marsquakes demonstrate also long lasted coda waves and relatively small seismic event (M4,7 from Earth's point of view) the reverberation of Mars for about 6 hours after the marsquake is another surprising fact. It shows that such events could be powerful for the Mars environment. The lack of proves for the tidal effect on Mars is another enigma. As a smaller body then the Earth, the tides generated by Sun and Earth, are expected to generate tidal marsquakes, but up to now such correlation are not observed. The extensional and compressional marsquakes also suggest more active

internal Mars dynamics (probably like geodynamics on the Earth). This is not yet confirmed and the marsquakes are considered as fault's related phenomena.

Concluding shortly the surprises are unexpected and future research can bring new and interesting results regarding the seismicity of the extraterrestrial bodies.

ЛИТЕРАТУРА

[1] C. Nunn et al., Lunar Seismology: A Data and Instrumentation Review, Space Sci Rev, 216:89, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11214-020-00709-3>.

[2] <https://www.thoughtco.com/fault-types-with-diagrams-3879102>

[3] M. Wieczorek., The Interior Structure of the Moon: What Does Geophysics Have to Say?., 2009. DOI: 10.2113/gselements.5.1.35.

[4] T. Kawamura et al. Evaluation of Observation bias of Apollo Seismic Observation Network. 45th Lunar and Planetary Science Conference, 2014. <file:///C:/Users/pc/Downloads/lpsc2014-kawamuraetal.pdf>

[5] A. Jacob et al., Seismic sources of InSight marsquakes and seismotectonic context of Elysium Planitia, Mars., Tectonophysics 837 229434, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2022.229434>

[6] M. Knapmeyer et al. Working models for spatial distribution and level of Mars' seismicity. J. OF GEOPHYS. RES., VOL. 111, E11006, 2006. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2006JE002708>

[7] <https://mashable.com/article/mars-marsquake-earthquake-biggest>

[8] <https://www.ox.ac.uk/news/2022-10-28-two-major-meteorite-impacts-reveal-new-insights-about-surface-mars>

[9] <https://www.planetary.org/space-images/interior-structures-of-earth-mars-moon>

НОВИ ТЕХНОЛОГИЧНИ РЕШЕНИЯ ПРИ КОНВЕРТИРАНЕТО НА ДВГ БУС В ЕЛЕКТРОБУС

Румен Несторов

Факултет по транспорта, ТрТТ, ТУ – София, бул. “Кл. Охридски” № 8, София 1000
email: rnestorov@tu-sofia.bg

***Резюме.** Проблемите, свързани с рециклирането на бракуваните литиеви акумулаторни клетки, довежда до търсене на алтернативи за нови източници на енергия в електрическите превозни средства. Напоследък поевтиняването на суперкондензаторите, техните впечатляващи характеристики, лесното им рециклиране и в пъти по – ниско тегло, дават отговори на доста сериозни технологични въпроси, свързани както с конвертирането, така и с производството на електрически превозни средства.*

Ключови думи: конвертиране на лекотоварен автомобил, електрически превозни средства, суперкондензатори, автономни източници на енергия.

1. Увод

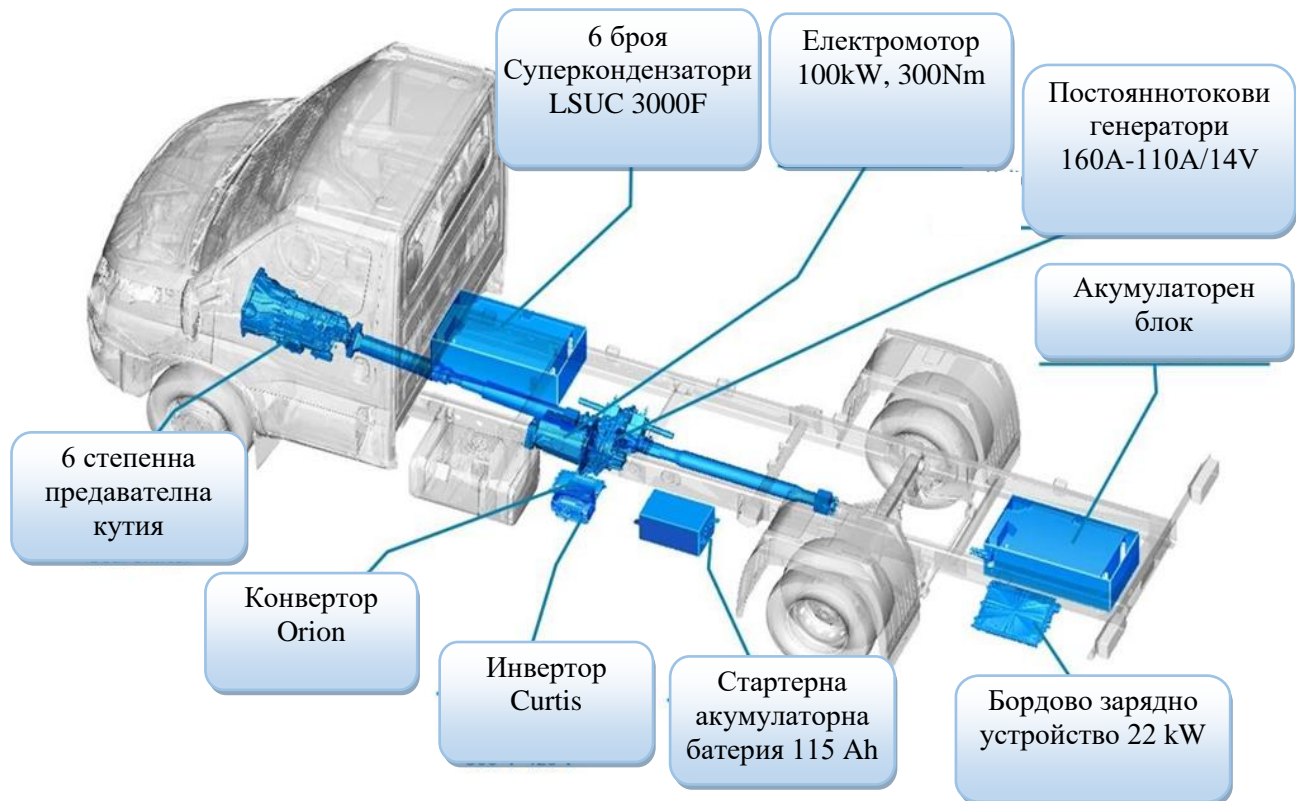
Въпреки увеличеният пробег през последните години (1000 km) с едно зареждане, цената на електромобилите се задържа на високи равнища. Сложният мониторинг на акумулаторните клетки с няколко миникомпютъра, подложени на много строг температурен контрол с охладителна течност и голямото тегло на акумулаторния блок си остават едни от сериозните проблеми. Електродвигателите работят с все по – високи напрежения, които неминуемо пораждат и силни електромагнитни излъчвания върху пътниците и околната среда. Правят се екраниращи защити, но това води до още по – голямо тегло, загряване на проводниците и увеличаване на съпротивлението.

2. Технологии за конвертиране на автомобила

Досегашната утвърдена технология за конвертиране на автомобили (започнала като любителско гаражно занимание преди 50 г. в Западна Европа и САЩ) и намерила развитие в производството на готови комплекти от по – крупни фирми на централно ниво, много често свързани и с асоциациите на автомобилните инженери, включва няколко задължителни компонента:

- Акумулаторен блок или блокове.
- Инвертор.
- Мощен тягов трифазен ел. двигател.
- Помощен трифазен ел . двигател 1,5 – 3 kW.

- Конвертор.
- Бордово зарядно устройство.
- BMS контролер за акумулаторния блок.
- Моторен контролер за помощния двигател с допълнителен енкoдер.
- Допълнителен, по-малък ДВГ двигател – при хибридите.



Фиг. 1. Примерна схема на конвертиран автомобил

2. 1. За каква иновация става дума?

С навлизането на суперкондензаторите в транспортната техника, се открива възможност за допълнителен източник на енергия, вътре в самия автомобил и нейното акумулиране, макар и за много кратък период от време. Изгражда се генераторна група от два силнотокови агрегата, намиращи се след предавателната кутия. Произведената електроенергия се насочва към кондензаторите и акумулаторния блок (фиг.2). Скъпият конвертор може да се окаже излишен, защото мониторингът на акумулаторния блок се извършва изцяло от BMS контролера. За СК (суперкондензатора) няколко релета за зареждане са достатъчни. Основните формули за енергия са кратки:

$$E (w) = 0,5 \cdot C \cdot U^2 [J]; \quad (1)$$

$$Q = I \cdot t [J]; \quad (2)$$

Токът за зареждане на акумулаторния блок (АБ) е най – често 32А (максимум), докато съвременните по - евтини суперкондензатори (СК) - 1 цент (за фарад капацитет) позволяват и 50 А максимален заряден ток.

От втората формула, ако положим $Q = 1$, $\rightarrow t (АБ) = 0,031$ усл. ед.; $t (СК) = 0,02$ усл. ед. \rightarrow за всяка минута от процеса на зареждане, СК ще печелят 20 усл. ед. зарядно време, т.е по – бързо ще се зареждат и разреждат и инвертора ще насочва тази допълнителна енергия към електромотора или акумулаторния блок, в зависимост от режима на работа на автомобила – ускорение, инерция, спиране, изкачване, спускане.

Чисто теоретично е възможно пробегът да се увеличи няколко пъти.

От друга страна, наличието на автономни соларни станции, работещи на същия принцип, с натрупване на енергия в суперкондензаторни модули, разположени на всеки 50 км. от пътя, ще направят разходите за енергия повече от конкурентни в бранша, стига преходите да са извършени в светлата част на денонощието.



Фиг. 2. Схема с конвертор за разпределяне на енергията между електромотора (ЕМ) и акумулаторния блок (АБ)

2. 1. 1. Примерен тип соларен панел

За такъв пример може да вземем соларен панел модел TW 400 M10 на цена от 150 лева, със следните характеристики:

$$P = 317,9 \text{ [W]}$$

$$U = 36,29 \text{ [V]}$$

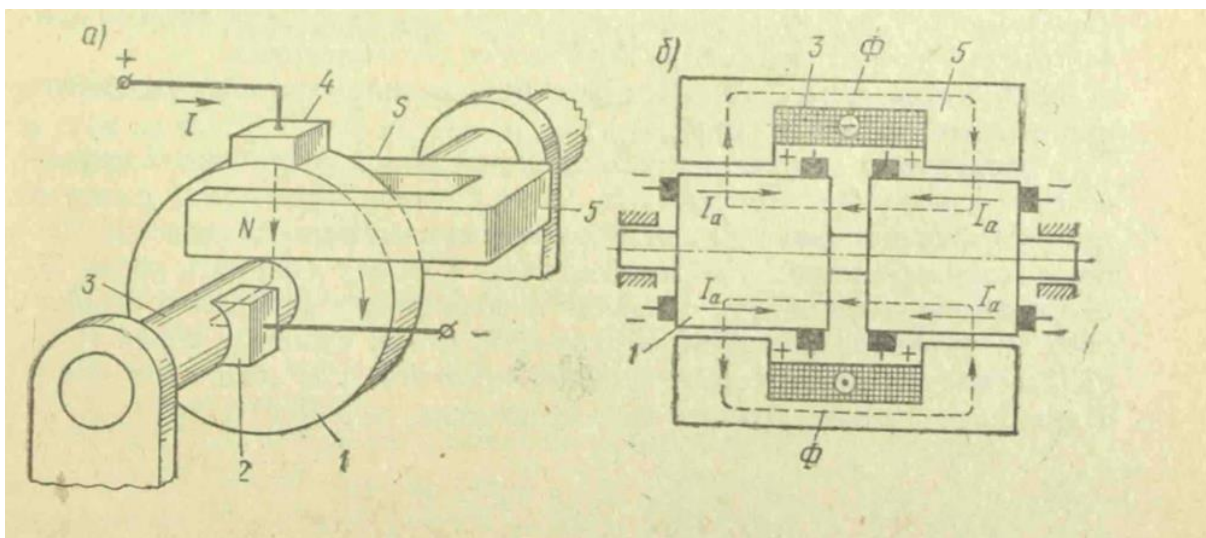
$$I = 11,12 \text{ [A]}$$

Това означава, че четири панела на обща стойност 800 – 1000 лева, изграждат автономна зарядна станция (АЗД), което теоретично означава, че с едно първоначално зареждане от мрежова зарядна станция (ЗС) и достатъчно близки автономни зарядни станции, автомобилът има почти неограничен пробег с изключително ниски разходи за зареждане с електроенергия.

3. В търсене на подходящ електродвигател

Подходящ електродвигател за такъв автомобил е униполярна постояннотокова ел. машина (дискова и цилиндрична) (фиг. 3) – разработена още през 70 – те години на миналия век в бившия СССР. Характеризира се с ниски напрежения, висок ток, значителни мощности – до 100 kW, проста евтина конструкция, липса на ламелни пластини, искрене по колектора и т. н.

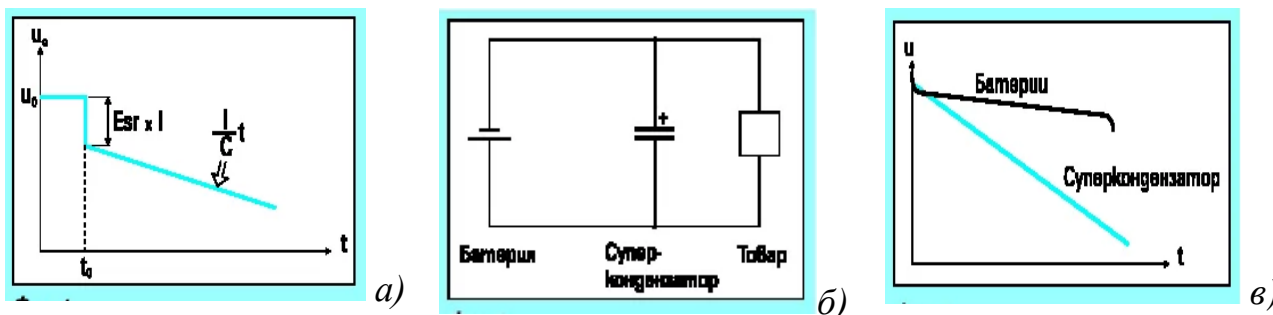
За един електромобил, преминаващ към кондензаторно захранване с електро- енергия, това е добро решение. Някаква информация за тези двигатели, вероятно е останала в БАН (от закрития Институт за ел. машини) или Минно-геоложкият университет „Св. Иван Рилски“, който използва подобни електро- двигатели в минното дело. Връзките с руските институти, които са разработвали тази технология от десетки години е прекъсната.



Фиг.3. Униполярна постояннотокова машина – а) дискова и б) цилиндрична

4. Ролята на суперкондензаторите в конвертирането на електромобили

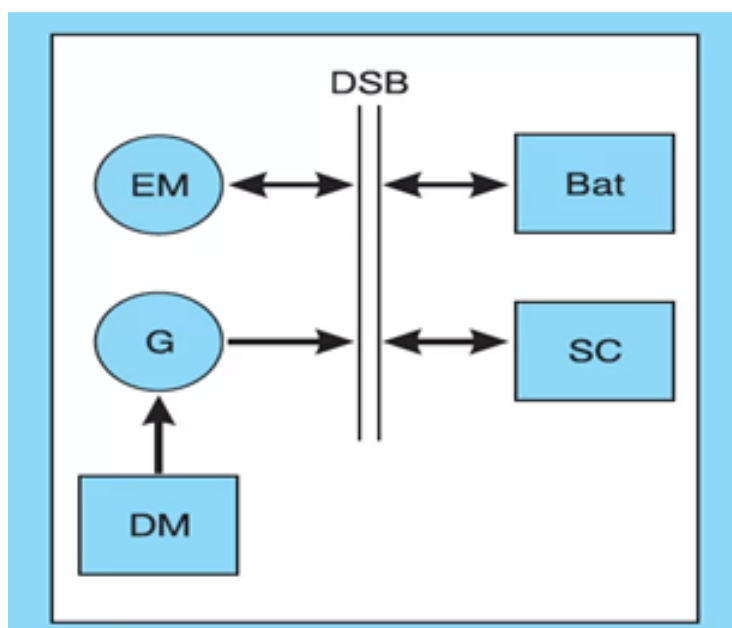
Вижда се, че например суперкондензатор LSUC 3000F (фиг. 5) с неговите 2396A ток на разряд, замества генераторите в натоварени участъци от пътя и зарежда допълнително акумулаторния блок (АБ). По-голям капацитет води до по - малък спад напрежението към електромотора (ЕМ) (фиг.4а), свързването към батерията е паралелно (фиг.4б), батерията компенсира пада на напрежение в суперкондензатора (СК) (фиг 4в).



Фиг. 4. а) зависимост на напрежение и капацитет; б) схема на свързване на батерията и суперкондензатора; в) графика на пада на напрежение в суперкондензатора



Фиг. 5. Суперкондензатор LSUC 3000F



Фиг. 6. При по – дълъг пробег електрическият генератор G , отново по DSB (постояннотокова шина), осигурява енергия на EM и зарежда акумулатора. Доброто ускорение при потегляне изисква голяма енергия за кратко време, която също се осигурява от суперкондензатора

5. Заключение

За да се провери работата на представената схема и точно измерване на тока, трябва да се измери заредената и изразходвана енергия за кратки периоди от време. За тази цел е необходим действащ стенд с ограничен брой елементи и електродвигатели с по – ниска мощност. С приемлива точност, ще се използват формули от теорията на моделирането.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Марк Кацман, издателство Техника, “Електрически машини и трансформатори”, стр. 161 – 162, 1979 г.

[2] <https://www.engineering-review.bg/bg/superkondenzatori/2/438/>

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

[4] https://green-energy.bg/wp-content/uploads/2023/12/data-sheet_tw-410map-m10-108-h-s-black-frame-compressed.pdf

[5] https://www.valiadis.gr/pool/ftp/attachments/Valiadis_K-PMDC-MOTORS.pdf

[6] https://www.aliexpress.com/item/1005006273948919.html?spm=a2g0o.productlist.main.13.6fb468c2dOR4yg&algo_pvid=9050b331

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВИДА НА ДВИЖЕНИЕТО НА ТЕЖЕСТТА В ЛАБОРАТОРНОТО УПРАЖНЕНИЕ „ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ИНЕРЧНИЯ МОМЕНТ НА МАХОВИК”

Иван Стефанов и Николай Денев

Катедра „Приложна физика“, Факултет „Приложна математика и информатика“
Технически университет София, бул. Кл.Охридски №8,
e-mail izhivkov@tu-sofia.bg

***Резюме.** В настоящия доклад е предложено допълнително изследване с постановката на лабораторното упражнение "Определяне на инерчен момент на маховик", което може да бъде проведено и като самостоятелно лабораторно упражнение. Изследването е фокусирано върху движението на едно от телата от физичната система, а именно на тежестта (тегликата). Целта е да се определи вида на движението \dot{y} , а също и да се провери дали момента на силите на триене в лагера на маховика е постоянен.*

Ключови думи: лабораторно упражнение, обработка на експериментални данни, коефициент на определеност, равноускорително движение, маховик.

1. Увод

Обновяването на лабораторния практикум към курса по физика е непрекъснат процес, който тече с различна интензивност през годините. През последните няколко години се появило множество причини за ускоряването на този процес. Ще споменем само някои от тях: обучението в отдалече на форма наложено от дългите периоди на социална дистанция причинени от пандемията COVID-19; естествената необходимост от обновяването и у осъвременяването на лабораторните упражнения, което може да засяга различни техни аспекти, като например, включване на електронни сензори, компютърни методи за обработка на данните, видео заснемане и така нататък.

В контекста на преподавателската работа на катедра „Приложна физика“ към „Факултет по приложна математика и информатика“ на Технически университет – София най-значима причина за преразглеждане както на състава на упражненията от лабораторния практикум към дисциплината „Физика“, така и на начина на тяхното провеждане беше промяната в учебните планове въведена от 2021г. и последвалата от нея промяна в учебните програми на тази дисциплина за различните професионални направления. След тези промени се оказало, че някои от разделите на физиката застъпени в лабораторния практикум по физика вече не влизат в учебната програма при някои от професионалните направления.

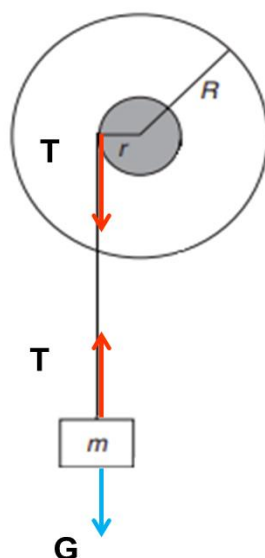
Към причините, които ни навеждат към мисълта, че е нужно преосмисляне на начина на провеждане и целите на лабораторния практикум по „Физика“ трябва да добавим и факта, че част от лабораторните упражнения вече се

провеждат на по-ранен етап от обучението в сравнение с предишните години, тоест в първи семестър, когато студентите нямат достатъчно натрупан опит, а също така и все още не са усвоили определени раздели на математиката, които са предпоставка за по-доброто и по-пълното разбиране на изучаваните физични явления.

Могат да бъдат следвани два основни подхода за обновяване на лаборатория практикум: промяна на състава на упражненията или начина на провеждането им. Усилията на авторите през последните три години се насочени към втория подход. През 2022г. докладвахме предложението си за провеждане на лабораторното упражнение “Затихващи трептения” с помощта на видео заснемане [1]. Миналата година в рамките на „Дни на физиката 2023“ предложихме алтернативен начин за обработка на експерименталните данни на лабораторното упражнение „Определяне на отношението C_p/C_v по метода на Клемант и Дезорм“[2].

Тазгодишното ни предложение е свързано с лабораторното упражнение “Определяне на инерционния момент на маховик“. В настоящия доклад се фокусираме само върху един аспект от лабораторното упражнение. Изследваме подробно един от процесите, които протичат по време на опита, а именно движението на тежестта. Целта ни е да докажем, че то е равноускорително, а оттам и да потвърдим верността на едно от основните допускания, които се правят в това упражнение, че момента на силите на триене лагера на маховика е постоянен. Предлагаме също и статистически критерии за оценка на верността на твърдението.

2. Описание на лабораторното упражнение



Фиг. 1. Схема на лабораторната постановка.

Опитната постановка се състои от стоманен хомогенен маховик с маса $M = 12,9 \text{ kg}$ и радиус $R = 0,097 \text{ m}$, центърът на който продължава като малък вал с радиус $r = 0,01 \text{ m}$, и теглилка с маса $m = 0,2 \text{ kg}$, към която е закрепена тънка, дълга и неразтеглива корда. Другият край на кордата се навива около вала, при което теглилката с долния си край виси над пода на височина $h = 1,65 \text{ m}$, фиг. 1. От това начално положение започва движението на системата. Под действието на силата G на тежестта, теглилката започва да слиза надолу, увеличавайки в движение (въртене) маховика. Силата на съпротивление на теглилката с въздуха се пренебрегва, а моментът $M_{\text{тр}}$ на силата на триене в лагера на маховика се отчита, като се допуска, че е постоянен, т.е. не се променя по време на движението. Кордата се счита за тънка, лека и неразтеглива, което при този експеримент е изпълнено с много добро приближение. При това допускане следва, че ускорението a на теглилката също ще бъде постоянно, както и ъгловото ускорение на маховика.

Движението се разделя на две части. Първата е вече описаната, която започва от началното положение и свършва в момента, когато теглилката пада на пода. В този момент и кордата се откачва от вала и започва втората част от движението, по време на която маховикът продължава да се върти равнозакъснително, поради действието на $M_{\text{тр}}$. Накрая това въртене спира, с което свършва и втората част на движението. С помощта на хронометър се измерва времето t_1 за първата част и времето t_2 за втората част на движението.

Теоретичното описание на тези две части е представено в ръководството за лабораторни упражнения по физика за студентите на ТУ – София [3, 4]. Тук ще се спрем накратко на основните елементи. В посоченото ръководство е застъпен енергетичният подход при описание на движението. В началното положение потенциалната енергия на теглилката (тежестта) е $E_{\text{р, тежест}}$. В края на първата част имаме кинетична енергия $E_{\text{к, тежест}}$ на постъпателно движение на тежестта и кинетична енергия $E_{\text{к, рот}}$ на въртеливото (ротационното) движение на маховика, а $A_{\text{тр}}^{(1)}$ е работата на силата на триене в лагера на маховика, извършена за времето на първата част от движението. Тогава от Закона за запазване на пълната механична енергия за системата следва:

$$E_{\text{р, тежест}} = E_{\text{к, тежест}} + E_{\text{к, рот}} + A_{\text{тр}}^{(1)} \quad (1)$$

$$A_{\text{тр}}^{(1)} = \int_0^{\Delta\varphi_1} M_{\text{тр}} \cdot d\varphi = M_{\text{тр}} \cdot \Delta\varphi_1, \quad M_{\text{тр}} = \text{const.} \quad (2)$$

Тук с φ е означен ъгълът на завъртане на маховика, като $\Delta\varphi_1$ е пълният ъгъл на завъртане от началното положение до края на първата част от движението. Както вече споменахме, считаме $M_{\text{тр}}$ за постоянен по време и на двете части на движението.

За втората част от движението имаме начална кинетична енергия $E_{\text{к, рот}}^{(2)}$ на въртеливото движение на маховика, която е равна на крайната стойност на тази

величина от част първа на движението. Тук I е инерционният момент на маховика, а ω е началната му ъглова скорост за втората част, която е равна на крайната стойност на тази величина от първата част. С $A_{\text{тр.}}^{(2)}$ сме означили работата на силата на триене в лагера на маховика, извършена по време на втората част от движението му, а $\Delta\varphi_2$ е пълният му ъгъл на завъртане от началото на втората част до края ѝ, когато движението спира.

$$E_{\text{к,рот.}}^{(2)} = \frac{I\omega^2}{2} = A_{\text{тр.}}^{(2)} = M_{\text{тр.}}\Delta\varphi_2 \quad (3)$$

$$M_{\text{тр.}} = \frac{I\omega^2}{2} \cdot \frac{1}{\Delta\varphi_2} \quad (4)$$

В ръководството [3, 4] от (1) се получава формула за инерционния момент на маховика I . (Резултата се сравнява със стойността получена чрез теоретичната формула за инерчен момент на цилиндър). За целта, обаче, е нужно да оценим работата на силите на триене в лагера на маховика $A_{\text{тр.}}(1)$. Тя се пресмята по формула (2). $M_{\text{тр.}}$, което участва във формула (2), се оценява във втория етап на движението по формула (4) и се прави допускането, че то има една и съща стойност и в двата етапа на движение на телата от системата.

Според описанието, дадено в посоченото по-горе ръководство, студентите използвайки данните от измерванията пресмятат стойностите на инерционния момент на маховика, както и на момента на силата на триене в лагера му. Получават се средни стойности около $I = 0,061 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ и $M_{\text{тр.}} = 0,008 \text{ N}\cdot\text{m}$.

3. Изследване на движението на тежестта

В разглежданията, направени по-горе се допускаше, че момента на силата на триене в лагера на маховика е постоянен с времето, което означава, че и движението е с постоянно ускорение. В настоящата работа решихме да проверим това. Ще изследваме движението на тежестта. Идеята е следната. Зад кордата до стената придържаме дървена летва с метрична скала, фиг. 2. Кордата е предварително намотана равномерно на вала, тежестта е издигната и началното ѝ положение е отчетено върху метричната скала. Пускаме тежестта и в същото време включваме хронометър. Отчитаме показанията на хронометъра при различни височини h_i на тежестта. Данните от измерването са представени в таблицата по-долу. За обработката им постъпваме по следния начин.

Ще използваме линейна регресия. Ако ускорението е постоянно, то разстоянието изминато от тежестта във вертикално направление h ще нараства като квадратична функция с времето. Свободният коефициент ще бъде нула, тъй като движението започва с нулева начална скорост. Независимата променлива, в нашия случай това е времето, ще означаваме с x , а зависимата, тук това е $h^{1/2}$, с y . Ускорението a е свързано посредством ур. (6) със свободния параметър на модела b .

$$x_i = t_i; \quad y_i = \sqrt{h_i}; \quad y = bx \quad (5)$$

$$\rightarrow b = \sqrt{\frac{a}{2}} \quad \text{или} \quad a = 2b^2 \quad (6)$$



Фиг. 2. *Провеждане на измерването.*

Измерените стойности са вписани в първите две колони на таблица 1. Оценка за стойността на свободния параметър b получаваме по метода на най-малките квадрати чрез формула (7).

$$b = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2} \quad (7)$$

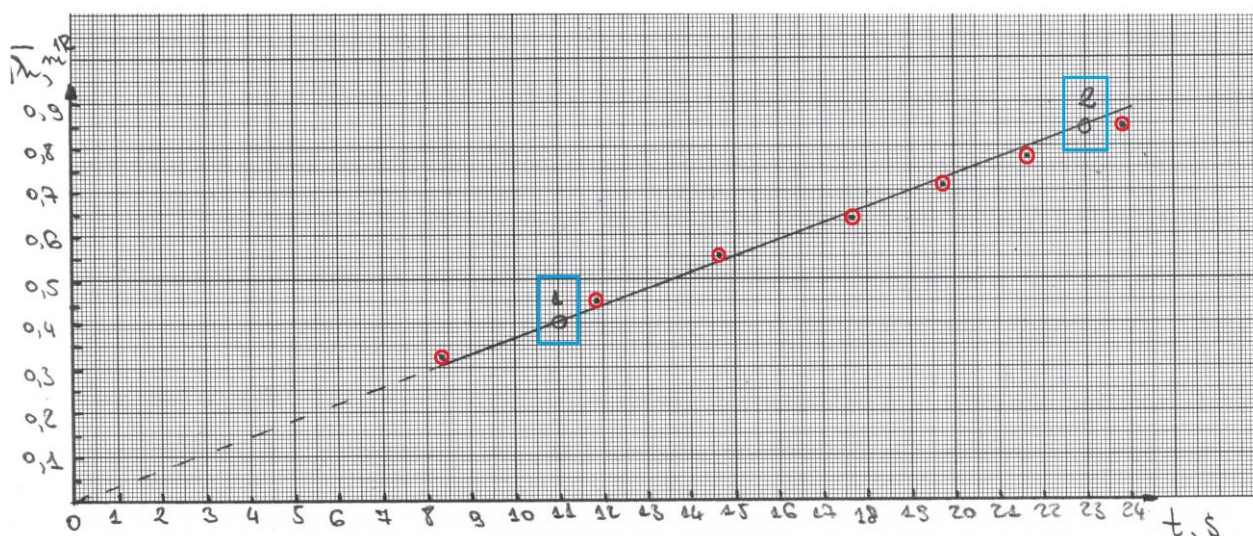
Сумите участващи в тази формула са посочени непосредствено под колони 3 и 4 на таблица 1.

Получаваме следните стойности за свободния параметър и ускорението – $b=0.036 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ и $a=0.0026 \text{ m/s}^2$. С помощта на стандартни формули получени от закона за изменение на момента на импулса на маховика можем да пресметнем и големината на момента на силите на триене в лагера на маховика $M_{\text{тр}}=0.0035 \text{ N/m}$, повече от двойно по-нисък от цитирания в точка 2.

Таблица 1

$x_i=t_i, s$	$y_i= h_i^{1/2}, m^{1/2}$	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	f_i	f_i^2	y_i^2
8.3	0.316227766	2.62469	68.89	0.29785	0.088715	0.1
11.91	0.447213595	5.326314	141.8481	0.427397	0.182668	0.2
14.69	0.547722558	8.046044	215.7961	0.527159	0.277896	0.3
17.7	0.632455532	11.19446	313.29	0.635174	0.403446	0.4
19.76	0.707106781	13.97243	390.4576	0.709098	0.502821	0.5
21.67	0.774596669	16.78551	469.5889	0.77764	0.604724	0.6
23.94	0.836660027	20.02964	573.1236	0.8591	0.738053	0.7
	суми	77.97909	2172.994		2.798323	2.8

Данните могат да бъдат нанесени и на графика върху милиметрова хартия. Това направено на фигура 3. Както се вижда от графиката, те могат да бъдат добре описани с помощта права линия. Свободния параметър на модела b , може да бъде определен от наклона на правата линия по стандартния начин като отношение на разликите между y координатите и разликите между x координатите на две произволни точки от правата (оградени в синьо на фигурата). Получава се стойност близка до тази намерна с помощта на формула (7).



Фиг. 3. Графична обработка на експерименталните данни.

4. Статистическа обработка на експерименталните данни

Като статистическа оценка за качеството на модела предлагаме да бъде използван коефициентът на определеност [5–8]. Като следствие от допускането, че началната скорост на тежестта е нула, моделът, който прилагаме е линеен,

като особеността му е, че свободната адитивна константа също е нула¹. Случаят на регресия през центъра на координатната система е специфичен и изисква за коефициента на определеност R^2 да се използва дефиниция, която е различна от стандартната. За повече подробности насочваме читателя към [9, 10]. Коефициента R^2 взема стойности в затворения интервал [0, 1]. Може да бъде изразен и в проценти. Стойността му разкрива каква част от наблюдаваната вариация на зависимата променлива y може да бъде обяснена от модела. Колкото по-близък е до 1 или, което е еквивалентно, до 100 %, толкова по-добре избрания модел обяснява наблюдаваното изменение на зависимата променлива.

Дефиницията за R^2 , която използваме е:

$$R^2 = \frac{\sum f_i^2}{\sum y_i^2}. \quad (8)$$

В знаменателя е сумата от квадратите на експериментално получените стойности на зависимата променлива y_i , които, както споменахме и по-горе, са равни на коренквадратен от разстоянието изминато от тежестта във вертикално направление h , т.е. $y_i = h_i^{1/2}$. Те са посочени в последната колона на таблица 1. В числителя на R^2 е сумата от квадратите на стойностите на зависимата променлива пресметнати чрез моделната функция $f_i = b \cdot x_i$, стойностите на която са в колона 5 на таблица 1. Квадратите им са в следващата колона на същата таблица, а сумата на последните е записана непосредствено под последната стойност.

За коефициента на определеност получаваме стойността 0,99, тоест 99,9% от вариацията на зависимата променлива може да бъде обяснена от избрания модел. Получената висока стойност на R^2 не ни дава основание да отхвърлим избрания модел, а напротив, подкрепя го. Нужно е да отбележим, обаче, че позадълбоченото изследване на адекватността на модела трябва да включва, например, и анализ на поведението на остатъците [7].

Трябва да отбележим, че твърде високите стойности на коефициента на определеност, не бива с лекота да се приемат като категорично потвърждение на модела. Те често будят подозрение, тъй като са малко вероятни.

5. Изводи

В резултат на проведеното изследване с помощта на статистически тест се утвърждава, че движението на тежестта може да се разглежда като равноускорително. От своя страна това означава, че момента на силите на триене в лагера на маховика може да се приеме за постоянен по време на опита.

Един от недостатъците на получените от нас резултати е, че оценката за момента на силите на триене в лагера на маховика е двойно по-ниска от тази, която се получава при обичайно да превеждане на лабораторното упражнение.

¹ В стандартни за статистиката означения $\beta_0=0$, а $\beta_1 \neq 0$.

Причината за това е високата стойност на ускорението, която се получава в резултат на обработката на експерименталните данни.

Една възможна посока, в която да си търси решение на тези два свързани помежду си проблема е използването на квадратичен вместо избрания тук линеен модел. Използването на квадратичен модел, обаче, означава и отказ от допускането, че движението на тежестта започва с нулева начална скорост, за което се изисква да адекватно обяснение. С други думи това предложение би могло да реши един проблем, но да породи друг такъв.

В рамките на дискусиата на доклада доц. Ивайло Минков от нашата катедра направи предложение ускорението на тежестта да бъде пресметнато във всяка точка и да се провери дали то остава постоянно с времето. Предварителните ни изследвания показват, че то намалява с времето. По-подробното изучаване на изменението на ускорението с времето е задача, която оставаме за бъдеща работа.

ЛИТЕРАТУРА

[1] И. Стефанов, Н. Денев, *Провеждане на лабораторното упражнение „Затихващи механични трептения“ с помощта на видеозаснемане*, сборник с доклади от „Дни на физиката в ТУ-София“, 14-16 април 2022, стр. 103, ISSN 1313-9576;

(линк) http://phys.tu-sofia.bg/physdays_files/PDays2022/Sbornik%202022.pdf.

[2] И. Стефанов, Н. Денев, *Алтернативен подход за обработка на експерименталните данни на лабораторното упражнение „Определяне на отношението C_p/C_v по метода на клемант и дезорм“*, сборник с доклади от „Дни на физиката в ТУ-София“, 6-8 април 2023, стр. 102, ISSN 1313-9576.

[3] Никола Илков, Лъчезар Длъгников, *Физика – Ръководство за лабораторни упражнения*, София 2007.

[4] Р. Ташева, И. Минков, Т. Петров, Х. Христов, *Физика: Ръководство за лабораторни упражнения*, Симолини 94 (2016), ISBN 978-619-7265-15-6.

[5] Редактори на Уикипедия, „Корелация“, Уикипедия, Свободната енциклопедия, <https://w.wiki/A6vm> (достъп на 17 май 2024).

[6] Wikipedia contributors, "Coefficient of determination," Wikipedia, The Free Encyclopedia, <https://w.wiki/3kMS> (достъп на 17 май 2024).

[7] Pat Obi, *Simple Linear Regression*, YouTube, <https://is.gd/SGGImc>, (достъп на 17 май 2024).

[8] R. Anderson-Sprecher, *Model Comparisons and R^2* , The American Statistician 48, no. 2 (1994): 113–17. <https://doi.org/10.2307/2684259>.

[9] Joseph G. Eisenhauer, *Joseph G. Eisenhauer Regression through the Origin*, Teaching Statistics том 25, брой 3, стр. 76 (2003).

[10] Yingwen Li, Debashis Paul, 2020, *Regression through the origin*, <https://stats.libretexts.org/@go/page/238> [достъп на 17 май 2024].

Авторски указател

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

Богданова Ивета, студент, ФТК, Технически Университет – София

Бойков Даниел, студент, ФТК, Технически Университет – София

Граматииков Камен, студент, ФТ, Технически Университет – София

Денев Николай, гл. ас., д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет – София

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

Несторов Румен, н.с., ТрТТ, ФТ, Технически Университет – София

Пелова Гергана, студент, ПМИ, Технически Университет – София

Петкова Таня, студент, ФАИО, Технически Университет – София

Рангелов Бойко, проф. д-р, ГФ, Минногеоложки Университет, София

Стефанов Иван, доц. д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет – София

Халова Елена, доц. д-р, КПФ, ФПМИ, Технически Университет – София

ПРОГРАМА НА ДНИ НА ФИЗИКАТА 2024г.**11.04. четвъртък**

Доклад	Автор(-и)	Час
„Нобелови награди по физика, 2023“	Проф. д-р Иван Копринков, КПФ	16:00
„За физиката през 2023 г.: От Галилей до Опенхаймер“	Проф. дн Сашка Александрова КПФ	16:30
„Изтъкнати български физици“	Ивета Богданова и Даниел Бойков , ФТК, 1 курс,	17:00
„Катапултиращи системи във военната авиация“	Камен Граматиков, ФТ, АТТ, 4 курс	17:20
„Квантови компютри“	Гергана Пелова, ПМИ, 4 курс	17:40

12.04. петък

Доклад	Автор(-и)	Час
„Земя 2.0: В търсене на планети-близнаци на Земята“	доц. д-р Владимир Божилов, СУ	16:00
„Космическите снимки – красотата, която не да видим с очите си“	Таня Петкова, ФАИО, 1 курс	16:30
„Първият учебник по Физика в България“	доц. д-р Елена Халова	16:50
„Курсове по физика в навята специалност „Педагогика на обучението по математика, физика и информатика“	гл. ас Невена Кожухарова	17:10
Демонстрации	гл. ас. инж. Любомир Георгиев, КПФ	17:30

13.04. събота – научна сесия

Доклад	Автор(-и)	Час
„Земетресения, Лунотресения, Марсотресения – типология, прилики и отлики“	Проф. Бойко Рангелов, ГФ, МГУ,	10:00
„Изграждане на допълнителен генераторен блок за компенсиране липсата на енергия при конвертиране на товарен бус в EV , с индивидуален проект , извън готовите фирмени китове на пазара“	инж. Румен Несторов, ТрТТ	10:30
„Изследване на вида на движението на тежестта в лабораторното упражнение „Определяне на инерчния момент на маховик“	доц. д-р Иван Стефанов, КПФ гл.ас. д-р Николай Денев, КПФ	11:00
Кафе пауза		11:30
„Монте Карло метод за моделиране на трафик в мрежови системи“	доц. д-р Христо Търнев, КПФ	12:00
„Молекулни спектри при антрацен, графен и бактериородопсин“	Проф. д-р Иван Лалов гл. ас Невена Кожухарова	12:30
Закриване		13:00

ЗАВОД ЗА ОПТИКА

ОПТИКОЕЛЕКТРОН
ГРУП



Панагюрище 4500, Индустриален парк ОЕ, тел: 0357/62 156, факс: 0357/63316 е-mail: pfo@opticoel.com, www.pfo-bg.com