



СЪЮЗ
НА ФИЗИЦИТЕ
В БЪЛГАРИЯ

1'18

СВЕТЪТ
СВЕТЪТ
СВЕТЪТ
СВЕТЪТ

НА

ФИЗИКАТА

С В Е Т Ъ Т Н А Ф И З И К А Т А

том XLI, кн. 1, 2018 г.

Издание на Съюза на физиците в България

<http://phys.uni-sofia.bg/upb/>

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Сашка Александрова

ЗАМЕСТНИК-ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Ана Георгиева

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Пенка Лазарова

ЧЛЕНОВЕ

Никола Балабанов, Иван Лалов,
Мариана Кънева, Радостина
Камбурова, Борислав Павлов,
Светлен Тончев, Лилия Атанасова

EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Sashka Alexandrova

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Ana Georgieva

EXECUTIVE SECRETARY

Penka Lazarova

MEMBERS

Nicola Balabanov, Ivan Lalov,
Mariana Kuneva, Radostina
Kamburova, Borislav Pavlov,
Svetlen Tonchev, Liliya Atanasova

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

Александър Г. Петров, Николай В.
Витанов, Чавдар Стоянов,
Николай. К. Витанов, Лъчезар
Аврамов, Хассан Шамати,
Евгения Вълчева, Евгени Попов

EDITORIAL COUNCIL

Alexander G. Petrov, Nikolay V.
Vitanov, Chavdar Stoyanov,
Nikolay K. Vitanov, Lachezar
Avramov, Hassan Chamati,
Evgenia Valcheva, Evgeni Popov

ВОДЕЩ БРОЯ: Сашка Александрова

VOLUME EDITOR: Sashka Alexandrova

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

Бул. „Джеймс Баучер“ №5,
1164 София

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,
1164 Sofia

☎ 02 862 76 60

E-mail: worldofphysics@abv.bg

Предпечатна подготовка: Л. Атанасова

ISSN: 0861–4210

РЕДАКЦИОННО

Много книги са написани за великите във физиката и техните ученици и последователи. В нашето списание често публикуваме статии за големите учени и техните открития и постижения, променили представите ни за природата и света. Възхищаваме се на тяхното дълбоко разбиране на явленията и процесите, проникновението им, научната им смелост и дръзновение. Не бива да забравяме обаче, че зад всички тях стои огромната армия от техните учители, събудили интереса им към природата и запалили неугасващия огън на възторга пред науката, но останали неизвестни. Те приобщават новите поколения към знанието, показват на учениците и студентите силата на науката и нейната мощ с ясното съзнание и отговорност, че те ще кроят нашето бъдеще.

През април предстои провеждането 46-та Национална конференция по въпросите на обучението по физика, която се организира ежегодно от Съюза на физиците в България. За пореден път научната програма на конференцията включва пленарни доклади, секционни доклади, постерни представяния на авторски разработки, кръгли маси и дискусии. Ще се говори за постиженията, проблемите, вижданията и перспективите.

След края на конференцията и направените изводи всичко продължава – организиране на дни на отворените врати, извънкласни занимания, подготовка за състезания и конкурси. Отново с вдъхновение и желание, огромен с нищо неизмерим труд, носещ това вдъхновение през трудности – материални, финансови, организационни, изменящи се програми (няма как иначе, „всичко тече“, новите технологии са на прага). Нашите учители отговарят на тези неимоверни изисквания към тях, които те са приели да изпълняват като своя мисия, за да могат нашите ученици, студенти и млади учени да носят награди от световни конкурси и състезания, да учат в престижни университети и да работят за напредъка на обществото ни.

Работата на всички учители е трудна, но така или иначе живеем в сложен технологичен свят, развитието се определя от технологиите, базирани на физични явления и процеси. Учителите по физика са тези, които отварят вратата към този необятен и вълнуващ свят.

Великите помнят своите учители.

Стивън Хокинг описва влиянието на своя учител Диркан Тахта върху живота му в емоционален видеоклип, като казва: „Уроците му бяха живи и вълнуващи. Всичко можеше да бъде обсъдено. Заедно сме построили първия ми компютър. Днес имаме нужда от велики учители повече от всякога. Винаги трябва да помним, че учителите имат огромно значение“.

Нобеловият лауреат Ричард Файнман никога не забравя своя учител Абрам Бадер. В писмо до него пише: „Много съм ви благодарен, че ме насоч-

вахте и обучавахте по физика За мен беше много вдъхновяващо да сте мой учител в гимназията, със сигурност знаехте как да накарате едно момче да достигне най-голямото постижение, на което е способно“.

Джослин Бел, откривателката на пулсарите, казва за своя гимназиален учител: „Имахме голям късмет с учителя по физика. Той се казваше Хенри Тилът... Беше блестящ. Насърчаваше ни. Позволяваше ми да работя в лабораторията по физика извън часовете“.

Да се надяваме, че и нашите ученици, вече завършили образованието си и реализирали се в своята професия, си спомнят с благодарност за своите учители по физика.



СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

46-та НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ВЪПРОСИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА

13 - 15 април 2018 г. Плевен

на тема

„Европейски измерения на българското образование по физика“



ЮБИЛЕЙНА 10-ТА КОНФЕРЕНЦИЯ НА БАЛКАНСКИЯ ФИЗИЧЕСКИ СЪЮЗ (BPU10)

От 26 до 30 август 2018 г. България ще бъде домакин на Юбилейната 10-та конференция на Балканския физически съюз. Тя ще се проведе в Интер Експо Център в София под патронажа на президента г-н Румен Радев. Организатор на конференцията е Съюзът на физиците в България.

През 1991 г. е поставено началото на традицията да се провежда Балканска конференция по физика на всеки 3 години, като страната-домакин се избира на ротационен принцип. BPU1 се провежда от 12 до 14 септември 1991 г. в Солун и тя става място, на което, за първи път в историята на науката на Балканите, се събират повече от 600 физици. Във Втората балканска конференция по физика (BPU2, 12-14.09.1994 г., Измир) броят на участниците е още по-голям и достига 800 учени. Днес тя е известна с името Международна конференция по обща физика, отворена за учени от целия свят.

Балканската конференция по физика е създадена с цел насърчаване и подобряване на науката и обмена на знания и информация чрез връзки между учените, които да доведат до съвместни изследователски проекти и общи програми между Балканските страни. По тази причина нейната тематика е твърде широка и тази година тя включва 19 теми, отнасящи се не само до актуални физически проблеми, но и свързани с качеството на обучението по физика и историята на физическата наука.

Повече информация можете да намерите на сайта на конференцията:

<http://bpu10.balkanphysicalunion.com/>

<http://phys.uni-sofia.bg/upb/conference/BPU10/index.html>



**СПИСАНИЕ „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“
СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ**



**КАТЕДРА „ФИЗИКА“ КЪМ
МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВЕТИ
ИВАН РИЛСКИ“**

ОРГАНИЗИРАТ ЛЕКТОРИЯ

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА НА ЖИВО

**с публични лекции на настоящи и
бъдещи автори на
сп. „Светът на физиката“**

**Информация за следващите лекции можете да намерите на
сайта на списанието:**

http://wop.phys.uni-sofia.bg/wop_live.htm

ТРАНСМУТАЦИЯТА – СΤЪПКА ΚЪМ ПО-ΕΦΕΚΤΙВНА И ЧΙΣΤΑ ЯДРΕΝΑ ΕΝΕΡΓΙΑ

Христо Протохристов, Чавдар Стоянов, Петър Живков

Едно от най-големите препятствия пред по-нататъшното развитие на ядрената енергетика е свързано с проблема за преработката и съхранението на отработеното ядрено гориво (ОЯГ), в което се съдържат значителни количества силно радиоактивни и токсични вещества. До неотдавна погребването на ОЯГ за „вечни времена“ в надеждно изолирани хранилища се разглеждаше като безалтернативно и окончателно решение. Методите на „ядрената алхимия“, приложени в новите реакторни и ускорителни системи, предлагат днес един напълно различен и перспективен подход. Чрез изкуствено превръщане на елементите или трансмутация, дългоживеещите радиоактивни отпадъци могат да бъдат трансформирани в безвредни вещества. В допълнение, съдържащият се в ОЯГ потенциално опасен оръжеен плутоний може да бъде бързо унищожен, като процесът се съпътства от значителен добив на енергия. Рязко увеличаващата се в световен мащаб консумация на енергия, ограничените запаси от фосилни горива и най-вече глобалните изменения в климата карат много правителства да обръщат отново поглед към практически неограничените ресурси от енергия, съдържащи се в атомното ядро от самото възникване на материята. Трансмутацията на ОЯГ, съчетана с въвеждане на нови реакторни системи с повишена сигурност, може да осигури едно чисто бъдеще за ядрената енергетика.

Изследването на същността на елементите и тяхното взаимно превръщане или трансмутация е занимавало учените на античността, а през Средновековието е оказало силно влияние за развитието на химическата наука. Практични са стимули дали началния тласък за разширяване и задълбочаване на химическите познания. Както разливите на Нил са станали причина за развитието в Древния Египет на геометрията, възникнала от земемерството, така и химията е била първоначално свързана с добива, пречистването и обработката на метали, особено на благородните метали сребро и злато. В античността химия наричали изкуството да се превръщат обикновените метали в злато, сребро или техните сплави. Предполага се, че гръцкото наименование химия (*χημεία*) е произлязло от египетската дума *хам* или *хеми*, която означава Египет, а също така „черен“.

Превръщане на елементите в Античността и Средновековието

Гръцката философия, издигнала се до върховете на човешката мисловност, отделяла особено внимание на проблема за елементите. Наблюдавайки

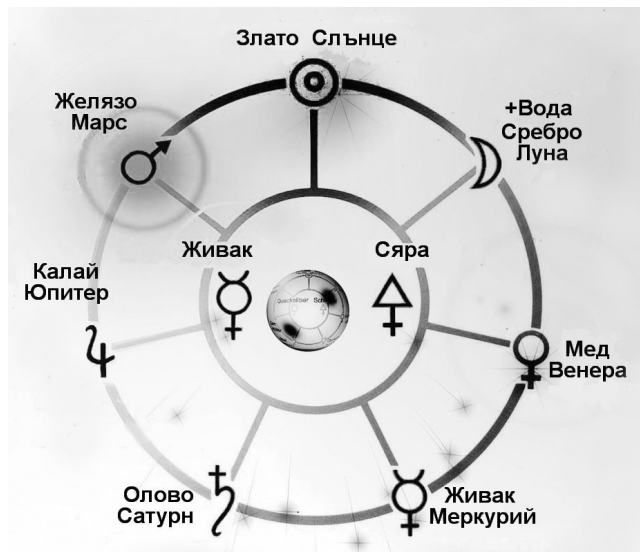
превръщанията на различните вещества, философът Талес Милетски (640 – 546 г. пр.н.е.) поставя въпроса, дали всички те не са разновидности на едно основно вещество, за което днес използваме латинската дума елемент. Талес приема за основно вещество водата. Философът Анаксимен (585 – 525 г. пр.н.е.) стига до извода, че първоосновата на Вселената е въздухът. Към центъра на Вселената, въздухът се съгъстява в различна степен и образува водата, а след това – земната твърд. Хераклит (540 – 457 г. пр.н.е.) смята, че елементът трябва да бъде вечноменящ се и едновременно променящ всичко. Такова основно вещество (*substantia* – лат.) представлява огънят. Емпедокъл (490 – 430 г. пр.н.е.) обединил трите гореспоменати елементи, въздух, вода и огън, като добавил четвърти – земя. Ако сравним схемата на четирите елемента на гръцките философи със съвременните понятия за газ, течност, твърдо тяло и енергия, ще открием изненадващо сходство. При охлаждане и свиване газовете се втечняват – образуват течности, които при по-нататъшно охлаждане и свиване се превръщат на свой ред в твърди вещества, а химическите реакции са свързани с поглъщане или освобождаване на енергия. Великият мислител на античността Аристотел (384 – 322 г. пр.н.е.), чиято философска система доминира научната мисъл в продължение на две хилядолетия, смята четирите елемента за нематериални субстанции – стихии, които са носители на конкретни свойства – топлина, студ, сухота и влажност. Всеки елемент-стихия, е носител на две свойства като са възможни четири комбинации: огънят е топъл и сух, въздухът – топъл и влажен, земята – студена и суха, водата – студена и влажна (Фигура 1). Аристотел изпълва Вселената с още един, пети елемент – квинтесенция (*quinta essentia* – лат.), който е съвършен, вечен и неизменен, различен от останалите четири несъвършени елементи. Това е още т.нар. ефир, заменен от вакуума едва в началото на XX в.



Фигура 1. Античните философи смятат, че веществата се състоят от четири елемента (стихии): земя, вода, въздух и огън, чиито основни свойства са топлина, студ, сухота и влажност. Всеки елемент е носител на две свойства, като са възможни четири комбинации: огънят е топъл и сух, въздухът – топъл и влажен, земята – студена и суха, водата – студена и влажна.

Делимостта на материята е другият важен проблем, занимавал гръцките философи. Демокрит (ок. 470 – 360 г. пр.н.е.) прави извода, че в края на деленето на материята на съставните ѝ части трябва да се достигне до някаква най-малка и неделима частица, която нарича *átomos* (неделим) и така става основоположник на атомизма.

Макар абстрактни и неприложими в своята епоха, теориите на античните философи оказват силно влияние върху научното мислене. От представата за елементите на Аристотел и от атомизма на Демокрит е произлязла идеята за превръщането или трансмутацията на неблагородните метали в благородни, която в продължение на столетия владеела алхимията. Още в предалхимичния период известните по онова време метали били причислявани към елементите. Тъй като често откривали злато в медни руди, смятали, че то е произлязло от мед. Подобно „превръщане“ било ограничено – концентрацията на злато в медните руди е малка и само боговете могли да увеличат мащабите на трансформацията. В металургичната практика се намесила астрологията и магията. Според мистичната философия на питагорейците числото седем било свещено – толкова били и известните метали. Към шестте известни от Стария завет елементи добавили живака. Сред алхимиците било разпространено схващането, че златото е свързано със Слънцето, среброто с Луната, медта с Венера, желязото с Марс, оловото със Сатурн, калаят с Юпитер и живакът с Меркурий. Така възникнали първите системи на химичните елементи (Фигура 2).



Фигура.2. Система на елементите, използвана в алхимията. На седемте основни метала (елементи) са съпоставени седемте известни планети. Водата е включена към двойката сребро-Луна

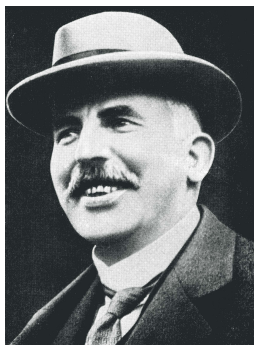
Било известно, че при добавяне към мед на различни минерали (арсенолит, реалгар, аурипигмент) се получават бели и жълти сплави, наподобяващи сребро и злато, което стимулирало опитите за получаване на благородни метали чрез „израстване“, а не посредством взаимно превръщане.

Ядрена алхимия

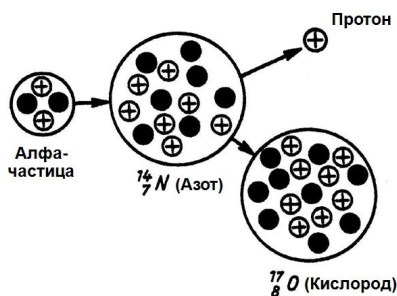
С навлизане на научните методи в химия, изследователите установили известна периодичност в химичните свойства на елементите. Били предприети различни опити за съставяне на единна система на елементите. През 1869 г. големият руски химик Дмитрий Менделеев (1834 – 1907 г.) предлага Периодична система на елементите, като подрежда последните по възходящ атомен номер с периодичност, съответстваща на техните химични свойства. Вътрешната закономерност, която управлява тази периодичност, останала загадка и била разкрита едва няколко десетилетия по-късно, след откриването на рентгеновите лъчи. Наистина, енергията на рентгеновите лъчи е съизмерима с енергията на връзка на електроните от най-вътрешните слоеве на атома. През 1914 г. талантливият ученик на Ръдърфорд, Хенри Мозли, загинал в злополучния английски десант при Галиполи, изследва характеристикното рентгеново лъчение на различни химични елементи и открива зависимост между дължината на вълната и поредния номер в Периодичната система. Атомният номер представлява броя на протоните в ядрото, които определят неговия положителен електрически заряд. Гениалното прозрение на Менделеев намерило своето обяснение на атомно и субатомно ниво. Откритието на Мозли се превръща в един от фундаментите на популярния атомен модел на Нилс Бор. Става ясно, че химичните свойства на елементите се определят от валентните електрони в най-външния електронен слой, а повтарящите се периоди са свързани с постепенното запълване на отделните слоеве и подслоеви, което се подчинява на принципа на Паули и зависи от общия брой на електроните. Той обаче се определя еднозначно от заряда на атомното ядро Z . Следователно превръщане на един елемент в друг може да стане само чрез промяна на броя на протоните в ядрото.

За да проникнем в тайните на ядрената структура, трябва да преодолеем силното електростатично отблъскване на атомното ядро, което е пропорционално на неговия заряд и се увеличава с приближаване към ядрото. Това са чудовищните сили, които се освобождават при деленето на уран-235 и плутоний-239 в атомната бомба. Електростатичното отблъскване, или в терминологията на ядрената физика „височината на Кулоновата бариера“, достига, дори за леките ядра, няколко млн. електронволта (MeV). Такава енергия не може да се получи чрез нагряване на огън и в химични реакции. Пламъкът на спиртна лампа например дава енергия от порядъка на няколко електронволта и може да възбуди валентния електрон на натрия в готварската сол (NaCl), който излъчва характерната жълта светлина на натриевия спектър.

Огънят обаче е твърде слабо средство за осъществяване на ядрени превръщания. Това обяснява принципната неосъществимост на опитите за трансмутация на алхимиците. Още през 1903 г. Ърнст Ръдърфорд, създател на Планетарния модел на атома и пионер на ядрената физика, отбелязва, че освободената при ядрените превръщания енергия е „най-малко двадесет хиляди, може би дори милиони пъти по-голяма от енергията на молекулните реакции“. Кулоновата бариера, своеобразна крепостна стена, ограждаща ядрото, спира задълго изследователите на прага на микрокосмоса. Откриването на естествената радиоактивност, и по-специално на радия (1898), от Пиер Кюри (1859 – 1906 г.) и Мария Склодовска-Кюри (1867 – 1934 г.) дава на учените първия „снаряд“, който може да пробие крепостната стена и да проникне в мистериозния свят на ядрата. Освен гама- и бета-лъчи (електрони) радият, по-специално RaC^* , излъчва алфа-частици с енергия 7,7 MeV, достатъчна за преодоляване на Кулоновата бариера на леки ядра. Височината на Кулоновата бариера може да се пресметне с простата формула $E = 0,24 (Z \times z) \text{ MeV}$, където Z е зарядът на ядрото, или номерът в Периодичната система на елементите, а z е зарядът на „снаряда“ (за алфа-частици $z = 2$).



(а)



(б)

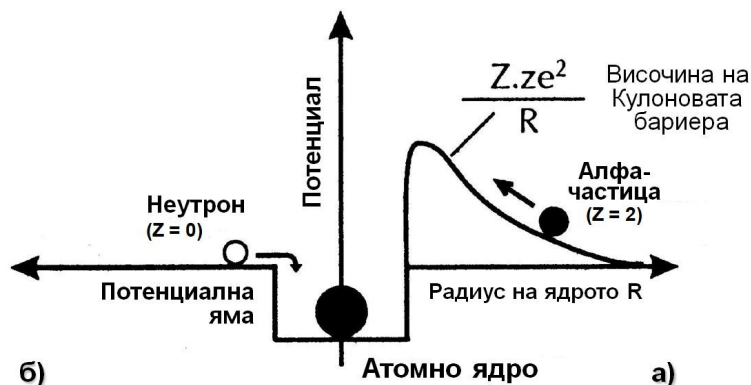
Фигура 3. Ърнст Ръдърфорд (1871 – 1937 г.) – пионер на ядрената „алхимия“ (а); първото „трансмутацио елементар“ или превръщане на елементи (б) е осъществено чрез бомбардиране с алфа-частици на ядро на азот, от който се получава кислород

През 1919 г. Ръдърфорд (Фигура 3а) и неговият ученик Марсден успяват да осъществяват отколената мечта на алхимиците – тайнственото „трансмутацио елементар“ или превръщане на елементите. Забележителен е също фактът, че в тази реакция е била открита първата съставна частица на ядро-

*Някои от продуктите на разпада на най-стабилния изотоп на радия – ^{226}Ra исторически са наречени с имена съдържащи името „радий“ и латинска буква от А до G, означаваща приблизително колко надолу от ^{226}Ra се намират по веригата на разпада. RaA (Radium-A) е ^{218}Po , RaB – ^{214}Pb , RaC – ^{214}Bi , RaC_1 – ^{214}Po , RaC_2 – ^{210}Tl , RaD – ^{210}Pb , RaE – ^{210}Bi , RaF – ^{210}Po , RaG – ^{216}Pb (стабилен). (бел. ред.)

то – протонът. Като обстрелват азот с алфа-частици, учените получават изотопа кислород-17, който има един неутрон повече от най-разпространения изотоп на кислорода с маса 16. Алфа-частиците с висока енергия, излъчени от полониев препарат, преодоляват Кулоновата бариера на ядрото на азота и проникват в него. Образованото съставно ядро изхвърля един протон и се получава изотопа кислород-17. От азот се е получил кислород (Фигура 3б). Тази ядрена реакция може да се напише и като химическа: хелий + азот = кислород + водород. С нея е поставено началото на „ядрената алхимия“.

Естествените радиоактивни източници остават задълго единствените „оръдия“ за обстрелване на атомните ядра. Докато обаче Кулоновата бариера на азот ($Z = 7$) има височина 3,36 MeV и може да бъде преодоляна сравнително лесно, енергията на естествените алфа-емитери не е достатъчна за преодоляване на Кулоновата бариера на ядра, по-тежки от сяра ($Z = 16$). За бомбардиране на калай ($Z = 50$) са необходими алфа-частици с минимална енергия 24 MeV. За успешна бомбардировка на уран ($Z = 92$) са необходими „снаряди“ или проектили с енергия над 30 MeV (Фигура 4а). При увеличаване на заряда, височината на бариерата нараства пропорционално.



Фигура 4. Кулоновата (електростатична) бариера отблъсква положително заредените частици (а). Кулоновата бариера на урановото ядро ($Z = 92$) за алфа-частици ($z = 2$) има височина 30 MeV. Електронеутралните частици – неутроните ($z = 0$) могат да проникнат безпрепятствено в ядрото (б). Те се залавят от него, попадат в потенциалната яма и променят ядрената структура

Тъй като максималната енергия на алфа-частиците, излъчвани от радиоактивни източници е около 10 MeV, в началото на тридесетте години на помощ идват високите напрежения. Електростатично поле с високо напрежение може да ускори „снарядите“ – протони или алфа-частици до енергии, които значително превишават Кулоновата бариера на най-тежките ядра. Започва голямата надпревара на ускорителите, продължаваща и днес, когато тези колосални машини се конкурират по размери с пистите на „Формула 1“.

Електронеутралният „снаряд“

Още няколко години атомното ядро то крие ревниво тайните си, докато неговата втора съставна частица – неутронът, бива открита от Джеймс Чадуик (1891 – 1974 г.) през 1932 г. (Фигура 5). Още през 1913 г. Чадуик забелязва, че при облъчване на различни вещества с алфа-частици се получават „твърди“ (силно проникващи) лъчи. В своята книга „Ядреното устройство на атомите“, отпечатана в 1920 г., Ръдърфорд изказва предположение за съществуването на две неизвестни до тогава ядра: едното с маса 2 и заряд единица (ядро на тежкия водород, или деутрон), второто – с маса единица и без електрически заряд, т.е. неутрон. За хипотетичния неутрон той пише: „Един такъв атом би притежавал съвсем необикновени свойства.

Неговото външно поле трябва да бъде нулево, освен в непосредствена близост до ядрото. Вследствие на това той ще може да преминава свободно през материята. Да се установи съществуването на такъв атом със спектроскоп би било навярно трудно и той не ще може да се съхранява в затворен съд“.

Наистина, поради липсата на електрически заряд, неутронът не взаимодейства с електрични полета. По тази причина неутронът не „чувства“ Кулоновата бариера, има голяма проникваща способност и се оказва идеалният „снаряд“ за проникване в атомното ядро, трансмутация и синтез на нови елементи. Неутронът, преминаващ в непосредствена близост до атомното ядро, може да проникне безпрепятствено в него като попадне в потенциалната яма, както топка за голф, ударена от вещ играч, пада в дупката (Фигура 4б). Т.нар. процес на неутронно захващане (*захват* на руски или *capture* на английски) променя ядрената структура – получават се различни изотопи на началния елемент, а след бета-разпад – и на напълно различни елементи. С откриването на неутрона се създават нови големи възможности за трансмутация.

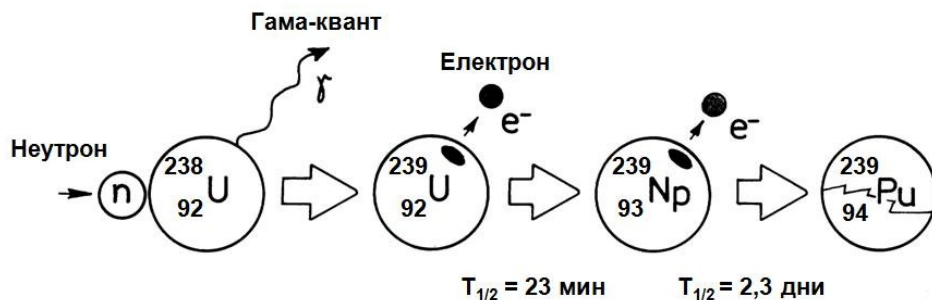
Пионер в използването на неутрони за синтез на нови елементи е големият италианския учен Енрико Ферми (1901 – 1954 г.). През 1934 г. той и неговите сътрудници от Университета в Рим започват да облъчват с неутрони редица елементи, от най-леките до най-тежките като уран. След няколко успешни експеримента Ферми стига до заключението, че е получил елементи, по-тежки от уран, т.нар. трансуранови елементи, за което е удостоен с Нобеловата награда. Избраният път е принципно верен, но в действителност великият физик се е натъкнал на напълно ново и непознато явление – деленето на уран, открито няколко години по-късно в края на 1938 г. от германския ра-



Фигура 5. За откриването на неутрона английският учен Джеймс Чадуик е удостоен с Нобеловата награда по физика за 1935 г.

диохимик Ото Хан. След осъществяване на трансмутация с алфа-частици (1919 г.) и с неутрони (1934 г.), деленето се оказва третият способ, чрез който тежките ядра могат да се превърнат в значително по-леки.

Идеята на Ферми за трансмутация чрез захващане на неутрони намира приложение в края на Втората световна война при мащабното производство на оръжеен плутоний, използван в атомната бомба „Фет Мен” (Дебелак), хвърлена над Нагасаки. Изотопът плутоний-239 се получава при облъчване с неутрони от широко разпространения и неделим изотоп уран-238, който представлява значителна част от ядреното гориво. Процесът на синтез на плутоний-239 е показан на Фигура 6.



Фигура 6. Плутоний-239 се получава при облъчване на уран-238 с неутрони и два последователни бета-разпада, съответно в уран-239 и в нептуний-239

Уран-238 захваща един неутрон и се превръща в уран-239, като енергията на възбуждане се излъчва с гама-квант. Нестабилният уран-239 претърпява бета-разпад (с период на полуразпад $T_{1/2} = 23$ мин.), при който става виртуално превръщане на един неутрон в протон и електрон, като електронът напуска ядрото. Получава се изотоп на по-тежкия елемент нептуний. Нептуний-239 е също нестабилен и с период на полуразпад $T_{1/2} = 2,3$ дни се превръща в плутоний-239. Този изотоп живее дълго ($T_{1/2} = 24\,000$ години) и е особено ценен като ядрено гориво, защото се дели както с бавни, така също и с бързи неутрони.

Чрез залавяне на неутрони са получени редица трансуранови елементи и техни изотопи, които не съществуват в природата. Елементите, по-тежки от желязо във Вселената, се получават в гореща „неутронна сауна“, при избухвания на свръхнови звезди. Превръщането на други метали в злато днес не е проблем за ядрената „алхимия“. Интересът е насочен по-скоро към производство на свръхредки или нови, непознати досега елементи, които намират приложение във високите технологии.

Верижна реакция и получаване на радиоактивни отпадъци

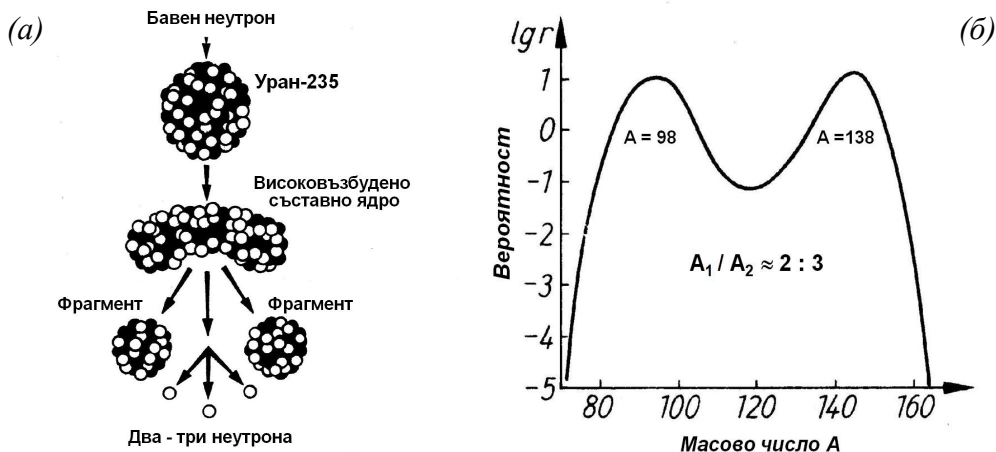
Ядрената енергетика се основава на деленето на уран-235 (в един акт на делене се освобождават около 200 MeV), което протича в ядрените реактори

(Фигура 7а). След захват на един бавен (топлинен) неутрон съставното ядро уран-236 се възбужда и започва да извършва силни колебания, в които силите на електростатичното отблъскване между протоните превишават ядрените сили. Ядрото се разделя на два фрагмента, като се излъчват два до три неутрона, които се използват за поддържане на верижната реакция. За да предизвикат делене на нови ядра уран-235, тези неутрони трябва да се забавят. Вероятността за залавяне на неутрон и следователно за делене, зависи до голяма степен от скоростта на неутрона. Ядрените сили, за разлика от гравитационните, действат на късо разстояние, от порядъка на геометричните размери на нуклоните. Вероятността за залавяне се увеличава с удължаване на времето на пребиваване на неутрона близо до ядрото. Ако неутронът има голяма скорост, той ще „профучи“ покрай ядрото; обратно, ако се движи бавно, вероятността да попадне в обсега на ядрените сили (подобно на топка за голф в дупката), да бъде заловен от ядрото на уран-235 и да го „разцепи“ се увеличава. Вероятността за захващане (σ) е обратно пропорционална на скоростта (v), т.е. $\sigma \sim 1/v$. Затова деленето се осъществява с по-голяма вероятност от бавни неутрони със скорости около 2×10^5 cm/s и енергии от 0,005 до 0,05 eV. Неутроните от деленето се забавят най-ефективно чрез стълкновения с леки ядра например водород, когато поради еднаквите маси става пълен обмен на импулса – при централен удар на билиардни топки движещата се топка спира, а ударената започва да се движи със скоростта на първата. Във водно-водните енергийни реактори (ВВЕР) за забавител се използва обикновена вода (H_2O), която съдържа два протона (всеки с маса 1 u).

При делене на уран-235 се образуват над 200 ядра на елементи от цинк ($Z = 30$) до итербий ($Z = 65$), с масово число A (брой на протоните плюс неутроните) в областта $72 \leq A \leq 165$. Деленето е статистически процес и няколко особени фактори, които зависят от колективните и едночастичните ядрени ефекти, правят по-вероятно деленето на несиметрични фрагменти с отношение на масите 2:3. Както показва характерната „двугърба камила“ на разпределението по маси (Фигура 7б), с максимален добив се образуват ядра с $A = 98$ и $A = 138$. В тези максимуми попадат и особено опасните за здравето технеций-99 и йод-129.

Ядрата – продукти на деленето, са силно възбудени, с излишък на неутрони, който намалява постепенно при последователни бета-разпади, съпроводени с излъчване на гама-кванти. Това радиоактивно лъчение може да продължи от секунди до милиони години за различните продукти. Последните остават затворени в ОЯГ и именно те представляват главната опасност за хората и околната среда. Понастоящем ОЯГ се остава да отлежи известно време за намаляване на общата активност, след което се преработва. От него се извлича образуваният плутоний-239, който може да се използва за ядрено гориво, а радиоактивните продукти се опаковат надеждно и се погребват за

продължителен срок в специални хранилища, разположени в стабилни геологични формации. Въпреки мерките за сигурност, рискът от натрупване на големи количества радиоактивни вещества с дълъг период на полуразпад, много от които са и силно токсични, се превръща в силен аргумент срещу по-нататъшното интензивно развитие на ядрената енергетика.



Фигура 7. Реакция на ядрено делене (а). След захващане на бавен неутрон, урановото ядро се възбужда и се разделя на два фрагмента с излъчване на бързи неутрони. Деленето е статистически процес, който води до образуване на повече от 200 ядра с различно масово число A , чието разпределение по маси (б) има форма на двугърба камила

Трансмутация чрез залавяне на неутрони и чрез делене

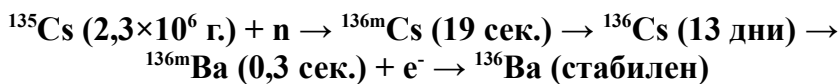
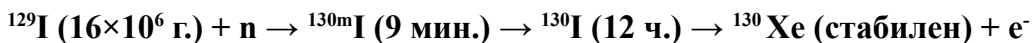
Ядреното гориво на класическия вид ядрен реактор например ВВЕР-1000 представлява нискообогатен уран. В един тон уран се съдържат 44 kg от делящия се изотоп уран-235 и 956 kg уран-238. За приблизително тригодишен период на експлоатация уран-235 изгаря до голяма степен, а в ОЯГ се натрупват 40 kg продукти на деленето. Най-голям дял в активността на ОЯГ имат изотопите: цезий-137 + барий-137m (24%), церий-144 + празеодим-144 (21%), стронций-90 + итрий-90 (18%), рутений-106 + рений-106 (16%), прометий-147 (10%) и цезий-134 (7%). Двойките изотопи с еднакво масово число A представляват майчино и дъщерно ядро в радиоактивния разпад, а буквата m, добавена след означението на даден изотоп, означава изомер (възбудено състояние със значително време на живот) на същия изотоп.

В далечна перспектива най-опасни са изброените по-долу дългоживеещи изотопи, чиито периоди на полуразпад в години са дадени в скоби: стронций-90 (29), цезий-137 (30), калай-126 (10^5), селен-79 (6×10^4), цезий-135 ($2,3 \times 10^6$), цирконий-93 ($1,5 \times 10^6$), технеций-99 ($2,1 \times 10^5$), йод-129 (16×10^6). В ядрената спектроскопия се приема, че относително ниски активности от даден изотоп изчезват след 10 периода на полуразпад – например атмос-

ферните отлагания от цезий-137 от катастрофата в Чернобил ще се разпаднат окончателно след 300 години, т.е. до 2286 г.

Освен продукти на деленето в ОЯГ се синтезират следните дългоживеещи актиниди (обособена група тежки елементи с близки химически свойства): америций-241 (430), нептуний-237 ($2,1 \times 10^6$), кюри-244 (18), плутоний-239 (24×10^6). В един тон ОЯГ се съдържат около 10 kg плутоний, $0,6$ kg нептуний, $0,2$ kg америций и 60 g кюри. Актинидите са не само радиоактивни, но и силно токсични, а плутоният е особено опасен поради възможно използване за терористични цели.

При трансмутация на ОЯГ се прилагат два основни метода: неутронно залавяне и ядрено делене. Посредством залавяне на неутрони например йод-129 и цезий-135 се трансформират в стабилни (нерадиоактивни) изотопи. По-долу са дадени съответните реакции и веригите на радиоактивните бета-разпади до стабилни ядра, като в скоби са посочени периодите на полуразпад на междинните изотопи:



Както се вижда от горните примери, живеещите милиони години йод-129 и цезий-135 могат да се трансформират в стабилни ядра съответно за около 120 часа и 130 дни.

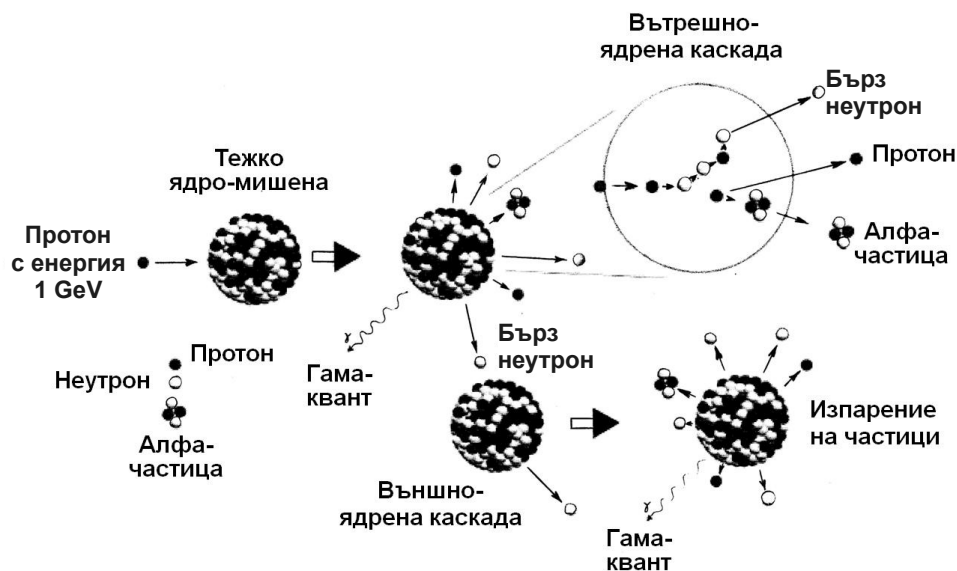
За унищожаване („изгаряне“) на актинидите се използва трансмутация чрез делене. В това отношение най-важно е ликвидирането на големите количества оръжеен плутоний, натрупан през годините на Студената война, който в случая се използва за добив на енергия.

***Spallation* източник на неутрони**

За ефективна трансмутация на ОЯГ са необходими подходящи източници на неутрони. В ядрената физика са известни различни такива източници, като най-голяма интензивност имат т.нар. високопоточни реактори, които работят с чист уран-235 или плутоний-239. Значителен напредък в ядрените технологии бе постигнат със създаването на интензивни източници на неутрони, в които се използва т.нар. процес на дълбоко ядрено отцепване (*spallation*), иницииран с високоенергетични протони. Различните взаимодействия, които участват в процеса на дълбоко ядрено отцепване, са показани на Фигура 8.

При енергия на протона над няколкостотин MeV преобладава т.нар. вътрешноядрена каскада. Падащият протон предизвиква поредица от стълкновения с единични нуклони, при което от ядрото се излъчват нуклони, алфа-частици, мезони и др. Каскадата спира, когато средната енергия на взаимодей-

ващите нуклони стане по-малка от енергията на връзката. Остатъчното ядро е в силно възбудено (предравновесно) състояние, което се разрежда чрез делене и/или емисия на нуклони. При достигане на равновесие по-нататъшното освобождаване на енергия става чрез изпарение на нуклони, делене и чрез излъчване на гама-кванти. Емисията на неутрони доминира във всички видове взаимодействия. От друга страна, ускорените протони проникват дълбоко в мишената и нуклоните, възникнали в реакцията на дълбоко ядрено разцепване, могат да взаимодействат с околни ядра посредством т.нар. междуядрена каскада, произвеждайки допълнителни неутрони. Голямото многообразие от взаимодействия се моделира чрез статистически Монте-Карло симулации, в които се проиграват всички възможни варианти на реакцията. Моделни пресмятания показват, че един протон с енергия 1-2 GeV (10^9 eV) може да произведе в мишена от тежки елементи от 20 до 50 неутрона. Именно тези неутрони се използват за трансмутация на ОЯГ и за инициране на верижна реакция в подкритични реакторни системи.



Фигура 8. Схема на взаимодействията в процеса на дълбоко ядрено отцепване (spallation), при облъчване на ядро-мишена от тежък елемент с високоенергетични неутрони

Реактори на бързи неутрони (РБН)

В обикновените реактори с бавни неутрони за гориво се използва изотопът уран-235, който съставлява едва 0,7 % от природния уран. За осъществяване на верижна реакция е необходимо минимално обогатяване на ядреното

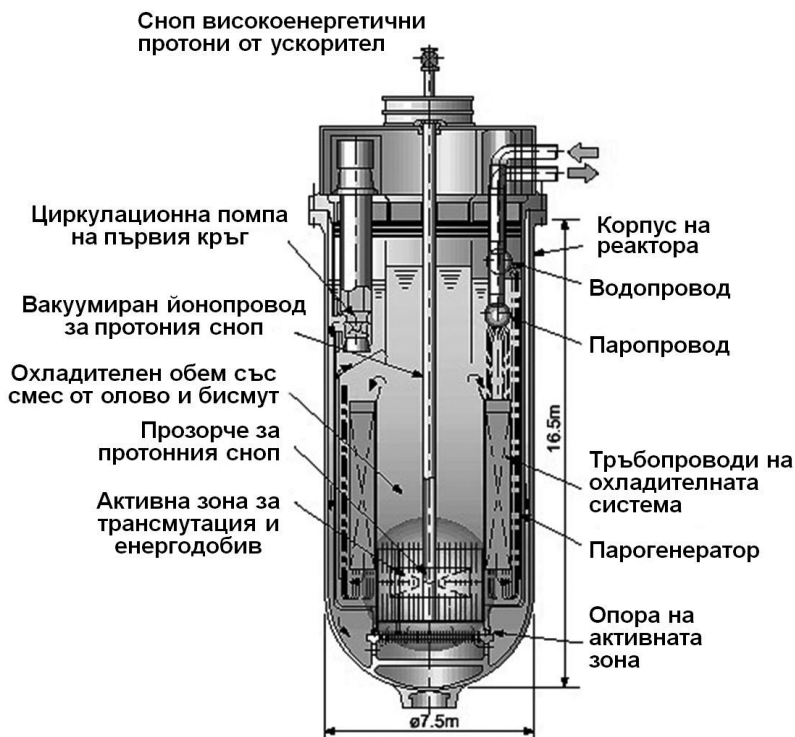
гориво до 3-4 % съдържание на уран-235, което става с прилагане на сложни и скъпи технологични процеси. Изразени в количество енергия, световните запаси от този изотоп са приблизително равни на запасите от фосилни горива. Очевидно, предвид нарастващите нужди от енергия, уран-235 не може да се разглежда като перспективен източник. Такъв се явява най-разпространеният и недеящ се с бавни неутрони изотоп уран-238.

РБН използват за гориво плутоний-239, който може да се дели под действие на високоенергетични (бързи) неутрони. За топлоносител вместо вода, която забавя неутроните, се използват втечнени метали. Активната зона на РБН е обградена с обвивка от уран-238, т.нар. бланкет. Част от неутроните, които се получават при деленето на плутоний-239, поддържат верижната реакция, докато друга част се залавят от ядрата на уран-238. Разгледаният по-рано тристъпков процес на производство на плутоний-239 (виж Фигура 6) включва образуване на уран-239 чрез залавяне на неутрон и следващ бета-разпад в нептуний-239, който, от своя страна, претърпява бета-разпад и се превръща в плутоний-239. Така в процеса на изгаряне на ценния плутоний-239, същият се възпроизвежда от евтиния уран-238. При ефективно управление на реактора, полученото количество нов плутоний-239 може да превишава многократно количеството на изгорелия. По тази причина реакторите на бързи неутрони се наричат още реактори размножители или бридери. Технологиите на РБН е силно развита във Франция и Русия. Във френските РБН са проведени едни от първите експерименти по трансмутация на ОЯГ. Този вид реактори е много перспективен, тъй като в комбинация с класически реактори се осъществява затворен цикъл на ядреното гориво. Особено ценно допълнително преимущество на РБН е възможността за ефективна трансмутация на ОЯГ.

Реакторни системи, управлявани от ускорител – *Accelerator Driven Systems (ADS)*

В класическия тип ядрени реактори верижната реакция протича спонтанно. Активната зона на реактора, т.е. обемът, в който протича реакцията, съдържа достатъчно количество ядрено гориво, значително повече от т.нар. критична маса, и е така конструирана, че да се гарантира известен излишък от неутрони за поддържане на реакцията. Неутронният баланс се характеризира с т.нар. коефициент на размножаване k , който при постоянна мощност е около 1, т.е. всеки захванат неутрон се замества от нов. При $k < 1$ реакцията затихва, а при $k > 1$ протича лавинообразно (експлозивно), т.е. става неуправляема. Управлението се осъществява чрез поглъщане на излишните неутрони от т.нар. регулиращи пръти от кадмий, които се въвеждат на различна дълбочина в активната зона. Основна причина за ядрените аварии, включително за катастрофата в Чернобил, е лавинообразното протичане на верижната реакция. Такава опасност не съществува в новите под- или субкритични

системи (Фигура 9), където реакцията се инициира и управлява посредством ускорител.



Фигура 9. Вертикален разрез на реакторната част на подкритична хибридна система ADS (ускорител + реактор) за трансмутация на ОЯГ и за получаване на енергия (японски проект)

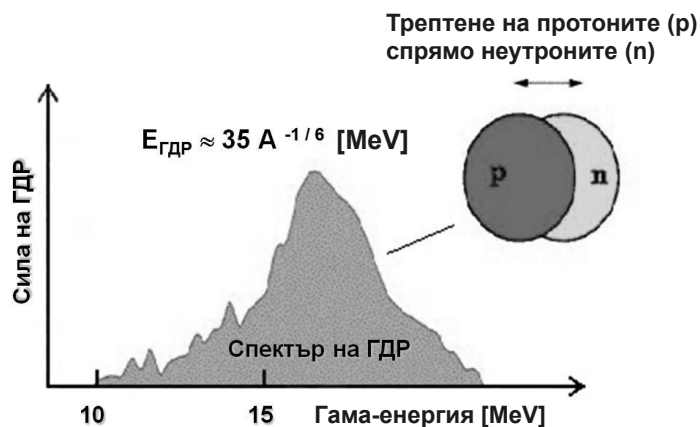
ADS се състои от стоманен корпус, биологична защита и парогенераторна система, които не се различават съществено от тези на класическите реактори. За охлаждане на активната зона се използва смес от олово и бисмут. Управлението на ADS се осъществява посредством сноп високоенергетични протони, които се инжектират в активната зона. Протоните предизвикват реакции на дълбоко ядрено разцепване в тежките елементи на активната зона с голямо възпроизводство на неутрони. Неутроните, от своя страна, инициират верижната реакция, която може да бъде спряна чрез прекъсване инжектирането на протони от ускорителя. Едновременно с получаването на енергия, ADS се използват за трансмутация на ОЯГ, която е особено ефективна поради високата плътност на неутроните в активната зона.

Трансмутация чрез ядрен фотоефект

Друг метод за трансмутация, макар и по-малко ефективен, се основава на използването на т.нар. ядрен фотоефект. Когато атомните ядра се облъчват с

гама-лъчи с енергия по-висока от енергията на връзка на нуклоните ($E_{\text{гама}} \geq 8 \text{ MeV}$) се наблюдава реакция, при която възбуденото ядро излъчва един или два нуклона (неутрон, два неутрона, неутрон и протон). Това явление наподобява много фотоелектрическият ефект, накратко фотоэффект, при който атом от дадено вещество, облъчен със светлина с дължина на вълната под определена граница (енергиен праг), освобождава електрон, и по аналогия се нарича ядрен фотоэффект или фотоядрена реакция. Реакцията се усилва с увеличаване на енергията на гама-квантите, достига максимум около 15 MeV и после намалява. Тъй като съответният спектър има много голяма ширина ($4\text{--}8 \text{ MeV}$), тя се нарича гигантски резонанс, отново по аналогия с фотоэффекта. При много по-високи енергии на гама-лъчите ($E_{\text{гама}} \approx 100 \text{ MeV}$) ядрото може дори да се раздели на две части чрез т.нар. фотоделене.

Първото обяснение на гигантския резонанс е дадено от съветския физик А. Мигдал през 1945 г. Той предполага, че под действие на външно електромагнитно поле в ядрото възниква колективно движение на всички протони спрямо всички неутрони (Фигура 10).



Фигура 10. Диполно трептене на протоните спрямо неутроните в атомното ядро (отдясно) при възбуждане на гигантски диполен резонанс (ГДР) и спектър на ГДР (долу)

Тъй като групата на протоните има положителен електрически заряд и нейното преместване спрямо групата на неутроните представлява диполно трептене, явлението се нарича гигантски диполен резонанс (ГДР). Известна нагледна представа за феномена може да се получи, като се наблюдават трептенията на капка вода, паднала върху нажежена плоча на електрически котлон. В ядрото трептенията имат много висока честота (от порядъка на 10^{21} Hz), с което се обяснява голямата енергия на ГДР.

За получаване на високоенергетични гама-фотони се използват релативистки електрони, т. е. такива, движещи се със скорост близка до скоростта

на светлината. Когато релятивистки електрони бомбардират мишена от вещество с висок атомен номер Z , например тежък метал, те се спират в материала и предизвикват т. нар. спирачно лъчение. Аналогичен механизъм се използва за възбуждане на лъчение в рентгеновите апарати, но в горния случай енергията е с няколко порядъка по-висока. ОЯГ се облъчва с високоенергетично спирачно лъчение. Вследствие на ядрения фотоэффект се избива неутрон и дългоживеещото начално ядро се трансформира в късоживеещ или стабилен изотоп. Този метод може да се приложи например за йод-129 по следната схема:



Трансмутацията с използване на ядрен фотоэффект е важно допълнение към облъчването с неутрони и деленето, особено в специални случаи, когато последните два метода не водят до получаване на късоживеещи или стабилни крайни ядра.

Понастоящем се разработват методи за трансмутация с неутрони, получени при облъчване на мишени от тежки метали с мощно лазерно лъчение. Използваните в случая неутронни източници са принципно нови и все още не съществуват точни оценки за ефективността на трансмутацията, а също така за изразходваната и получена енергия.

Развитие и перспективи

Бурното развитие на ядрените изследвания и технологии през 50-те и 60-те години на миналия век осигуриха основа за разработка на първите мащабни проекти за трансмутация. В началния период 1950-1970 г. в Националните лаборатории (НЛ) в Оук Ридж, Ливърмор и Бъркли, САЩ, започват да се



Фигура 11. Карло Рубия, бивш директор на ЦЕРН, лауреат на Нобеловата награда по физика за 1984 г. и застъпник на идеята за трансмутация на ОЯГ

използват ускорители за получаване на плутоний от обеднен уран. Във връзка с инициативата за неразпространение на ядрените оръжия, през 1975-1985 г. в НЛ Брукхайвън се разработва проект за регенерация на ОЯГ, а в Изследователския център Юлих, ФРГ, се работи по хибридна система за трансмутация на ОЯГ. След 1990 г. започва трети период, който се характеризира с включването на Япония (проект *OMEGA – Options Making Extra Gain from Actinides*) и Европейската общност. Най-видният апологет на идеята за трансмутация в Европа е Нобеловия лауреат проф. Карло Рубия (Фигура 11), някогашен директор на Европейския център за ядрени изследвания (ЦЕРН).

През 1993 г. Рубия лансира проект за създаването на хибридна система с подкритичен реактор (реактор на Рубия), използващ за гориво торий. При инжектиране на протонен сноп от 10 mA в активната зона топлинната мощност на реактора трябва да достигне 300-400 MW. Според Рубия, най-важните физически и технически проблеми са вече решени в предхождащи експерименти и следва да се пристъпи към създаване на голям комплекс за трансмутация на ОЯГ, който да обслужва ползвателите на ядрена енергия в Европа. В момента водеща страна в използването на реактори на бързи неутрони за трансмутация е Франция. В Япония, Русия и други напреднали страни са създадени различни видове пилотни системи. В България по проблемите на трансмутацията в ИЯИЯЕ – БАН работи изследователска група, свързана с проекта „Енергия плюс Трансмутация“ на ОИЯИ – Дубна. Значителният интерес към проблема понастоящем е свързан с постепенното завръщане на редица страни към ядрената енергетика като неизбежна и по-чиста (при спазване на най-строги правила за безопасност!) алтернатива на фосилните горива в един свят с бързо растяща консумация на енергия.

Ядрената енергия е стара като света. Преди около два млрд. години на Земята са заработили първите ядрени реактори, които са произвеждали енергия безаварийно в продължение на осемстотин хиляди години. Съществува предположение, че магнитният щит на Земята срещу изгарящата космическа радиация – геомагнитното поле, се захранва с енергия от реактор на бързи неутрони, разположен в центъра на планетата. Енергийният баланс на планетите гиганти изглежда е свързан също с наличието на планетарни ядрени реактори. Очевидно, в това отношение природата е изпреварила човека. С осъществяване на вековната мечта на алхимиците за превръщане на елементите обаче, човечеството има шанс да придобие власт над практически неограничени и безотпадъчни енергийни ресурси чрез трансмутация на уран-238 и изгаряне на ОЯГ.

Проект „Енергия и трансмутация“

Както бе казано по-горе, при работа на енергетическите ядрени реактори се натрупват големи количества радиоактивни отпадъци. Те трябва да се събират и съхраняват в специални хранилища безкрайно дълго време, тъй като някои радиоактивни изотопи имат периоди на полуразпад милиони години. Тези хранилища са изключително скъпи, защото системите за предпазване от вредното въздействие на радиоактивността трябва да работят стабилно много дълъг период от време.

Друг проблем, свързан с ядрената енергетика, е използване на подходящо ядрено гориво. Съществуващите технологии предлагат обогатен ^{235}U или изкуствено получен ^{239}Pu . Получаването на такова гориво е сложен и скъп процес. Количеството на ^{235}U е ограничено, а натрупването на по-големи количества ^{239}Pu представлява сериозно предизвикателство срещу ядрената си-

гурност. В световен мащаб се обсъжда възможността ядрените реактори, базирани на уран-235, да бъдат заменени от концептуално различни реактори, базирани на торий-232 или уран-238, елементи широко разпространени в природата. Такива реактори, с подкритична конструкция, могат да работят надеждно с повишена степен на безопасност. Важно е да се отчете, че при този тип реактори, производството на дългоживеещи радиотоксични отпадъци ще бъде сведен до минимум.

Особеност на изотопите ^{238}U и ^{232}Th е фактът, че те се делят само от бързи неутрони, каквито могат да бъдат генерирани при облъчване на мишени с различни снопове заредени частици. Част от така получените неутрони могат да предизвикат директно делене на ^{232}Th и ^{238}U , но при залавяне на неутрон от тези ядра, след два бета-разпада се получават ^{233}U и ^{239}Pu , които могат да се използват като ядрено гориво. Освен това бързите неутрони могат да участват в ядрени реакции с високотоксично ОЯГ от ядрените електроцентрали. Ефективното подбиране на мишена, както и определянето на снопа от заредени частици и тяхната енергия, е цел на редица експериментални проекти в Европа и света.

Изследването на взаимодействието на високоенергийни неутрони с ядра на тежки метали W, ^{nat}Pb , Bi, Th, изотопи на урана и трансуранови ядра е в процес на развитие, тъй като получаването на такива неутрони е твърде сложно, а поради високата си енергия неутроните участват в много различни ядрени реакции. Получаването на плътни потоци от бързи неутрони може да се осъществи, като мишени от изброените по-горе метали се бомбардират с протони или деутерони, ускорени до енергии от няколко GeV, т.нар. „релятивистки енергии“.

Лабораторията по ядрена спектроскопия и ядрени реакции в ИИЯЕ – БАН участва в изследвания, свързани с унищожаване на радиоактивни ядрени отпадъци и получаване на енергия с използване на алтернативни видове ядрено гориво. Работата се извършва съвместно с Лабораторията по високи енергии на ОИЯИ – Дубна. В рамките на голям международен колектив сътрудници на лабораторията участват в проекта „Енергия + Трансмутация“. Използва се свръхпроводящият ускорител „Нуклотрон“, който ускорява протони или деутерони до енергии 10 GeV. В рамките на този проект е разработен метод, основан на релятивистка ядрена технология, за производство на енергия и унищожаване на дългоживущи радиоактивни отпадъци. Високоактивни, дългоживущи елементи се преобразуват (трансмутират) в късоживущи или стабилни. За целта масивни мишени от няколко тона олово, волфрам, уран и др. се облъчват с високо енергетични протони или деутерони. При последвалата реакция на отцепване (*spallation*) се получава високоинтензивен неутронен поток. Неутроните се залавят от радиоактивните ядра и тези ядра се преобразуват в късоживущи или стабилни ядра. С помощта на симу-

лационната транспортна програма *MCNPX* и други специализирани софтуерни пакети, се пресмята образуването на остатъчни ядра и съответните неутронни диференциални сечения при взаимодействие на протони и деутрони с енергия около и над 1 GeV с мишени от уран и олово. През последните години са получени съществени резултати за симулиране и описание на проектирания в ОИЯИ – Дубна експеримент „Квинта“ (Фигура 12).



Фигура 12. Участници в проекта „Енергия+Трансмутация“ на ОИЯИ – Дубна подготвят мишената с детектори преди началото на експеримент с установката „Квинта“.

TRANSMUTATION – A STEP TOWARD A MORE EFFICIENT AND CLEAN NUCLEAR ENERGY

H. Protohristov, Ch. Stoyanov, P. Zhivkov

A historical overview of transmutation ideas and praxis from antiquity to latest developments in advanced nuclear reactor systems is given. The transmutation of elements has long been a great puzzle in science from antiquity to Middle Ages, many alchemist's unfulfilled dream, until Rutherford's discovery of the artificial nuclear transformation of nitrogen into oxygen. Nuclear reactions, since then, lead to production of numerous new elements and isotopes, to the discovery of the nuclear fission, the nuclear chain reaction, and as a consequence, to the construction of nuclear reactors. Nowadays, new subcritical reactor systems, based on particle accelerators, the so called Accelerator Driven Systems or (ADS) are investigated and designed to produce safely and more effectively a clean nuclear energy.

ЗНАЧИМИ СЪБИТИЯ ЗА 2017 Г. ВЪВ ФИЗИКАТА И АСТРОНОМИЯТА

Подбор и превод: Сашка Александрова

Регистриране на гравитационни вълни от сливане на неутронни звезди

Най-значимото откритие през 2017 г. е първата регистрация на гравитационни вълни, генерирани от сливането на *две неутронни звезди*. Това събитие бележи началото на новата ера в астрономията – „Ерата на гравитационната астрономия“. Да си припомним първите наблюдения на гравитационни вълни, генерирани от сливането на *две черни дупки*, което беше обявено през февруари 2016 г. (*Светът на физиката*, бр. 1/2 на 2016 г.). Много учени очакваха за това откритие да бъде дадена Нобеловата награда по физика за 2016 г. Тогава обаче наградата беше дадена за теоретични открития на топологични фазови преходи и топологични фази на материята (*Светът на физиката*, бр. 3/4 на 2016 г.). Като един аргумент се изтъкваше фактът, че Нобеловата награда се дава за сериозни открития, които променят разбиранията ни за материята или Вселената, а не за инструмент, какъвто, макар и с изключителна апаратура, е интерферометричната гравитационно-вълнова обсерватория *LIGO*. Впоследствие Нобеловата награда за 2017 г. получиха трима учени, работили по създаването и експериментите за детектиране на гравитационните вълни (*Светът на физиката* бр. 4 на 2017 г.). Няколко седмици след това последва съобщението за регистрирани гравитационни вълни от сливане на *неутронни звезди*. Когато две такива звезди се сблъскат, възникват редица странни явления.

Гравитационните вълни, детектирани през август 2017 г. в *LIGO* (САЩ) и *Virgo* (Франция, Италия), възникват при приближаване на *две неутронни звезди*, движещи се по спирала, които се сливат, образувайки *черна дупка*. След няколко секунди астрономите от космическите обсерватории *Integral* (ESA) и *Fermi* (NASA) за пръв път успяха да регистрират електромагнитно лъчение под формата на гама-излъчвания, които възникват по време на сливането, и да открият и изследват мястото, където се е случила космическата катастрофа – на разстояние 100 милиона светлинни години от Земята.

Това откритие има пряко отношение към няколко проблема на астрофизиката. На първо място – към въпроса за произхода на регистрираните мощни гама-излъчвания, които за част от секундата излъчват повече енергия, отколкото Слънцето, в продължение на милиарди години. Астрофизиците отдавна предполагат, че източникът на тези излъчвания може да бъде сливане-

то на две неутронни звезди, но сега се получава експериментално доказателство за валидността на тези предположения. В резултат на сблъсъка на звездите едновременно с гама-лъчите, част от звездното вещество се изтласква в заобикалящото пространство с висока скорост. Това явление, открито през 2013 г., получи името *килонова*. Тогава радиоактивните елементи от образувания облак се разпадат на стабилни елементи. Астрономите откриха в облака голям брой тежки елементи, като злато и платина, което ни позволява да разгледаме сливането на звездите като истински „галактически фабрики“ за тежки елементи, отсъстващи в младата Вселена.

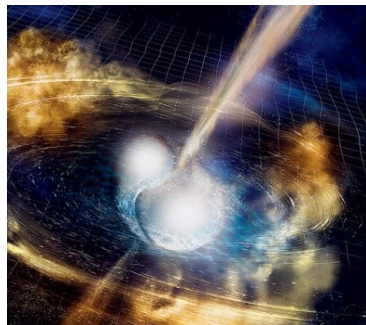
Каква е разликата между гравитационните вълни, генерирани от сливането на неутронни звезди и от черни дупки? Както обясняват учените, има две основни разлики между тях. „Неутронните“ гравитационни вълни обикновено са източник на сигнали с порядък по-слаби, но се проявяват много по-дълго от тези, генерирани от черни дупки. Средно продължават няколко стотици секунди или десетки минути, а не по-малко от секунда.

Освен това процесът на сливане на черни дупки е много „чист“ от гледна точка на страничните продукти на този процес – всъщност цялата енергия, генерирана в процеса на сблъсъка им, се превръща в гравитационни вълни.

Процесът на сливане на неутронните звезди, от своя страна, е съпроводен с мощно излъчване в гама-диапазона, което позволява точно да се намери източникът на гравитационни вълни.

Неутронните звезди са сред най-странните звезди във Вселената. Те са най-малките и най-плътните звезди и възникват, когато големи звезди, по-големи от Слънцето, са в края на съществуването си, изчерпват гориво си и изпадат в колапс. Само една чаена лъжичка от веществото на неутронна звезда е толкова тежка, колкото Великата пирамида в Гиза. Вътрешните свойства на неутронните звезди обаче отдавна са загадка за физиците и точното изчисление на горната граница на тяхната маса е особено трудно.

Данните от откритието на гравитационните вълни от сливането на двойна неутронна звезда са използвани за поставяне на нова и много точна горна граница на масата на неутронни звезди. Колеги от университета „Гьоте“ във Франкфурт (*Goethe-Universität Frankfurt am Main*), Германия, от данните, получени от *LIGO* и *Virgo* и техните теоретични модели, изчисляват, че горната граница на неутронната звезда е 2,16 слънчеви маси (с грешка няколко %),



Фигура 1. Сблъсък на неутронни звезди

(Илюстрация: NSF/ LIGO/ Sonoma State University/ A. Simonnet)

без да колабира поради собствената си гравитация, за да образува черна дупка.

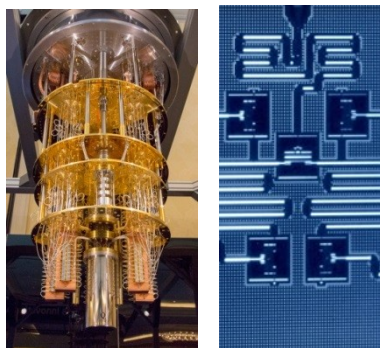
Както показаха наблюденията, направени с помощта на телескопа „Ферми“ и редица наземни обсерватории, както и теоретичните изчисления, гравитационните вълни се генерират от два пулсара, чиято маса е била 1,1 и 1,6 пъти по-голяма от Слънцето и радиусът им е бил около 10-20 km. Интензитетът на гама-излъчванията, възникнали в резултат на това сливане, като цяло съответства на стойностите, предсказани от теориите за относителността на Айнщайн.

Създаване на 53-кюбитов квантов компютър

Квантовите изчислителни устройства работят с кюбити (*qubits – quantum bits*) – обекти, които съхраняват най-малкия елемент на информация, и са аналози на битовете в конвенционален компютър. Броят на кюбитите определя възможностите на квантовия компютър. Квантовите компютри, към които има високи очаквания, все още не са реализирани, но през 2017 г. са предприети важни стъпки за прилагането на тази идея.

През ноември в списание *Nature* бяха публикувани статии, посветени на моделиране на квантови системи с помощта на квантови компютри с 51 и 53 кюбита. Преди това такива универсални устройства бяха ограничени до 20 кюбита. Увеличаването на броя на кюбитите 2,5 пъти значително увеличава изчислителните възможности. Квантов компютър с 51 кюбита е създаден под ръководството на Михаил Лукин, който работи в Руския квантов център и в университета в Харвард. При тази разработка като кюбити се използва *набор от атоми*, които се задържат в специални лазерни „клетки“, охладени до много ниски температури. На 28 юли това устройство беше представено на Международната конференция за квантови технологии в Москва.

През ноември 2017 г. *IBM* обяви създаването на 50-кюбитов квантов компютър, като най-големият в индустрията до този момент. Прототип беше показан на изложението *CES 2018 (Consumer Electronics Show* – световна сцена, на която иновациите от следващо поколение се представят на пазара). На Фигура 2 той е показан без охлаждащата система и според посетители прилича по-скоро на произведение на изкуството. Чипът (Фигура 2, вдясно) е поместен в камера в долната част. Компаниите *IBM*, както и *Google*, *Microsoft* и *Intel* използват *свръхпроводникови чипове*. Макар и революционно постижение, 50-кюбитовата машина на *IBM* все още е далеч от универсален квантов компютър. Трябва да се преодолеят значителни физичес-



Фигура 2. Прототип на квантов компютър

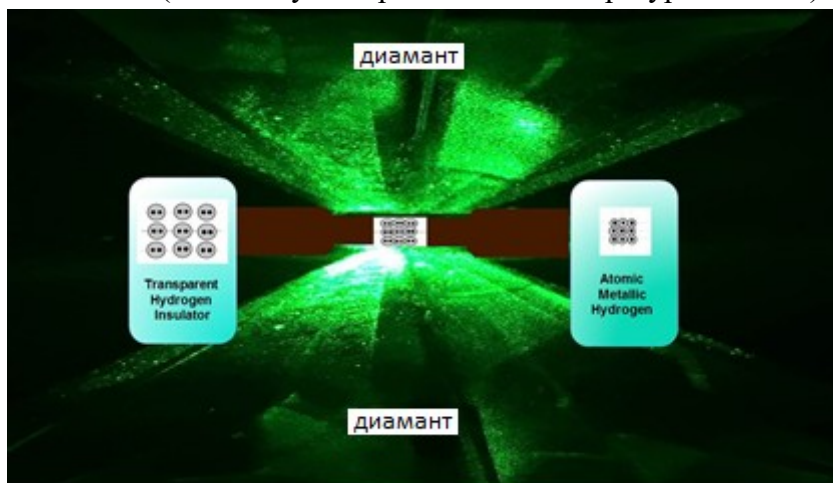
ки проблеми, тъй като чипът трябва да бъде изолиран от шумовете – топлинни, електрични и магнитни, поради което, квантовите компютри могат да работят само при криогенни температури. Засега трябва да се поддържа температура 10 mK. IBM разполага с 20-кубитов квантов компютър за външни партньори.

Получаване на стабилен метален водород

През януари 2017 г. физици от Харвард съобщиха, че за първи път в историята са получили малко количество стабилен метален водород. Пробата е с размери $1,5 \times 10 \text{ }\mu\text{m}$. Теоретично съществуването на метален водород при високи налягания е предсказано през 1935 г. В природата такива условия се реализират в недрата на звездите и гигантските планети. От 1996 г. метален водород е получаван няколко пъти чрез ударна компресия, но за много кратко време от порядъка на микросекунди.

За получаването на стабилен метален водород екипът от Харвард използва съоръжение, където водороден газ е захванат в малка диамантена клетка (Фигура 3). Тя се охлажда до 5,5 K и се подлага на налягане от 495 GPa, което е приблизително пет млн. пъти по-високо от нормалното атмосферно налягане.

Освен чисто научната стойност на откритието, този екзотичен материал може да има и практическо приложение – той има високотемпературна свръхпроводимост (в този случай критичната температура е $-58 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

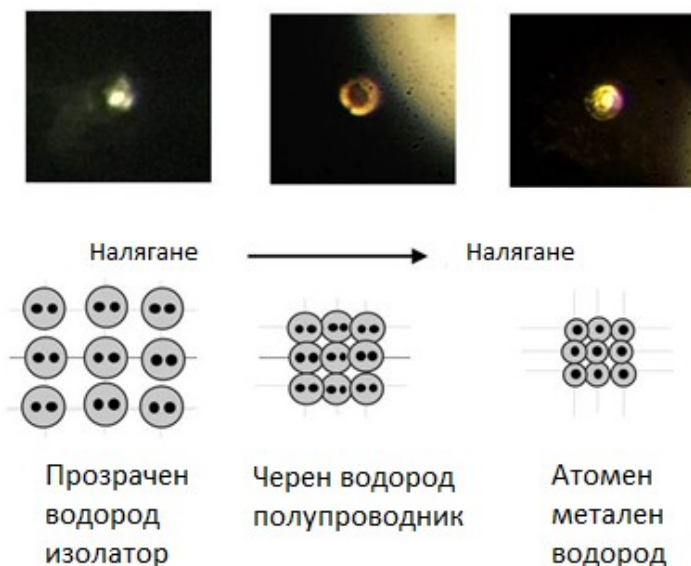


Фигура 3. Получаване на металния водород

(<https://www.sciencealert.com/hydrogen-has-been-turned-into-a-metal-for-the-first-time-ever>)

Екипът е наблюдавал промените във външния вид на образеца. Доказателство, че това, което са създали, е метален водород, учените получават, използвайки спектроскопични измервания, включително измерване на отраже-

нието му, които показват, че първоначално стандартният водороден газ (H_2) се е превърнал в атомен метал.



Фигура 4. Преход от водороден газ (H_2) към метален водород

Измененията на атомната структура се виждат на Фигура 4.



Фигура 5. Компактният детектор на неутрино
(Photo: Jean Lachat/
University of Chicago)

Регистриране на неутрино чрез еластично разсейване

През септември 2017 г. голям международен екип от физици съобщава за откриването на еластично кохерентно разсейване на неутрино от ядрата на материята. Това явление е предсказано през 1974 г. от теоретика от Масачузетския технологичен институт Даниел Фридман (*Daniel Freedman*). Неутрината са неуловими частици и за регистрирането им изследователите изграждат огромни инсталации, съдържащи десетки хиляди тона вода. Фридман установява, че в резултат на вълновите свойства нискоенергийното неутрино ще взаимодейства кохерентно с всички протони и неутрони на ядрото, което значително ще увеличи броят на разглежданите взаимодействия при отражение на неутрино от ядрото.

Значението на това откритие се състои в създаването на малък детектор (Фигура 5), в който

има само 14,6 kg кристали цезиев йодид. Така в продължение на 461 дни изследователите са наблюдавали 134 такива събития. Малките преносими детектори за неутрино ще намерят разнообразни приложения, например за контрол в ядрените реактори. За съжаление, те не могат да заменят гигантските детектори във всички експерименти, тъй като детектор, основаващ се на кохерентно разсейване, не може да разграничи различните видове неутрино.

Създаване на времеви кристал

През март два екипа изследователи от Съединените щати докладваха за откриването на ново състояние на материята, наречено времеви кристал. Това е нова идея във физиката, широко дискутирана през последните години. Тези кристали представляват *вечно движещи се структури* от частици, които се повтарят във *времето* така, както атомите в един кристал се повтарят в пространството. Единият екип използва верига от атоми на итербий, в която въздействието на лазер води до трептене на магнитния момент на системата. Другият екип разглежда кристал, съдържащ около един милион хаотично разположени дефекти, всеки от които има свой собствен магнитен момент. Когато на такъв кристал се приложи импулсно микровълново лъчение за въртене на спиновете, физиците регистрират отговора на системата на честота, която е само част от честотата на възбуждащото лъчение.



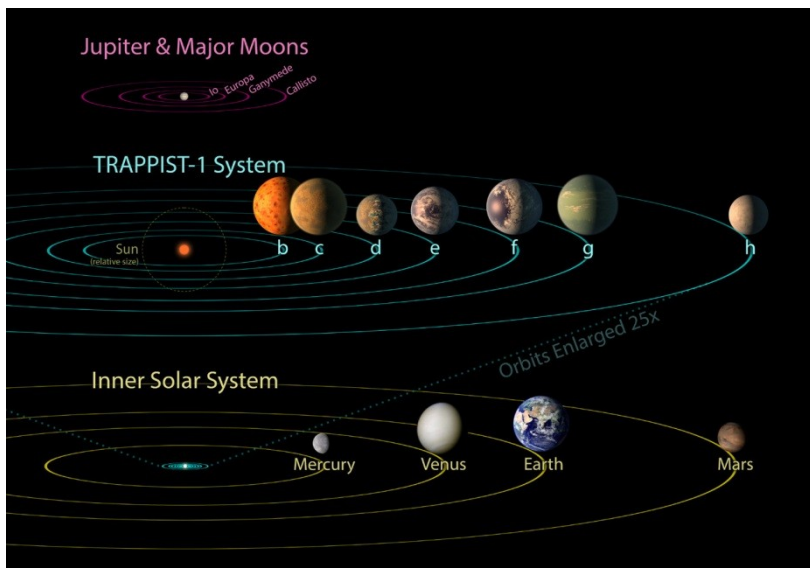
Тези научни съобщения предизвикаха дискусия могат ли такива системи да се считат за времеви кристали. Теоретично, системите трябва да трептят без външно въздействие. При всички случаи, такива времеви кристали ще намерят приложение като свръхточни сензори, например за измерване на минимални промени в температурата и магнитните полета.

От десетилетия обект на изследване са материални фази, като метали и изолатори, които са в топлинно равновесие – състояние, при което всички атоми в материала съдържат еднакво количество топлина.

Сега изглежда, че времевите кристали са първият пример за хипотетичното и неразкрито „неравновесно“ състояние на материята и могат да революционизират съхраняването и предаването на информация чрез квантови системи.

Времевите кристали са едни от най-вълнуващите открития, които физиката ни представя през последните месеци, тъй като те разкриват един съвсем нов свят, светът на „неравновесните фази“, които се отличават съществено от всички изследвани досега материални фази. По-подробна информация за времевите кристали ще бъде публикувана в някой от следващите броеве на *Светът на физиката*.

Откриване на екзопланети, които приличат на Земята



Фигура 6. Планетите от системата TRAPPIST-1 в сравнение с планетите на Слънчевата система (илюстрация: NASA / JPL-Caltech)

През последните години астрономите откриха много екзопланети – планети, обикалящи около други звезди. Въпреки това, намирането на подобни на Земята планети в зона, където може да съществува течна вода и следователно живот (обитаема зона) не се срещат толкова често. През февруари 2017 г. астрономите от НАСА обявиха откриването на седем екзопланети в системата на червеното джудже TRAPPIST-1 (три от тях бяха открити още през 2016 г.), пет от които са подобни по размер до Земята, и две малко по-малки от Земята, но по-големи от Марс (Фигура 6). Този брой е по-голям, отколкото във всяка друга звездна система. Най-малко три от планетите, а може би всички, са в обитаемата зона.

TRAPPIST-1 е свръхстудено джудже с температура около 2500 K, чиято маса е само около 8% от масата на Слънцето (т.е. малко по-голяма от планетата Юпитер), разположено на около 40 светлинни години от Земята. Планетите са много близо до звездата, като и седемте могат да се поберат в орбитата на Меркурий – най-вътрешната планета на Слънчевата система. През август астрономите, използващи космическия телескоп Хъбъл, съобщиха за първото предположение за съдържание на вода в системата TRAPPIST-1, което прави живота там възможен.

През април 2017 г. астрономите съобщиха за откриването на камениста планета с размери 1,4 пъти размера на Земята в обитаемата зона на друго червено джудже – LHS 1140. Тя получава светлина два пъти по-малко от Зе-

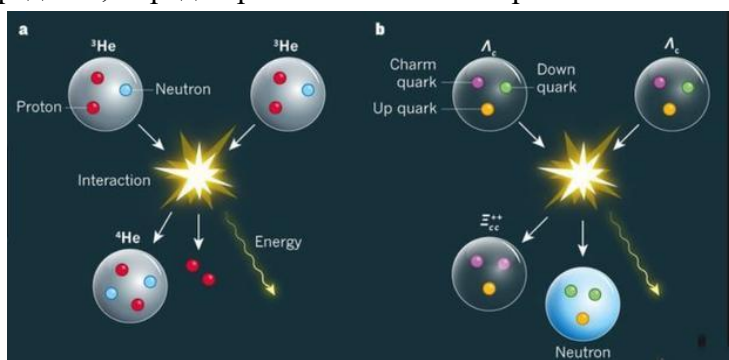
мята. Авторите на откритието я смятат за добър кандидат за търсене на извънземен живот.

През декември 2017 г. американски астрономи съобщиха за откриването на осма планета в системата на звездата „Кеплер-90“, разположена на около 2500 светлинни години от Земята. Тази система е най-близо до Слънчевата система по отношение на броя на планетите. Намерената планета е твърде близо до звездата и температурата на повърхността ѝ е над 400°C . Интересното е, че планетата е открита при обработката на данните на телескопа на Кеплер с помощта на невронна мрежа.

Кварков термоядрен синтез

През ноември в списание *Nature* се появи статия, в която двама физици от САЩ и Израел предложиха теоретично възможността за протичане на реакция на ниво кварки, подобна на термоядрената реакция (Фигура 7), но с много по-голямо освобождаване на енергия. Както е известно, при термоядрената реакция леки елементи се сливат с освобождаване на енергия. Такава реакция може да протече и при сблъсък на елементарни частици, които според съвременните представи се състоят от кварки. В този случай кварките на сблъскващите се частици ще взаимодействат и ще се прегрупират. В резултат на това ще се появи нова частица с друга енергия на връзка между кварките и ще се освободи енергия.

Изследователите посочиха две възможни реакции. В първата при сливането на два очаровани кварка ще се освободи 12 MeV енергия. Когато се сливат два долни кварка обаче, трябва да се отделят 138 MeV, което е почти осем пъти повече, отколкото при сливане на деутерий и тритий в термоядрената реакция (18 MeV). Практическо приложение на тези предположения все още не се предлага, поради краткия живот на кварките.



Фигура 7. Аналогия на кварков и ядрен синтез
(<https://www.nature.com/articles/551040a>)

Тъй като водородният синтез стои в основата на водородните бомби, изследователите са естествено разтревожени от своите открития и смятат да не

публикуват резултатите си. Но последвалите изчисления показват, че би било невъзможно да се получи верижна реакция с кварките, защото те съществуват за твърде кратък период от време – около 1 ps. Те се разпадат на много по-малки, по-леки и по-малко опасни кварки.

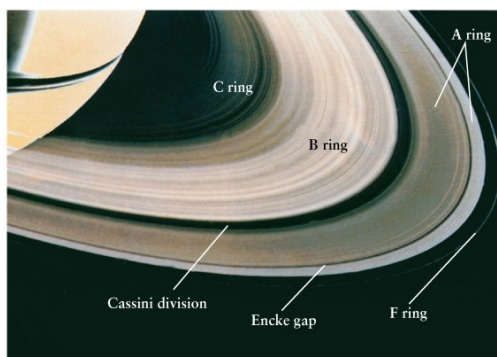
Завършване на мисията *Cassini*

След две десетилетия в Космоса, космическият апарат на НАСА „Касини“ приключи забележителното си пътуване в Космоса в изпълнение на съвместен проект на НАСА, Европейската космическа агенция и Италианската космическа агенция. На 15 септември 13-годишната мисия на космическата сонда „Касини“ в орбита около Сатурн завърши на повърхността на планетата. Сондата е изстреляна през 1997 г. и носи името на италианския астроном Джовани Доменико Касини, открил четири от спътниците и разделението на пръстените на Сатурн.

От 2004 г. насам сондата изследва седмата планета, изпращайки на Земята огромно количество данни и уникални снимки. „Касини“ направи 22 полета между планетата и вътрешния пръстен. Такива дълбоки „гмуркания“ дадоха много нова информация, по-специално за електрическата и химическата връзка на йоносферата на Сатурн с пръстените му.



Фигура 8. Изображения на Сатурн и Титан
(Cassini Imaging Team, SSI, JPL, ESA, NASA)



Фигура 9. Външните пръстени на Сатурн и процепите Касини и Енке
(www.public.asu.edu)

Въз основа на данните, получени чрез сондата през 2017 г., астрономите стигнаха до извода, че пръстените на Сатурн са значително по-млади от планетата, която е на възраст около 4,5 млрд. години. Възрастта на пръстените се оценява на 100 млн. години, така че те са съвременници на динозаврите.

Последният етап от функционирането на сондата – „великият финал“, започна на 26 април 2017 г. Поради изчерпване на горивото сондата нямаше да може да бъде управлявана. Изследователите решиха да „спуснат“ сондата на планетата. „Касини“ се гмурна в атмосферата на планетата, изпращайки на-

учни данни, докато антената на космическия кораб беше насочена към Земята. Скоро след това „Касини“ изгоря и се разпадна като метеор.

Спускането осигури и земни бактерии да не попаднат случайно на спътниците на Сатурн, Титан и Енцелад, където е възможно да има местни микроорганизми.

Получените при мисията „Касини“ научни данни и открития продължават да се появяват, докато резултатите се анализират и публикуват.

Успешна кондензация на екситони

През декември екип физици от САЩ, Великобритания и Холандия обяви откриването на нова форма на материята, която те нарекоха *екситониум*. Електрически неутралната квазичастица екситон е възбудено състояние на кристала, което може да бъде представено като двойка електрон-дупка, подобно на водороден атом, и възниква в полупроводниковите материали, диелектрици и някои течности. Квазичастицата е предсказана през 1931 г. от съветския физик Яков Френкел.



Понятието екситониум е въведено през 1960 г. от Берт Халперин (*Bert Halperin*), физик-теоретик от Харвард. От 70-те години досега много експериментатори са публикували резултати за съществуването на екситониум, но техните доказателства не са убедителни, тъй като могат да се обяснят и със стандартен структурен фазов преход.

Екситонът спада към бозоните, частици с цял спин, и при достатъчно ниска температура системата бозони преминава в особено състояние, наречено кондензат, в който всички частици са в едно и също квантово състояние и се държат като една голяма квантова вълна. Поради това Бозе-фазата става суперфлуидна или свръхпроводяща. Изследователите успяват да открият Бозе-кондензат от екситони в кристали титанов диселенид TiSe_2 . Фазовият преход в кондензат настъпва при 190 K и е установен с усъвършенстван вариант на метода спектроскопия на енергетичните загуби. С новата си техника групата за пръв път успява да измери колективните възбуждания на нискоенергетичните бозони, двойките електрони и дупки, независимо от импулса им. Постигнато е първото наблюдение в материал на преходна фаза на екситонния кондензат – мека плазмонна фаза, която се появява, когато материалът достига критичната си температура от 190 K.

Откритието има съществено значение за по-нататъшното развитие на квантовата механика и на практика е възможно свръхпроводимостта и свръхфлуидността на екситониума да намерят приложение.

Рентгеновият лазер на свободни електрони започна работа

На 1 септември 2017 г. се състоя официалната церемония по откриването на най-големия европейски рентгенов лазер. Всъщност това устройство не е лазер, т.е. източник на оптично излъчване от определен тип. В него рентгеновото лъчение, със свойства аналогични на лазерните, създава електронен лъч, ускорен до скорости, близки до скоростта на светлината. С помощта на рекордни по мощност и много къси рентгенови импулси, изследователите ще могат да видят не само разположението на атомите в молекулите, но и процесите, които се развиват в тях. Това ще позволи да се достигне ново ниво в научните изследвания в областта на физиката, химията, материалознанието, науките за живота, биомедицината. Например, при създаването на нови лекарства, специалистите, знаейки точното местоположение на атомите в протеиновите молекули, ще могат да избират вещества, които ще блокират или обратно, ще стимулират тяхната работа. Познаването структурата на кристалите ще позволи да се разработят материали с предварително зададени свойства.

Подробно за този лазер можете да прочетете в брой 2 от 2017 г. на *Светът на физиката*.

Литература

Алексей Понятов, *Десять крупнейших событий 2017 года в физике и астрономии*, Наука и жизнь №1, 2018

РИА Новости <https://ria.ru/science/20171016/1505709789.html>

<http://www.wired.co.uk/article/the-best-space-discoveries-of-2017-from-gravitational-waves-to-oumuamua>

<http://physicsworld.com/cws/article/news/2018/jan/23/gravitational-wave-observation-helps-pinpoint-neutron-star-mass-limit>

A. Kandala et. al., *Hardware-efficient variational quantum eigensolver for small molecules and quantum magnets*, Nature **549**, 242–246

<https://www.technologyreview.com/s/609451/ibm-raises-the-bar-with-a-50-qubit-quantum-computer/>

<https://techcrunch.com/2018/01/05/the-quantum-computing-apocalypse-is-imminent/>

<https://www.sciencealert.com/hydrogen-has-been-turned-into-a-metal-for-the-first-time-ever>

R. P. Dias, I. F. Silvera, *Observation of the Wigner-Huntington transition to metallic hydrogen*, Science **26** Jan 2017

Рябь времени, или Когда физика лучше фантастики, Наука и жизнь № 6, 2017 г.

<https://saturn.jpl.nasa.gov/news/>

<https://phys.org/news/2017-11-theoretical-quark-fusion-powerful-hydrogen>
<https://www.nature.com/articles/551040a>
<http://science.sciencemag.org/content/358/6368/1314>

BREAKTHROUGHS IN PHYSICS AND ASTRONOMY IN 2017

Selection and translation: **Sashka Alexandrova**

A short review on important achievements and discoveries made in physics and astronomy in 2017 is presented. Included are (in no particular order): detection of gravitational waves characteristic of two neutron stars spiralling into each other, merging and collapsing into a black hole opening a new era in astronomy – gravitational astronomy; creation of 53 qubit quantum computer; the synthesis of the first-ever sample of solid metallic hydrogen; the start of operation of the European X-ray free-electron laser facility; registration of neutrino by elastic scattering through a portable neutrino detector; creation of time crystals - strange crystals that have an atomic structure that repeats not just in space, but in time; exoplanet discovery: seven Earth-size planets around a single star some of which located in the habitable zone; the end of Cassini spacecraft mission; prediction of quark fusion; successful excitonic condensation of excitons into a new form of matter – excitonium.

**НА ВНИМАНИЕТО НА БЪДЕЩИТЕ ВЕЛИКОДУШНИ И ЩЕДРИ
СПОМОЩЕСТВОВАТЕЛИ НА СП. „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“**

БАНКОВА СМЕТКА НА СФБ
IBAN: BG91FINV91501215737609
BIC: FINVBGSF
ПЪРВА ИНВЕСТИЦИОННА БАНКА

ДИЛЕМИТЕ ПРИ ОЦЕНЯВАНЕ НА НАУЧНИЯ ПРИНОС

Питър Д. Таунсенд, Тания Цветкова

Увод

Общ проблем за участващите във вземането на решение за присъждане на научни степени, повишаване в длъжност или за предоставяне на средства за научни изследователски проекти е да се избере най-добрата от голям брой кандидатури. Личното познаване на кандидата не е гаранция за това, как той е оценяван от останалата част на научната общност, но това все пак е често срещан подход при вземане на решение. В резултат често подкрепата, оказвана на приятели или на кандидати с влиятелни приятели и политическа власт, става обичайна практика. Това е подход, наблюдаван във всички страни и е дотолкова загнезден дълбоко в човешката природа, че е малко вероятно да се промени. Все пак всяка информация, която може да благоприятства определен случай, е полезна, а научното представяне на кандидата на международната арена е определено един такъв фактор. Оценяването на научни изследователски проекти също е трудно, като тук фактор е и стилът на писане, който варира при различните теми и хора.

При написването на тази статия ще отчитаме в значителна степен собствения си опит. Често сме оценявали проектни предложения от например седем различни страни и това е разкривало, че има ясно изразени вариации в стила на презентациите. За някои страни, без значение колко рутинен е проектът, тенденция в стила е той да се представя като следващия материал за Нобелова награда. Липсата на такова самопромотиране и възхваляване би означавало получаване на отказ за финансиране. Обратно, в други страни такъв подход при представяне на предложението автоматично би гарантирал отхвърляне. Така това е значителен проблем за онези, които сменят пребиваването си в различни страни, но е бонус за егоцентриците.

Комисиите за оценка на научни изследователски проекти при фондовете за финансирането им неизменно изискват определен брой рецензии от други лаборатории в страната и тук отново изпъкват някои съвсем различни варианти. Например в една от тематичните области в рецензиите, изпратени на комисията от експертите в тази област, се твърдеше, че това е безусловно отлично предложение от наистина важна тематика. Членовете на комисията следователно се почувстваха задължени да подкрепят работата (въпреки че тези извън дадената област я считаха за безинтересна и без ново съдържание). В друг случай, същата комисия отговаряше за тематична област, в която всяка състезаваща се група твърдеше, че работата, представена от другите

лаборатории, се отнася за остаряла тема и че те самите са правили вече подобни експерименти. Такива отрицателни рецензии фактически доведоха до намалено финансиране за всички в тяхната област. Така личното предубеждение надделя над научната оценка и в двете тематични области.

Подобни затруднения имат и редакторите на списания, които трябва да намерят честни, непредубедени и достатъчно експертни рецензенти. И тук продължителният опит с публикуването на научни статии определено подсказва, че това е изключително трудно. В качеството на експеримент, на поне едно американско списание с висок ранг са били изпратени копия от една и съща работа за рецензия, като са били подменяни имената на авторите и научните им институции. Така статиите, представени като написани от известни учени, например от Харвард или Масачузетския технологичен институт, са получили всеобщо одобрение, докато същите статии, представени като написани от неизвестни автори от второстепенни колежи, са били отхвърлени. От собствен опит можем да потвърдим, че статии, публикувани с Нобелов лауреат като съавтор, получават незабавно одобрение и многобройни цитирания впоследствие. Интересно е също, че една проверка на цитиранията на статии от Нобелови лауреати, преди и след присъждането на наградата им, може да покаже драматични промени.

С оглед на тези затруднения, съществува обяснимо желание да се намери някакъв механизъм, който да помогне да се преодолеят догадките и налукванията, като един популярен такъв подход е оценката да се основава на броя цитирания. За някой работещ в бавно развиващо се основно научно направление, с голям брой работещи хора в областта, това е привлекателен подход, а до известна степен би се избегнало и наличие на предубеждение. Това обаче е съвсем неразумен подход при сравняване на работите от различни тематични области. Например теоретик, работещ индивидуално, може да публикува само една отлична статия годишно върху комплексна тематика. Тя ще бъде прочетена и разбрана от много малка група хора и при такава ниска скорост на публикуване от всички тях, тя ще получи много малко на брой цитирания. В противоположния случай, публикацииите от големи международни лаборатории (например ЦЕРН) могат да имат от порядъка на 50 или 100 съавтори, а съответно всеки от тях ще публикува статии, които цитират тяхната работа, и така в рамките на година-две всяка статия ще допринесе за десетки или стотици цитирания. Освен това фактът, че всяка статия може всъщност да е написана само от двама или трима от 50-те съавтора, е изцяло изключен при оценяването на научния принос. (Авторите отчитат и приноса на автоцитатите – бел. ред.).

Друга очевидна слабост е, че ако някой създава нова изследователска област и експериментално или теоретично е напред в съревнованието, тогава съответните статии ще привлекат много малко на брой цитирания, тъй като

липсва съответна общност, която да оспори работата или да я отличи. Публикацията може да допринесе за поканени обзорни статии и представяния на конференции, но няма да има много цитирания от съревноваващи се лаборатории.

Друг пример показва, че огромен пик от цитирания всъщност не гарантира, че работата е всеобщо смятана за брилянтна. Класически пример за това е статията, която претендираше да е постигнала студения термоядрен синтез, което, ако е вярно, би имало фантастични приложения за производството на енергия. Такава възможност беше толкова вълнуваща, че стотици изследователи изоставиха собствените си области на изследвания и се включиха по темата. Това генерира над 200 цитирания през първата година. Оригиналната работа досега е цитирана повече от 6000 пъти, но почти във всяка статия се твърди, че е погрешна и никой не е успял да повтори резултатите ѝ.

Лични примери

Проблемите на успешните, но без много цитирания иновации, са представени с два типични примера от работата в Университета в Съсекс (*Sussex*). През 1976 г. Таунсенд открива, че може да използва йонната имплантация за да аморфизира кристални материали, например кварц или литиев ниобат, така че да намали техния показател на пречупване в подповърхнинни области, намиращи се непосредствено под неповлияните от имплантацията зони на самата повърхност с висок показател на пречупване.

Това всъщност е точно изискването за формиране на оптичен вълновод. Това в случая е фактически независимо от материала на мишената, така че групата от Съсекс и сътрудници са предложили, развили и демонстрирали един универсален подход за направата на оптични вълноводи. Дотогава вълноводите, например в литиев ниобат (ключов материал в оптоелектрониката, са били получавани при използването на съвсем различен подход – чрез примесно легиране, използвайки сложни технологични процедури с титан или (след 1982) с протони. За съжаление, тези третириания водят до влошаване на електрооптичните свойства. Още по-зле е, че са били необходими няколко хиляди изследователски години на големи групи хора в много лаборатории за разработването на технологията в много ограничен брой материали. За разлика от това, подходът с имплантирания граничен подповърхностен слой доведе до разработката на широк обхват от оптоелектронни и фотонни прибори, които сега се произвеждат в почти 200 различни материали. Изобретателите бяха сами в областта за почти десетилетие, докато техниката стана по-широко приложима. По отношение на цитати, тогава работите бяха вече само история и са просто цитирани като нормален рутинен подход (т.е. отпреди повече от 10 години). Както може да се очаква, единственият цитат сега е за книга, която представя обзор на възможностите и прогреса в интеграл-

но-оптичните технологии. Слава и публикации, да; цитати – много ограничени.

Вторият пример – от 1993 г., беше създаването на мултиплексен вълнов спектрометър за термолуминесценция, който по това време беше почти 1000 пъти по-чувствителен от която и да е такава фабрична система. Това революционизира данните, които могат да бъдат получени, и генерира много публикации не само в областта на термолуминесценцията, но и в редица свързани области. Този спектрометър също така разкри съвършено нови и неочаквани детайли за структурата на дефектите и наличието на наночастични примеси, които дотогава не бяха дори разглеждани като възможност. За съжаление, тъй като никой друг досега не е постигнал апаратура с подобна чувствителност, липсват цитати от други групи, които да потвърдят или оспорят резултатите и интерпретациите от Съсекс. Това засега продължава да е изключително фрустрираща ситуация.

Скрита зад тези примери е естествената ни склонност да се доверяваме на мненията и възгледите на мнозинството във всички области на живота. В науката количествените данни биха могли евентуално да разобличат отклоняващите се от реалността възгледи и миналите примери на отхвърлянето на флогистона в термодинамиката през XVIII в. или етера през XIX в. го потвърждават. Възгледите на мнозинството върху злободневните днес теми със сигурност също така може да се сринат в бъдеще. Дали тъмната енергия и тъмната материя ще останат на мода?

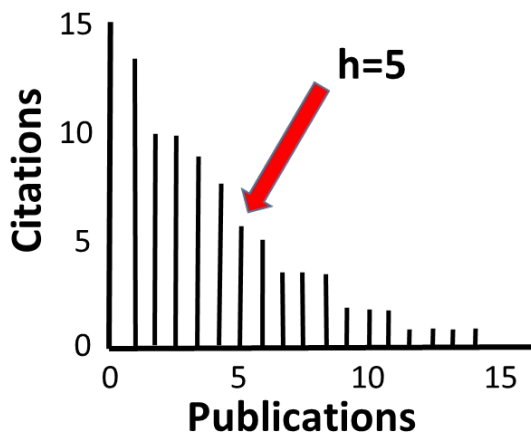
Концепцията за Хирш индекса

Йорг Хирш е предложил за сравняване на научния принос в основните научни направления и подобни ситуации да се използва броят на цитиранията като мерило за популярността на темата, както и за индивидуалната оценка на изследователя в международната научна общност. Това е едно отлично предложение, дотолкова доколкото наистина се сравняват подобни с подобни. Както беше споменато, това не е толкова полезно, ако работата обхваща повече от една област или е твърде напред в сравнение с останалите от основните направления. Идеята е да се начертае графика, както на фигурата по-долу, на зависимостта на броя на цитиранията от броя на цитираните публикации и да се търси точката, в която броят на цитиранията е равен или става по-голям от броя на публикациите в списъка. Този брой се нарича Хирш индекс (h).

В разглеждания пример първите най-цитирани публикации имат 5 или повече цитати, но те спадат до само 5 за статия № 6. Следователно h индексът е 5.

Съдейки от широк набор данни от учени физици в Съединените щати, това е един приемлив начин за оценяване на научен принос. Резултатите ще се променят с възрастта и статуса, но типични стойности за $h > 12$ може да

се достигнат на нивото на доцент; $h > 20$ би се получило след да кажем 20 години за ниво на професор; към $h > 45$ ученият може да бъде вече член на Национална академия на науките, а всеки с h над 60 би бил изключително открояващ се.



Независимо от всичко, абсолютно съществено е да се подчертае, че тези резултати варират силно не само между различните научни области (физика, химия, медицина и др.), но дори в рамките на един и същ предмет. Единствено сигурно е, че висок h индекс е показателен за много успешен учен. Високата му стойност може да означава също много успешен групов лидер, чието име се появява във всички публикации на групата, независимо от каквото и да е фактическо участие в конкретната статия.

Това не е единственият начин да се разглежда научният принос като публикационен индекс: един алтернативен подход е просто да се сумират всички цитати (N) и да се дефинира h стойност като $h \approx 0,54\sqrt{N}$. Може би 0,54 го прави да изглежда по-достоверен, отколкото да се каже просто наполовина. За сведение от стар пример, през 2010 само $\sim 1\%$ от физиците имат повече от 3000 цитирания (т.е. $h \sim 30$).

Правени са различни критики на системите за оценка на научния принос. Например някои списания и страни подреждат авторите в азбучен ред, докато други поставят главния автор на първо място. Инструментите за търсене на цитати не разпознават, а и не могат да разпознават, персоналния принос на всеки отделен автор, нито пък цитатите са оценявани с оглед на импакт фактора на списанието.

Разликите между отделните системи за оценяване изпъкнаха много ясно, когато поискаха от Таунсенд да представи своите 20 „най-добри“ статии. Когато той го направи, университетът настоя, че е трябвало да изчисли 20-те най-добри като брой на цитиранията, умножен с импакт фактора на списанието. След продължителни изчисления, това доведе до нов списък от 20 „най-добри“ статии, който не съдържаеше никоя от първоначалните изброени, но

сега включваше няколко обзорни статии с абсолютно минимално ново съдържание, но публикувани в престижни списания.

Неочаквани трудности при списъците на цитиранията

Списъците на цитатите се споменават на много места, но търсачките, които ги предоставят, не са безпогрешни. Грешките могат да бъдат както отрицателни, така и положителни. Например тези, които са работили в доста различни страни и лаборатории, при което начините на появяване на името им в различни списания се различават, могат в резултат да изгубят известен брой цитирания. Сега се въвеждат персонални идентификатори за отстраняване на този проблем в бъдещи работи. От друга страна, повечето имена не са уникални и може да има и други със същото фамилно име и инициали, които по съвпадение работят по паралелни теми. Това надува броя на цитиранията, открити от търсачките. Стрешаването на самоличността е определено значителен проблем например в Китай, тъй като там има само около 200 стандартни фамилни имена (за един милиард хора). Вероятността за отчетен некоректен брой цитирания следователно е твърде висока.

Как да се максимизира h-индекса

Тъй като се предполага, че h-индексът е един сериозен критерий за оценка на способностите, той е почти винаги фактор за представяне в проектните предложения, ако е значителен, тъй като това би увеличило шансовете за успешно финансиране. Следователно съществува „спирала на успеха“, при която пари и публикации вървят ръка за ръка. Затова съществено е да се използва този подход, колкото е възможно по-рано. Поради трудностите да се намери финансиране за проект в началото, могат да са от полза някои насоки как да се манипулира системата. Когато и където е възможно, започвайте изследванията си в добре финансирани лаборатории с ръководители и колеги, които са продуктивни и престижни. Това веднага означава минимално изчакване да станете съавтор и работата на групата по-лесно ще се разглежда в положителна светлина. Също така, добра група е вероятно да публикува в списания с висок импакт фактор. По-малко очевидно е, че (поне от собствен опит) те биха използвали по-добри рецензенти, които са по-положително настроени към нови или противоречиви идеи. Фактически този случай е аналогичен на това да си успешен в живота, избирайки добри родители.

В статиите си не се колебайте да похвалите работите на другите, особено ако ги споменавате в цитиранията, тъй като тези автори е много възможно да са хората, които списанието ще избере за рецензенти. В отговор, те ще оценят позитивния отзив за себе си и цитиранията в статията ви. Друг подход е да пишете обзорни статии. Това има няколко положителни страни. Първо, това е един невероятно ефективен и бърз начин да бъдете критичен и да разберете темата и мисленето по нея към момента. Второ, това почти сигурно

ще стимулира нови идеи. Трето, въпреки че обзорът може да не включва някакъв нов материал по темата, обемна обзорна работа би могла да се появи в списание с висок импакт фактор и много хора ще я цитират с по-голяма вероятност, отколкото да издирват първоизточниците на всички детайли, които сте описали. Обзорни статии с почти 100 цитирания, но без оригинално съдържание, не са рядкост. Също така в ранните фази на кариерата публикациите с по-опитни и престижни учени са винаги от полза.

Друга много успешна стратегия е да си сътрудничите с различни изследователски групи в други институции или страни. Като външен човек вие не представлявате конкуренция при местните възможности за кариерно развитие и така хората са по-готови да помагат, а и те на свой ред ще цитират вашата работа в своите по-късни публикации.

Конференциите също са едно добро поле за засилване на имиджа. Съдействието за провеждането им ще ви донесе много нови контакти, заемането на място сред „хората на върха“ ще предполага, че сте от същия калибър, а също така може да получите покани да сътрудничите в други техни проекти. Изнасяне на лекции на конференции като аутсайдер по отношение на тематиката е също полезно, тъй като тогава ще предполагат, че сте един от експертите в своята собствена област. Това е предпоставка за много положителен отзвук за престижа ви, а такива конференции са също така и стимул за нови идеи.

По-малко очевиден проблем е, че хората често цитират само скорошни работи и след 10 години не се очакват много повече цитати. Ако целта е значително високо ниво на h индекса (от порядъка на 50), това изисква около 5 цитати на година за 50 статии. Именно тук самоцитатите и тези от вашите бивши колеги са особено добре дошли. Това не е толкова лесно, тъй като много списания не ги препоръчват, дори когато са от съществено значение (особено за работа, представляваща пробив в областта). Много цитати ще бъдат привлечени, ако работите в популярна тематична област. Това е деликатен избор, тъй като в една много популярна област е по-трудно да се изпъкне с нови идеи и резултати, и/или е възможно противоречащи идеи по-трудно да се одобряват за печат.

Същото е в сила и за проектните предложения. Един проект от Съсекс беше отхвърлен, тъй като рецензентът написа: „Това е проблем отпреди 40 години, ако беше решим, би трябвало да е вече решен. Да се отхвърли“. За щастие се оказа, че той не е прав и накрая проектът спечели друго финансиране, а проблемът беше решен в сътрудничество, което включваше колеги от Съсекс и България.

Съществуват също ясно изразени случаи на ксенофобия от рецензентите, ако статията има например първи автор, който не е от англоезична страна. Имали сме многобройни примери, когато, ако първият в списъка на авторите

е от Китай, България и т.н., някои рецензенти са силно критични за яснотата на езика на статията. Дори ако написването ѝ е било от автора от англоезичната страна. Такива критики рядко се случват, ако същият е първи в списъка на авторите. Също така необосновано критични рецензии се дават на статии от лаборатории, за които се предполага, че апаратурата и финансирането са слаби, плюс обратното – предлага се твърде бързо одобрение за такива от добре финансирани институции с големи имена.

И накрая, опитайте търсенето в интернет на стойностите на вашия собствен h индекс и проверете колко надеждни са получените числа. Ние изпробвахме това чрез търсене на стойностите на h индекса, използвайки различни търсачки, за името „*P. D. Townsend*“. Това веднага доведе до намирането на много висока стойност за професор *Paul D. Townsend* (физик, който работи в области, свързани с тези на *Peter D. Townsend*). „*Professor Peter Townsend*“ пък предоставя данни за известен социолог. Прибавянето на „*Sussex*“ в предлаганата от *Research Gate* идентификация предостави стойност на $h \sim 46$. Представени бяха 9467 цитирания (еквивалентно на $h \sim 52,5$), но намерените цитирани статии бяха 462. Всъщност, коректният брой би трябвало да е по-близо до 530. Стойностите на h индекса не са неочаквани за човек, който е бил добре финансиран, имал е няколко стотин висококласни сътрудници и публикации, датиращи назад във времето до 1960 г. Все пак, този прост експеримент разкрива общите слабости на подхода и факта, че е почти невъзможно собственото издирване на цитиранията или коригирането на списъците, предоставяни от системите за търсенето им.

THE DILEMMAS OF SCIENTIFIC ASSESSMENT

P. D. Townsend, T. Tsvetkova

Assessment of people, publications, overall research standing and institutions are minefields for those who have to make decisions on funding, promotions and reviewing of articles. Our message is that some factors, such as the use of the h -index, can offer confidence if the people are well established. But this must not be applied as a universal rule, as the appropriate “typical” h -index will vary between every topic area within a subject, as well as the funding level that has been obtained in the past. Reference to h -index numbers will also depend on the search engine that has been used, the degree of originality of the work, and the number of collaborators who will have contributed to the citations. Finally, high citations to a particular paper may all have been critical!

ОСОБЕНОСТИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА В ИСПАНСКИТЕ ДЪРЖАВНИ УНИВЕРСИТЕТИ

Елка Коручева

Следването по специалността физика в Испания е процес, който изисква ориентиране на младежите в продължение на няколко години преди завършване на основното си образование. Това е възможно, след като желаещите ученици завършат подходящ бакалавриат (*Bachillerato*), даващ им основата за бъдещото следване. Бакалавриятът обхваща последните 2 години от средното образование и не е задължителен, но е необходим при желание за по-нататъшно обучение в университет. Нещо повече, поне една година преди започването на бакалавриата, бъдещите студенти се ориентират с оглед избиране на различни предмети, които биха им били от полза по време на ученето в съответния бакалавриат.

Има 3 различни профили бакалаври, които обхващат природни науки, социални науки и хуманитарни науки.

Желаещите да следват физика задължително трябва да учат 2 години бакалавриат по природни науки, където се набляга на природо-математически предмети като математика, физика, химия, екология, информатика, техническо чертане и др. Учат се и останалите предмети като испански език и литература, история, философия, чужди езици и др., но главната тежест пада върху природо-математическите предмети.

След завършване на бакалавриата, което при голям процент от учениците е в продължение на повече от 2 години поради повтаряне на курса (понякога и няколкократно), желаещите да следват в университет се явяват на приемни изпити (*Selectividad*) съобразно профила бакалавриат, който са учили. Завършилите природо-математическия профил се явяват в продължение на 3 поредни дни на 7 различни изпита, обхващащи материала от последните 2 години, които са по физика, математика, техническо чертане (ако искат да следват физика, математика или инженерни науки), както и на задължителните общи изпити за всички профили бакалавриат – испански език и литература, история, философия и чужд език. Желаещите да следват висше образование в областта на природните науки, химия, медицина и науки за живота се задължават да държат приемни изпити по физика, химия, екология, както и по останалите 4 общи изпити, за които беше споменато по-горе. В последния случай е възможно също и някой предмет да се замени с друг, като например физика с математика и подобни.

Студентите, завършили бакалавриат по социални или хуманитарни науки, имат като специфични изпити математика, икономика, география, латинс-

ки и старогръцки и др. и в допълнение държат и четирите общи изпити по испански език и литература, история, философия и чужд език.

По принцип кандидат-студентските изпити са различни за всяка автономна област (общо 17 в Испания), но приликата между тях е значителна, тъй като те включват един и същ материал.

След представянето си на гореизброените изпити, кандидат-студентите кандидатстват в различни университети съобразно желанията си. Ако крайната оценка от държаните изпити, пресметната по определена формула, не е достатъчна за следване по избраната специалност, например физика в първия от списъка на приоритетни университети, кандидат-студентът е приет в следващия в списъка университет или в крайна сметка в университета, където бележката му е достатъчна, за да се обучава. Често срещана ситуация е младеж или девойка от Мадрид да не се представят добре на кандидат-студентските изпити и поради по-ниската си оценка да са принудени да започнат следването си в друг университет или град, където приемната бележка за влизане е била по-ниска по дадената специалност.

По новите програми съгласно Болоня, следването по физика е с продължителност 4 години, а ако след завършването студентите искат да учат и магистратура, тя е 1 година.

Следването по физика до получаване на бакалавърска степен е сравнително подобно в държавните университети от различните провинции, като таксите варират от 800 до 1300 евро на година. За тези 4 години студентите получават общо 240 кредита, като за конкретния случай на Автономния мадридски университет, 60 от тях са основно обучение, 132 са задължителни, 36 са по желание и 12 кредита са за бакалавърска дипломна работа, за която се дават около 3 месеца срок за написване и защита.

Като цяло, и конкретно за споменатия по-горе университет, по програмата за бакалаври в първи курс се изучават основи на физиката, математически анализ, алгебра, експериментална техника и програмиране. Във втори курс обучението включва математични методи, механика и вълни, електромагнетизъм, експериментална техника и програмиране. В трети курс се учат математични методи, термодинамика и статистическа физика, квантова механика, електроника и оптика. В последния, четвърти курс, фокусът е върху атомна и молекулярна физика, физика на твърдото тяло, ядрена физика, астрофизика и се завършва с дипломна работа по дадена тема.

Допълнително има и предмети по желание, сред които са физика на флуидите, биофизика, висши математични методи и програмиране, класическа електродинамика, източници на енергия, нанофизика, фотоника, физика на високите енергии, спектроскопия на твърдото тяло, физика на кондензираната материя, космическа физика, увод в изследователската работа и практика в лаборатории и фирми. Програмата за тези избираеми предмети може да ва-

пира доста между университетите, тъй като е свързана и с научноизследователския опит на съответните преподаватели.

Дипломната работа за завършване на бакалавриат е сравнително сериозно занимание. Студентите са ръководени от преподавателите и в доста случаи резултатите са много оригинални и заслужават публикуване.

Желаещите да учат магистратура, свързана със специалността физика, имат възможността да следват различни специализирани магистратури, които са и основата за по-нататъшното развитие на изследователските им таланти и често завършват със защита на докторат.

Всеки университет предлага голям избор от магистърски програми съобразно капацитета си, подготовката и научните интереси на преподавателите. Конкретно в областта на физиката Автономният мадридски университет предлага магистратури по енергетика и бъдещи енергийни източници, физика на кондензираната материя и на биологичните системи, ядрена физика, теоретична физика, нанотехнология и фотоника, молекулярна нанотехнология и др.

Магистратурите по специалността физика, предлагани от друг престижен университет – Комплутенсе, включват също и магистърски програми по медицинска физика, метеорология и геофизика, ядрен синтез и инженерна физика, както и магистратура за бъдещи учители по физика и химия. Последната магистратура е доста желана, тъй като подготвя бъдещите учители. Желаещите да работят като учители след завършване на университета са задължени да учат едногодишна магистратура, специализирайки в преподаване и методология на обучение. Магистратурата им също задължително завършва с написване и защита на дипломна работа по обучение и методология върху определена тема, влизаща в програмата с темите, които се преподават в средните училища.

Характерно за следването по физика е развитието и представянето на различни теми, което налага търсене на необходимата литература, както и нейното усвояване. Всеки предмет изисква една или няколко такива писмени работи, което от своя страна развива умението на студентите за представяне и за критичен подход към проблема.

Друга характерна черта на обучението по физика е, че изпитите са главно задачи, които студентът трябва да реши. Много рядко се дават теми за развитие. Изпитите са писмени и има 2 сесии – през януари и през юни. Неуспешните студенти имат възможността да се явят и през септември.

Като цяло процентът на студентите, издържали даден изпит, варира между 30 % и 80 %, тъй като изискванията са много големи. Струпването на изпити в няколко поредни дни също е причина студентите да не могат да дадат максималното от себе си, за да изкарат по-добра оценка. Изпитната оценка, съчетана с оценката от представените писмени работи по дадена тема, както

и участието на студентите по време на преподавателския процес, се взимат предвид при формирането на крайната оценка по дадения предмет. Нормално е студентите да бъдат скъсани и да се явяват на септемврийска сесия. Нормално е също следването да продължи повече от 4 години, поради тези причини. Също нормално е и магистратурата да продължи повече от 1 година, с което общото следване на физика може да се удължи до 6-7 и повече години. Но трябва да се има предвид, че един изпит се смята за издържан, ако студентът е получил оценка между 5 и 10 по десетобалната система. При оценка под 5, студентът трябва да се яви на поправителна сесия.

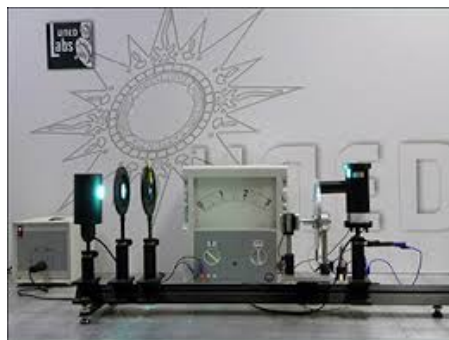
Хубавата страна на този проблем обаче е, че завършилите физика много по-лесно си намират работа в сравнение с останалите студенти. Почти няма безработни физици в Испания – страна, където младежката безработица е над 50 %!

Интересно за коментиране е дистанционното обучение по физика, в която сфера работя вече доста години в Националния университет за дистанционно обучение (*Universidad Nacional de Educación a Distancia*).

Както и в останалите университети, следването за получаване на бакалавърска степен е 4 години, а за магистърска – 1 година. Следването през първата и втората година предлага дистанционно обучение, подпомагано и с обучение на място, което се извършва в различните центрове на университета, разположени в цялата страна, както и в чужбина. Обучението на място в университета не е задължително, но е желателно в случай на затруднения на студента по дадена тема. Успоредно с него, студентите с помощта на разработена платформа контактуват директно с преподавателите и с различни форуми по дадения предмет, където отправят запитвания. Допълнително има възможността за телефонен или друг контакт с преподавателя, както и възможност за директно общуване в кабинета на преподавателя, ако студентът живее в Мадрид, където се намира Факултетът по природни науки.

Интересно е да се спомене, че голям брой лабораторни упражнения са компютъризирани и могат да се извършват *on-line*. За тези които не са, обаче се изискват реални лабораторни упражнения в зала с експериментални установки, като показаните на Фигура 1. Голяма част от асоциираните центрове в страната разполагат с такива лабораторни условия, където студентите правят необходимите упражнения. Студентите от останалите по-малки центрове, където няма възможност за подобни лабораторни експерименти, имат възможността да ги направят във Факултета по природни науки в Мадрид в продължение на 2 седмици през месец юли, като престоят и пътните се заплащат от университета и от кметството на Мадрид. За целта през 2016 г. кметството на Мадрид е осигурило финансова помощ на 300 студента от бакалавърските и магистърски програми по природни науки.

Бакалавърската програма на дистанционното обучение по физика е много подобна на описаната вече. Отново са необходими 240 кредита за успешно завършване, а в първи курс се изучават също така химия и биология. В последните курсове се предлагат предмети като обща относителност, енергетика и околна среда, метеорология и климатология, основи на автоматичен контрол и др.



Фигура 1. Лабораторни упражнения по физика в един от центровете на университета за дистанционно обучение, намиращ се в Калатаюд (ляво) и в централния факултет в Мадрид (дясно)

Университетът предлага също интересна магистратура по комплексни системи, включвайки теми като невронни и социални мрежи, предмети, които са много търсени и са предлагани само от много малко университети в страната. Ето защо тази магистратура се радва винаги на голям брой желаещи и се допускат само най-добрите студенти. Завършилите тази магистратура имат големи професионални възможности както в страната, така и в чужбина, а някои от тях решават да продължат в изследователската сфера с написание и защита на докторат.

Предметите, които се предлагат в тази магистратура, са също задължителни и избираеми, като задължителните са: увод в нелинейната физика, висши математически методи и флуктуации в динамични системи, а избираемите са физика на непрекъснатите среди, статистическа механика на комплексни флуиди, висша статистическа физика, функционал на плътността и електронни системи, динамика на свиваеми флуиди, електроника, неустойчивост и турбулентност, невронни и комплексни мрежи, моделиране и симулации на комплексни системи, микроскопични процеси в твърдото тяло, социална физика и социални мрежи. Всеки от предлаганите задължителни и избираеми предмети осигурява на студентите по 6 кредита. Обучението завършва задължително с изготвянето на магистърска дипломна работа.

За получаването на образователната степен магистър студентите трябва да съберат общо 60 кредита, като 18 от тях са от задължителни предмети,

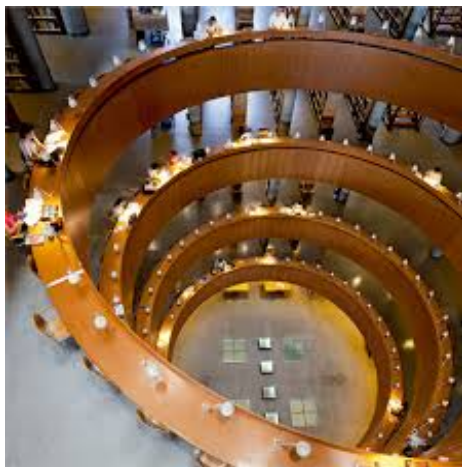
30 – от избираеми предмети и 12 са от дипломната работа. Като правило 1 кредит съответства на 10 часа обучение.

За разработване и защита на дипломна работа по съответната магистратура студентите разполагат с един семестър и са ръководени от определен преподавател, специалист по темата. Като цяло нивото на предадените работи е много високо и голям процент от тези изследвания са публикувани впоследствие в престижни международни списания.

Друга привлекателна магистратура, която се предлага от дистанционния университет, е магистратурата по медицинска физика. В нея се обръща особено внимание на анализ на медицински образи и данни. Завършилите тази магистратура намират работни места в болници и в изследователски лаборатории.

Както и в случая на университета Комплутенсе, Националният университет за дистанционно обучение предлага магистратура за бъдещи учители. Тя е много търсена поради факта, че се прави дистанционно и това дава определена свобода на желаещите да учат.

По принцип магистърските програми по физика са от 60 кредита, но нивото е много по-високо от бакалавърските програми по физика, затова и усилието за тяхното завършване е много по-голямо.



Фигура 2. Снимка на централната библиотека, която разполага с едни от най-пълните колекции по книги и учебници по физика в Испания

В заключение може да се каже, че нивото на преподаване по физика в Испания е много добро. Разполага се с най-съвременни методи, апаратура и учебници (Фигура 2). Преподавателите са много добре подготвени и с международна известност. Студентите като цяло са мотивирани. След завършване на университета и най-вече на определена магистратура, те са добре подготвени както за научна, така и за развойна дейност. Нивото им на умения по програмиране е доста добро, което им дава възможност за бързо и адекватно

намиране на подходяща работа пряко или не толкова пряко свързана със специалността им.

Завършилите специалността физика испански висшисти са доста търсени на международния пазар на труда. Участват в множество важни международни проекти и са добре признати в страните, където са се установили.

За съжаление обаче, броят на изявените специалисти е много голям и страната не може да им предостави необходимите възможности за професионална реализация. Ето защо младите хора главно интересувани се от изследователска дейност, са принудени да емигрират в други страни, които са с установени научни традиции като САЩ, Англия, Германия и др. Това е голям проблем за страната, тъй като се губят подготвени специалисти – проблем, с който сме дълбоко запознати. Правителството се опитва да въведе програми за завръщане и за професионално развитие на тези учени, но поне засега това не е достатъчно.

FEATURES OF PHYSICS EDUCATION IN SPANISH STATE UNIVERSITIES

E. Korutcheva

The paper presents a brief review of the physical education and training in the three levels: bachelor, master and doctoral as well as opportunities of professional realization in Spain and other countries.

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

**СНИМКИТЕ И ФИГУРИТЕ СА ЦВЕТНИ В ОНЛАЙН
ВЕРСИЯТА НА СПИСАНИЕТО**

ИНВЕСТИЦИИТЕ ЗА ПРИЕМ, ОБУЧЕНИЕ И ДИПЛОМИРАНЕ НА СТУДЕНТИ ПО ПРЕСТИЖНА УНИВЕРСИТЕТСКА (ФИЗИЧЕСКА) СПЕЦИАЛНОСТ У НАС В РЕТРОСПЕКТИВА И В ПЕРСПЕКТИВА

Николай Велчев

Уводни бележки

На основата на авторски данни е направено сравнение между две системи за университетски прием, обучение и дипломиране на студенти по престижна (физическа) специалност в Софийския университет „Св. Климент Охридски“, приложени през точно 60 годишен интервал от време при различни инвестиции от финансово и морално естество.

Анализ на задачата

Времето преди 60 години авторът е запомнил с две преживявания. Първото е, че е имал щастието да получи образованието си по физика в Софийския университет „Св. Климент Охридски“ с незабравими за цял живот български учени и преподаватели от физико-математическите среди, като: академиците Георги Наджаков, Христо Христов, Асен Дацев, Емил Джаков, Никола Обрешков и Благовест Сендов; професорите Йордан Касабов, Мария Молдованова, Леон Митрани, Александър Раев, Ярослав Тагамлицки, Дойчин Дойчинов, Алипи Матеев, и Иванка Апостолова; доцентите Стайка Димитрова, Константин Стаменов, Тихомир Стойчев, Ангел Иванов, Антонина Пеева и Иван Дуйчев; асистентите Глеб Задорожний, Херман Алберт и др. В съответствие с величието на тези личности – вече „скъпи покойници“, в началото на 60-те години на XX в. държавни инвестиции на университетско ниво за физическите специалности преобразуваха бившия Физико-математически факултет на улица „Московска“, София, във Физически факултет (на булевард „Джеймс Баучер“), а по-късно бе създаден и Единен център за физически науки (на Цариградско шосе, 7 км, София).

Второто преживяване на автора (неприятно) е свързано с два текста от „Справочник на кандидат-студента“, отпечатван ежегодно в края на 50-те години на миналия век. Първият текст (негов фрагмент) има смисъла на декларация: „... Декларирам, че нито аз, нито някой от моите близки и роднини, е засяган от мероприятията на народната власт“; „национализацията“, „трудово-изправителните лагери“ (като Белене, Персиан, „Слънчев бряг“), „принудителното изселване“ (на семейството) и т.н.

Друг текст от „Справочник на кандидат-студента“ въвежда информация в противоположния смисъл на забраната за следване. Това са изброени приви-

легии за определени групи от населението, които можеха да постъпят в българските университети въобще без конкурс .

Неявно и двата текста от справочника предлагаха следните алтернативни възможности пред неприетите кандидат-студенти: незабавно постъпване в казармата – за момчетата, или насочване към трудовите борси.

Като обект на следващия по-долу анализ на обучението и дипломирането на приетите кандидат-студенти е избран Софийският университет „Св.Климент Охридски“ на основание, че в него се обучават около 10 % от всички български студенти. Една от най-престижните пък негови специалности е „Физика научно-производствен профил“, избрана сега в проведения анализ, с начална учебна година 1958 и петгодишен срок за дипломиране на приетите в нея студенти.

Резултати

Документална информация за числените показатели на тогава формираната студентска група с точност ± 1 за броя на студентите е представена в Таблица 1. Тя е разграфена за удобство чрез букви и римски цифри, а инвестициите при обучението на групата са избрани в произволни единици. От таблицата могат да бъдат направени няколко извода, обсъдени в следната случайна последователност.

Първа конфузия от всички следващи я по-долу други конфузии е, че броят на приетите с привилегии студенти (Va,б,в) е два пъти по-голям от приетите студенти без привилегии (Vд) – факт, означаващ „гаф“ (меко казано) на държавата със съдбата на обикновените хора пред тази на „привилегированите“.

Следваща конфузия е „фаталността“ на избора, пред която е изправен кандидат-студента. Защото, предвид на голямата привлекателност на специалността „Физика научно-производствен профил“ и скромния прием, предварително е известно, че малко на брой кандидат-студенти – дори и с максимален бал 36,00 или не много под него, ще си позволят да рискуват, кандидатствайки там. Това означава обаче, предварително да пропадат шансовете за изява на дотогавашни пълни отличници в училище, тъй като сега техните потенциални места в университета остават „окупирани“ от други – „тройкаджии“ в университета на „ръба на оцеляването“.

Много фрапантно таблицата показва (VIa), че 100 % от привилегированите деца (IIIa) поради слаб успех пропадат по време на следването си. Местата обаче им остават незаети, причинявайки допълнителни финансови загуби на държавата и морални щети за обществото. Обратно, много поучително е, че всички „мъже“ и „жени“, приети за следване „без привилегии“, успяват да се дипломират „до един“ и „до една“ (VIIa) , макар някои от тях да „повтарят“ отделни учебни години.

I	II	Номер →	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Брой на студентите по държавна поръчка	Форма на прием на студенти	Буква ↓	Вид на при- влеканията	Брой на приети студенти	Общ брой на приети студенти	Брой на дипломи- рани сту- денти	Брой на дипломи- рани сту- денти в проценти	Загуби на инвести- ции в про- центи	Общо загу- би на инвести- ции в про- центи
30	Без конкурс (с приви- легия)	а	Деца на ак- тивни бор- ци против фашизма и капитализ- ма	10	20	0	0	100	235
		б	Съкратени офицери от армия- та	6		3	50	60	
		в	Работни- чески фа- култети (Рабфак)	4		1	25	75	
	С конкурс (без приви- легия)	г	жени	5	10	5	100	0	0
		д	мъже	5		5	100	0	

Таблица 1. Документални данни за инвестиране на специалността „Физика научно-производствен профил“ в Софийския университет „Св. Климент Охридски“ през учебните 1958 – 1964 година

Тук припомним, че по „онова време“ презаписването на учебните години поради слаб успех на студентите, беше напълно позволено и безпрепятствено: държавата плащаше необходимите инвестиции. Дори обаче и след подобно презаписване поради слаб успех, въпросните студенти при желание имаха право да се преместят (безплатно) в друг университет. Един пример за това е внукът на академик Тодор Самодумов, който след 9-годишно безплатно следване в три различни университета, накрая получи диплома за висше образование в Минно-геоложкия университет!

Не могат да бъдат отминати обаче и някои положителни факти. Например, двама бивши (съкратени от армията офицери (ШБ), плюс още един от „рабфаковците“ (Шв), не само успяха да се приспособят към университетските изисквания за успех, но и след дипломирането си намериха престижна работа като физици (например асистент Янчо Василев, метеоролозите Христо Монов и Иван Зашев).

Най-съществено от обсъдената таблица е да се отбележи, че приемът и обучението на студенти по т.Ша предизвикаха 235 % (IX) държавни загуби като инвестиция в „нерентабилно мероприятие“! Освен това, няма основание да се предполага, че описаните по-горе ефекти в Софийския университет „Св. Климент Охридски“, са протекли по различен начин в другите български университети по други специалности!

Шестдесет години по-късно

За съжаление, съществуващата сега разлика от описаната система за прием, обучение и дипломиране на студенти също не задоволява. Например през последната 2017 учебна година у нас останаха стотици свободни места в университетите, което означава нова загуба на инвестиции. Това е проблем, който отдавна се обсъжда в подробности на различни нива, но резултати все още няма. Установено е обаче, че следните обстоятелства допринасят за констатираните нежелани ефекти:

- съществуващите вече над 50 на брой действащи университети може би са твърде много за страна с мащаби като нашата;
- много приемливи от финансова и битова гледна точка предложения за следване на български граждани в чужбина;
- настоятелна, отрано разгласявана информация за чуждестранните университети;
- лоша връзка на българските университети с естеството на съществуващите локални приоритети на принадлежащите им териториални области;
- други ефекти.

Заклучение

Както прилаганата по-рано система при висока бариера за прием, обучение и дипломиране на студенти по престижни университетски специалности, така и по-късно опростената и демократизирана система за прием, обучение и дипломиране при снижена бариера, не са подходящи за използване в българското университетско образование. В първия случай, извън университета остават голям брой неприети кандидат-студенти, каквато беше например обсъдената по-горе учебна година, докато във втория случай, много свободни места остават в самите университети, както се случи през 2017 учебна година.

В сатиричен план, направените по-горе изводи могат да се представят и така: преди 60 години държавата се е надсмивала над младежите, желаещи да получат висше образование, като ги е ограничавала по всевъзможни начини, а сега младежите се надсмиват над държавата в нейната невъзможност да задоволи техните интереси и стремежи към най-съвременно и разнообразно университетско образование.

Една следваща възможност за перспективна промяна на така описаните двустранни взаимоотношения „инвестиращ – инвестиран“, може да бъде провеждането у нас на всеобхватна дискусия по съвременните проблеми на приема, обучението и дипломирането на студенти в глобални мащаби.

INVESTMENTS IN ADMISSION, TRAINING AND GRADUATION OF UNIVERSITY STUDENTS IN A PRESTIGIOUS PHYSICS SUBJECT IN OUR COUNTRY AS RETROSPECTION AND AS PERSPECTIVE

Nickolay B. Velchev

A comparison is made between two systems of university admission training and graduation of students in a prestigious subject. Two systems were applied in exactly 60 years of time span, with different financial and moral investment.

НАГРАДИ ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ В НАУКАТА „ОСКАРИТЕ НА НАУКАТА“

На 3 декември 2017 г. бяха обявени лауреатите на наградите за 2018 г. за върхови постижения (*Breakthrough Prize*) в научните области фундаментална физика, науките за живота и математика. Наградите бяха дадени за 6-ти пореден път.



Юрий Милнер

(*Anne Wojcicki*), съосновател на фирмата за генетично тестване *23andMe*, главният изпълнителен директор на *Facebook* Марк Зукърбърг (*Mark Zuckerberg*) и съпругата му Присила Чан (*Priscilla Chan*), китайският уеб предприемач Джек Ма (*Jack Ma*) и съпругата му Кати Джан (*Cathy Zhang*).

Самият основател Ю. Милнер нарича наградите „Оскар за наука“ (*The Oscars of Science*). Той казва: „Моята мотивация е да превърна учените в герои. Науката се оценява сега твърде ниско. Изследователите правят невероятни открития, а не получават достатъчно признание в обществото“.

Лауреатите са учени, за които се смята, че са направили съществени проби в науката, които придвижват напред основните ни познания за света. „Наградите за върхови постижения бяха създадени, за да отличат постиженията на учените, физиците и математиците, чийто гений ни помага да разберем нашия свят и чиито постижения формират нашето бъдеще“ казва съоснователят на наградите Марк Зукърбърг. „Светът се нуждае от тяхното вдъхновение и напомнянето, че ние правим непрекъснат напредък към изграждането на едно по-добро бъдеще за всички нас, но това не винаги се забелязва“. Победителите се избират от комисии, състоящи се от предишни лауреати, измежду кандидати, номинирани в онлайн процедура, отворена за обществеността. Всяка награда е съпроводена със значителна парична сума – 3 млн. \$ – почти три пъти повече, отколкото е Нобеловата награда. С това тя е най-голямата награда за наука в света. Победителят може да я използва, както смята за подходящо.

Наградите са учредени през 2012 г. от руския бизнесмен, предприемач, милионер и физик по образование (завършил е теоретична физика в Московския университет) Юрий Милнер и съпругата му Юлия. Към тях се присъединяват като спонсори още съоснователят на *Google* Сергей Брин (*Sergey Brin*) и съпругата му Ан Войчики

Наградите се връчват ежегодно на гала церемония, подобна на церемонията за връчване на филмовите награди „Оскар“. Последните четири церемонии се състояха в грандиозната зала *Hangar One* (*Mountain View*, Калифорния) – някогашен самолетен хангар на NASA. Годишните тържества включват и симпозиуми в трите признати области. Програмата се излъчва на живо в мрежата. Церемонията е предназначена не само да отпразнува постиженията на победителите, но и да вдъхнови следващите поколения учени. Като част от церемонията лауреатите участват в програма, включваща лекции и дискусии. Ако продължават да правят нови открития, могат да участват за бъдещи награди.



Скулптура на наградата

Наградата, която се връчва, представлява скулптура, изразяваща, съгласно автора ѝ Олафур Елиасон (*Olafur Eliasson*), връзката между изкуството и науката. Тя има форма на тороид, напомняйки природни форми, от черни дупки и галактики до морски миди и спиралата на ДНК.

Наградите бяха критикувани от някои представители на научната сфера, че служат за подхранване на егото на учредителите и победителите, без да се обръща внимание на по-голямата необходимост от по-добро финансиране на научните изследвания. Но Милнър и колегите му твърдят, че водещите учени трябва да бъдат почитани точно като най-големите звезди във филмите и телевизията, музиката и спорта. В една от речите се казва: „*Преди около 50 години най-известният човек в света е учен. Не е рок звезда, не е филмова звезда. Албърт Айнщайн беше неговото име*“. Учените заслужават признание дори и част от блясъка на шоубизнеса.

За 2018 г. наградата за върхови постижения във фундаменталната физика получават Чарлз Л. Бенет от Университета Джон Хопкинс (*Charles L. Bennett, Johns Hopkins University*), Гари Хиншоу от Университета на Британска Колумбия (*Gary Hinshaw, University of British Columbia*), Норман Ярошик от Университета в Принстън (*Norman Jarosik, Princeton University*), Лиман Джон мл. от Университета в Принстън (*Lyman Page Jr., Princeton University*) и Дейвид Н. Спегел от Университета в Принстън (*David N. Spergel, Princeton University*).



Гари Хиншоу

Първоначално Ю. Милнер основава наградата за фундаментална физика. Постиженията на фундаменталната физика преобърнаха нашите представи за света около нас. През миналия век Общата теория на относителността промени нашата представа за пространството и времето, а квантовата механика замени господството на връзката причина-следствие с танца на вероятностите. Наскоро учените откриха, че тъмната материя и тъмната енергия представляват по-голямата част от съдържанието на Вселената. Този век вероятно ще доведе до още повече изненади. От дължината на Планк до космически мащаб физиците отварят вратите към дълбоката структура на реалността.

Наградата за върхови постижения признава успехите на учените, които са дали съществен принос за човешкото познание. Тя е отворена за всички физици, които се занимават с теоретична, математична или експериментална физика, и които работят върху най-великите тайни на Вселената.

Освен наградата за фундаментална физика се присъждат и още две награди.

Наградата „Нови хоризонти на физиката“ се присъжда на обещаващи изследователи в началото на кариерата си, които вече са имали важен принос във фундаменталната физика. За 2018 г. тази награда се присъжда на Кристофър Хирата от Университета Охайо (*Christopher Hirata, Ohio State University*), Андреа Ъънг от Университета на Калифорния, Санта Барбара (*Andrea Young, University of California, Santa Barbara*) и Дъглас Станфорд от Института за авангардни изследвания и Университета Станфорд (*Douglas Stanford, Institute for Advanced Study and Stanford University*).

Провежда се и младежко състезание, което представлява световен видео конкурс, предназначен да вдъхнови творческо мислене за основните понятия в науките за живота, физиката и математиката. Наградата включва стипендия за победителя, награда на учителя, подпомагал и вдъхновявал участника, и награда за подкрепа на училището.

Литература

<https://breakthroughprize.org/>



ЗА ЖЕНИТЕ В НАУКАТА
В ПАРТНЬОРСТВО С

L'ORÉAL
BULGARIA



Национална комисия
за ЮНЕСКО – България



НАГРАДА НА НА *L'ORÉAL* И ЮНЕСКО

Физичката д-р Наталия Берберова-Бухова беше
отличена по програмата
„За жените в науката“ на *L'Oréal* и ЮНЕСКО

Пенка Лазарова

На официална церемония, която се състоя в Софийския университет „Св. Климент Охридски“ на 10 ноември 2017 г. – Световен ден на науката за мир и развитие, бяха отличени носителките на **Националната стипендия „За жените в науката“** на *L'Oréal* и ЮНЕСКО за България. Престижното отличие им бе присъдено за техните научни проекти с глобално значение.

Стипендиите „За жените в науката“ се отпускат всяка година от *L'Oréal* и ЮНЕСКО на млади жени учени и имат за цел да подкрепят тяхната научно-изследователска кариера. Националните стипендии „За жените в науката“ на *L'Oréal* – ЮНЕСКО се отпускат за проекти, които се реализират в една отделна страна. Те вече съществуват в повече от 50 страни. Програмата „За жените в науката“ се е превърнала в една глобална инициатива, която вече е подкрепила над 2700 жени от 115 държави.

Националната програма за стипендии е част от световната програма на *L'Oréal* – ЮНЕСКО „За жените в науката“, създадена за да разпознава и подкрепя жените, чиито постижения са допринесли за развитието на научното познание, както и за да осигури подкрепа на обещаващи млади жени учени с достойни проекти. Програмата се провежда за 7-и пореден път в България в партньорство между *L'Oréal* България, Софийския университет „Св. Климент Охридски“ и Националната комисия за ЮНЕСКО – България. Трите победителки за 2017 г. бяха отличени за своите иновативни проекти с награда от по 5000 евро. Сред тях е и физичката д-р **Наталия Берберова-Бухова**.

Д-Р НАТАЛИЯ БЕРБЕРОВА-БУХОВА е главен асистент в Института по оптически материали и технологии „Акад. Йордан Малиновски“ (ИОМТ), БАН. Има бакалавърска степен по инженерна физика и две магистърски степени – по квантова електроника и лазерна физика, и безжични мрежи и устройства. От 2012 г. е зачислена в редовна докторантура към ИОМТ – БАН, където през юли 2016 г. защитава дисертацията си. Автор е на повече от 20 статии в международни списания. Участвала е в редица национални и международни конференции. Била е на 3 специализации във високотехнологични

университети в Южна Корея, Финландия и Тайван. Активен участник е и в национални проекти, като през 2016 г. е била ръководител на проект за млади учени към Фонд „Научни изследвания“. Научните ѝ интереси са насочени към изследване на фундаментални процеси при поляризационен холографски запис в нанокomпозитни материали на основата на азополимери.



Д-р Наталия Берберова-Бухова бе отличена за проекта си „Поляризационен холографски запис в азополимерни нанокomпозити“, който е фокусиран върху изобретяването на нова среда за запамятаване на информация, която ще е с много по-голям капацитет от наличните на пазара в момента. В основата на проекта е използването на наночастици. Новият информационен носител, в чието разработване тя участва, е с голяма перспектива и позволява многократен запис и изтриване на информация. Предполага се, че това ще са материалите, които ще се използват за следващото поколение среди за оптичен запис на информация. Тези среди и хибридни материали са биоразградими и отговарят на съвременните тенденции за опазване на околната среда. Проектът ѝ ще бъде реализиран в ИОМТ – БАН.

Почетен гост на събитието бе г-жа Илияна Йотова, вицепрезидент на България, която обърна внимание на „стъкления таван“ над жените учени, който съществува и в България, и подчерта колко трудно е да си жена и да се бориш в науката. Тя призова жените учени да се борят за своето право да правят наука и отбеляза, че трудът им трябва да се уважава. Г-жа Ирина Боква, генерален директор на ЮНЕСКО, изпрати поздравителен адрес, в който заяви: „Светът има нужда от наука, за да прогресира, а през годините българите са се доказали като едни от най-светлите умове на научната сцена“. „Изминаха 7 години, откакто стартирахме програмата в България, и почти 20 години от създаването ѝ в световен план. През тези 20 години L'Oreal и ЮНЕСКО успяха да развият уникална по своите размери, ценности и въздействие инициатива, която вдъхнови появата на ново поколение жени учени“, каза г-жа Бриджит Стрелър, генерален мениджър на L'Oréal България,

по време на церемонията за награждаването на тазгодишните стипендианти.

Събитието бе уважено от редица официални лица и висши представители на научната общност. Повече информация за програмата „За жените в науката“ можете да намерите в интернет на адрес: <http://zajenitevnaukata.bg/>.



**Международен ден на жените
и момичетата в науката
11 февруари**

На 15 декември 1915 г. Общото събрание на обединените нации прие резолюция, с която обяви 11 февруари за Международен ден на жените и момичетата в науката. Обединените нации приканват всички държави-членки, включително академичните среди, учените и обществото като цяло, да съблюдават Международния ден на жените и момичетата в науката за насърчаване на пълноценното и равнопоставено участие на жените и момичетата в образованието, обучението, заетостта и процеса на вземане на решения в науката.

ПЪРВОТО SMS СЪОБЩЕНИЕ В СВЕТА: КАКЪВ Е ТЕКСТЪТ И КОЙ ГО Е ИЗПРАТИЛ

SMS съобщението навърши 25 години. Сега възприемаме *SMS* като съществително име и отдавна сме забравили, че съкращението идва от *Short Message Service* (Услуга за кратки съобщения).

Първото съобщение е изпратено от Нийл Папуърт (*Neil Papworth*). През 1992 г. той работи като конструктор и тестов инженер в *Sema Group Telecoms* в екип, който разработва Център за обслужване на кратки съобщения (*Short Message Service Centre – SMSC*) за своя клиент, *Vodafone UK* в Нюбъри, Бъркшир (*Newbury, Berkshire*).

Като част от този проект, на 3 декември 1992 г. 22-годишият тогава Нийл Папуърт изпраща първото текстово съобщение в света. Съобщението гласи „**Весела Коледа**“ и е изпратено до Ричард Джарвис (*Richard Jarvis*), директор на *Vodafone*, който се намира на коледно парти в офиса си.

Никой тогава, както и самият Папуърт, не предполага, че е поставено началото на ново комуникационно средство, което ще промени общуването и дори социалните норми.

Съобщението е изпратено от компютър, тъй като преди 25 години мобилните телефони могат само да получават съобщения и на *SMS* не може да се отговаря. Това означава, че услугата всъщност работи като пейджър. Джарвис получава съобщението на първия *GSM* мобилен телефон *Orbitel 901*.

Интересно е, че според Нийл, фирмата по онова време не е много впечатлена от резултата и никой не може да си представи каква популярност ще добият *SMS*.

В същото време Нийл отбелязва, че *SMS* съобщенията не са негова идея или изобретение: „Имах късмет, че пръв го изпратих“, казва той.

Минават още няколко години, преди мобилните телефони да се усъвършенстват до ниво да изпращат лесно текст и още съвсем кратко време преди тийнейджърите да ги открият.

Останалото, както се казва, е история.

Системата за изпращане на *SMS* съобщения се развива бързо и популярността ѝ расте от края на 90-те години на миналия век, когато мобилните телефони станаха по-разпространени и вече можеха да изпращат и получават



Orbitel 901

SMS. Броят изпратени съобщения достига върха си през 2011 г., но през 2012 г. започва спад, тъй като потребителите започнаха да предпочитат безплатните алтернативи като *Skype*, *WhatsApp* и др.

Въпросът сега е, какво бъдеще очаква *SMS*. Комбинацията от смартфони и почти повсеместния мобилен достъп до интернет доведе до експлозия на услуги за съобщения и социални мрежи, които предлагат много повече. Все пак *SMS* вероятно ще остане още дълго време, тъй като това е най-практичен избор за всеки, който не може да разполага със смартфон или не живее в район с надеждни и достъпни мобилни данни.

Нийл Папуърт става известен по време на 10-тата и 20-тата годишнина на първото текстово съобщение. „Весела Коледа“ може и да не е най-оригиналното поздравление в света, казва днес Нийл Папуърт, но тогава намира за подходящо това да е първото текстово съобщение, изпратено на мобилен телефон, много по-подходящо от първите думи, произнесени от изобретателя на телефона Александър Бел (*Alexander Bell*) през 1876 г. до неговия асистент Томас Уотсън (*Thomas Watson*) „Г-н Уотсън, елате тук – искам да ви видя“.

Сега Нийл Папуърт живее в Канада, работейки в *IT* компанията *Amazon*.

АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

Абонамент за 1 година (4 книжки) – 16 лв., за пенсионери и студенти – 8 лв.
Ако желаете да се абонирате – пишете на worldofphysics@abv.bg

Броеве от списанието можете да намерите на следните места:

София

- Книжарница на БАН: София 1000, ул. „15 ноември“ 1, тел. (02) 987 97 86
- Книжарницата на Математически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“:

София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5

- Книжарница „Нисим“, бул. „В. Левски“ 59
- Съюз на физиците в България, Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“: София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5, тел. +359 2 62 76 60, e-mail: upb@phys.uni-sofia.bg

Варна

- Народна астрономическа обсерватория и планетариум „Николай Коперник“, Приморски парк 4
-

НОВА ГЕНЕРАЦИЯ КОМПЮТЪРНИ МРЕЖИ

Пламена Колева

Ключови думи: информация, данни, мрежови комуникации, тактилни рецептори, тактилен интернет, биометрия, латентност

Увод

Рядко си задаваме въпроса „Какво е информация?“. Различни източници поясняват, че това е начин, по който се осведомяваме за даден проблем или тема. Изхождайки оттам си даваме сметка, че информацията е едно понятие, което съдържа в себе си налично и използваемо знание от различни области. Уикипедия ни обяснява нейното съществуване „като обективно свойство на материята, което произтича от нейните фундаментални свойства – структурност, непрекъснато изменение (движение) и взаимодействие между материалните обекти“. Информацията можем да класифицираме както по начин на получаване, така и по вид на възприятие, форма и предназначение. Според вида си тя се класифицира на слухова, зрителна, тактилна, обонятелна и вкусова.

Тактилният вид пренос на информация си служи с т.нар. тактилни рецептори. Тактилните усещания са начин на предаване на различните съприкосновения на кожата с околността. Когато се упражнява натиск върху кожата с някакъв предмет, мигновено тези рецептори предават информация до мозъка. Тази информация може да съдържа в себе си пояснения за дадения предмет като големина, температура, място на взаимодействие с него и други характеристики, които го описват.

Този вид пренос на информация е взет като пример в сферата на мобилните комуникации и е приложен с цел по-бързия ѝ пренос до главното звено.

История

В исторически план различните поколения мобилни устройства са се развили доста бързо. Нека погледнем назад, когато са съществували мобилните телефони от първо поколение (*1G – First Generation*). Представлявали са аналогова клетъчна връзка. Не са имали много възможности. Били са с лошо качество на звук и минимален живот на батерията. Огромните размери на устройствата също не са били удобни. Не са притежавали никаква защита и са били с ограничен обхват.

Тъй като това не било достатъчно за нуждите на безжичната комуникация, през 1992 г. се създават нови мобилни телефони от второ поколение (*2G – Second Generation*). Били са създадени на основата на *GSM (Global System for Mobile Communication)*. Това представлява глобален цифров стан-

дарт за мобилни комуникации, който работи чрез разделяне на каналите. За времето си тези телефони са били с висока степен на сигурност. Както вече стана ясно, са били използвани цифрови сигнали. Скоростта на данните е достигала 64 kbps (килобита в секунда). За първи път се активират и услугите за *SMS (Short Message Service* – услуга за кратки съобщения) и *MMS (Multimedia Messaging Service* – стандарт за изпращане на съобщения, които имат мултимедийно съдържание като картинка). Покритието на тези комуникации било по-голямо в сравнение с тези от първо поколение.

Въпреки това развитието на мрежите не приключва до тук. През 2001 г. навлиза третото поколение (*3G – Third Generation*), при това с много голяма сила. Скоростта за пренос на данните рязко скача до 2 Mbps (мегабайта в секунда). Вече не било проблем изпращането на големи съобщения, както и комуникацията по мейл. Хората имат вече възможност да се „ровят“ в интернет пространството на своите малки екрани благодарение на високоскоростен уеб браузър (*Web browser*). Но може би най-иновативното е възможността да се гледа телевизия през личния телефон. Качеството на видеото не е много добро, тъй като подобна възможност изисква много по-бърз пренос на данните.

През 2011 г. навлизат безжичните комуникации от четвърто поколение (*4G – Fourth Generation*). Тук сигурността в комуникациите достига много висока степен. Освен това има обмен на данните с много по-висока скорост в сравнение с третото поколение – от 2 Mbps до 1 Gbps (гигабайта в секунда). В *4G* се използват нови технологии за комуникация. Осъществява се и възможността за пренос на глас през интернет чрез мрежовия протокол *VoIP (Voice over Internet Protocol)*, технология, позволяваща пренасянето на глас по интернет мрежа.



Фигура 1. Генерация комуникационни мрежи

Развитието на технологиите продължава. Големината на данните, които се обменят в интернет пространството, нараства драстично заедно с нараст-

ването на потребителите. Създават се нови „умни“ устройства, които да осъществяват по-бърза връзка на комуникация. Съответно и времето за този обмен трябва да бъде и по-малко. Затова в близко бъдеще очакваме и навлизането на петото поколение (*5G – Fifth Generation*) мобилни комуникации, които да могат да предоставят и по-висока защита и надеждност при преноса на данните. *5G* ще бъде интернет, който ще има пълните функционалности на тактилен интернет, за целта на който ще бъдат изградени допълнителни устройства, които да подпомагат цялата му работа.

Комуникационните мрежи в днешно време намират приложение все повече в различни области на ежедневието като образование, здравеопазване, изследователски дейности и много други. Мобилната индустрия очаква нова революция. Светът става все по-свързан, поради което имаме нужда от по-бърза връзка за пренос на по-голям обем от информация.

Тактилен интернет

След като в началото на статията се разясниха различните видове за пренос на данни, можем да разгледаме по-детайлно тактилният трансфер на информация от гледна точка на мобилните комуникации.

Тактилният интернет има за цел да подобри начина на свързване в отделните мрежи и да доведе до по-реалистично социално взаимодействие в различните среди. Текущата безжична локална мрежа (*WLAN*) и клетъчните системи не дават нищо близко до постигането на т.нар. *end-to-end* (от начална до крайна точка) латентност от 1 ms, което е от решаващо значение за тактилният интернет.

Приложенията на тактилният интернет са най-различни. Очаква се той да навлезе с голяма сила в индустрията и по-специално в автоматизацията, безпилотното шофиране, роботиката, здравеопазването и виртуалната реалност.

Като пример здравеопазването е една от областите, които биха могли да бъдат драстично променени от появата на нови комуникационни технологии. С използване на усъвършенствани теледиагностични инструменти, медицински преглед може да бъде направен навсякъде и по всяко време, независимо от физическото местоположение на лекаря.

Разбира се, този вид пренос на комуникация си има своите изисквания, които са от ключово значение, за да може той да функционира правилно. Основна роля играят латентността и скоростта за пренос на информация. Изисква се време за реакция от около 100 ms, 10 ms и 1 ms за слухово и визуално възприемане. Благодарение на това време за реакция, всички човешки сетива биха могли да си взаимодействат с машини. Следователно хората биха могли не само да виждат и чуват неща от разстояние, но и да ги докосват и усещат. Предаване точно на еквивалента на човешкото докосване по мрежа от данни е целта, с която се реализира тактилният интернет.

Класически пример беше показан по медиите в началото на тази година. Учени успяха да „изпратят“ лимонада по интернет. Екипът на д-р Нимеша Ранасинге от Университета в Сингапур откри начин за споделяне на тази напитка по безжичната мрежа. Това станало възможно чрез стимулиране на дигитални технологии, с което се уловил реалният вкус на напитката. Създадена била система, която притежава сензори, които събират данни за цвят и вкус. Тези данни се препращат към съд, пълен с вода, а електронните импулси предават киселия вкус на лимонадата. За тази цел е необходимо човекът от другата страна да има същото устройство, за да превърне обикновената вода във виртуална лимонада. Идеята на тази иновация е да предава възприятия на отдалечено разстояние.

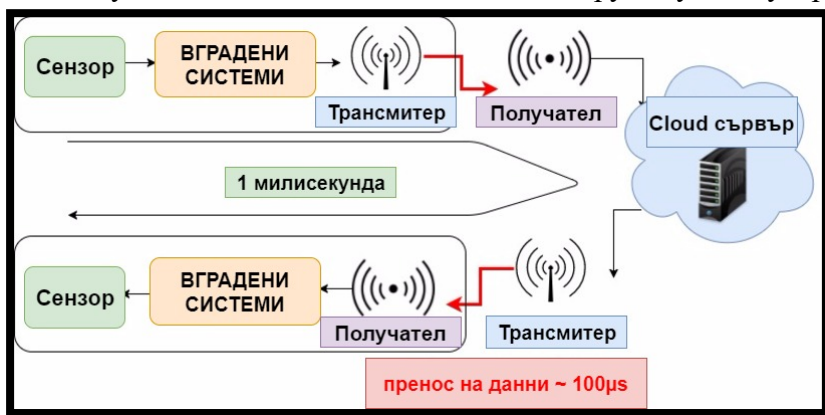
Изисквания

От важно значение са и изискванията за осъществяването на подобен вид комуникация.

Важни качества на комуникацията:

- Свръхчувствителност

Тактилният интернет изисква свръхчувствителна връзка от началната до крайната си точка за около 1 ms – латентност (*end-to-end*). Тя представлява закъснение при изпращане и получаване на информация в техническите системи. Включва времето, необходимо за предаването на информацията от датчик (или човек в случай на сензорно взаимодействие) през комуникационна инфраструктура към контролирания сървър. Обработката на информация се препредава чрез тази инфраструктура и се връща обратно към задвижващия механизъм. В случая това може да бъде човек или друго „умно“ устройство.



Фигура 2. Пример за латентност в тактилните интернет системи

- Висока надеждност

Феноменален е и успехът на клетъчните мрежи, който се осигурява от повсеместно и надеждно широкообхватно покритие за гласови и текстови съ-

общения. Благодарение на 4G мрежата в днешно време се отвори възможността за пренос на видео- и аудиоданни на високонадеждно ниво, осигурявайки ефективност със скорост до 50 Mb/s.

Но през последните 10 години технологията и пазарните сили започнаха да се препълват с мобилни интернет приложения, които са съставени от голям обем данни, съответно изискванията за скорост на комуникация рязко се покачиха. Следователно клетъчните мрежи трябва да могат да достигат скорост от около 10 Gb/s. Поради тази причина пред бъдещите технологии в сферата на комуникационните мрежи стои голямо предизвикателство и то е надеждността за преноса на данни. Тя се съотнася към вероятността да се гарантира необходимата функционалност и производителност при определени условия за даден интервал от време. Специфичните изисквания се различават според видовете услуги и приложения.

- Сигурност и персонализация

Налагат се строги изисквания и ограничения на латентността, с цел повишаване сигурността във вградените системи на физическо ниво. Оптимизацията играе ключова роля от гледна точка на високата ефективност, подпомагайки ниската изчислителност. Трябва да бъдат изработени нови кодиращи техники за тактилни приложения, които да позволяват само на легитимните приемници да обработват изпратената им информация. Абсолютна сигурност не може напълно да се постигне. Това означава нелегитимен получател да не може да декодира напълно данните при безкрайно дълга изчислителна мощност. Това, разбира се, възбужда интереса особено при масови приложения за свързаност. Идентификацията на легитимни приемници се осъществява на хардуерно ниво. Използват се методи като биометрични пръстови отпечатъци, разпознаване на формата на лицето, геометрията на дланта и разпознаване на ириса.

Хардуерно решение за ниска латентност

The HAEC box (HAEC: Highly Adaptive Energy-Efficient Computing)

Тактилният интернет съдържа в същността си сензорното управление на отдалечено разстояние. Както вече стана ясно, той има за цел да намали латентността при преноса на голям обем от информация.

В Интернационалния център за изчислителна логика към Техническия университет в Дрезден (ICCL) се разработва физическо устройство, което да бъде едновременно енергийно ефективно и лесно приспособимо към бърза логическа изчислителност. Начинът, по който се използва в днешно време интернет, има огромно екологично влияние върху повишаващото се енергийно потребление от модерното общество. Известен е и фактът, че за използването на високопроизводителна техника като многопроцесорни компютри и мощни сървъри се прилага огромно количество електрическа енергия. Целта

на това нововъведение е да се даде възможност за по-висока енергийна ефективност в днешните изчислителни системи, без да се прави компромис с високата им производителност. Най-лесният начин за подобряване на енергийната ефективност е като се намали потреблението на енергия на всеки един отделен хардуерен компонент. За много от тях обаче вече е постигната оптималната точка на нисък енергоразход.

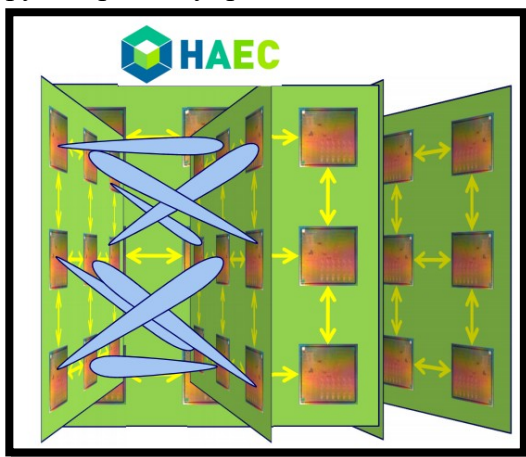
Създаденият прототип позволява два вида вътрешна комуникация между устройствата:

- Оптична връзка

Използват се настройващи аналогови/цифрови схеми за приемо-предавател, вграден полимерен вълновод, 3D стек-технология на Si/III-V хибриден лазер с 90 градусово свързване.

- Радиочестотна връзка

Използват се антенни решетки върху 3D стека за управление на лъча чрез аналогов/цифров сигнал, с което се минимизира интерференцията при сигналите. Предаването се осъществява при 25 GHz честота на канал. Освен това има и 3D маршрутизиране и управление на потока на информацията.



Фигура 3. The HAEC box

Заклучение

Различните представи за интернет ще бъдат потиснати от появата на тактилният интернет. Той ще бъде в състояние да осъществи контрол на обекти в реално време и физически сензорни преживявания при отдалечен достъп. Вече се говори за следващо поколение безжични мрежови комуникации. Настъпването на 5G ще се случи в най-скоро време и ще започне да навлиза стремглаво в сферата на модерните технологии, използвайки функционалностите и възможностите на тактилният интернет.

Работата върху създаването и разработването на решения не само на хардуерно, но и на софтуерно ниво с цел оптимизация на комуникационните

мрежи, продължава. С разрастването на технологиите и въвеждането на нови модификации се прави все по-голям скок в сферата на мобилните предизвикателства. Изследванията в света на физиката допринасят много за създаването на подобни хардуерни решения. Очаква се в бъдеще да навлезем в една нова ера на комуникации, която напълно да промени сегашния облик и да ни хвърли в едно ново измерение, което да допринесе за по-голямата производителност.

Литература

1. www.wikipedia.com
2. 5G-Enabled Tactile Internet Gerhard Fettweis, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. **34**, No. 3, march 2016
3. <http://www.cross.bg/limonada-tzveta-internet-1539430.html#.WgS3i0g2fIU>
4. <https://iccl.inf.tu-dresden.de/web/HAEC/en> - The HAEC box

NEW GENERATION OF COMPUTER NETWORKS

Plamena Koleva

This article aims to familiarize readers with the future of computer networks and their hardware components. It is necessary to rethink the ways of transmitting information because of the rapid development of technology and putting it into practice in everyday life. The volume of data grows with high speed along with the users, which leads to a limitation of the current usable memory. As an important resource, data must be not only quickly transported but also well protected from illegitimate users.

^{213}Bi – ПРИЛОЖЕНИЕ В БОРБАТА С РАКОВИТЕ ЗАБОЛЯВАНИЯ И *HIV*

Лора Ангелова, Емилия Григорова

Резюме

Нов радиофармацевтичен препарат, който има не само диагностично и обезболяващо, но и терапевтично действие при борбата с така наречените гастро-ентеро-панкреато-невро-ендокринни тумори, бе представен на симпозиум, организиран от Европейската комисия, състоял се в Карлсруе, Германия. За да убият тумора, химиците, „пришиват“ към антитела специални молекули, които могат да се свържат с раковите клетки. За целта се използват радиоактивните атоми на ^{213}Bi , които при разпада си излъчват алфа-частици.

Прицелната алфа-терапия има потенциал да се развие и в успешен метод за борба с *HIV* вируса. Това приложение на радиоактивния изотоп дава надежда за нормален живот на страдащите от неврологичните усложнения на *HIV*, каквито са близо 50% от заразените. Според последните лабораторни изследвания, специфични човешки антитела, белязани с алфа-емитер ^{213}Bi , могат селективно да атакуват инфектираните с вируса на *HIV* клетки.

Ключови думи: радиоимунотерапия, алфа-емитер, ^{213}Bi , рак, *HIV*

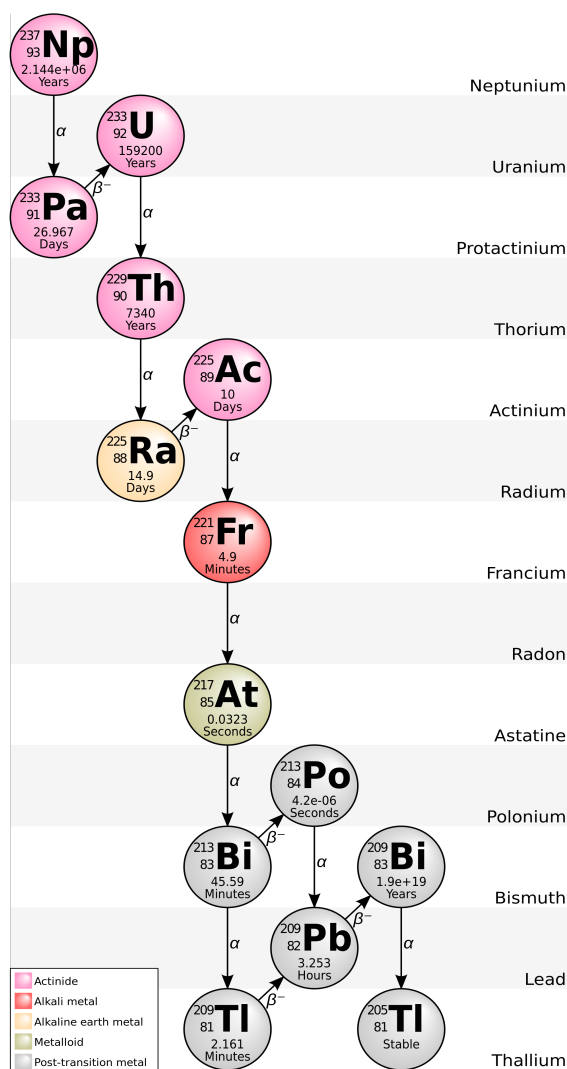
Въведение

По данни на Програмата на ООН за борба със СПИН, през 2016 г. заразените с *HIV* (*Human Immunodeficiency Virus*) в световен мащаб са били около 36,7 милиона. Едновременно с това все по-често срещани са раковите заболявания, засягащи хора от различни възрастови групи. Разработен е нов терапевтичен препарат, чиято основна съставка е радиоактивният изотоп ^{213}Bi , който успешно се бори с раковите заболявания и *HIV* [1].

Характеристики на ^{213}Bi

Бисмутът е химичен елемент със сребристобял цвят, той е крехък метал с розов оттенък.

Бисмутът има само един стабилен изотоп – ^{209}Bi . Изотопите представляват разновидност на даден химичен елемент с еднакъв брой протони, но различен брой неутрони и съответно различни масови числа. Една от разновидностите на бисмута, която се използва в медицината, е ^{213}Bi , който е с период на полуразпад от 45,6 мин. Разпадането на ядрото на радиоактивен елемент не зависи от външни фактори и е случаен процес, а времето, за което се разпадат половината от всички атоми на елемента, се нарича период на полуразпад. Този период е различен за различните елементи и е от порядъка на ня-



Фигура 1. Схема на получаване на ^{213}Bi
https://en.wikipedia.org/wiki/Decay_chain

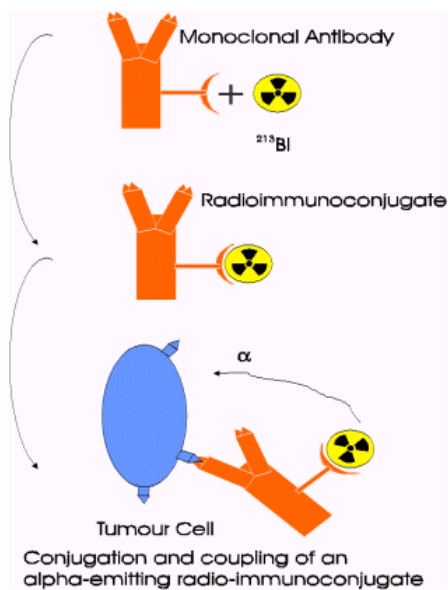
колко милисекунди до милиарди години. ^{213}Bi се получава от радионуклида ^{225}Ac , който се изолира от ^{229}Th и неговия дъщерен изотоп ^{225}Ra .

Веригата на превръщане на ^{213}Bi преминава през 3 последователни етапа – или един алфа и два бета-разпада, или бета, алфа и бета-разпад (Фигура 1). При алфа-разпада се отделя α -частица, при което поредният номер намалява с 2, а атомната маса с 4. Така ^{213}Bi се превръща в ^{209}Tl или ^{213}Po , които се разпадат до ^{209}Pb . Следва бета-разпад, в резултат на който се получава изотопът ^{209}Bi , който се използва най-вече в състава на лекарства, помагачи при проблеми с храносмилателната система [2]. α -частиците се състоят от два протона и два неутрона и представляват ядра на хелий. Те нямат голяма проникваща способност и могат да бъдат спрени от лист хартия, но предизвикват интензивна йонизация по пътя на своето разпространение. ^{213}Bi намира приложение в съвременната медицина в лечението на различни онкологични болести и потенциално в лечението на *HIV*.

Принцип на действие на прицелната радиоимунотерапия с α -радионуклиди

Разработен е нов радиофармацевтичен препарат, който има не само диагностично и обезболяващо, но и терапевтично действие при борбата с така наречените гастро-ентеро-панкреато-невро-ендокринни тумори. За да се ликвидират те, към **моноклонални антитела** или пептидни молекули се пришиват специални молекули, които могат да се свържат с раковите клетки. Но нека първо обясним какво представляват моноклоналните антитела. Антителата, наричани и имуноглобулини (*Ig*), са серумни гликопротеини, които

се образуват след проникване на антиген в организма и могат специфично да се свързват с него. Антигените представляват вещества, които се възприемат от организма като чужди, и предизвикват имунен отговор. Плазматичните клетки, които са зрели В-лимфоцити, са специализирани в производството на антитела. Една плазматична клетка е отговорна за производството на едно антитяло, което се нарича моноклонално. Всяко моноклонално антитяло реагира специфично с точно определен антиген, който като мишена привлича антителата и лимфоцитите. Тези антитела се комбинират с други токсини, радиоизотопи и противоракови лекарства, като по този начин се избягва въздействието на тези токсини върху нормалните клетки. Както беше споменато, към тези моноклонални антитела се пришиват специални молекули, които могат да се свържат с туморните клетки. Тези специални молекули съдържат радиоактивните атоми на ^{213}Bi , който е α -радионуклид. (Фигура 2).



Фигура 2 Свързаният с моноклонално антитяло ^{213}Bi излъчва α -частици, унищожавачи туморните клетки.

Образуваните се α -частици са разпознаваеми като „тежки“ и по този начин разстоянието, което могат да изминават в човешкото тяло, не надвишава няколко клетъчни диаметъра. Тъй като времето за полуразпад на ^{213}Bi е ограничено (а именно 45 мин.), трябва да се осигури възможно най-бързото достигане до туморните клетки. Оптималната точност на метода се гарантира чрез интравенозно въвеждане на радиоактивния серум в областта на развитие на раковите клетки.

Предимствата на този вид специфична радиоимунотерапия са:

- (а) от 100 до 1000 пъти по-силен цитотоксичен ефект от β -частиците, поради по-голямата линейна йонизация при α -частиците;
- (б) по време на тестовите токсичните ефекти от действието на лекарството върху съседните тъкани и органи са значително редуцирани или дори отсъстващи;
- (в) α -частиците имат способността да активират механизма на апоптоза (програмирана клетъчна смърт). **α -емитерите** предизвикват накъсвания на двойно-спиралната верига на ДНК, които не могат да бъдат възстановени чрез механизмите на репарация в туморните клетки [3].

Подготовка за радиоимунотерапията

Първоначално се инжектират венозно антитела, несъдържащи радиоактивен материал, които, след като попаднат в кръвта, се свързват с В-лимфоцитните клетки и така ги предпазват от радиацията, която ще се използва в лечението.

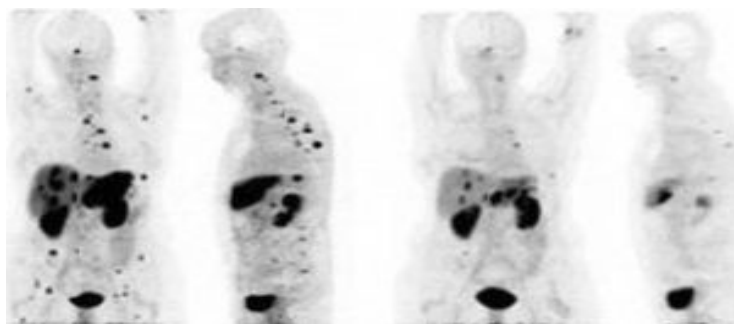
Определяне подхода на имунотерапията

Въвеждат се в организма изотопни индикатори. В период от една седмица се извършва образна диагностика, която има цел да определи позицията на изотопния индикатор и да се определи подхода за радиоимунотерапията.

Радиоимунотерапия

Самото лечение се състои в инжектирането на антителата, маркирани с радиоизотопа. Продължителността на лечението зависи от вида рак, кои органи и тъкани е засегнал, местоположението на метастазите (туморни разсейки), как се повлиява организмът на пациента от радиацията и много други. Така например при пациенти, страдащи от левкемия, минималната продължителност на терапията е 4 месеца – през първия месец на пациента се инжектира два пъти седмично серумът, съдържащ антитела, маркирани с ^{213}Bi , а през следващите 3 месеца – веднъж месечно.

Лечението изисква поддържането на много добра лична хигиена, тъй като в продължение на няколко дни след инжектирането на серума изпражненията на пациента съдържат ^{213}Bi , а малко количество от изотопа се съдържа и в кръвта, и в урината. По този начин радиоизотопът се извежда от организма на пациента. Изисква се и използването на презервативи при полов контакт, поради това че телесните течности могат да съдържат радиоактивност [4].



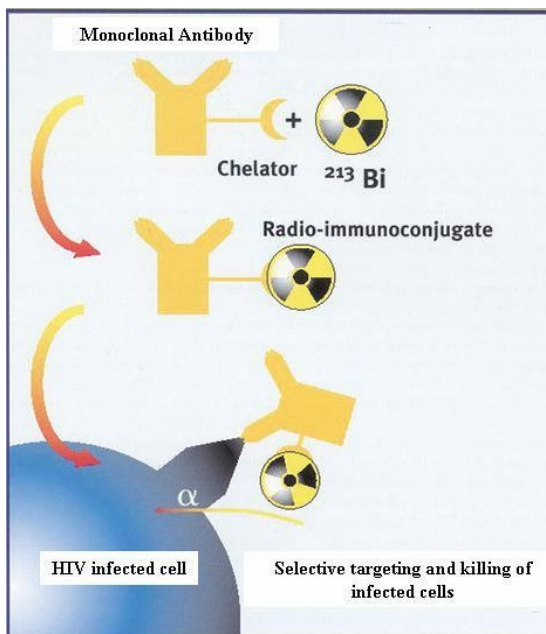
Фигура 3. Това изображение, направено от Обществото по нуклеарна медицина, показва как намалява разпространението на раковите образувания в човешко тяло. Изображението е получено в Института за трансуранови елементи в Карлсруе, които провеждат клинични изпитвания на новия метод за борба с рака с помощта на радиоактивния ^{213}Bi [5].

Най-сериозните странични ефекти от радиоимунотерапията са понижените кръвни показатели, което може да причини неутропения или анемия., както и да настъпи кървене или инфекция. Под неутропения се разбира намален брой на неутрофилите поради понижената им продукция, а анемията представлява заболяване, при което се наблюдава недостиг на червени кръвни телца и/или хемоглобин в кръвта. Поради тези рискове, преди всяко инжектиране на серума се правят кръвни изследвания. Увреждането на съседните тъкани и органи от α -радиацията е в много ниски стойности или дори отсъстващо.

^{213}Bi при борбата с *HIV*

Прицелната алфа-терапия има потенциал да се развие и в успешен метод за борба с *HIV* вируса (Фигура 4). Това приложение на радиоактивния изотоп дава надежда за нормален живот на страдащите от неврологичните усложнения на СПИН, каквито са близо 50% от заразените [6]. Предимствата на радиоимунотерапията са, че успява там, където традиционната комбинирана терапия често се проваля. Голяма част от антиретровирусните медикаменти, използвани при комбинирания метод, не успяват да проникнат през кръвно-мозъчната бариера. Освен това тези медикаменти само потискат репликацията на туморните клетки, без да ги унищожат [2, 6].

При експеримента с ^{213}Bi човешки антитела селективно поразяват инфектираните мозъчни неврони. Веществото преминава през кръвно-мозъчната стена и убива засегнатите нервни клетки, без да вреди на здравите. Независимо от предимствата на радиоимунотерапията, тя би била успешна само при комбинираното ѝ приложение с антиретровирусните медикаменти. Когато ретровирусът заразява клетката, той инжектира в нея освен РНК, също така и няколко молекули ензим, наречен обратна транскриптаза, който изгражда молекула ДНК от РНК. Предизвикателството на този метод е наличието на неактивирани вирусни частици, които засега не се разпознават и съответно не се унищожават, и които в бъдеще ще поразят нови здрави клетки.



Фигура 4. Селективното унищожаване на заразените с *HIV* клетки от моноклоналните антитела, свързани с ^{213}Bi

Заклучение

Радиоимунотерапията е метод, който се базира на радионуклиди, излъчващи α -частици, и предоставя нови възможности за лечение на рак и СПИН. За разлика от досега познатите лечения, терапията с радиоактивния изотоп ^{213}Bi има от 100 до 1000 пъти по-силен цитотоксичен ефект, дължащ се на α -частиците, и също така щадящо действие върху съседните тъкани и органи. Моноклоналните антитела, свързани с изотопа, преодоляват кръвно-мозъчната бариера, като така ликвидират всички инфектирани от *HIV* клетки и ракови клетки, и активира механизмите на клетъчна апоптоза. Въпреки че са необходими допълнителни изследвания и проучвания за утвърждаване на метода в медицинската практика, радиоимунотерапията с ^{213}Bi дава нова надежда за пълноценен живот на пациентите.

Използвани източници

1. <https://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=radio-immuno>
2. <https://ec.europa.eu/jrc/en/page/alpha-immunotherapy-%E2%80%93-new-option-treatment-hiv-infections-9347>
 “Alpha-immunotherapy – a new option for the treatment of HIV infections?”
 Dadachova E, Patel MC, Toussi S, Apostolidis C, Morgenstern A, Brechbiel MW, et al.
 Targeted killing of virally infected cells by radiolabeled antibodies to viral proteins. *PLOS Medicine* 2006, **3**(11):2094-10
3. <https://www.wikigenes.org/e/chem/e/6337093.html>
 “Chemical Compound Review: Bismuth-213 “
 Hoffmann, R. A wiki for the life sciences where authorship matters. *Nature Genetics* (2008)
4. <https://www.wikigenes.org/e/ref/e/12070029.html>
 “Pretargeting radioimmunotherapy of a murine model of adult T-cell leukemia with the alpha-emitting radionuclide, bismuth 213. “
 Zhang, M., Yao, Z., Garmestani, K., Axworthy, D.B., Zhang, Z., Mallett, R.W., Theodore, L.J., Goldman, C.K., Brechbiel, M.W., Carrasquillo, J.A., Waldmann, T.A.
Blood (2002) [Pubmed]
5. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ie990068r>
 “Development of a Unique Bismuth (Bi-213) Automated Generator for Use in Cancer Therapy”
 Lane A. Bray, Joel M. Tingey, Jaquetta R. DesChane, Oleg B. Egorov, and Thomas S. Tenforde, D. Scott Wilbur, Don K. Hamlin and P. M. Pathare
Ind. Eng. Chem. Res., 2000, **39** (9), pp 3189–3194
 DOI: 10.1021/ie990068r

6. http://gco.iarc.fr/today/online-analysis-dual-bars?mode=cancer&mode_population=continents&population=901&sex=0&cancer=29&type=0&statistic=0&prevalence=0&color_palette=default
“Estimated age-standardized rates (World) (incidence and mortality), both sexes, (top 10 cancer sites) in 2012”
Data source: GLOBOCAN 2012, Graph production: Global Cancer Observatory (<http://gco.iarc.fr/>), © International Agency for Research on Cancer 2018
7. <https://www.24chasa.bg/zdrave/article/5656065>
8. <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/targeted-alpha-therapys-potential-eliminate-hiv-infected-cells>
“Targeted alpha therapy's potential to eliminate HIV-infected cells” - European Commission
9. <http://cancer.bg/бисмут-213-нов-метод-за-борба-с-рака/>
10. https://www.eurekalert.org/pub_releases/1997-10/ECJR-NCRS-301097.php
“New Cancer Radiotherapy Shows Promise”
Public release: 30-OCT-1997 New Cancer Radiotherapy Shows Promise
European Commission Joint Research Centre

Благодарности

На ас. Б. Бечев от Медицински факултет към Медицински университет – София, за помощта му при създаването на проекта, представен на студентската постерна сесия „Откритията на Мария Кюри – нови хоризонти пред физиката, химията и медицината“ и за насоките относно оформлението на публикацията.

Настоящата статия е обобщен резултат от участието ни в сесията, която събуди интереса ни в областта на нуклеарната медицина и ни даде възможност да задълбочим познанията си относно различните методи за радиоактивно лечение.

По време на конференцията, от общо 20 доклада представянето ни беше класирано на второ място.

²¹³Bi – APPLICATION IN CANCER AND HIV TREATMENT

Lora Angelova, Emiliya Grigorova

According to the United Nations Organization's research, HIV continues to be a major global public health issue. In 2016 an estimated 36.7 million people were living with HIV. Meanwhile the number of people developing different types of carcinomas increases gradually. In the present report we describe the mechanism and applications of Radioimmunotherapy (RIT) with ²¹³Bi, as a potential treatment option which gives a new hope for HIV and cancer patients.

Targeted alpha therapy uses engineered monoclonal antibodies paired with radioactive materials called radiotracers. When injected into the patient's bloodstream, they bind to cancer cells and deliver a high dose of radiation directly to the tumor.

The main advantages are: (a) α -particles have high linear energy transfer and are thus 100 to 1000 times more cytotoxic than beta particles; (b) the damage of normal tissue around the target cell is greatly reduced or absent because the path lengths of typical α -particles are significantly shorter; (c) α -particles may kill cells via apoptotic mechanisms.

The potential radiopharmaceutical medication could be used not only for diagnostic and pain reducing purposes, but is also a combination of radiation and immunotherapy targeting non-Hodgkin B-cell lymphoma and other types of cancer like gastric carcinoma, pancreatic and neuroendocrine tumor.

Studies show that a specific human antibody labeled with the α -emitter ²¹³Bi can penetrate the blood brain barrier and selectively destroy HIV-infected cells while sparing non-infected healthy cells. These findings may open new options for the treatment of HIV associated neurocognitive disorders (50% of all cases).

The preclinical experiment of RIT with ²¹³Bi is one of the remarkable examples for the development of the modern nuclear medicine and could soon elevate the strategy for diagnosing and curing HIV and cancer on a completely new level.

Key words: radioimmunotherapy, α -particles, ²¹³Bi, cancer, HIV

Харесайте страницата на списанието във facebook

<https://www.facebook.com/world.of.physics.bg/>

ИНЖЕНЕРНА ФИЗИКА – МОДЕРНАТА СПЕЦИАЛНОСТ

В рамките на кандидатстудентската кампания 2018, Технически университет – София представя специалността „Инженерна физика“.

Създадена през 2012 г. към Катедра „Приложна физика“ на Факултет „Приложна математика и информатика“, специалността осигурява интердисциплинарно техническо образование, изградено от фундаментални физични знания – основа за развитие и реализиране на съвременните фотонни и електронни технологии, от една страна, както и практически умения от друга, свързани с приложения в микро/наноелектрониката, оптиката, компютърното моделиране и др.



Специалността създава високо ниво на ползване на компютърна техника и софтуерни продукти, необходими за построяване на модели и решения на задачи в инженерните приложения.

Комплексният подход при обучението осигурява на завършилите бакалаври по-голяма мобилност и адаптивност в пазарната среда.

Дипломираните се инженер-физици могат да се реализират успешно както в сферата на индустрията и услугите, така и да развият научна кариера.



Повече информация: <http://phys.tu-sofia.bg>

ЗА БАЩАТА НА ТЕОРИЯ НА ИНФОРМАЦИЯТА, НАЙ-НЕ-ИЗВЕСТНИЯТ ОТ ВЕЛИКИТЕ МАТЕМАТИЦИ – КЛОД ШАНЪН

Сашка Александрова



Кой е Клод Шанън? В инженерните и математическите кръгове той е почитана фигура. Работата му през 30-те и 40-те години на XX в. му спечелва титлата „баща на информационната ера“. На 21-годишна възраст той публикува най-важната дипломна работа на всички времена, обяснявайки как бинарните комутатори могат да направят логика. Тя поставя основата на всички бъдещи цифрови компютри.

Но това не е всичко. На 32-годишна възраст, през 1948 г., той публикува „Математическа теория на комуникациите“, която е наречена „Магна Харта на информационната епоха“. Формулира фундаментални понятия, идеи и математическите формулировки, които понастоящем формират основата на съвременните комуникационни технологии. Шанън въвежда понятието „бит“ за обективно измерване на информацията и показва как да се компресират и да се изпращат всякакви съобщения с перфектна точност.

За Шанън се знае малко като учен с неговите приноси към съвременната наука. Живял е и е работил през XX в. – време, за което е трудно да приемем, че липсват данни, но на широката публика остава непознат. Един поразителен факт: всички знаем, че най-различни биографични книги са написани по света например за живота и творчеството на Алберт Айнщайн. Има и впечатляваща библиотека от биографии за създателите на квантовата физика: Бор, Хайзенберг, Шрьодингер, Дирак и т.н. Но сякаш никой не забелязва, че за живота и невероятната креативност на Клод Шанън дълго време не се е появила такава книга. Като се има предвид широкия обseg на неговите научни постижения, инженерните му занимания, неговата изобретателност и създаването на различни механизми, в които прозира и ексцентричност, е още по-трудно разбираемо, че е толкова непознат. Едва през 2017 г., по повод 100 години от рождението му, излезе биографична книга за него.

По случай 75-ия юбилей на Клод Шанън излиза първото издание на сборник със събрани съчинения на великия математик и инженер, поставил началото на епохата на цифровите информационни технологии. Най-важният текст в този сборник, известният шедевър на учения, „Математическа тео-

рия на комуникациите по света“, публикуването на който през 1948 г. бележи раждането на съвсем нова научна област, наречена „теория на информацията“, започва със следната фраза:

„Основният проблем на комуникациите е да се възпроизведе в дадена точка съобщение, което е предназначено за предаване в друга точка ...“.

Нито през 1948 г., нито в началото на 90-те години, нито даже в днешно време, в науката така и няма пълно разбиране за това, колко дълбоки понятия и тайни за устройството на природата, материята и съзнанието засяга „Математическата теория на комуникациите“, както и много други от творбите му, появили се по-късно, и които и до днес се смятат за забавления на ексцентричен инженер учен.

Самият Шанън всъщност не смята, че се занимава с въпроси от голямо значение. Той многократно е говорил така:

„Винаги съм следвал интересите си, без да мисля за това, какво ще означават за мен, нито за тяхната стойност за света. Прекарах много време в напълно безполезни неща... Просто исках да разбера как са устройени тези неща“.

Най-интересното тук е, че почти всички „напълно безполезни неща“, чието устройство е изучавал с голямо любопитство Шанън, сега показват пряка и непосредствена връзка с решаването на най-трудните проблеми на най-новата теоретична физика...

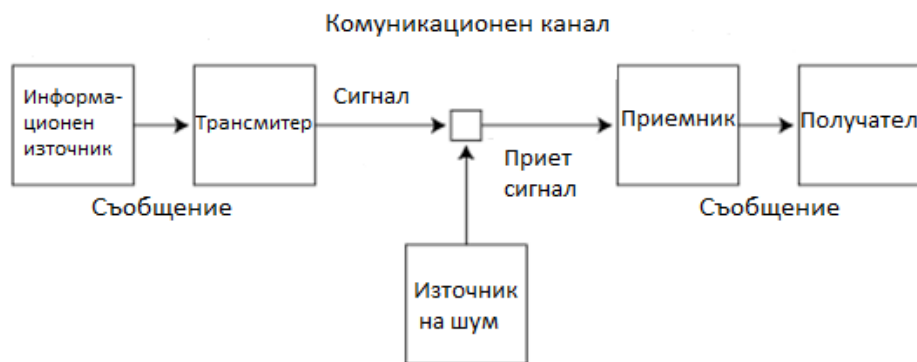
Като начало, следният факт. В исторически мащаб буквално току-що, през есента на 2015 г., в САЩ започна работа много мощна и представителна международна група учени *Simons Collaboration*, наречена „Всичко е кюбит (*It from qubit*)“. Тя включва едни от най-известните хора в науката, изследващи по същество различни области от фундаменталната теоретична физика и квантовите изчисления. Те се събраха в екип, за да решат заедно „задачата на задачите“ – обединяване на квантовата теория на микросвета и теорията за гравитацията на макрокосмоса в единна съгласувана картина. Освен това, определено е планирано това да се направи на основа на теорията за квантовата информация.

Трябва веднага да се подчертае, че подобни идеи и днес звучат все още твърде необичайно не само за хората, които са далеч от науката, но и за много учени, които са професионално ангажирани с изучаването на реални физични проблеми. Почти навсякъде, от университетски курсове до научни планове в академии, задачите за развитие на фундаменталните основи на физиката и задачата за изграждане на ефективни квантови компютри съществуват напълно отделно една от друга. Това означава, че научната общност като цяло все още не предполага, че заедно с решаването на чисто приложната задача да се създаде истински квантов компютър с необходимата мощност, човечеството ще разкрие една велика тайна на природата – самата причина, по-

ради която в течение на един век никой от най-мъдрите учени не успява да съгласува теорията на квантовата физика и теорията на гравитацията на Айнщайн в една картина.

За да стане ясно защо квантовата информатика като „ключ към всичко в природата“ досега се възприема от повечето учени със скептицизъм и недоверие, има смисъл поне накратко да се очертае конкретно приносет на информационната теория на Шанън.

Когато Клод Шанън през 40-те години на миналия век си поставя задачата да реши основния комуникационен проблем – ефективното предаване на съобщение от точка А до точка Б – той формулира проблема по най-абстрактен начин. Посланието може да бъде всичко: писмо, дума, фраза, число, реч, музика, картина. Няма значение какво – то само трябва да се прехвърли от едно място на пространството в друго и за прехвърлянето е необходим комуникационен канал (Фигура 1).



Фигура 1. Комуникационен канал

Както често се представя идеята сега, Шанън отделя предавателната среда от самото съобщение. Сега идеята може да изглежда тривиална, но по онова време вече съществуват различни комуникационни технологии, всяка от които живее собствен живот – телефон и телеграф, радио и телевизия, радар и много други системи, изобретени по време на Втората световна война. За да се работи с всяка от тях, спецификата на съобщението се разглежда в неразривна връзка с физиката на специфичната среда на предаване.

Преди трудовете на Шанън, понятието „информация“ е в обръщение във всекидневния живот. За целите на науката информацията трябва да се дефинира точно. Както пише известният автор по история на науката Джеймс Глийк (*James Gleick*), подобна е ситуацията във физиката три века по-рано. Развитието на физиката тогава не може да продължи, докато Исак Нютон не дефинира древни и неясни думи, като сила, маса, движение и дори време, и им придаде нови значения. Нютон дефинира тези термини като величини, подходящи за използване в математически формули. Например до тогава (до

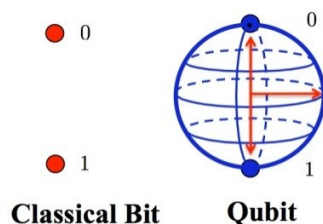
Нютон) „движение“ е също толкова разтегливо и неясно, както „информация“. За последователите на Аристотел движението включва различни явления, като „праскова узрява, пада камък, дете расте, тяло се разпада“. Така движението е представено в твърде описателен вид. Трябва отказ от конкретните разновидности на движението, преди законите на Нютон да могат да се прилагат и научната революция да успее. Друг пример: през XIX в. понятието „енергия“ започва да претърпява подобна трансформация: учените дефинират думата, която означава сила или интензивност, като физична величина, така я математизират и тя заема фундаментално място във физичната картина на природата.

Революционният подход на Шанън позволява да се даде обединяваща обща теория за всички комуникации като цяло. След като отделя идеята за „съобщение“, той привежда всички видове комуникации към единна форма от абстрактни математически термини. Като формулира на езика на математиката разбираема дефиниция за това, какво точно означава неясната преди това концепция за „информация“ специално за комуникационните инженери, ученият едновременно предлага и точен метод за измерване на информация, както се прави при въвеждането на всяка физична величина. Благодарение на това става ясно, как трябва да бъде кодирана информацията – както за защита срещу изкривяване, така и за най-бързо и ефективно предаване.

Основната концепция за нова теория е проста – и едновременно гениална идея на Шанън, според която информационното съдържание в съобщение от всякакъв вид може да бъде измерено чрез двоичен код – цифрите 0 и 1. Или накратко, в „битове“. (Бит (*bit*) е съкращение от *binary digit*, като се вземат първите две букви от първата дума и последната буква от втората дума – бел. авт.). Това е наистина новаторски подход към задачата, което въобще не е резултат от начина, по който проблемите са решавани преди това, и възвестява зарята на „информационната епоха“ – истинска революция в компютърните комуникационни технологии.

Когато в началото на 80-те и 90-те години на XX в. започна развитието в посока на квантовите компютри, централно място в теорията зае концепцията за „кюбит (*qubit* – от *quantum bit*)“ – физическият носител на бит информация (Фигура 3), който, поради квантовата си природа, е в състояние на суперпозиция, обединявайки и двете състояния 0 и 1, и в класическо еднозначно състояние преминава на етапа на измерване (получаване на отговора) – в съответствие с вероятностните закони.

Далеч не толкова очевидно, особено за компетентната общност от учени, е едно друго твърдение съгласно което появата в науката на „бит“ като ос-



Фигура 2. Класически и квантов бит

новна порция информация може да бъде напълно приравнена с основополагащата идея за енергийните кванти във физиката. Повратна точка, която бе лежи началото на радикални промени във възгледите на съвременната физика за строежа на природата, е границата на 1980 – 1990 г. Тогава се появи известната концепция на Джон Арчибалд Уийлър (*John Archibald Wheeler*): „**всичко е бит**“ (*It from bit*). Самият Уийлър в програмната си работа от 1989 г. „Информация, физика, квант: търсене на взаимовръзки“ (*Information, Physics, Quantum: The Search for Links*) обяснява раждането на новия възглед така:

„Всичко е бит“ символизира идеята, че всеки елемент на физическия свят има в основата си – при това, в повечето случаи, в най-основната си същност – някакъв нематериален източник и обяснение. И това, което ние наричаме реалност, в крайна сметка възниква като отговори да – не, когато се поставят двоични въпроси. Накратко, идеята е, че всички неща от физическия свят, поради естеството на техния произход, са информационно-теоретични“.

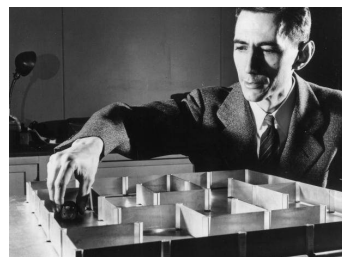
За по-адекватна представа за истинските размери на приноса на Шанън за науката на XX в., нека да цитираме някои отзиви за него. Писателят Уилям Пундстоун (*William Poundstone*) казва: „Имаше много хора в Bell Labs и MIT, които сравняваха постиженията на Шанън с тези на Айнщайн. Други смятат, че сравнението е несправедливо – несправедливо по отношение на Шанън“. Когато Шанън изненадващо се появява на конференция по теория на информацията през 1985 г., председателят на конференцията коментира: „Сякаш Нютон се появи на конференция по физика“. И още: „Разбираемо е изкушението да се сравнява Шанън с Айнщайн... Но въпреки че постиженията на Айнщайн са огромни и никой няма да отрече това, трябва да разбирате следното. В края на краищата всички ние не живеем в епохата на относителността. Живеем в епохата на информацията. И именно Шанън е човекът, чиито идеи сега прозират зад всяко от нашите електронни устройства, зад всеки екран на компютъра, който гледаме, зад всяко от цифровите комуникационни устройства. Той е един от онези, които преобрази нашия свят до такава степен, че след тази трансформация старият свят просто беше забравен ...“.

Тези сравнения не са далеч от истината. Шанън положи основите на цифровите изчисления, изобрети бита и показва как цифровите кодове позволяват да компресиране информацията и да я изпращаме без изкривявания. Тези приноси съставляват интелектуалната архитектура на интернет и дигиталната епоха. Шанън работи на това основополагащо, нематериално ниво – затова е почитан сред експертите, но остава невидим за широката общественост. Има няколко причини, поради които Шанън не е станал широко известен. До голяма степен това са неговият начин на живот и отказ от показност.

За популярността той казва, че тя е „приятна и вълнуваща“, но съветва своите колеги инженери и математици да се съсредоточат върху изследванията. Както казва неговият биограф Роб Гудман (*Rob Goodman*), „Той беше необичайно блестящ учен и обикновено човешко същество“.

Шанън води спокоен и сякаш неинтересен за широката публика начин на живот. Но той има и своите чисто инженерни занимания, изобретения и открития. Не е само блестящ теоретичен ум – той е и забележително забавен, практичен и изобретателен. „Винаги съм се интересувал от създаването на неща, които извършват забавни движения“, казва Шанън в интервю от 1987 г.

Той често прекарва свободното си време, като изгражда всякакви странни машини: *Throbac* калкулатор, който пресмята с римски цифри, *Theseus* – механична мишка с нормални размери, която може да намери пътя си през лабиринт (един от първите опити да се „обучи“ машина да „учи“ и един от първите експерименти по изкуствения интелект) (Фигура 3), и може би най-странната машина – обикновена на вид кутия с



Фигура 3. Шанън и *Theseus*

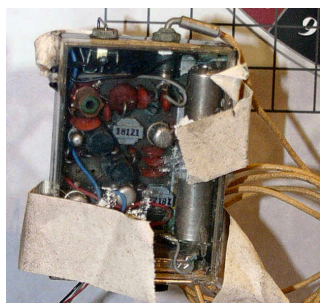
голям ключ отстрани. Като се превърти ключът, капакът бавно се отваря, показва се механична ръка, която се завърта, изключва ключа и се прибира обратно в кутията. Писателят фантаст Артър Кларк вижда машината на Шанън и пише: „Има нещо неопишимо злоецо за машина, която не прави нищо – абсолютно нищо – освен да се самоизключи“. Шанън вдига фалшива стена в къщата си, която може да се върти с натискане на един бутон. Кара велосипед с едно колело. Свири джаз на тромпет. Играе шах. Публикува статия „Програмиране на компютър за игра на шах“. Той описва, как може да се направи машина или компютър, за да играе разумно шах и сам построява такава машина. Създава устройство, което може да подреди куба на Рубик.

И до този момент се предполага, че всички негови основни открития са осъществени до 40-годишна възраст. А много от тези „безполезни неща“ и лекомислените забавления, с които той ентусиазирано се занимава през следващите няколко десетилетия, са странностите на един гений-ексцентрик. Всъщност той просто умее да вижда нещата по различен начин.

Единственият том, далеч непълна колекция от произведения на учения, издаден от студенти и сътрудници в средата на 90-те години, неотпечатван оттогава, става рядкост – на *Amazon.com* се продава на неприлична цена от \$ 200. Цифрова форма на тази книга не е достъпна в интернет. И накрая, много трудни за намиране са дори на текстовете на редките интервюта на Шанън.

Цялата тази картина изглежда тъжна и трудна за обяснение с рационални доводи. Почти всички учени и инженери, които са имали щастието да работят и комуникират със Шанън, в своите спомени винаги подчертават, че този човек се е отличавал с много специален поглед върху нещата и уникален подход към решаването на проблемите. Той е притежавал силен интуитивен подход за определяне на задачите, за които съществуват решения и след това намирал прости и елегантни начини да ги осъществи.

Днес е общоприето, че информационната теория на Шанън при нейното създаване е изпреварила нивото на тогавашните технологии за връзка и на компютрите с около четвърт век. Относно това, колко са изпреварили времето следващите разработки на Шанън от периода на свободното му творчество в домашни условия, няма общоприето мнение, малко от тях са известни. Но най-малко няколко ярки примера трябва да бъдат дадени допълнително.



Фигура 4. Първият преносим компютър за предсказване на числата при игра на рулетка

<http://www.roulette30.com/2015/07/beat-casino-roulette-computer.html>

Ето как изглежда, за сравнение, разработка на Клод Шанън, заедно с професора по математика Едуард Торп (*Edward Thorp*) от началото на 60-те години на миналия век, на специализиран аналогов миникомпютър, който е с размер на кутия за цигари, създаден, за да подобри шансовете за печалба на рулетка. От гледна точка на механиката, действието на рулетката е суперпозиция на две състояния: колелото се върти в една посока, топката се движи по протежение на колелото в обратната посока. Уравненията на цикличното движение за двете части на системата са доста прости. Въпреки това, всеки път при пускане на топчето се намесват много параметри,

като резултатът от експеримента се оказва случайно събитие. Но, както и в квантовата механика, за успешното решаване на проблема не е нужно да знаете точния отговор, достатъчно е само да умеете да работите с вероятностите на резултатите. Това е всъщност, което прави компютърът на Шанън – дава добро предсказване за вероятния сектор на попадане на топчето въз основа на известната скорост на стартиране и на началната скорост на въртене на колелото на рулетката. За тези, които са запознати с физиката на кюбитите, аналогията тук е напълно прозрачна.

Друг пример – от фундаменталната физика, която и до днес не може да обясни ясно загадката на равенството на масите. С други думи, не е ясно как действа в природата механизъмът, поради който инертната маса на обекта, оп-

ределяща изменението на скоростта му в зависимост от приложената сила, е точно равна на гравитационната му маса, която определя силата на привличане към Земята. Равенството, най-общо казано, не следва отникъде, но се запазва при измервания с всяка точност – обяснение за това досега няма.

Клод Шанън, разбира се, също не е оставил директен отговор на този въпрос. Но цял живот се интересува силно от теорията и практиката на жонглиране. В областта на теорията той доказва специална математическа теорема по тази тема, която описва целия процес изчерпателно и компактно. Той не само умело жонглира, има почетна диплома за „доктор“ по тази практика, но също така и строи множество машини за жонглиране. Най-впечатляващото устройство от този вид е проектирано и настроено с такава висока точност, че можело да жонглира с тежки топки произволно дълго, докато не бъде изключено. Основният фактор за успех в тази нетривиална задача е, че машината не е жонглирала на „подхвърляне“, а на „отскачане“. При подхвърляне на предмети, на жонгльора се налага да ги хваща в момента на най-голяма скорост, което е сложно. Но при жонглиране на отскок, напротив – топките на Шанън падат надолу към мембраната на барабана и се хващат в най-подходящия момент – когато са във въздуха. Или казано по друг начин, когато кинетичната енергия на обекта стане точно равна на неговата потенциална енергия.

Засега никой не намира прост отговор на фундаменталната загадка на природата за равенството на инертната и гравитационната маса, но, изглежда че няма да е нужно да се чака дълго, като се има предвид популярността сред съвременните теоретици на идеята за Вселената като „свят върху мембрана“.

Една от най-важните особености на теорията на Шанън е концепцията за информационна ентропия, за която той доказва, че е еквивалентна на недостиг на информационно съдържание в едно съобщение. Съгласно втория закон за термодинамиката, ентропията характеризира степента на случайност във всяка система и винаги нараства. По този начин много изречения могат да бъдат значително съкратени, без да губят значението си. Шанън доказва, че в шумен разговор сигналът винаги може да се изпраща без изкривяване. Ако съобщението е кодирано по такъв начин, че се самопроверява, сигналите ще бъдат получени със същата точност, както ако няма влияние по линията. Езикът например, има вграден код за коригиране на грешки. Следователно разговорът в шумна среда е само отчасти ясен, защото половината от езика е излишен. Наскоро се установи, че методите на Шанън могат да се прилагат не само за компютърен дизайн, но във всяка област, за която езикът е важен като лингвистика, психология, криптография и фонетика.

Ето още някои биографични факти.

Клод Елууд Шанън (*Claude Elwood Shannon*) е роден на 30 април 1916 г. Шанън завършва МИТ през 1940 г. едновременно с магистърска степен по

електротехника и докторска степен по математика. За докторската работа на Шанън е поставена задача да разработи математическа формулировка за Менделовата генетика. Докторската дисертация е със заглавие *Алгебра за теоретична генетика* (не е публикувана). След дипломирането си прекарва една година като научен сътрудник в Института за авангардни изследвания в Университета в Принстън, където има възможност да работи и обсъжда идеите си с известни и влиятелни учени като Херман Вейл (*Hermann Weyl*) и Джон фон Нойман (*John von Neumann*). Среща също и Алберт Айнщайн (*Albert Einstein*) и Курт Гьодел (*Kurt Gödel*). През 1941 г. Шанън постъпва в лабораториите на Бел (*Bell Telephone Laboratories*), където става член на групата учени, занимаващи се с разработването на по-ефективни методи за предаване на информация и подобряване на надеждността на телефонните и телеграфните линии на далечни разстояния. От 1956 г. Шанън започва работа в Масачузетския технологичен институт (*Massachusetts Institute of Technology*) като поканен професор, а от 1958 до пенсионирането си през 1978 г. е редовен професор. През 1972 г. от *IEEE Information Theory Society* е създадена награда на името на Клод Шанън (*Claude E. Shannon Award*) за сериозен принос в областта на теорията на информацията, която се присъжда за постижения, свързващи математиката, комуникационното инженерство и теоретичните компютърни науки.

Светът постепенно започва да научава за Клод Шанън. Тези, които са го познавали, си спомнят за него като за учен с широки познания от различни области, с голямо въображение, интуиция и нестандартен начин на мислене. Приносите му към цифровата ера са безспорни. *IEEE Information Theory Society* и *Bell Labs* организираха през 2016 г. редица събития по повод 100 години от рождението му. Появяват се материали за живота и творчеството му, изнасят се лекции и, както беше споменато по-горе, беше публикувана първата му биография.

Литература

- J. Soni, R. Goodman, *A Mind at Play: How Claude Shannon Invented the Information Age*, Simon & Schuster, 2017
<https://www.forbes.com/sites/quora/2017/07/20/claude-shannon-was-a-genius-on-par-with-einstein-and-turing-why-isnt-he-as-famous/#1fe6c4d440b3>
<http://scienceworld.wolfram.com/biography/Shannon.html>
 James Gleick, *The Information: A History, a Theory, a Flood*, Knopf Doubleday Publishing Group, 2011

ABOUT THE FATHER OF THEORY OF INFORMATION, THE LEAST KNOWN AMONG THE GREATEST MATHEMATICIANS, CLAUDE SHANNON

Sashka Alexandrova

The article presents a short story of the life, contributions and achievements of Claude Shannon: mathematician, electrical engineer, and cryptographer known as „the father of information theory“. Renowned for his diverse interests and abilities, Shannon produced influential articles not only on information theory, but genetic modelling, chess-playing computers, as well as designing various mechanical devices.



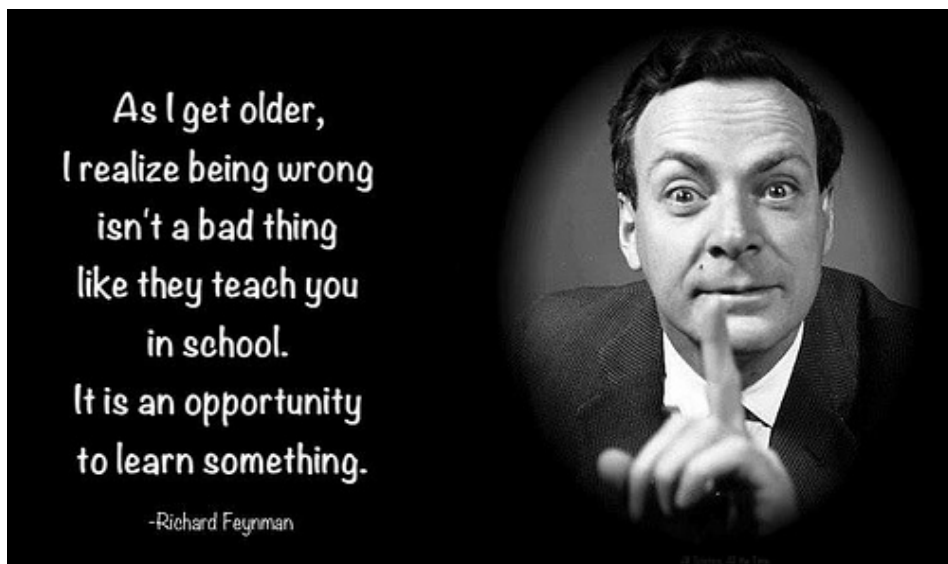
ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

**НА НЕГО МОЖЕТЕ ДА ОТКРИЕТЕ ВСИЧКИ БРОЕВЕ НА
СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА ОТ 1991 Г. ДОСЕГА**

РИЧАРД ФАЙНМАН: СПОДЕЛЕНО

Мариана Кънева, Росен Горгоров



С напредване на възрастта осъзнах, че да грешиш не е толкова лошо, както те учат в училище. Това е една възможност да научиш нещо.

Ричард Файнман

През тази година се навършват 100 години от рождението на един от най-емблематичните за физиката на 20-ти век учени – Ричард Файнман – най-големият физик от втората половина на миналия век, дал нов поглед върху квантовата механика. Блестящ физик-теоретик, често наричан „най-великият ум след Айнщайн“, той участва в проекта „Манхатън“, носител е на Нобелова награда (1965) за приноси в областта на квантовата електродинамика, притежава разностранни таланти. Файнман е невероятно популярен университетски професор в Калифорнийския технологичен институт, известен на студентите и преподавателите по физика в цял свят с култовите си „Файнманови лекции по физика“. Вдъхновен популяризатор на науката и един от хората, които променят мисленето ни, освен научното си творчество, той ни е оставил и огромен брой оригинални фрази, посветени на физиката и на живота, отразяващи неговите възгледи на учен и гражданин, преподавател и човек с остра наблюдателност, неизчерпаемо остроумие, любопитство и радост от живота, част от които са представени в настоящата селекция.

Още материали, посветени на големия учен, може да прочетете в следващите ни броеве.

Родил съм се незнаещ и съм имал много малко време донякъде да променя това.

Съвсем от малък научих разликата между това да знаеш името на нещо и да знаеш нещо.

Когато слушах равина да разказва за някое чудо, като например храст, чиито листа шумолят, без да духа вятър, се опитвах да намеря мястото на чудото в истинския свят и да го обясня с природно явление.

За мен беше важно да разбирам света.

Всъщност никой не разбира света, в който живеем, но някои са по-добри в това от другите.

Пределът на въображението ни не е да можем да си представим несъществуващото – както във фантастиката – а да разберем това, което съществува.

Въображението на природата е неизмеримо по-велико от човешкото въображение. Никой, освен хората, които са го прозрели – макар и бегло – по време на изследвания, не може изобщо да си представи какво чудо е природата.

Защо математиката обяснява успешно природата е само още една загадка.

Щом се захвана със загадка, не мога да се откажа.

Винаги правя така – захващам се с нещо и гледам докъде мога да стигна. ... Но физиката е моята любов и винаги с радост се връщам към нея.

Физиката е като секса - може и да дава практически резултати, но не това е причината, поради която го правим.

Физиката има традиция в синтезирането на много явления в малко теории.

Когато бях в стола, един студент хвърли чиния във въздуха. Докато чинията летеше, видях как се клатушка и ми направи впечатление, че червената емблема на Корнел се върти по-бързо, отколкото се клатушка чинията... Нямах какво да правя, затова започнах да мисля върху въртенето на чинията. ... Всичките ми научни постижения, за които получих Нобелова награда, тръгнаха от тази глупост с клатушкащата се чиния.

Аз изобретявах неща и си играех с разни неща за собствено удоволствие.

Не знаем правилата на играта; позволено ни е само да я гледаме. Разбира се, ако гледаме достатъчно дълго, може да схванем някои от правилата. Правилата на играта са онова, което изразяваме чрез фундаменталната физика.

За регистрацията на минимални ефекти се изисква максимална, революционна промяна в идеите.

Създаването на друга система, която да замести законите на Нютон, отне много време, защото явленията на атомно ниво бяха твърде странни. Човек трябваше да изгуби здравия си разум, за да възприеме случващото се на атомно ниво.

Частиците с много малък размер се държат по начин, различен от всичко, което познаваме. Те не се държат като вълни, частици, облаци, билиардни топки или тежести на пружина, или нещо друго, което сте виждали.

Аз мисля, че е много по-интересно да живееш без да знаеш отговорите, отколкото да имаш отговори, които може да са грешни.

Стигаме до един основен принцип в теоретичната физика: каквото и да си мисли човек, най-често то не е вярно.

Днешното научно познание е съвкупност от твърдения с различна степен на сигурност.

Свободата да се съмняваш е основополагаща в науката, а мисля, и в други области. ... Чувствам се отговорен да възвестявам тази скъпоценна свобода и да проповядвам, че съмнението не е нещо, от което трябва да се страхуваме, а да го приветстваме като източник на нов потенциал за човечеството. Щом знаем, че не сме сигурни, значи имаме шанс да подобрим нещата. Бих желал да отстоявам тази свобода и заради бъдните поколения.

Във физиката има натрупани толкова много изследвания, че е почти невъзможно да се измисли нова идея, която да е различна от всички идеи до този момент и в същото време да не противоречи на проведените досега изследвания. Така че, ако някой някъде ти предложи нещо ново, приемаш го с охота и не спориш защо той твърди, че е точно така.

Изненадващо е, че хората не вярват на въображението в науката. А то е много интересен тип въображение, различно от това на художника. Основната трудност е да си представиш нещо, което никога не си виждал, но чиито елементи са съвместими с всичко виждано досега и същевременно е различно от всичко, измислено до този момент.

Най-значимото откритие в цялата астрономия е, че звездите са съставени от същите атоми, както тези на Земята.

Поетите казват, че науката отнема от красотата на звездите, като ги представя за купчини газови атоми. Аз също мога да видя звездите в пустинна нощ и да ги почувствам. Но дали виждам по-малко или повече?

Много исках да се науча да рисувам, по една причина, която пазех в тайна: исках да предам чувството, което изпитвах към красотата на света. ... Това беше едно чувство на благоговение – научно благоговение – което ми се струваше, че чрез картината ще мога да споделя с други хора, които изпитват същото чувство. Картината, макар и за миг, можеше да напомни за чудесата на вселената.

Не исках с моето свирене на барабан да стане като в оня лаф на Самюъл Джонсън – че ако видиш куче да ходи на задните си крака, интересното е, не че го прави добре, а че изобщо го прави. Не исках хората да се впечатляват от това, че професор по физика свири на барабани.

За себе си установих, че преподаването и студентите карат живота да не стои на едно място и никога не бих приел предложение за работа, колкото и добро да е то, ако няма и преподаване.

Понятието „научно” се ограничава до нещата, които можем да опознаем по метода на пробите и грешките.

Няма значение колко красива е теорията ти, няма значение колко си умен. Ако не се потвърждава от експеримента, тя е погрешна.

Наблюдението е върховният и окончателен критерий за истинността на конкретното научно твърдение.

Необходимо е да се гледа обективно на резултатите от наблюдението, защото вие като експериментатор може да си харесате един резултат повече от друг.

Друг критерий за истина в науката, който може би е приложим донякъде и в други сфери, е фактът, че когато нещо е вярно, по-нататъшните изследвания и усъвършенстването на наблюденията водят до още по-отчетливи доказателства. А не до опровержения.

Колкото по-конкретно е едно твърдение, толкова по-интересно е когато се подложи на тест.

Това, което не се вписва, е най-интересното: това, което не става така, както си очаквал.

Когато провеждате научен експеримент, трябва да опишете всичко, което според вас може да провали експеримента, а не само нещата, които мислите, че са наред: ...Това е принципът за честността в науката, за максималната вътрешна пълнота и честност в науката. ... Накратко: трябва да се стараете да

даде пълната информация, която ще помогне на другите сами да съставят преценка за стойността на вашия принос, а не само информация, която води до едностранчива преценка.

Науката е пътят, по който да не живеете със заблуди. Основно правило е да не заблуждавате сами себе си – а себе си е най-лесно да излъжеш. Затова човек трябва да бъде много внимателен. Когато не заблуждаваш себе си, е лесно да не заблуждаваш и останалите учени. ... Говоря за онази специална, висш тип честност, според която вие като учен ще направите всичко по силите си, за да покажете, че може и да грешите, когато действате като учен. И това е нашата отговорност като учени към другите учени, а също така и към неспециалистите.

Елементарна честност – ето за какво настоявам наляво и надясно. Смятам, че поне малко честност е необходима и в политиката. Така ще бъдем малко по-свободни.

Често на експериментаторите им е трудно да изпълнят своята работа така, както изисква тяхната научна почтеност. ...

Ето защо ви пожелавам само едно нещо – да имате късмета да попаднете там, където ще бъдете свободни да поддържате този вид честност, който ви описах, да не трябва да пазите своята позиция в организацията или финансовата помощ или нещо друго, предавайки научната честност. Дано да имате тази свобода.

Ценност ли е науката? Мисля, че силата да променяш света е ценна. Резултатът може да е нещо добро или нещо лошо в зависимост от начина, по който се прилага тази сила, но тя самата е ценна....По своему тя е ключ за рая, който отключва и портите на ада, а ние нямаме упътване коя врата коя е. Дали да изхвърлим ключа и да се лишим вовеки веков от достъп до рая? Или да положим усилия, за да разберем кой е най-добрият начин да използваме този ключ? Това, разбира се, е много сериозен въпрос, но мисля, че никой няма да отрече ценността на ключа към рая.

Най-очевидното качество на науката е нейното приложение; фактът, че като следствие от нея, човек има силата да прави нещо. А ефектът на тази сила няма нужда да бъде споменаван. Цялата индустриална революция би била почти невъзможна без развитието на науката.

Силата да променяме света не върви с инструкция за употреба. Тя може да породи както добро, така и зло в зависимост от това как я прилагаме.

Следващият аспект на науката е нейното съдържание – направените вече открития. Това е урожайът. Това е златото. Това е въодушевлението, отплатата,

която получаваш за дисциплинираното мислене и упоритата работа. Това не е работа, която вършиш с мисълта за евентуалното ѝ приложение.

Където и да се вгледаме внимателно, ще установим, че няма нищо повълнуващо от истината и от ценните открития на учените, достигнати с пот на челото. ... Науката обаче все още не е оценена по достойнство.

Когато става въпрос за влиянието на идеите в една сфера върху идеите в друга сфера, винаги сме изложени на риска да станем за смях. В епохата на тясна специализация малцина са хората, които имат представа от повече от една област от човешкото познание и биха поели риска да се изложат в която и да е от тях.

Няма авторитет, който да решава какво значи добра идея. Изгубили сме потребността да се обърнем към авторитет, за да разберем дали една идея е вярна, или не.

На всички ни става тъжно, когато се замислим какви чудесни заложби притежава човечеството, а после ги сравним с незначителните постижения, които има.

Лицемерието и злото се учат също толкова лесно, както и доброто. Образованието е голяма сила, но и нож с две остриета.

Познанието не струва и пукната пара, ако казва само какво се е случило вчера. Необходимо е да знаем какво ще стане, ако направим еди-какво си. Не само е нужно, но и забавно.

Какво можем да кажем днес, за да разсеем загадката на битието? Ако вземем предвид всичко, не само знанията на древните, но и нашия принос към познанието, то тогава с ръка на сърцето трябва да признаем, че не знаем какъв е смисълът.

Несигурността, която е задължителна, за да опознаеш света, трудно се съчетава с усещането за сигурност при вярата.... Не смятам, че учените могат да притежават тази сигурност, присъща само на дълбоко вярващите хора.

Религията борави с вяра, науката със съмнение.

Твърдя, че не могат да се решават морални проблеми чрез научни методи.

Убеден съм, че ние сме несигурни в своите морални схващания. Различните хора имат различни идеи за правилно и грешно.

Моралните ценности и етичните преценки са територия, в която науката не бива да пристъпва.

Статистиците са стигнали до извода, че умовете на хората в цял свят са във висша степен притъпени и единственият начин да сведеш нещо до съзнанието им е като непрестанно обиждаш тяхната интелигентност.

Обикновеният глупак не е мошеник, с него всичко си е наред. Но този, който се преструва, че не е глупак, е ужас!

Има на този свят и куп неща, които не можеш да си обясниш другояче освен с повсеместната глупост. ... Правителството донякъде следва политика на протекционизъм спрямо глупостта, но и тя не е сто процента успешна.

Нито една власт няма право да взема решния относно правилността на научните принципи, нито пък да дава препоръки какво и как да бъде изследвано. ... Задължението на управляващите спрямо към гражданите е да поддържат свободата и да предоставят възможност на тези граждани да допринасят за развитието и прогреса на човечеството.

Щастливи сме да живеем в епоха, в която все още правим открития.

Пред нас се откриват неограничени възможности, но и всевъзможни опасности.

Единственият начин да сбъркаме е, ако заради младежката импулсивност на човечеството решим, че знаем отговорите.

Скоростта, с която науката се развива през последните двеста години, непрекъснато се увеличава и в момента сме достигнали кулминационна точка. Намираме се на прага на забележителни открития най-вече в биологията.

Намираме се в самото начало на времето за човечеството. Не е непонятно, че се борим с проблеми. Но в бъдещето има десетки хиляди години. Наша отговорност е да направим каквото можем, да научим каквото можем, да усъвършенстваме решенията и да ги предадем нататък.

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

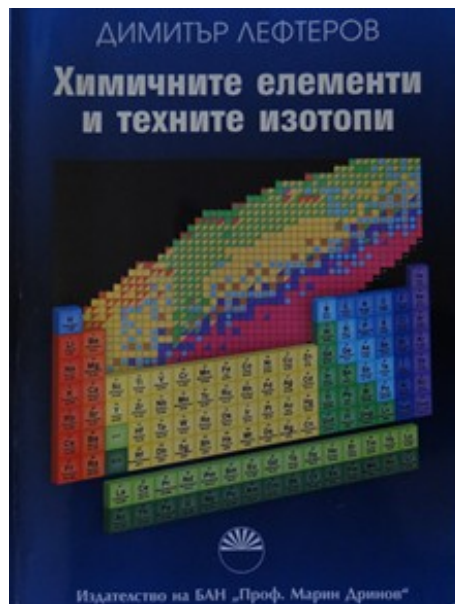
**СНИМКИТЕ И ФИГУРИТЕ СА ЦВЕТНИ В ОНЛАЙН
ВЕРСИЯТА НА СПИСАНИЕТО**

ХИМИЧНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ И ТЕХНИТЕ ИЗОТОПИ

Христо Протохристов

Книгата „Химичните елементи и техните изотопи“ от Димитър Лефтеров е ценен принос към научно-популярната литература в България. Тя предлага любопитно и приятно занимание на всеки читател с широки научни интереси. Предговорът поставя целта на книгата и обяснява принципите, върху които е изградена. Увлекателният разказ започва в първата част с представяне на еволюцията на материята от Големия взрив до образуване на първите леки химични елементи – от водорода до лития, и нуклеосинтеза в звездите на по-тежките елементи, като продължава до осъществяване на идеята процесите в звездите за синтезиране и трансмутация на елементите да се извършват в научните лаборатории на Земята. Обяснява се стабилността на Вселената с енергията на свързване на нуклоните (протони и неутрони) в атомните ядра. Във втора глава е описан стремежът на учените за систематизиране на елементите, което се ознаменува с открития от Дмитрий Иванович Менделеев Периодичен закон на елементите, попълването на свободните места в Таблицата и се стигне до продължението ѝ с изкуствено синтезиране на нови 26 свръхтежки елемента, несъществуващи на Земята, осъществявано от учените на САЩ, Русия, Германия и Япония. Третата, най-голяма част на книгата, съдържа 118 самостоятелни статии за всички известни елементи, като те са представени в хронологичен ред по известност от древността и открити или изкуствено синтезирани до наши дни. В статиите за синтезиране на тежки и свръхтежки елементи доц. Лефтеров ни въвежда в тайните на съвременната алхимия. Изказва се надеждата, че през бъдещите десетилетия можем да се надяваме новите резултати от експериментите за синтезиране на все по-тежки елементи с достигането на т.нар. „Втори остров на стабилност“ да обогатят физичната и химична наука с нова информация за строежа на материалния свят.

Книгата на доц. Лефтеров представлява също така енциклопедичен справочник за свойствата на елементите и изотопите и тяхната разпространеност на Земята, приведени са редица важни и интересни процеси и експерименти,



свързани с химични и ядрени реакции. Особено ценни са разгледаните многобройни приложения на различните химични елементи, техните съединения и изотопи в науката, в техниката и в медицината, а също така тяхната полезност или вредност за човека. Отбелязани са също някои достижения на български учени в тези области на човешката дейност и познание.

За първи път у нас в едно печатно издание са обединени две области на науката – химията на елементите на атомно ниво с физиката на атомните ядра и изотопите, което я прави много полезна и привлекателна за учащи се и студенти по природни и инженерни науки, еколози, химици и физици, а също и за всеки, който се интересува от постиженията на науката в тази област.

Внушителният обем от 468 страници не бива да плаши любознателния читател. Тази, на пръв поглед научна книга, съдържа във висока концентрация приключенски елементи от праисторията и библията, астрологията и астронимията, алхимията, и ни разкрива технологични тайни от епохата на енеолита до космическата ера. Прочетена веднаж с интерес, тя не губи от стойността си. Напротив, попълва важно място на книжната лавица, заради ценната и богата информация, която може да ни потрѣбва по всяко време.

**ПОСЕТЕТЕ УЕБ-СТРАНИЦАТА НА
СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ
НА АДРЕС:**

<http://www.phys.uni-sofia.bg/upb>

СБОГОМ, СТИВЪН ХОКИНГ!



Стивън Хокинг, един от най-влиятелните физици на XX век и символ на съвременната наука, почина рано сутринта на 14 март в дома си в Кеймбридж, Англия. Хокинг живя с амиотрофична латерална склероза (заболяване на моторните неврони) от началото на двадесетте си години.

Вероятно никой друг учен в сегашната епоха не е завладявал общественото въображение, колкото Стивън Хокинг. Започвайки с основополагащата си работа за природата на черните дупки през 60-те и 70-те години на XX век, неговите идеи оставят своя знак върху поколения физици и космолози.

През 1974 г. д-р Хокинг е избран за член на Кралското дружество, най-старата научна организация в света. През 1979 г. той е назначен като Лукасов професор по математика в Кеймбридж, пост, заеман някога от Исак Нютон и един от най-престижните постове във Великобритания. Хокинг остава на длъжността 30 години, след което става директор на изследванията в Центъра за теоретична космология.

Стивън Хокинг печели огромна популярност чрез книгата си „Кратка история на времето: от Големия взрив до черните дупки“, публикувана през 1988 г., от която са продадени повече от 10 мил. екземпляра. Следват още книги („Вселената в орехова черупка“, „Черни дупки и бебета вселени“, „Теорията на всичко“), които вълнуват и вдъхновяват милиони да научат повече за Вселената.

Той беше човек, който не признава граници в професионалния, както и в личния си живот. Независимо от заболяването си, той пътува по света на научни срещи, посещавайки всеки континент, включително Антарктика; написва най-продаваните популярни книги. Празнува 60-ия си рожден ден, като полита с балон с горещ въздух. През 2007 г., няколко месеца след 65-ия си рожден ден, той участва в полет на борда на специално оборудван *Boeing 727*, за да почувства състояние на безтегловност.

На въпроса защо поема такива рискове, проф. Хокинг отговаря:

„Искам да покажа, че хората не трябва да бъдат ограничавани от физически недостатъци, стига стига да имат здрав дух“ (*I want to show that people need not be limited by physical handicaps as long as they are not disabled in spirit*).

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПОСТЪПВАЩИТЕ МАТЕРИАЛИ

Статии до редакцията се изпращат на адрес: worldofphysics@abv.bg. Като прикачени файлове изпратете текста, фигурите и pdf версия на цялата статия. Получаването им се потвърждава с обратен е-мейл. Ако не сте получили потвърждение до 10 дни, съществува възможността Вашата статия да не е получена и следва да изпратите файловете отново.

Редакционната колегия може да откаже да публикува или да върне за корекции статиите, които, по преценка на представящия редактор или на главния редактор, не отговарят на основните изисквания за научност, оригиналност и стил на изложението.

Материали, които вече са публикувани някъде или са под печат в друго списание, няма да бъдат публикувани. Публикуването на представените материали се определя от препоръките на рецензентите.

Редакторите могат да редактират ръкописите, когато това е необходимо.

Публикуването в това списание е безплатно за авторите.

УКАЗАНИЯ КЪМ АВТОРИТЕ

Статиите да не надхвърлят 10-15 страници (включително със снимки, таблици, фигури). За текста на статиите може да се използва *Word* или *Writer*.

1. Текстът да няма специално оформление (освен болд, курсив и главни букви):

- да е **без колони**, да няма **нищо в табличен вид** (освен ако не става въпрос за таблици);

- за **отстъп** при нов ред да се използва First line Indent, а не табулация;

- разделянето, примерно на формула и след нея номер, да става с табулация, а не с многобройни интервали;

- да не се използват интервали като средство за някакво оформление.

2. Задължително целият текст да е **редактиран и коригиран** (да няма печатни и правописни грешки).

3. **Бележките под линия** да не са оформени като footnote, а да са накрая на съответния материал.

4. **Фигурите и снимките** да са на отделен файл с отбелязано място в самия файл за местоположението им. Ако са от интернет, да бъдат с резолюция поне 250 пиксела. Ще са цветни в онлайн версията на списанието.

5. **Използваната литература** трябва да съдържа литературни източници, които са достъпни за проверка.

6. Допълнителна информация – **информация за автора** на статията: име, длъжност, месторабота, академично звание, научна степен, контакти; **резюме, заглавие и име** на автора на английски;

**Издаването на настоящия брой на списанието е с
финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“ по
проект „Българска научна периодика – 2017 г.“**



НАШИТЕ АВТОРИ:

Сашка Александрова – проф. дтн, Технически университет, София;
Христо Протохристов – доц. д-р, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН;

Чавдар Стоянов – чл.кор. дфн, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН;

Петър Живков – асистент, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН;

Питър Д. Таунсенд – проф. дфн, доктор хонорис кауза, член на Института по физика на Обединеното кралство, Университет на Съсекс, Брайтън, Великобритания;

Таня Цветкова – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;

Елка Коручева – доц. дфн, Национален университет за дистанционно обучение, Факултет по природни науки, Мадрид;

Николай Велчев – проф. дфн. Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“;

Пенка Лазарова – Съюз на учените в България;

Пламена Колева – студент, Технически университет, София;

Лора Ангелова – студент, Медицински Университет – София;

Емилия Григорова – студент, Медицински Университет – София;

Мариана Кънева – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;

Росен Горгоров – д-р, Convergys Bulgaria;

РЕДАКЦИОННО

НАУКА

- Х. Протохристов, Ч. Стоянов, П. Живков – Трансмутацията – стъпка към по-ефективна и чиста ядрена енергия
– С. Александрова – Значими събития за 2017 г. във физиката и астрономията

НАУКА И ОБЩЕСТВО

- П. Д. Таунсенд, Т. Цветкова – Дилемите при оценяване на научния принос
– Е. Коручева – Особеностите на обучението по физика в испанските държавни университети

ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

- Н. Велчев – Инвестициите за прием, обучение и дипломиране на студенти по престижна университетска (физическа) специалност у нас в ретроспектива и в перспектива

НАГРАДИ

- Награди за върхови постижения в науката „Оскарите на науката“
– П. Лазарова – Награда на на *L'Oréal* и ЮНЕСКО

ИСТОРИЯ

- Първото SMS съобщение в света: какъв е текстът и кой го е изпратил

МЛАДИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛИ

- П. Колева – Нова генерация компютърни мрежи
– Л. Ангелова, Е. Григорова – ^{213}Bi – приложение в борбата с раковите заболявания и HIV

PERSONALIA

- С. Александрова – За бащата на теорията на информацията, най-неизвестният от великите математици – Клод Шанън

- М. Кънева, Р. Горгоров – Ричард Файнман: споделено

КНИГОПИС

- Х. Протохристов – Химичните елементи и техните изотопи

EDITORIAL.....1

SCIENCE

- H. Protohristov, Ch. Stoyanov, P. Zhivkov – Transmutation – a step toward a more efficient and clean nuclear energy5
– S. Alexandrova – Breakthroughs in physics and astronomy in 201724

SCIENCE AND SOCIETY

- P. D. Townsend, T. Tsvetkova – The dilemmas of scientific assessment36
– E. Korutcheva – Features of physics education in Spanish state universities44

PHYSICS AND TEACHING

- N. Velchev – Investments in admission, training and graduation of university students in a prestigious physics subject in our country as retrospection and as perspective51

AWARDS

- „Oscars for science“ - science excellence awards56
– P. Lazarova – L'Oréal and UNESCO awards59

HISTORY

- The first SMS: what was the text and who sent it62

YOUNG RESEARCHERS

- P. Koleva – New generation of computer networks64
– L. Angelova, E. Grigorova – ^{213}Bi – application in cancer and HIV treatment.....71

PERSONALIA

- S. Alexandrova – About the father of theory of information, the least known among the greatest mathematicians Claude Shannon.....80
– M. Kuneva, R. Gorgorov – Richard Feynman: Shared90

BIBLIOGRAPHY

- H. Protohristov – Chemical elements and their isotopes.....97