

МОЩНИ ИМПУЛСНИ НЕУТРОННИ ИЗТОЧНИЦИ, БАЗИРАНИ ВЪРХУ УСКОРИТЕЛИ

Динко Динев, д-р, ст.н.с. в ИЯИЯЕ - БАН

1. Защо са необходими източници на неутрони с голяма интензивност?

Основните методи за структурни изследвания във физиката на кондензираната материя са дифракцията на рентгенови лъчи и неутронната дифракция (неутронографията).

Топлинните неутрони имат дължина на вълната от порядъка на 1,8 Е, т.е. сравнима с междоатомните разстояния в кристалите. Тяхната енергия е от порядъка на енергиите на възбуждане, характерни за твърдите тела. Освен еластичното разсейване на неутрони се използва и нееластичното разсейване, което дава ценна информация за динамиката на атомите в образца.

Неутронната оптика има редица специфични черти, които я правят уникален инструмент за физически изследвания. Докато електромагнитното лъчение и в частност рентгеновите лъчи взаимодействат с електроните на атомните обвивки, неутроните взаимодействат с ядрата. Дифракцията на неутрони дава информация не за електронната, а за атомно-молекулната конфигурация на веществото. Ядрата действат като точков разсейвател и това води до по-висока разделителна способност. Изучаването на дифракцията на неутрони е особено полезно при разшифроването на структурата на сплави и съединения на елементи с близки атомни номера (FeCo, NiMn и др.), в които двата компонента имат сходни електронни конфигурации, но рязко различаващи се сечения на разсейване на неутроните от ядрата.

Сечението на взаимодействие на рентгеновите лъчи с атомите е пропорционално на атомният номер Z , т.е. силно се различават за леки и тежки елементи. Обратно, ядрените сечения имат еднакъв порядък. Затова в съединения, съдържащи както леки, така и тежки елементи, например PbS, ThD₂ и др., дифракцията на рентгеновите лъчи върху леките елементи е практически незабележима, докато върху неутронограмата се различава лесно.

При един и същ диапазон от дължини на вълната рентгеновите лъчи се разсейват предимно напред, а неутроните изотропно във всички посоки. При големи ъгли на разсейване дифракционните пикове имат много малка интензивност при рентгеновите лъчи и почти същата при неутроните.

Важно е също, че неутроните имат хиляди пъти по-голяма проникваща способност от рентгеновите лъчи със същата дължина на вълната. С неутронографията могат да се изследват ефективно вътрешните области на пробата.

Неутронът притежава магнитен момент. Затова неутронните вълни могат да се разсейват върху магнитните моменти на атомите на веществото. За магнитните вещества магнитната и ядрената амплитуда на разсейване имат еднакъв порядък. Ако магнитните моменти на веществото са подредени, то се появява кохерентна магнитна

амплитуда на разсейване и на неутронограмата възникват максимуми, положението на които се определя от магнитната структура на веществото. Магнитното разсейване на неутроните е мощно средство за изследване на магнитната структура на твърдите тела. Именно с помощта на магнитната неутронография е била установена магнитната структура на антиферромагнетичите, на бинарните магнитни сплави и др.

В сравнение с други методи, например със синхротронното лъчение (*Светът на физиката*, 3'1998 г.) взаимодействието на неутроните с пробата е много по-слабо. Разсеяното лъчение е ограничено по интензивност и за провеждане на изследванията са необходими интензивни източници на неутрони.

Първоначално са се използвали само ядрените реактори. Типичен пример е изследователският реактор ILL в Гренобъл, построен през 70-те години, който има среден поток топлинни неутрони $1,5 \cdot 10^{15} \text{ n}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$. Поради проблеми, свързани с отвеждането на топлината от активната зона, вече е достигната технологичната граница за плътността на мощността на изследователските реактори с висок неутронен поток.

През 50-те години се изказва предложение за използване за генериране на неутрони на импулсни ускорители, като се бомбардира мишена, съдържаща тежки ядра с високоенергетични протони (от GeV-ния диапазон), т.н. spallation реакция (на руски - реакция скалывания).

Ускорителните неутронни източници осигуряват интензивни потоци от студени и топлинни неутрони и се явяват важно допълнение към реакторните източници на неутрони.

При достатъчно дебела мишена от тантал и енергия на ускорените протони 2,2 GeV на всеки налитащ протон в резултат на множественият spallation процес се раждат средно 45 неутрона. Използваните мишени са от тежки елементи и са с обем от няколко литра, т.е. те са компактни. Произвежданите неутрони са главно “изпарени” от ядрата частици с енергии 1-2 MeV. Има и малък процент високоенергетични неутрони, получавани при преки вътрешноядрени взаимодействия, т.н. ‘cascade’ неутрони. За тяхното отстраняване се използва специално екраниране на мишената.

Базираните върху ускорители неутронни източници имат важното преимущество пред ядрените реактори, че са импулсни. Това от една страна увеличава пиковата интензивност, а от друга позволява използването на метода на неутронната спектрометрия по времето на прелитане за прецизно определяне на енергията на неутроните. С това се избягва необходимостта от монохроматизация, използвана при реакторите, при което се губят над 90% от наличните неутрони.

Spallation неутронните източници не са само един нов начин за генериране на неутрони. Импулсният характер в съчетание с голямата яркост предлагат големи предимства, позволявайки провеждането на експерименти, които биха били трудни и дори невъзможни с реакторни неутронни източници. Те осигуряват много висока пространствена и временна разделителна способност, много високо отношение сигнал/шум и покриват широк спектрален диапазон, простиращ се от μeV до eV (0,1 Å – 10 Å).

Високата разделителна способност е следствие от много късия импулс ($< 1 \mu\text{s}$) на протонния сноп. Дължината на генерирания върху мишената неутронен импулс е пропорционална на дължината на вълната. Времето на прелитане е също пропорционално на дължината на вълната и тяхното отношение, което е всъщност разделителната способност на измерването по времето на прелитане, не зависи от дължината на вълната. Разделителната способност расте линейно с дължината на пътя. Високото отношение сигнал/шум се дължи на ниския фон.

Големият спектрален диапазон се постига чрез забавяне в течен водород при 20 K, в течен метан при 100 K или във вода.

Първият импулсен източник на неутрони, базиран върху ускорител, е ZING - P в Аргонската национална лаборатория, САЩ. Следват WNR в Лос Аламоската национална лаборатория, САЩ през 1977 г. и KENS в Националната лаборатория КЕК, Япония през 1980 г.

Първият ускорител, специално построен за генериране на интензивни импулсни неутронни потоци, е бързоцикличният синхротрон ISIS. Той е построен в Ръдърфордската национална лаборатория RAL, Великобритания през 1985 г. ISIS има енергия на ускорените протони 800 MeV и ток на снопа 200 μA . Това осигурява мощност на неутронния поток 160 KW.

2. Варианти на мощните ускорителни източници на неутрони.

Започвайки от 70-те години има съществен и непрекъснат прогрес в повишаването на интензивността на сноповете протони, ускорявани в линейни или циклически ускорители.

По технологически причини за генерирането на мощни неутронни потоци при облъчването на мишена от тежки елементи с протони е избран вариант на ускорител с енергия от няколко GeV и с достатъчно голям ток на снопа. При тези параметри технологически могат да се постигнат достатъчно малки загуби на частици при тяхното ускоряване.

Най-общо имаме три типа мощни ускорителни източници на неутрони:

а) източници, генериращи много къси неутронни импулси (с дължина на импулса $< 1 \mu\text{s}$). Те изискват малки (с обем от 0,5 l) забавители.

б) източници, генериращи дълги импулси неутрони (с дължина на импулса $\sim 1 \text{ ms}$).

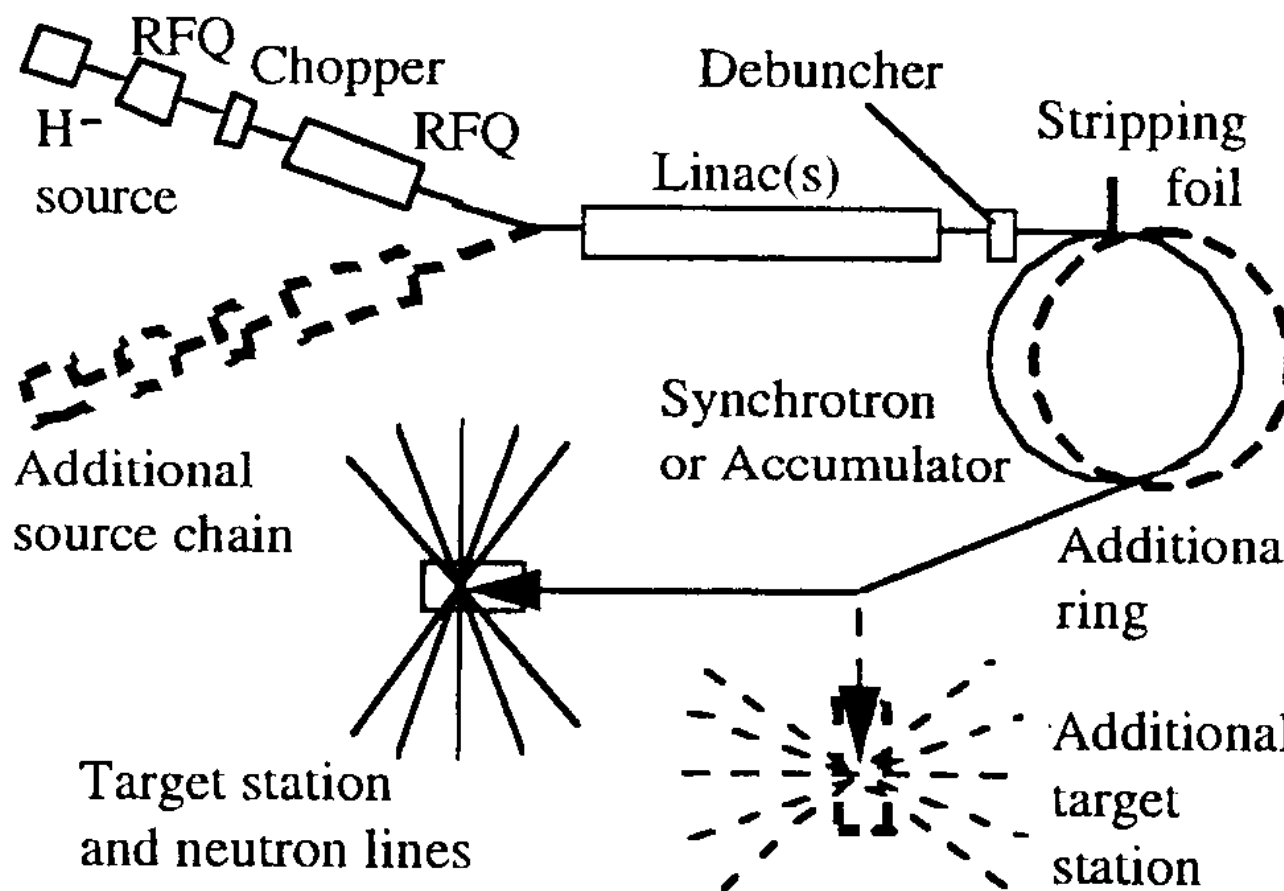
в) непрекъснати източници на неутрони. По генерирания неутронен поток този тип ускорителни източници на неутрони са подобни на ядрените реактори. Те изискват големи забавители от тежка вода.

Да се спрем накратко на всеки тип.

Мощните ускорителни източници на неутрони с микросекундни импулси дават възможност за провеждането на спектроскопия по време на прелитане с висока разделителна способност с неутрони до 10 eV. Измерванията по времето на прелитане

изискват много къси неутронни импулси ($< 1 \mu\text{s}$) и малка честота на повторение ($< 50 \text{ Hz}$). При тези условия мощност на снопа от порядъка на 1 MW не може да се постигне само с помощта на протонен линеен ускорител. Използваните схеми се състоят от импулсен линеен ускорител, от който протоните се инжектират в натрупващ пръстен (Фиг. 1). Натрупването става за достатъчно дълго време чрез техниката на многооборотната инжекция, а след това пръстена се изпразва взривообразно от частици чрез еднооборотен извод.

Използват се силнотокowi йонни източници на отрицателни водородни йони (H^-), които след пропускане през тънко фолио се презареждат до H^+ и това позволява инжектирането им с малки загуби в натрупващия пръстен - т.н. презарядна инжекция.



Фиг. 1. Принципна схема на spallation неутронен източник.

Натрупването се извършва както в напречното, така и в надлъжното фазово пространство.

Линейният ускорител може да ускорява протоните до крайната енергия от няколко GeV или пък до по-ниска енергия. Във втория случай вместо натрупващ пръстен се използва

бързоцикличен синхротрон за доускоряване на протоните. Този вариант е реализиран в spallation неутронния източник ISIS. Основен проблем при линейните ускорители с голям ток на снопа са различните видове нестабилности в движението на частиците, свързани с големия пространствен заряд на снопа.

Spallation неутронните източници с дълъг импулс (от порядъка на стотици μs) използват силнотокowi линейни протонни ускорители - проект LPNS в Лос-Аламос. От изследователските реактори в тази област работи прочутият ИБР-2 на ОИЯИ, Дубна, с мощност от 2 MW.

Spallation неутронните източници с непрекъснат сноп са базирани върху мощни циклотрони с разделени сектори - SINQ в Paul Scherer изследователски център в Швейцария.

Таблица 1 обобщава данните за съществуващите spallation неутронни източници, а Таблица 2 - тези за разработваните в момента проекти на мощни ускорителни източници на неутрони от второ поколение.

ТАБЛИЦА 1. Основни параметри на съществуващи spallation неутронни източници.

	IPNS Argonne USA	KENS KEK Japan	MLNSCE Los Alamos USA	ISIS RAL UK	SINQ PSI Switzerland
Ускорител	50 MeV Linac & Synchrotron	40 MeV Linac & Synchrotron	800 MeV Linac & Storage Ring	70 MeV Linac & Synchrotron	72 MeV Cyclotron & Cyclotron
р Енергия, MeV	450	500	800	800	590
Ток на снопа, μA	15	4.6	70	200	1500
Честота, Hz	30	20	20	50	Непрекъснат
Мощност, kW	6.8	2.3	56	160	885
Мишена	U^{238}	Ta	W	Ta	zIRCALOY
Брой инструменти	15	16	6	17	15

ТАБЛИЦА 2. Основни параметри на проектите за spallation неутронни източници от ново поколение.

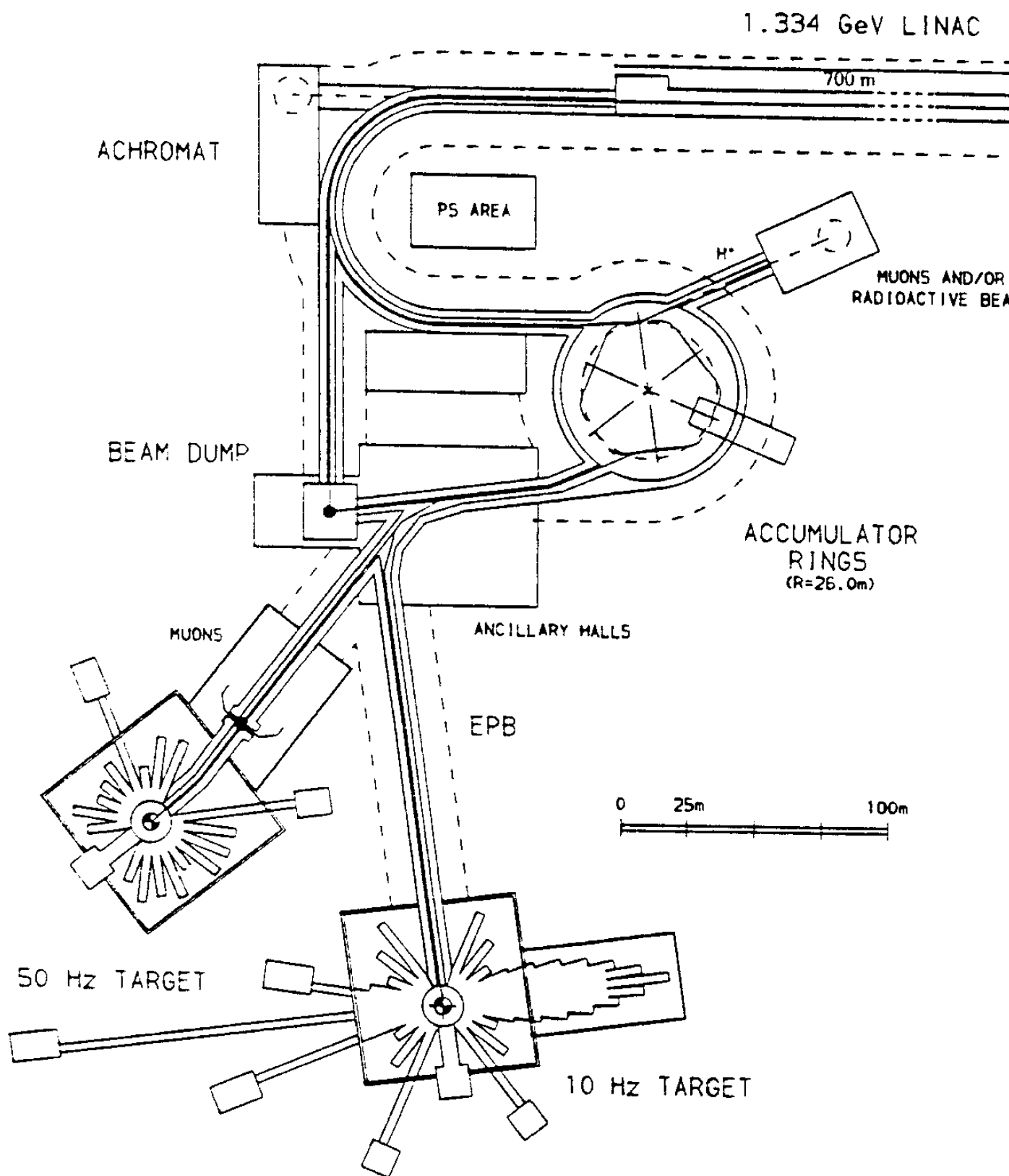
	SNS Oak Ridge USA	JHF KEK Japan	NSP JAERI Japan	ESS Europe	AUSTRON Austria
Инжектор	1 GeV Linac	0,2 GeV Linac	1,5 GeV SC	1,33 GeV Linac	130 MeV Linac
Ускорителен пръстен	2 storage rings	Synchro-tron	2 storage rings	2 storage rings	Synchrotron
р Енергия, GeV	1,0	3,0	1,5	1,334	1,6
Ток на снопа, mA	4,4	0,2	3,2	3,7	0,13
Честота, Hz	60	25	50	50	25
Мощност, MW	4,4	0,6	5	5	0,2

3. Проект "European Spallation Neutron Source".

През 1993 г. KFA, Julich, Германия и RAL, Великобритания започват съвместното разработване на проекта European Spallation Source (ESS) - мощен източник на неутрони, базиран върху ускорители. Ключовото число в проекта е средната мощност на неутронния поток, която трябва да е равна на 5 MW, т.е. 30 пъти по-голяма от тази в бързоцикличния синхротрон ISIS. Проектът е подкрепен от Европейският съюз и към него се присъединяват още 5 европейски страни. Средният поток топлинни неутрони в ESS ще бъде $7 \cdot 10^{14}$ n/(cm².s), а пиковият поток - $2 \cdot 10^{17}$ n/(cm².s).

ESS трябва да генерира неутронни импулси с дължина < 1 μs и да има две мишенни станции – едната, работеща при честота на повторение 50 Hz с мощност 5 MW, и втората, работеща с честота на повторение 10 Hz и мощност 1 MW.

Принципната схема на ESS е показана на Фиг. 2.



Фиг. 2. Принципна схема на проекта ESS.

Основната съставна част на ESS ще бъде импулсен протонен линеен ускорител с енергия 1,334 GeV. Линеиният ускорител ще работи с честота 50 Hz, при темп на ускоряване 2,8 MV/m. Ще се използва йонен източник на отрицателни водородни йони с пиков ток 140 mA и много малък емитанс.

След ускоряване в линеиният ускорител протоните се натрупват в два магнитни пръстена чрез техниката на многооборотната презарядна инжекция. Двата пръстена работят успоредно.

В един резонансен ускорител частиците се ускоряват на сгъстъци (bunch). В ESS един такъв банч ще съдържа $2,35 \cdot 10^{14}$ протона. Около сгъстъка съществува хало от паразитни частици. За отстраняването на това паразитно хало преди инжектирането им отрицателните водородни йони ще се пропускат през един дълъг магнитен канал със завъртане на 180° . В крайт на този канал йоните ще се разделят пространствено по енергия и чрез система от колиматори ще се отбират само полезните частици. По този начин се постигат изключително малки загуби < 1 nA/m.

Натрупващите пръстени са с радиус 26 m. Продължителността на цикъла е 0,4 μ s. В мишената снопът ще има елиптично сечение с размери 200 x 60 mm².

Конструкцията на мишенните станции е един от най-сложните въпроси. Мишената трябва не само да издържа на голямата средна мощност от 5 MW, но и много късите импулси (< 1 μ s) р 100 kJ енергия. Погълнатата енергия на импулсите предизвиква ударни вълни в материала на мишената. Мишената работи също в условия на силно радиационно увреждане и големи температурни градиенти.

За ESS е избрана мишена от течен метал - живак. Тя не се уврежда радиационно. Освен това отсъствието на водно охлаждане на мишената позволява голям неутронен добив и избягва корозията. Оценено е, че мишената дава 30% по-голям неутронен добив от танталова мишена с водно охлаждане.

Всяка мишена ще има 4 забавителя на неутрони обезпечаващи работа с различни спектрални температури и ще захранва 18 неутронни канала.

Като се има предвид много високата интензивност на неутронния поток се оценява, че годишно ще могат да се провеждат около 2 хиляди експеримента по неутронна дифракция.

Цената на ESS се оценява на 1,4 млрд. швейцарски франка.

Освен в Европа и в САЩ се разглеждат различни възможности за построяване на spallation неутронен източник от второ поколение със средна мощност 1-5 MW. Министерството на енергетиката (DOE) е присвоило висш приоритет на бъдещия национален източник на spallation неутрони. Проектът се координира от Ок-Риджската национална лаборатория и включва още 5 национални лаборатории - LBNL в Бъркли, LANL в Лос Аламос, BNL в Брукхайвън, ANL в Аргон и Ок-Ридж.

Литература

1. I. S. K. Gardner et al., A Review of Spallation Neutron Source Accelerators, Sixth European Particle Accelerators Conference, EPAC'98, Stockholm, 1998, pp. 98-102.
2. P. J. Bryant, Synchrotron-Driven Spallation Sources, Sixth European Particle Accelerators Conference, EPAC'98, Stockholm, 1998.
3. H. Lengeler, Spallation for Europe, CERN Courier, V 37, No 7, 1997, pp. 10-14.

ЯДРЕНАТА ОЙКУМЕНА*

Никола Балабанов, проф., Пловдивски университет

I. "ВЕЛИКИТЕ ГЕОГРАФСКИ ОТКРИТИЯ" В ЯДРЕНАТА ФИЗИКА

Преди 2500 години древногръцкият историк и географ Хекатей Милетски обозначава с термина “ойкумена” населената от човека част от Земята. Представа за тогавашните географски познания ни дава фиг. 1 [1]. Със заштрихованите части са означени океаните и моретата: Средиземно (1), Черно (2), Каспийско (3) и Черно (4). Хекатей Милетски включва в “Ойкумена” (незаштрихованата част): Европа (без северната ѝ част), Северна Африка, Мала- и Средна Азия, Индия.



Фиг. 1

Големият пробив в тези познания е направен две хилядолетия по-късно - по време на “великите географски открития”, с които се доказва кълбовидната форма на Земята, откриват се нови континенти и пътища между тях, обогатява се и се уточнява картографията на земната повърхност. Опианението, обхванало тогавашните мореплаватели, за търсене на нови земи, вълнуващо е описано от Ст. Цвайг в увода на романа “Магелан”:

“Експедициите следват една след друга - навсякъде, на север, на юг, на изток, на запад се появяват нови острови, нови земи ... Картата на света се изменя и разширява от година на година, от месец на месец ...”. За няколко десетилетия, пише писателят, експедициите са открили “повече светове и повече непознати земи, отколкото преди това цялото човечество през стотиците хиляди години на съществуването си”.

Подобно на географията от онова време, ядрената физика - рожба на 20-тото столетие, за кратко време разшири своите “територии”, като откри нови явления и закономерности, обясняващи същността на тези явления. Разликата с мореплавателите от XV и XVI-те столетия е в мащабите на пътешествията. Атомното ядро - този необикновен съгъстък от протони и неутрони, има размери по-малки от милионна част на милионната част от сантиметъра ($< 10^{-14}$ m). Не може да не се възхищаваме от дързостта на онези, които без правилна карта (подобно на Колумб), без да познават териториите, релефа и екзотиката на ядрения свят, тръгнаха да го покоряват и разширяват.

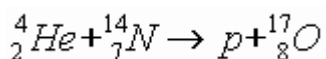
В поредица от статии ще разгледаме някои от “географските” постижения на ядрената физика, без да засягаме подробно нейния теоретичен фундамент.

КРАТКА ИСТОРИЯ

*В началото бяха лъчите***

Когато на 1-ви март 1896 г. Анри Бекерел изважда от тъмния шкаф почернената плака, с която преди това е опаковал уранов образец, той едва ли е предполагал, че пръв измежду хората улавя посланието от един непознат дотогава свят. През следващите години, главно благодарение на Мария и Пиер Кюри, както и на Ъ. Ръдърфорд, явлението радиоактивност се превръща в едно от най-важните направления на физиката. През 1900 година Мария Кюри за пръв път изказва хипотезата за възможно взаимно превръщане на елементите при радиоактивните процеси.

Атомното ядро - действителният източник на радиоактивните лъчи е открито през 1911 г. от Ръдърфорд. През 1914 г. той вече изказва идеята за изкуствено превръщане на атомните ядра, респ. атомите на елементите. Идеята е осъществена от него през 1919 г. Първата ядрена реакция има вида:



Тази реакция може да се смята за начало на новата “алхимия”, в която се осъществява несбъднатата през хилядолетията мечта за превръщане на едни елементи в други.

Друга знаменателна година за ядрената физика е 1932. През тази година Чадуик открива неутрона (n), Андерсън - позитрона (e^+); Кокрофт, Уолтън и Лоуренс пускат първите ускорители и осъществяват ядрени реакции с ускорени частици; Хайзенберг и Иваненко поставят началото на теоретичната ядрена физика.

Благодарение на тези открития вече е изяснен съставът на атомното ядро - това е забележително асорт от протони и неутрони, което природата е скътала дълбоко, дълбоко в пазвите си. С помощта на тези две частици тя е създала близо 300 стабилни ядра, които принадлежат на елементите, разпространени в земната кора. Оказва се, че всеки химичен елемент притежава две - три ядрени разновидности - т.н. изотопи, които имат един и същи брой протони, но се различават по количеството неутрони в състава си.

Мощен тласък на развитието на ядрената физика дава откритата от И. и Ф. Жолио - Кюри изкуствена радиоактивност (1933 - 34 г.), която няколко месеца по-късно Е. Ферми, използвайки неутрони, превръща в основен метод за получаване на нови изотопи. В ръцете на физиците се появява могъщо средство за преобразуване на атомните ядра и за получаване на ядрени разновидности.

Именно по това време (средата на 30-те години) в ядрената физика настъпва онова оживление за търсене на нови “земи”, подобно на описаното от Ст. Цвайг в неговия роман. Въоръжени с източници на α -частици, протони, неутрони и деутрони, експериментаторите започват да получават нови радиоактивни изотопи, дори нови елементи: технеций (1937 г.) и франций (1939 г.). Тези открития означават началото на “великите географски открития” в ядрената физика.

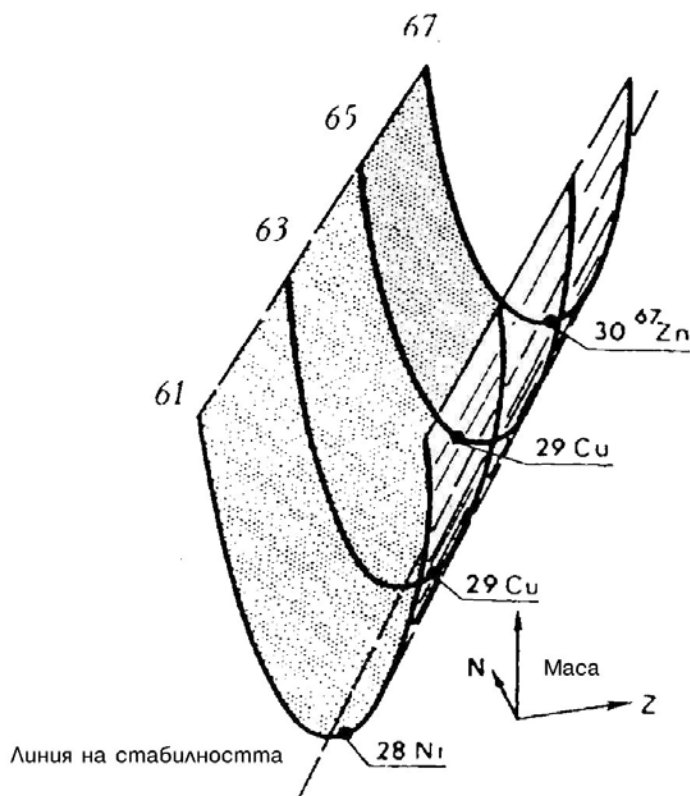
През 1940 г. Мак-Милан от Калифорнийския университет в САЩ синтезира нептуния ($Z = 93$) и ядрената физика навлиза в областта на трансурановите елементи - нови, неизвестни за науката територии [2]. В духа на описанията на Цвайг, може да се каже, че картата на атомните ядра “се изменя и разширява от година на година, от месец на месец” появяват се нови острови, нови земи. На езика на ядрената физика това са т.н. изотопи, изотони, изобари, изомери и т.н.

Преди да опишем някои от най-новите постижения в синтезирането на атомни ядра, нека припомним общите правила, по които природата е изградила

ДОЛИНИТЕ И СТРЪМНИНИТЕ НА ЯДРЕНИЯ ЛАНДШАФТ.

Най-простият ядрен модел уподобява ядрото на течна капка от несвиваема течност. На основата на този модел са получени полезни изрази, които свързват устойчивостта на ядрата (т.е. енергията на свързване) с техния нуклеонен състав. С помощта на тези изрази енергията на ядрата може да се представи във вид на функции от броя на протоните (Z), неутроните (N) или на масовото число ($A = Z + N$). При постоянно A зависимостта на масата от Z има параболичен характер: $M \sim (N - Z)^2$.

На фиг. 2 са показани параболите за ядра с $28 \leq Z \leq 30$ при определени стойности на масовото число. На фигурата ясно се очертава “долината”, в която са разположени стабилните ядра. За тези ядра отношението N/Z се изменя от единица в началото на периодичната система, до $N/Z \approx 1,6$ - в края ѝ.



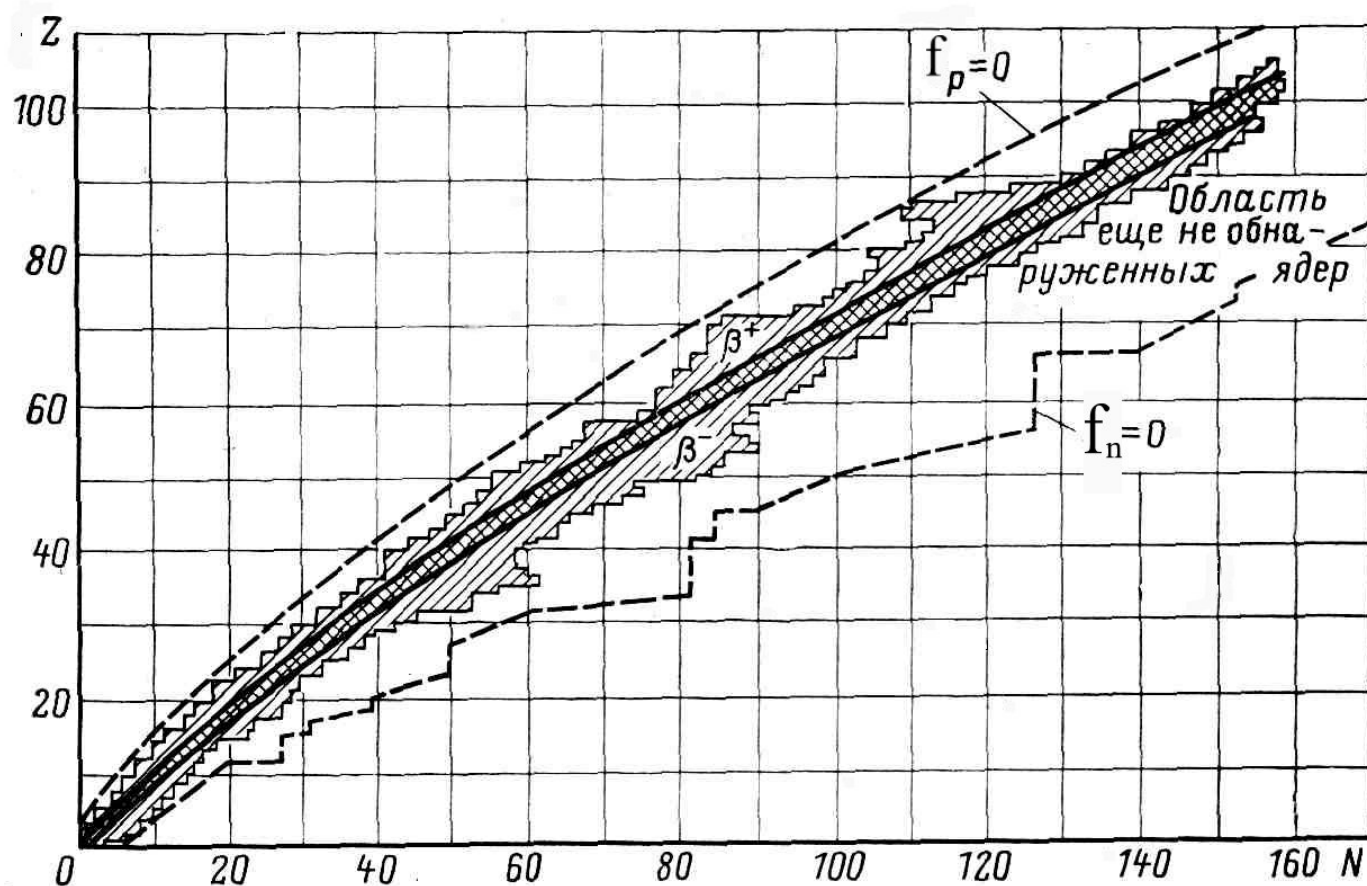
Фиг. 2

Ядрата, които са разположени по “склоновете” се стремят да “паднат” в долината, претърпявайки радиоактивно разпадане. Изотопите с “излишен” брой неутрони, в сравнение със стабилните изотопи на даден елемент, са неустойчиви по отношение на изпускане на бета-частици (β^-). В такива случаи неутронът се превръща в протон ($n \rightarrow p$) и изотопът на даден елемент (Z, A) се превръща в изотоп на друг елемент ($Z+1, A$), който се намира по-близо до долината на стабилността, понеже има един неутрон по-малко и един протон повече. От другата страна на долината са разположени неутронодефицитните ядра, които имат в състава си твърде много протони. Те се приближават към долината на устойчивост, превръщайки в процеса на позитронното разпадане ($p \rightarrow e^+ + n$) един от протоните в неутрон.

С увеличаване броя на нуклеоните от който да е “сорт” (в сравнение със стабилните ядра) тяхната връзка с ядрото намалява, в резултат на което неговото време на живот се скъсява. За определен брой неутрони в ядрото N , съществува някакъв максимален брой протони $Z_{\text{макс}}$, който може да се присъедини към ядрото и да образува протонноустойчиво ядро. Присъединяването на още един протон ($Z_{\text{макс}} + 1$) не е възможно, защото за него енергията на свързване ще бъде отрицателна. Ако през всички стойности на $Z_{\text{макс}}(N)$ се прекара линия, тя ще образува границата на протонната стабилност, $f_p = 0$.

Аналогично, за всеки брой протони Z , съществува някакъв максимално възможен брой неутрони $N_{\text{макс}}$, при който могат да се образуват неутроноустойчиви ядра. Съвкупността от стойностите $N_{\text{макс}}(Z)$ определя границата на неутронноустойчивите

ядра, $f_n = 0$. Общият вид на неутронно-протонната диаграма на изотопите е показан на фиг. 3. Със заштрихованата ивица е обозначена областта на известните изотопи. Зад външните линии ($f_p = f_n = 0$) започва “морето на нестабилността”.



Фиг. 3

За да стане по-ясна представата за релефа на ядрената карта ще прокоментираме една от важните характеристики на нестабилните ядра - тяхното “време на живот”, τ . Според този параметър ядрата могат да се класифицират така:

Радиоактивни ядра - при $\tau \geq 10^{-12}$ s;

Квазистационарни състояния - $10^{-12} \geq \tau \geq 10^{-22}$ s;

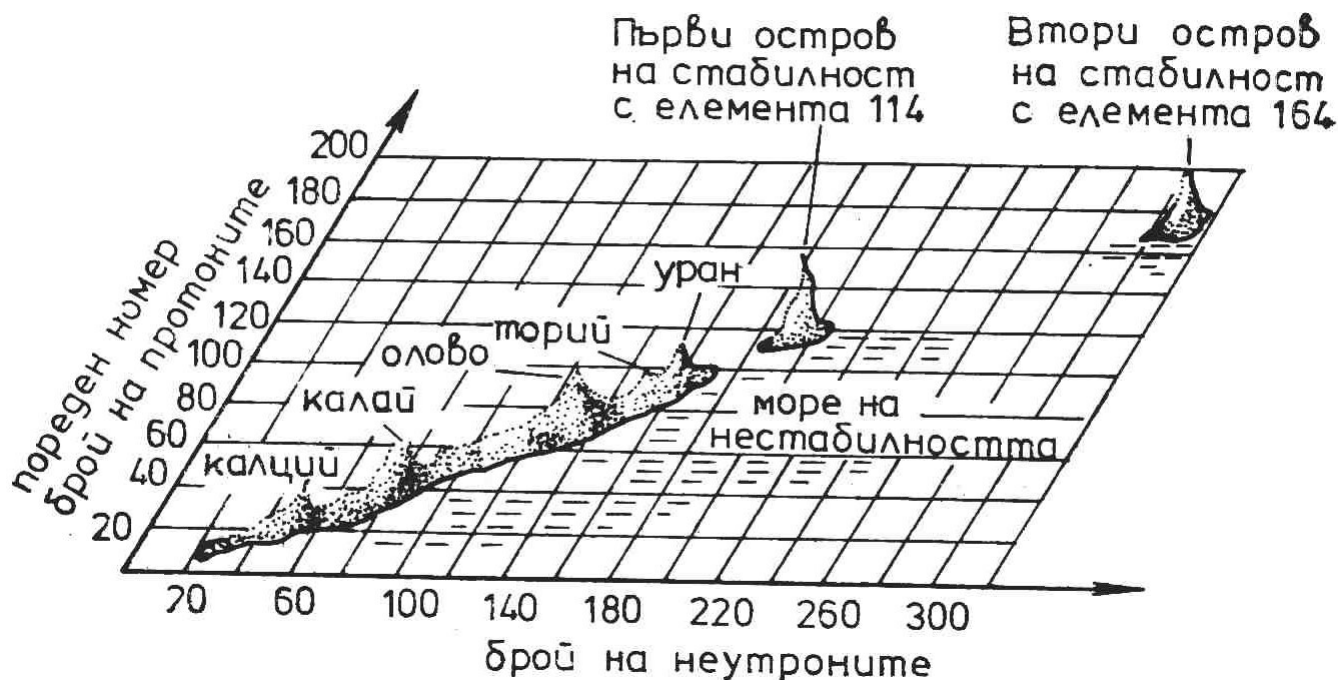
При $\tau \leq 10^{-22}$ s ядрата не могат да съществуват.

Установено е, че ядрата, намиращи се в квазистационарно състояние, запазват своите специфични свойства (маса, състав, заряд, квантови характеристики) и могат да се разглеждат като нуклеонностабилни. Грубите оценки показват, че областта на нуклеонностабилните ядра се населява от 6 - 8 хиляди изотопа. Синтезирането на ядрата в тази област е една от най-интересните задачи на ядрената физика. Особен интерес представлява изучаването на ядрата около границите на стабилност, дори и тези с отрицателна енергия на свързване. Подобно на краткоживущите състояния на елементарните частици, те се проявяват във вид на резонанси. Изследванията на такива

резонансни състояния носят важна информация за възможностите за по-нататъшно предвижване към границите на стабилност, предсказани от теорията на атомното ядро. А тези предсказания не могат да претендират за точност и изчерпателност.

Въпреки значителния прогрес на нашите теоретични и експериментални знания за свойствата на ядрата, те трудно могат да се екстраполират в неизвестните още области на неутронообогатените ($N \gg Z$) и неутронодефицитни ($N \leq Z$) ядра. По образното сравнение на американския физик А. Бромли екстраполацията на натрупаните знания за предсказване на свойствата на възможните атомни ядра напомня за опитите да се опише ландшафта на една страна, основавайки се на познанията за дъното и най-близките склонове на едно от нейните дефилета.

Капковият (макроскопичен) модел на ядрото е нагледен и полезен, но с него може само грубо да се опише релефът на ядрената ойкумена. Много експериментални данни за характеристиките на ядрата показват, че в тях се наблюдава някаква структура, аналогична на електронните слоеве в атомната обвивка. Едно от удивителните свойства на ядрената структура е високата устойчивост на “ансамбъла” от нуклеони при определен брой протони или неутрони, а именно: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126. Поради особеното им място в ядрената физика, тези числа са наречени “магически” и определят броя на нуклеоните в запълнените слоеве. Всички ядра с магически брой протони или неутрони в състава си, притежават повишена стабилност, т.е. имат по-голяма енергия на свързване в сравнение с околните. Ползвайки нагледните представи на географията, посочените особености могат да се илюстрират с релефната карта на фиг. 4. На нея се извисяват “планините” на калция ($Z = 20$), калая ($Z = 50$) и оловото ($Z = 82 = 126$) [3]. Особено забележително е, че тази карта демонстрира едно от важните предсказания на слоевия (микроскопичния) модел на ядрото - съществуването на свръхтежки стабилни елементи - т.н. “Острови на стабилността” (при $Z = 114$, 164 и др.).



Не по-малък е интересът и към леките и средни ядра, които лежат близо до границите на стабилност. Този интерес непрекъснато расте, причините за което са съвсем основателни:

- пограничните ядра дават уникална възможност за проверка на теоретичните подходи, които се развиват за обяснение на ядрените свойства, вече приложени в нови условия, за нови, необикновени комбинации от протони и неутрони;
- има указания, че ядрата, лежащи близо до границите на стабилност, изпитват необикновени превръщания;
- изследванията в тези области имат важно значение за астрофизиката, по-специално за т.н. “г-процеси” (бързи процеси, в които получените в резултат на залавяне на неутрони нестабилни изотопи, успяват да заловят допълнителни неутрони преди да се разпаднат.

Естествено, една от задачите на ядрената физика е възможно по-пълно изучаване на всички ядра, които могат да съществуват достатъчно дълго време ($\tau > 10^{-22}$ s). За тази цел физиците трябва да разполагат с необходимата

АРТИЛЕРИЯ ЗА ПОКОРЯВАНЕ НА НОВИ ТЕРИТОРИИ.

Сред начините за получаване на радиоактивни изотопи основни са следните:

- делене на ядрата и залавяне на неутрони в ядрените реакции;
- ядрени реакции с леки частици (p, d, α) при сравнително ниски енергии;
- реакции с високоенергетични частици (стотици MeV);
- реакции с ускорени тежки йони.

В това отношение ядрената физика получи мощен тласък от развитието на ускорителните установки, предназначени за получаване на интензивни снопове тежки йони - атоми на химическите елементи с маса по-голяма от масата на хелиевия атом. Ролята на ускорителите на тежки йони може да се сравни с онази, която откриването на телескопа е изиграло в астрономията.

С помощта на електростатични ускорители могат да се получат снопове от тежки йони в масовия диапазон $A \leq 100$ с енергии до 10 MeV/нуклеон и с интензитет $10^9 \div 10^{11} \text{ s}^{-1}$. По-нататъшно увеличаване на енергията и разширяване диапазона на ускоряваните маси става с ускорители от типа на циклотрона, синхротрона, линейните ускорители и др. Например линейният ускорител UNILAC (Германия, Дармщадт) произвежда йони от ^{14}N до ^{238}U с максимална енергия 20 MeV/нуклеон и с интензитет $10^{11} \div 10^{13} \text{ s}^{-1}$. Циклотронът У-400 в Дубна (Русия) ускорява йони от ^{12}C до ^{238}U с енергии $15 \div 20$ MeV/нуклеон и интензитет $10^{12} \div 10^{13} \text{ s}^{-1}$.

Най-новото поколение ускорители на тежки йони позволява да се получат високоинтензивни снопове от радиоактивни ядра, които се оказаха превъзходен метод за изследване свойствата на ядрената материя. С помощта на този метод силно се

разширява фронтът на изследване на екзотичните ядра, отдалечени от долината на стабилността.

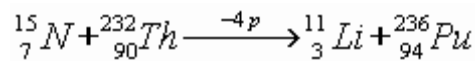
Поради изключителната важност на

ЯДРЕНИТЕ РЕАКЦИИ С ТЕЖКИ ЙОНИ

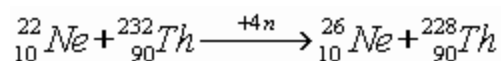
за синтезиране на нови нуклиди, ще посочим най-ефективните от тях:

1. Реакции на сливане. При тях се образуват промеждутъчно възбудено ядро, което след това преминава няколко етапа на преобразуване: изпускане на няколко бързи нуклеона, установяване на статистическо равновесие и делене (или “изпаряване” на няколко неутрона). Тези реакции се използват за синтез на силнонеутронодефицитни ядра.

2. Реакции с предаване на нуклеони: две сложни ядрени системи се сблъскват, в резултат на което става интензивен обмен на нуклеони, например



или

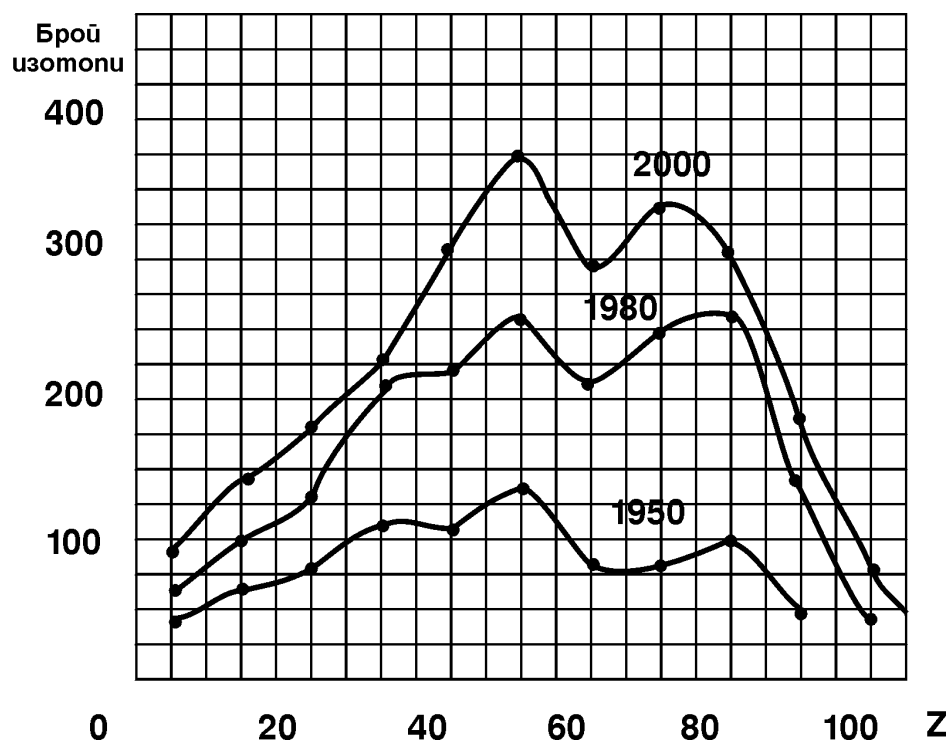


С тези реакции успешно се синтезират неутронообогатени изотопи на леките елементи.

3. Преки ядрени реакции. Те се съпровождат с избиване на нуклеони и отделни кластери от ядрата - мишени. На основата на законите за запазване, чрез определяне свойствата на едно от ядрата, се съди за характеристиките на другото. Така се изследват ядрата в квазистационарно състояние, когато прякото им регистриране е невъзможно.

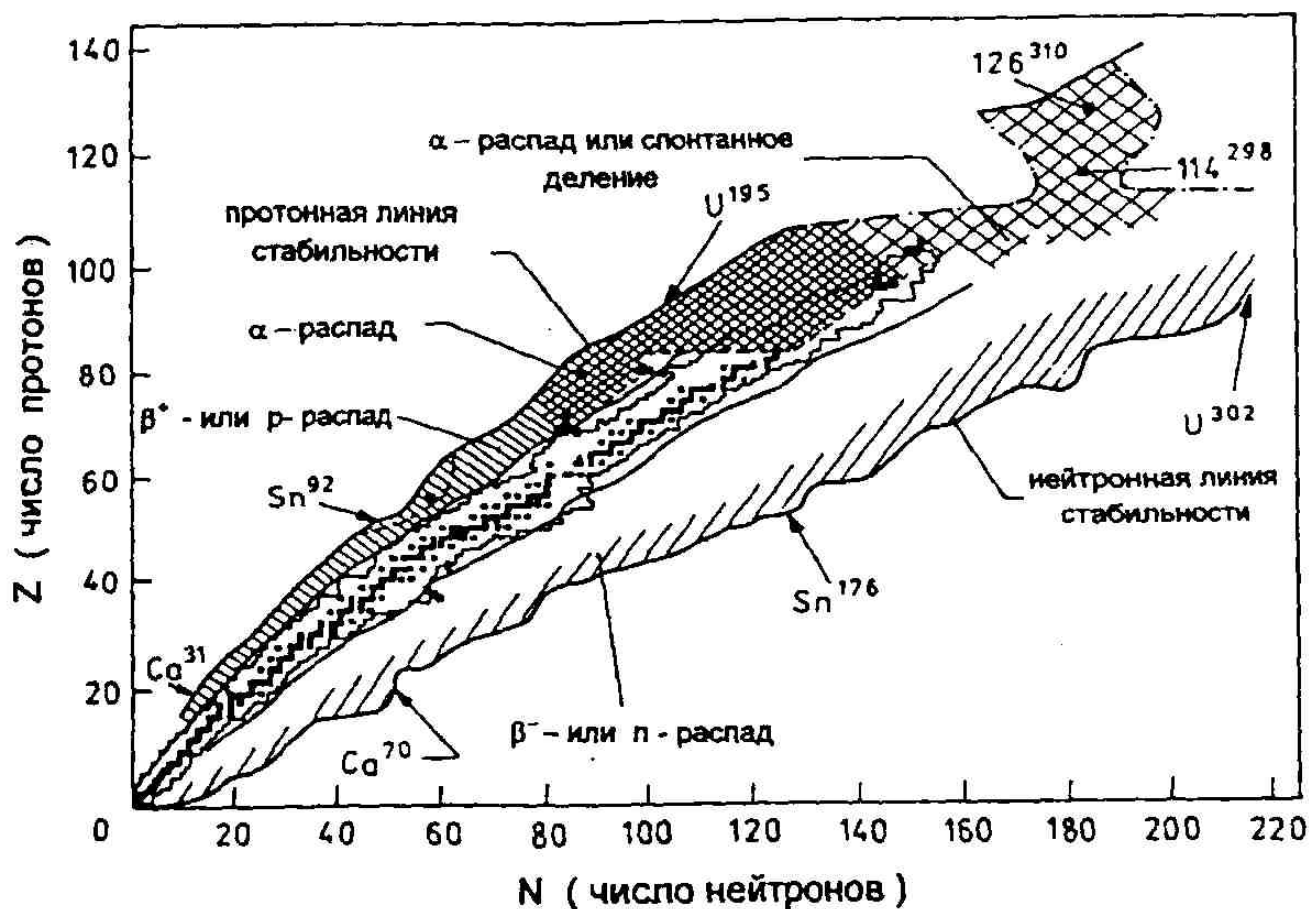
4. Реакции с фрагментация. С увеличаване на енергията на бомбардиращите ядра ($E > 30 \text{ MeV/n}$), мишената се разбива на множество фрагменти - по-леки ядра, с широк диапазон на масите, електричния заряд и енергията. Изкуството на експериментаторите се състои в отделянето на интересуващите ги ядра на фона на множеството фрагменти.

В заключение ще посочим в най-общ вид постиженията в синтезирането на нови изотопи и елементи. На фиг. 5 е показано, как се е изменял броят на известните изотопи през последните 50 години (за всяка група елементи с $\Delta Z = 10$). Както се вижда, целия фронт настъплението е мощно и резултатно. Понастоящем са известни над 2500 ядра - изотопи.



Фиг. 5

По-цялостна представа за постиженията може да се добие от фиг. 6, на която е показана неутронно-протонната карта на изотопите (подробен вариант на картата, показана на фиг. 3). Стабилните и дългоживущи ядра са представени с черни квадратчета. Близко до тях, с непрекъснати линии са показани границите на известните понастоящем ядра. Външните непрекъснати криви ограничават предполагаемата област на квазистабилни ядра. Зад тези линии започва “морето” на нестабилността.



Оѐѐ. 6

Освен постиженията на картата ясно се виждај недостигнатите рубежи, към които се цели ядрената артилерия. Това се илюстрира по-конкретно с изотопите на няколко елемента: калций, калай и уран. Например, сравнително неотдавна беше синтезиран изотопът ^{100}Sn (двойно магическо ядро със $Z = N = 50!$). В неговия състав има 12 нейтрона по-малко отколкото в най-лекия изотоп на калай, който се среща в природата. Ядрото на ^{100}Sn живее малко повече от 0,5 s. На другия край на известните калаени изотопи стои ^{134}Sn - преобогатено с нейтрони ядро ($\tau \sim 1$ s).

Както се вижда постиженията са внушителни - границите на природното съдържание са далеч надхвърлени. А теоретиците показват "на хоризонта" още много перспективи. Протонната граница за калай се смята ^{92}Sn , а нейтронната - ^{176}Sn . От възможните 80 изотопа на калай сега са известни 35, т.е. по-малко от половината.

Подобна е ситуацията и при другите елементи. Например, за да се достигне до ^{302}U , който лежи на границата на ядрената стабилност, трябва да се синтезират още 60 нови тежки изотопа на този елемент.

Както се вижда, на ядрената карта остават още огромни неизучени терени, което ще осигури на следващите поколения изследователи още много грижи, вълнения и

постижения. Няма съмнение, че ХХІ-ият век ще разшири нашите представи за ядрената ойкумена.

* От гр. οἰκουμένη – населената част на Земята.

** Перифраза на първото изречение в романа “Магелан”: “В началото бяха подправките”.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] БСЭ, М., изд. “Сов. энц.”, 1971, т.6, стр.187.

[2] Фльоров Г. Н., А. С. Илинов, По пътя на свръхелементите, ДИ “Н. просвета”, София, 1981.

[3] Хофман К., Може ли да се прави злато, “Наука и изкуство”, Соф., 1984.

НАИСТИНА ЛИ АЙНЩАЙН ОТКРИВА " $E = mc^2$ "?

У. Л. Фаднър,

Катедра по физика, Университет на Северно Колорадо

1. Въведение.

Множество книги и статии показват, че специалната теория на относителността не е неочаквана работа на самотен гений, а по-скоро последователно дело на много учени с решаващи приноси на Лоренц, Поанкаре и Айнщайн. Но един от най-ефектните резултати на теорията на относителността, уравнението $E = mc^2$, обикновено се свързва само с Айнщайн и изглежда за много хора като изключително негово откритие, присъщ символ на неговите величествени достижения. Въпреки това обосноваността на първия Айнщайнов извод на това уравнение неотдавна беше силно оспорвана.

В статия от 1952 г. Хърбърт Айвс прави две твърдения срещу даване на признание на Айнщайн за $E = mc^2$: 1) Айнщайн не е първият, който е предложил идеята и 2) Айнщайновата статия от 1905 г. е "несвършена" в това, че "въвежда ... самото съотношение, което изводът иска да докаже". Айвс завършва своята статия с решителното твърдение, че "връзката $E = mc^2$ не е изведена от Айнщайн". По-късно Джералд Холтън цитира тези твърдения на Айвс. Макс Джемър възпроизвежда и поддържа тези твърдения в книгата си *"Понятието маса в класическата и съвременната физика"*, като казва, че тази знаменита формула "е била резултат на *petito principii*, заключение в началото на въпроса". В изследване върху относителността от 1966 г. Х. Арзелие повтаря твърдението на Айвс и по-нататък съжалява за "слабото значение на логиката във физичните изследвания". В своята книга върху развитието на Айнщайновата специална теория на относителността от 1981 г. Артър И. Милър повтаря второто възражение на Айвс, но отбелязва, че Айнщайн е дал няколко други извода на $E = mc^2$ след 1905 г., като чрез това парира първото възражение на Айвс.

В статия от 1982 г. Джон Стейчъл и Роберто Торети показват, че твърдението за грешка в Айнщайновата статия (за връзка между маса и енергия от 1905 г.) е станало традиция въпреки неприемливия аргумент на Айвс. Те подкрепят Айнщайновия извод, като посочват, че уравнението, което Айвс оспорва, следва точно от основните понятия на относителността. (Айнщайн не е включил такъв аргумент.)

Настоящата статия прави кратък обзор на развитието на понятието за маса-енергия, като показва, че то има значително по-дълга история, отколкото може да се очаква от четенето на учебници или на популярни мнения. Включен е и кратък обзор на Айнщайновата статия от 1905 г. и върху предмета и изследването на някои аргументи, които са били повдигнати за обосноваността на доказателството в тази статия. Основната грешка, която прави Айвс при оспорване на Айнщайновата статия, се разглежда подробно, като се дава прост аргумент в полза на Айнщайновото уравнение, освен този на Стейчъл и Торети. Във връзка с тези спорни въпроси са включени дискусии по общата природа на кръговите аргументи и основните понятия за кинетична енергия.

2. Кратка история на понятието за маса-енергия.

Таблица 1 представя кратко историята на понятието за маса-енергия. Това, което може да бъде изненадващо за много съвременни физици, е големият брой учени, които са работили върху проблема. Част от тази работа е извършена преди 1905 г. Множество други по-маловажни работи на тази тема не са включени в таблицата. От таблицата липсва също важното откриване на радиоактивността от Антоан Бекерел през 1895 г. и следващата работа на множество учени върху нея. Не са включени и няколко важни работи върху електромагнитната теория и относителността през този период. Някои от тях са споменати в текста, който следва. Много от оригиналните работи са на немски или френски или са трудни за получаване. Хубави обзори на тези статии се намират в редица нови книги и статии. При обзора на тази история е важно да се разбере, че въпреки че концепцията за *увеличаване на масата със скоростта* (и следователно с кинетичната енергия) е свързана с концепцията за *еквивалентност на маса и енергия*, това не са идентични концепции. Те не следват ясно и очевидно една от друга. Днес връзката между тях ни е ясна, но преди 1905 г. това не е било така.

Табл. 1. История на връзката маса-енергия. Означения: μ - магнитна проницаемост, e - заряд на електрона, a - радиус на зареден обект, E - наблюдавана енергия, v - наблюдавана скорост, c - скорост на светлината, m_0 - маса на покой, m_L - надлъжна маса на движещ се обект. Уравнения за напречната маса тук не са дадени.

Година	Изследовател	Резултати
1885	Дж. Дж. Томпсън	Зареден проводник в движение увеличава масата си с $\delta m^e = 4\mu e^2/15a$.
1889	О. Хевисайд	Корекция на увеличението на масата $\delta m^e = 2\mu e^2/3a$.
1900	А. Поанкаре	Електромагнитната енергия има импулс. Той може да се представи чрез "въображаем флуид" с плътност на масата $\rho = J/c^2$, където J е плътността на енергията.
1901	В. Кауфман	Експериментално доказателство, че напречната маса на електрона нараства със скоростта.
1902	М. Ейбрахам	Предложение: масата на електрона е чисто електромагнитна.
1903	М. Ейбрахам	Полеви уравнения за нарастване на масата със скоростта в модел на твърди сферични заряди. В добро съгласие с данните на Кауфман (сега е ясно, че са некоректни).
1904	Х. А. Лоренц	$m_L = m_0(1 - v^2/c^2)^{-3/2}$ коригира нарастването на масата (от Лоренцовите трансформации, на основата на деформируеми сферични заряди).
1904	Ф. Соди	Устно твърдение: радиоактивността протича със загуба на маса от системата.

1904	Ф. Хазенъорл	$\delta m^e = 8E/3c^2$ забележима добавка към масата на една термодинамична система, дължаща се на вътрешно лъчисто налягане. Поправена на $\delta m^e = 4E/3c^2$ през 1905 г.
1905	А. Айнщайн	(a) $m_L = m_0(1 - v^2/c^2)^{-3/2}$ (b) $\delta m = E/c^2$: Масата на едно тяло намалява с L/c^2 , ако то отдава енергия L (до първи порядък в v^2/c^2).
1906	А. Поанкаре	Стабилен (деформируем) електрон изисква допълнителни неелектрични сили (напрежения на Поанкаре), за да бъде съвместим с теорията на относителността.
1906	А. Айнщайн	$\delta m = E/c^2$: мислен експеримент “фотон в кутия”, в който се използва излъчена и погълната кинетична енергия. Запазването на масата е частен случай на запазването на енергията.
1907	А. Айнщайн	Точна формулировка на енергия на покой. Енергията и масата са еквивалентни. $E = m_0c^2(1 - v^2/c^2)^{-1/2}$
1907	М. Планк	$\delta m = E/c^2$: промяна на масата при поглъщане и излъчване на топлинна енергия (от кинетичната енергия).
1907	А. Айнщайн	Връзката маса-енергия е в сила и за гравитационната енергия.
1908	М. Планк	Връзката маса-енергия е в сила при всички видове енергия. (Закон за инертност на енергията).
1908	Х. Минковски	Законът за инертност на енергията следва от тензорната формулировка на относителността.
1909	А. Бухерер	Измервания за нарастването на масата, подкрепящи Айнщайн и Лоренц.
1911	Люис, Толман и П. Епщайн	Общо уравнение за масата, $m = m_0(1 - v^2/c^2)^{-1/2}$, за всички случаи, от $L = dp/dt$.
1913	П. Ланжевен, Р. Суайн	$E = mc^2$ се прилага за теоретични пресмятания на атомни маси.
1913	М. фон Лауе, П. Ланжевен	Напреженията на Поанкаре (неелектрични сили) стабилизируют електрона и съгласуват електронната теория с $E = mc^2$.
1914	Г. Нойман	Решителна експериментална подкрепа за уравненията на Лоренц и Айнщайн за масата.

В края на 19-ти век редица учени са работили върху електромагнитната теория на материята. Целта е била да се изведат всички физични закони, вкл. и тези на механиката и гравитацията, от електромагнетизма. В рамките на тази дисциплина се правят опити да се обяснят не съвсем целочислените атомни маси на повечето от познатите елементи. Поради това масите на заредените обекти стават важни. През 1881 г., разглеждайки електромагнитната енергия, генерирана от бавно движеща се заредена сфера, Дж. Дж. Томсън установява, че "ефектът на зареждане е същият, както ако масата на сферата би се увеличила с $4\mu e^2/15a$ " (тук μ е магнитната проницаемост, e - зарядът на сферата, а a - нейният радиус). Това е ефект на собственото поле. Изискваните изменения в самоиндуцираното поле при ускоряването на сферата се изразяват в увеличено съпротивление срещу движението на сферата и ефективно по-голяма маса, отколкото за незаредена частица. По-късни изследователи, вкл. Оливър Хевисайд, подобряват това изчисление, като получават $m_0^e = 2\mu e^2/3a$, където индексът 0 посочва, че това е квазистатичен резултат, а индексът e - че това е електромагнитна маса.

През 1892 г. Х. А. Лоренц публикува обширна статия върху електромагнитната теория. Той започва с Максвеловите уравнения, изразени в етерната система на покой, и получава вълновото уравнение при нулева плътност на заряда. Като използва Галилеевите трансформации, той пренаписва тези уравнения за инерциална отправна система S_r , която се движи със скорост v спрямо етера. Времето в двете системи е еднакво. Той приема, че реалната материя (молекули) може да се разглежда в покой в системата S_r . Но уравненията в тази система нямат правилната форма на вълново уравнение. Лоренц намира втора координатна трансформация към нова система S' , която запазва правилната форма на вълновите уравнения. Резултантните нови координати, получени чрез математична конструкция, нямат ясен физичен смисъл. Лоренц решава тези уравнения в редица случаи, в частност за системата S_r , до първи и втори порядък относно v/c , като осигурява приемливо съгласие с няколко подходящи експерименти.

По-късно, през 1892 г., Лоренц използва тези уравнения, за да предложи обяснение на опита на Микълсън-Морли, който не успя да покаже какъвто и да е ефект на движение на Земята през етера. Той предполага, че не е "невероятно" размерите на обекта да се съкращават в направление на движението му до дължина по формулата $x_r = x'(1 - v^2/c^2)^{1/2}$, получена от горната двойна трансформация и някои допълнителни приемания. Дж. Ф. Фитцджералд също предлага това съкращение. Трансформацията и формулата за съкращението се появяват съвсем естествено без електромагнитната теория. Но няма добър физичен аргумент, че втората трансформация е нещо повече, освен подходяща координатна субституционна зависимост, с изключение на това, че нейното използване дава резултати, съвместими с неотдавнашни експерименти. На това основание много физици смятали валидно *ad hoc* използването на тези уравнения като актуални физични трансформации.

Лоренц изменя тези уравнения през 1895 г., за да включи понятието за "локално време", дадено с $t_L = t - (v/c^2)r$, чрез което горните уравнения могат да се трансформират в това, което сега се нарича *Лоренцови трансформации*. "Локалното време" се отнася към времето в неподвижната система, в която се оценява веществото или йоните. Почти всички работи върху електромагнитната теория след 1895 г. са били основани на уравнения и концепции от тези статии на Лоренц.

Уравнението на Поанкаре от 1900 г. $\rho = J/c^2$ също се появява в обширно изследване на електромагнетизма. Тук ρ е плътността на ефективната маса, а J - плътността на енергията. Това уравнение би могло да се появи като еквивалент на $m = E/c^2$, но съотношението на Поанкаре се отнася до плътността на енергията на "въображаем флуид" отлъчение и не поражда твърдение относно самото вещество. През 1952 г. Айвс показва, че уравнението маса-енергия *би могло* да се изведе от уравненията в статията на Поанкаре от 1904 г., но Поанкаре не го е направил. В статията си от 1900 г. Поанкаре твърди, че този въображаем флуид не би могъл да се уподобява напълно на реален флуид.

През 1902 г. Макс Ейбрахам предполага, че цялата маса на електрона е електромагнитна. В чисто полево теоретично разглеждане от 1903 г. Ейбрахам използва импулса на електромагнитната енергия и модел, основан на твърди сферични заредени частици. Предсказанията на тази теория за нарастване на масата на електрона при увеличаване на скоростта се съгласуват приемливо с резултатите от опитите на Кауфман от 1902 и 1903 г. Мнозина, които са работили върху електронната теория, са възприели концепцията, че масата на електрона е изцяло електромагнитна, така че няма веществена маса.

През 1904 г. Лоренц постулира, че неговите координатни субституции са физични трансформации и използва модела на сферични заредени частици, които се изменят по размери в съответствие с релативистичното надлъжно скъсяване. С тези средства той получава това, което сега се смята за правилни релативистични уравнения за масата на частиците като функция на скоростта. Различни стойности за масата бяха намерени за ускорения напречни спрямо скоростта v .

Видимо първото недвусмислено твърдение, че веществената маса се превръща в енергия при радиоактивното разпадане е направено от Фредерик Соди в главата "Очаквания" на книгата му от 1904 г. *Радиоактивност: елементарно разглеждане* :

"... не може да се очаква, че законът за запазване на масата ще се задържи при радиоактивните явления. Работата на Кауфман може да се вземе като експериментално доказателство за нарастване на привидната маса на електрона, когато скоростта му се доближава до тази на светлината. Тъй като при разпадането електроните се изхвърлят със скорости твърде близки до тази на светлината и след излъчването изпитват съпротивление и намаляват скоростта си, общата маса трябва да бъде по-малка след разпадането, отколкото преди него. От тази гледна точка атомната маса трябва да се разглежда като функция на вътрешната енергия и разсейването на последната при радиоактивността става, поне в известна степен, със загуба на маса от системата."

Интересно е, че книгата от лекции върху радиоактивността, издадена от Соди през 1908 г., не включва никакво подобно твърдение.

През 1904 г. Хазенъорл извежда нарастването на привидната маса на движеща се кухина, съдържаща електромагнитна енергия E , като получава $\delta m^e = 8E/3c^2$. През 1905 г., по предложение на Абрахам, той коригира това на $\delta m^e = 4E/3c^2$. Докато това биха могли да бъдат първите уравнения за масата-енергията, Хазенъорловото развитие е непълно, като удовлетворява некоректни уравнения за пълното съотношение маса-енергия. Също така общият смисъл на съотношението не се изследва. През следващите години множителят $4/3$ става отличителен белег на електромагнитната теория

(наричана често класическа електронна теория) спрямо Айнщайновата релативна теория.

Общоприето е, че когато Айнщайн пише своите статии от 1905 г., той не е още запознат с много от статиите върху електрона и теорията на етера, публикувани няколко години по-рано. Той е имал общи идеи за темите с теоретичен интерес, но често без подробно познаване.

Вместо да изхожда от обикновените електромагнитни възгледи, Айнщайн постулира в своята работа върху относителността от 1905 г., че 1) скоростта на светлината е универсална константа и 2) законите на физиката са еднакви във всички инерциални системи. От тях той получава уравненията на Лоренц-Фитцджералд, уравненията за нарастване на масата и някои други резултати. Успява да направи това, без да прибегне към каквито и да било допускания за формите, размерите или други аспекти на структурата на частиците. Тази статия включва уравнение за увеличение на масата със скоростта, което е идентично с това, дадено от Лоренц в статията му от 1904 г., и е несъвместимо с данните на Валтер Кауфман от 1902 и 1903 гг., единствените налични опитни данни. Лоренц се е опитал да се заеме с това видимо експериментално несъгласие от 1904 г. чрез преанализиране на данните, но с умерен успех. Той заключава, че "тези измервания се съгласуват с моите данни почти така добре, както с тези на Ейбрахам."

През 1906 г. Кауфман оспорва уравненията за нарастване на масата на Лоренц и Айнщайн. Той започва своята статия с думите: "Очаквам общият резултат от измерванията да се изрази в следното: *те не са съвместими с основното допускане на Лоренц-Айнщайн* ." Айнщайновият отговор в обзор от 1907 г. дава интересно разбиране върху връзката между теория и експеримент, когато опитните данни са оскъдни: "Дали има непредвидена експериментална грешка или основите на теорията на относителността не съответстват на фактите, ще може да се реши само ако разполагаме с голямо разнообразие от наблюдателен материал". В същата статия той коментира теориите на Ейбрахам и Бухерер: "По мое мнение двете теории са по-скоро малко вероятни, защото техните допускания за масата на движещи се електрони не се обясняват от гледна точка на теоретичните системи, които обхващат по-голям комплекс от явления." По-късно Бухерер получава данни, които подкрепят уравненията на Айнщайн и Лоренц.

Няколко месеца след статията си върху относителността от 1905 г. Айнщайн публикува статията, която представлява специален интерес тук: "Зависи ли инертността на тяло от съдържащата се в него енергия?" (по-нататък ще ги означаваме за краткост със ст. 1 и ст. 2 - бел. пр.). Това е статията, разглеждана често като източник на уравнението $E = mc^2$. В нея Айнщайн заключава: "Ако дадено тяло отдаде енергия L във формата на лъчение, масата му намалява с L/c^2 ". Да отбележим, че тук Айнщайн се позовава на обикновена веществена маса, а не на електромагнитна маса. Той използва приближение от порядъка на $(v/c)^2$. Това е статията, която Айвс критикува и която Планк коментира, както вече се спомена. Тя ще бъде разглеждана подробно в следващия раздел.

Поанкаре анализира подробно и сравнява няколкото електромагнитни теории до появата на неговата статия от 1905 г., завършена и представена по-малко от месец след Айнщайновата статия върху относителността и без да я познава. Той подчертава значението на принципа на относителността: абсолютно движение не може да се

установи и следователно уравненията на физиката трябва да бъдат еднакви във всички инерциални системи. Той смята, че от съществуващите електромагнитни теории (явно без да включва Айнщайновата) само една, на Лоренц, удовлетворява това релативистично изискване. Но Поанкаре твърди, че за да се освободи Лоренцовата теория от противоречия, са нужни специални неелектрични напрежения (напрежения на Поанкаре), за да се обяснят ефектите на свиване.

Айнщайн продължава своята работа върху съотношението маса-енергия в статия от 1906 г. Той разглежда случай на хоризонтален кух цилиндър, в който от единия край на кухината (А) се излъчва светлина с енергия δE и се поглъща от другия край (В). Съгласно класическата физика и импулса на лъчението, това ще причини преместване на центъра на масата на цилиндъра. Айнщайн предполага, че безмасов носител би пренесъл тогава бавно същото количество енергия обратно към края А. Следователно началните условия в цилиндъра биха били възстановени, но цилиндърът би се движил сам по себе си без никакви общи сумарни промени. За да се избегне този абсурден резултат, трябва да се приеме, че при всеки пренос на енергия има изменение на масата с количеството $\delta m = \delta E/c^2$. В резултат масите на краищата А и В се изменят при събитията на излъчване и поглъщане и проблемът се избягва. Въпреки че използва приближение от първи порядък по v/c , Айнщайн не използва напълно относителността, а само импулса на лъчението. Този мислен експеримент бива наречен *фотон в кутия* и е повторен от много хора след 1906 г., за да отстрани нуждата от приближение и безмасов носител на енергия.

В тази статия Айнщайн включва и втори извод на връзката между маса и енергия, като използва уравненията на Максвел-Лоренц за електромагнитното поле и приближение от порядъка на v/c . По-нататък той твърди, че постоянството на масата при химичните реакции е частен случай на принципа на запазване на енергията.

В по-малко известна статия от 1907 г. "Инертност на енергията, изисквана от принципа на относителността", Айнщайн разширява концепцията на уравненията за инертността на енергията, като получава

$$E = \mu_0 c^2 (1 - v^2/c^2)^{-1/2}, \mu_0 = E_0/c^2, (1)$$

където μ_0 е масата на покой, а E_0 е енергията, измерена в собствената система на покой на частицата. Това е първата формулировка на съвременното понятие за енергия на покой и маса на покой. Концепцията за енергия на покой, т.е. $E_0 = m_0 c^2$, е в много отношения най-революционния резултат на съотношението маса-енергия. Тя беше решаваща за обяснение на голямата енергия на радиоактивното разпадане, както и за разбиране на по-късните открития на ядрени превръщания и ядрено делене. Докато Айнщайн беше първият, който записва $E_0 = m_0 c^2$ (в наши означения), той фактически не пише $E_0 = m c^2$ в тези ранни статии, използвайки вместо това еквивалентната форма от уравнения (1).

В обзор на относителността, публикуван по-късно през 1907 г., Айнщайн разпростира съотношението маса-енергия в приложение към гравитационните маси. През тази година Планк написва важна статия, в която прави обзор на няколко концепции в относителността и развива други. Като използва Лоренцовите трансформации, принципа на минималното действие, импулса на лъчението и запазването на енергията, той извежда редица уравнения, вкл. $\delta m = \delta E/c^2$, за общия случай на топлинна енергия.

Той твърди, че "при всяко поглъщане или излъчване на топлина инертната маса на тялото се изменя и нарастването на масата е винаги равно на количеството топлина ... разделено на квадрата на скоростта на светлината във вакуум". В тази статия Планк също твърди, че Айнщайновата статия от 1905 г. за връзката между маса и енергия е съдържала този резултат, но уравнението, използвано там, е било в сила "само като първо приближение". Това твърдение на Планк не е насочено към приближението $(v/c)^2$, отбелязано ясно в Айнщайновите изчисления, а спрямо точността на самото постулирано уравнение, на което възразява Айвс. Изводът в Планковата статия от 1907 г. е този, за който Айвс твърди, че е "... исторически първият валиден и автентичен извод на съотношението".

През 1908 г. Планк разширява своята разработка, за да включи съотношение между потока на енергията и плътността на ефективната маса за произволен вид енергия. Той озаглавява това "Закон за инертността на енергията". Формулировката на относителността чрез тензора (или четириектора) на Херман Минковски показва, че този закон следва естествено от обединяване на Лоренцовата сила и запазването на енергията в единно тензорно уравнение.

Уравнението $E = m_0 c^2 (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ не може да се напише като $E = m_0 c^2$, докато масата е представена като надлъжна и напречна, m_T и m_L , както в горните статии на Лоренц и Айнщайн. Изразът за енергията би трябвало да засяга надлъжната маса, която съответно на техните уравнения се трансформира като $(1 - v^2/c^2)^{-3/2}$. Причина за това привидно несъгласие е, че Ейбрахам, Лоренц и Айнщайн дефинират m_T и m_L като отношение на дадена сила върху електрона и неговото ускорение, докато $E = m_0 c^2$ идва от енергетични разглеждания. За по-голяма последователност силата би трябвало да се дефинира като скорост на изменение на импулса и масата да е взета от този импулс. Това е направено от редица физици в периода 1909 – 1912 гг., вкл. Джилбърт Люис, Ричард Толман и Паул Епщайн. Резултатът е $p = m_0 v (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ и $m = m_0 (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$. Изразът позволява използване на нютоновото уравнение $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$ и се прилага в съвременния подход към относителността.

Пол Ланжевен и Ричард Суайн използват $E_0 = m_0 c^2$ през 1913 г., за да определят съотношенията между относителните маси на елементите, но данните са били твърде неточни, за да проверят тези изчисления.

През 1913 г. Макс фон Лауе и Ланжевен независимо един от друг показват, че уравнението маса-енергия от електромагнитната теория е съвместимо с това от Айнщайновата теория на относителността, ако се включат напреженията, необходими за да поддържат електрона цял срещу Кулоновото отблъскване (т.е. напреженията на Поанкаре). Лауе използва тензора на Минковски, за да покаже, че механичните напрежения са необходими, за да държат електрона в равновесие във всички инерциални системи. В резултат електронът би могъл да се третира като физическа точкова маса, но необходимите напрежения осигуряват, че той не може да се сведе до безкрайно малка точкова маса. След тези работи беше ясно, че общата енергия mc^2 би могла да се напише като електромагнитна енергия $3mc^2/4$ плюс енергията, дължаща се на напреженията $mc^2/4$. Тук m е общата (или веществената) маса, определена чрез експеримент, а $m = m_0 (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$, където m_0 е общата маса на покой. Електромагнитната маса m^e (дължаща се на собствените полета) е $3/4$ от общата маса и следователно $E = 4m^e c^2/3$. Докато това показва съвместимостта на двете теории, то също дискредитира концепцията, че електронната маса е чисто електромагнитна, тъй

като вторият член се дължи на вътрешни, вероятно механични сили. Тези работи не бяха добре известни на някои бъдещи физици, вкл. Енрико Ферми, който преизчислява този резултат. Жива дискусия върху електромагнитната или класическата електронна теория, в частност концепцията за собствената енергия, продължава и до днес.

Кънингамовият обзор от 1914 г. на наличните данни за нарастване на масата на електрона показва, че преобладаващата част от данните поддържат предсказанието на Лоренц-Айнщайн. По-нататък той твърди, че ако стойността на e/m в покой, използвана от Кауфман през 1902 - 1904 гг., се коригира, за да се съгласува с по-нови данни, даже Кауфмановите данни биха съответствали по-добре на Лоренц-Айнщайновото предсказание, отколкото Ейбрахамовото. Ноймановите данни от 1914 г. също поддържат строго уравнението на Лоренц-Айнщайн. Това натрупване на данни и изчерпателността на теориите на Лоренц и Айнщайн елиминира в значителна степен другите от разглеждане към 1915 г.

Специалната теория на относителността, която се дължи в значителна степен на Айнщайн, беше алтернатива на малко по-старата електронна електромагнитна теория, дължаща се предимно на Лоренц. Някои физици ги разглеждаха като части на една и съща обща теория. В течение на много години нямаше истинско решаващо експериментално доказателство или какъвто и да е ясен консенсус на физиците, фаворизиращи едната от двете теории. От средата на 30-те години откриването на неутрона хвърли съмнение върху всяка чисто електромагнитна теория на масата. Простотата на Айнщайновите приемания, без каквито и да било непроверими постулати за строежа на веществото, както при електромагнитните теории, беше важен фактор за нейното възприемане. Успехът на общата теория на относителността (предсказване на закривяването на светлинните лъчи в близост до масивни обекти и обясняването на прецесията на перихелия на Меркурий) придаде също доверие на специалната теория на относителността. По-късно някои от проблемите, насочени първоначално към електромагнитните теории, изплуваха отново на повърхността в теорията на фундаменталните частици.

3. Първият Айнщайнов извод.

Остава въпросът, дали Айнщайновата статия от 1905 г. за масата и енергията дава обоснован извод. Фиг. 1 илюстрира мисления опит, представен в тази статия, използвайки Айнщайновите означения. Обектът е в покой в координатна система (x, y, z) , системата на покой. Друга система (ξ, η, ζ) се движи със скорост v спрямо системата (x, y, z) . Наблюдения могат да се правят от коя да е система. Преди интересуващото ни събитие обектът е наблюдаван с енергия E_0 от наблюдател в системата (x, y, z) и H_0 - от наблюдател в системата (ξ, η, ζ) .

Става събитие, в което се излъчва електромагнитна енергия $L/2$ под ъгъл ϕ и едновременно същото количество електромагнитна енергия се излъчва в противната посока. И двете посоки се измерват в системата (x, y, z) . Едновременността и противоположните посоки на излъчването осигуряват оставането на обекта в покой в системата (x, y, z) и запазването на импулса. Енергиите на обекта, наблюдавани след събитието съответно в системите (x, y, z) и (ξ, η, ζ) , са E_1 и H_1 . (В Айнщайновото изложение индексът "0" винаги се отнася до измервания, направени преди събитието на излъчване, и индексът "1" - към измервания, направени след събитието. Това не трябва

да се смесва със съвременната практика да се използва индексът "0" за представяне на величина в покой.) Тогава Айнщайн написва

$$E_0 = E_I + L \quad (2)$$

за запазването на енергията в системата на покой и

$$H_0 = H_I + L(1 - v^2/c^2)^{-1/2} \quad (3)$$

за запазването на енергията в движещата се система, използвайки приетата трансформация за енергията на светлинните лъчи, взета от ст. 1.

След това Айнщайн написва, че в общия случай било ясно, че

$$H - E = K + C, \quad (4)$$

където H е енергията на тялото, измерена в движещата се система, E - съответната енергия, измерена в неподвижната система, K - кинетичната енергия на обекта, наблюдаван от движещата се система и C - адитивна константа. Това е уравнението, на което Планк възразява, като "допустимо само в първо приближение". На него пък Айвс възразява, че съдържа резултат, който Айнщайн възнамерява да докаже и който Стейчъл и Торети обявяват за точен (каквито и да са достойнствата на това уравнение, Айнщайновото твърдение, че то е "ясно", не се е оправдало!). В следващия раздел ще изследваме дали това уравнение е точно. Тук ще бъде показано, че това уравнение е съвместимо с класическата дефиниция на кинетична енергия.

Общото уравнение за енергията на обекта може да се напише във вида

$$E = K + V + I + C_A, \quad (5)$$

където K е кинетичната енергия, V - потенциалната енергия, I включва вътрешните енергии и C_A е произволна константа (избрана еднократно). Да разгледаме сега две отправни системи: системата на покой на частицата, означена с индекс 0, и втора система (често наричана лабораторна), която има скорост v спрямо системата на покой, без индекс. Наблюдаваните енергии в двете системи са

$$E_0 = K_0 + V_0 + I_0 + C_A, \text{ и } E = K + V + I + C_A. \quad (6)$$

Изваждането на едното уравнение от другото дава

$$E - E_0 = (K - K_0) + (V - V_0) + (I - I_0). \quad (7)$$

Но обектът няма кинетична енергия в собствената си система на покой и следователно

$$E - E_0 = K + (V - V_0) + (I - I_0). \quad (8)$$

Ако двете величини в малки скоби могат да се напишат като адитивна константа C , тогава с приетите изменения на означенията за E и E_0 у-ние (8) е същото като у-ние (4), въведено от Айнщайн. В класическата механика не бихме очаквали потенциалната енергия в двете системи да бъде различна с повече от адитивна константа. Дори ако би

имало магнитно поле, което класически зависи от скоростта, постоянната скорост на обекта в този мислен опит би осигурила, че $V - V_0$ е константа. Членът с вътрешната енергия $I - I_0$ може също до се очаква да е постоянен съгласно класическата механика. Ако вътрешната енергия е резултат от движението на малки частици (както за топлинната енергия), това би могло да се разбие на кинетична енергия около центъра на масите (да се включи в члена за вътрешната енергия I) плюс кинетична енергия на центъра на масите (да се включи в члена K). Само частта от вътрешната енергия в члена K би се изменила със скоростта на наблюдателя и следователно $I - I_0$ би трябвало да бъде постоянна. Не е ясно веднага, че $I - I_0$ ще бъде константа за релативната механика; този случай ще се изследва по-късно. Това, което е ясно, е, че Айнщайновото дискутирано уравнение е било най-малкото класическо твърдение за кинетичната енергия.

По-нататък в ст. 2 Айнщайн използва у-ние (4), за да напише кинетичната енергия, наблюдавана в движещата се система преди и след излъчването. Връщайки Айнщайновия индекс

$$H_0 - E_0 = K_0 + C, \text{ и } H_I - E_I = K_I + C \quad (9)$$

и вземайки разликата между двете, получаваме

$$K_0 - K_I = H_0 - H_I - (E_0 - E_I). \quad (10)$$

Тогава, използвайки връзките от у-ния (2) и (3), се получава

$$K_0 - K_I = L[(1 - v^2/c^2)^{-1/2} - 1]. \quad (11)$$

Развивайки радикала в степенен ред по v^2/c^2 , пренебрегвайки членовете с по-висока степен и опростявайки, Айнщайн получава

$$K_0 - K_I \approx 1 (L/c^2)(v^2). \quad (12)$$

Тъй като v е константа, от уравнението за класическата кинетична енергия $K = 1/2 mv^2$ се получава $\delta K = 1/2 (\delta m)v^2$, което може да се сравни с у-ние (12), за да даде $\delta m \approx L/c^2$. След у-ние (12) Айнщайн твърди: "... директно следва, че ако тяло отдава енергия L във формата на лъчение, масата му намалява с L/c^2 ." Това е първото уравнение, показващо загубата на веществена маса, дължаща се на излъчване на енергия. Въпреки, че уравнението $E = mc^2$ не се появява явно в тази статия, тя се взема често като негов източник. По-нататък в тази статия Айнщайн споменава възможна връзка с излъчването от радиеви соли.

Айнщайн би могъл да избегне горното приближение. Той е извел уравнението за кинетичната енергия на заредени частици в ст. 1:

$$K = mc^2[(1 - v^2/c^2)^{-1/2} - 1], \quad (13)$$

и е аргументирал, че то е вярно и за "тежки" маси. Ясно е, че $K_0 - K_I$ може да се получи от у-ние (13) и да се сравни с у-ние (11) (от ст. 2), за да се получи резултатът в у-ние (12) без приближение. Очевидно през 1905 г. Айнщайн смята по-приемливо да използва

приближение, отколкото да прибави специално допълнителния постулат, че у-ние (13) е приложимо и за масивни тела.

Стейчъл и Торети поясняват, че за главното приложение на връзката между маса и енергия се засяга само съотношението между масата *на покой* на обекта и неговата еквивалентна енергия. В този случай е законно да се вземе границата, когато скоростта v клони към нула и тогава $\delta m_0 = L/c^2$ следва от у-ние (11) без приближение.

4. Критиката на Айвс: проблемите за кръговите аргументи

Видяхме, че у-ние (4) е най-малкото класически израз за кинетичната енергия. Как е възможно това да се тълкува от Айвс като въвеждане на "... самото съотношение, което трябва да бъде изведено"?

В статията си Айвс използва у-ние (13), за да изрази кинетичната енергия на обекта на Айнщайновия мислен експеримент преди и след излъчването на енергия и да получи

$$K_0 - K_1 = (m_0 - m_1)c^2[(1 - v^2/c^2)^{-1/2} - 1]. \quad (14)$$

Съчетавайки у-ния (10) и (11), за да се елиминират кинетичните енергии, получаваме:

$$(H_0 - H_1) - (E_0 - E_1) = L[(1 - v^2/c^2)^{-1/2} - 1]. \quad (15)$$

Сега от комбинирането на у-ния (14) и (15), за да се елиминира членът в квадратните скоби, следва:

$$(H_0 - H_1) - (E_0 - E_1) = (K_0 - K_1)L[(m_0 - m_1)c^2]. \quad (16)$$

Айвс предполага, че у-ние (16) би могло да се разглежда като разлика от две уравнения:

$$H_0 - E_0 = L[(m_0 - m_1)c^2](K_0 + C),$$

$$H_1 - E_1 = L[(m_0 - m_1)c^2](K_1 + C). \quad (17)$$

Той прави забележка, че тези уравнения не са равни на у-ния (9), които Айнщайн е използвал. Айвс твърди, че въвеждайки у-ния (9) като "ясни", Айнщайн въвежда множителя, който свързва у-ния (9) и (17), $L = (m_0 - m_1)c^2$, "*самото съотношение, което изводът предполага, че удовлетворява*".

Айнщайн не е използвал у-ние (13) в своята статия 2, която се разглежда тук. На това основание Стейчъл и Торети критикуват Айвс (и Джемър, който повтаря аргумента на Айвс), че използва това уравнение като съществена част при опита да се докаже порочност в Айнщайновия аргумент. Това е основателна критика, но не само важна. Дори, въпреки че Айнщайн не е използвал у-ние (13) в ст. 2, това уравнение е пряк резултат на относителността и по този начин, без съмнение, Айвс се чувства оправдан да го използва. Айвс би могъл да повярва, че Айнщайн неявно използва у-ние (13) заедно с желания резултат във формата на у-ние (4). По-нататък, тъй като днес знаем, че у-ние (13) е всеобщо, точният извод на $E = mc^2$, споменат в предишния раздел, е ясен и възражението на Айвс би могло да се приложи към него. Привидно законният точен

извод на добре приет резултат би изглеждал порочен кръг. Тук има по-основен недостатък в аргумента на Айвс, отколкото при използването на у-ние (13).

Айвс прави решаваща грешка в своята критика, изменяйки всъщност посоката на извода в Айнщайновата статия, изхождайки от уравнение, което Айнщайн не е обяснил добре, и след това твърдейки, че това уравнение въвежда резултата и следователно изводът е неправилен. Но Айвс е некоректен и някои други, които го цитираха, не забелязаха тази грешка. *Постулатите за извод винаги въвеждат резултата. Заключение може да се получи чрез дедуктивен аргумент, само ако това заключение се съдържа в постулатите.* Стейчъл и Торети кратко напомнят, че Айвс не успява да разбере тази необходима логическа връзка. Обаче объркването, причинено от критиката на Айвс, прави следващото обсъждане на връзката между логиката на дедуктивния аргумент и въпроса за порочен кръг желателен.

Следва почти самоочевидна теорема, която трябва да бъде известна на всеки, който проверява валидността на изводи в научните теории.

Ако имаме n необходими постулата в дедуктивен извод (без ненужни постулати), дадени като математични изрази, то е възможно да се покаже, като използваме всеки $n - 1$ постулата, че оставащият постулат може да се преформулира така, че да съдържа математически изразеното заключение.

Разбира се такъв процес е тъкмо алтернативния път за получаване на заключението. Пренаписване на един от постулатите така, че да бъде равен на резултата или директно да го съдържа, може да се направи за повечето научни изводи, както Айвс изрично казва за Айнщайновия извод.

Следователно твърдението, че някой постулат съдържа резултата, не е, само по себе си, вярна критика на научен извод. Приемайки, че всички други логични стъпки са приемливи, за да се избегне порочния кръг, е необходимо просто да се покаже, че всеки постулат има някакво разумно съдържание, което е независимо от заключението. Видяхме по-рано, че обсъжданото Айнщайново уравнение-постулат има различен смисъл от уравнението $E = mc^2$: то е дефиниция на кинетична енергия. Единствената Айнщайнова грешка е методическо недоглеждане, в което той пропуска да направи основен извод на своя начин за изразяване на кинетичната енергия. Без съмнение той е разглеждал уравнението като ясно и лесно приемливо.

Далеч от показване на кръгово обосноваване от страна на Айнщайн, Айвс намира алтернативен точен път от Айнщайновите постулати в мисления опит към заключението $L = (m_0 - m_1)c^2$, като използва у-ние (13), което Айнщайн избягва през 1905 г.

Може да се направи разлика между кръгов аргумент и аргумент *ad-hoc*. Последният типично включва вмъкване на някакъв необяснен постулат в аргумента, за да се получи някакъв търсен резултат. Обаче, въпреки че постулатът не е адекватно обяснен или разбран, той трябва да има познаваемо съдържание, различно от резултата. И така, това не е случай на прост кръгов аргумент. Възможно е Айвс да е възнамерявал да твърди, че Айнщайн е направил аргумент *ad-hoc*. Ако е така, това твърдение би било също некоректно, защото уравнението, което Айнщайн въвежда, е твърдение за кинетична енергия.

Извод, който включва необяснен постулат, вмъкнат за получаване на даден резултат, ще остане *ad-hoc*, докато се удовлетворява едно от следните условия: 1) намерено е разумно независимо значение на постулата, 2) постулатът е издигнат до равнището на основен принцип, или 3) този постулат е получен от по-фундаментална теория.

Например, когато Планк постулира, че енергиите на осцилаторите в стените на кухината на черно тяло биха могли да имат само стойностите $E = nhf$, това е постулат *ad-hoc*. Въпреки че пълният смисъл на този постулат не беше известен, той очевидно има различно съдържание от уравнението, описващо разпределението на черното лъчение, което би могло да се изведе с помощта на постулата. По-късно постулатът бе изменен и включен в нова корпускуларна теория на светлината от Айнщайн. Така изменен в $E = hf$, Планковият оригинален постулат *ad-hoc* беше превърнат в основен принцип на новата квантова теория на светлината.

Ad-hoc аргументите са разпространени като важни части на работните стадии на някои научни теории. Кръговите аргументи са редки или не съществуват и вероятно биха могли бързо да се изоставят, ако се направи такъв опит.

5. Точност на Айнщайновия постулат за кинетичната енергия

Уравнението за кинетичната енергия в ст. 2, у-ние (4) по-горе, би било приемливо, ако се представи като класическо уравнение, но вероятно тогава Айнщайн би се чувствувал задължен да посочи колко точно е то от релативистична гледна точка. Както беше посочено по-рано, Планк казва през 1907 г., че уравнението е точно само до първи порядък на v/c . Той допуска, че веществено тяло би могло да съдържа топлинна лъчева енергия като част от енергията си (в съгласие с теорията за черното тяло) и че поради това разделянето на енергията на вътрешна и транслационна не е възможно.

Ние можем да разберем Планковото възражение, като използваме Айнщайновото уравнение за пренасянето на електромагнитна енергия от ст. 1:

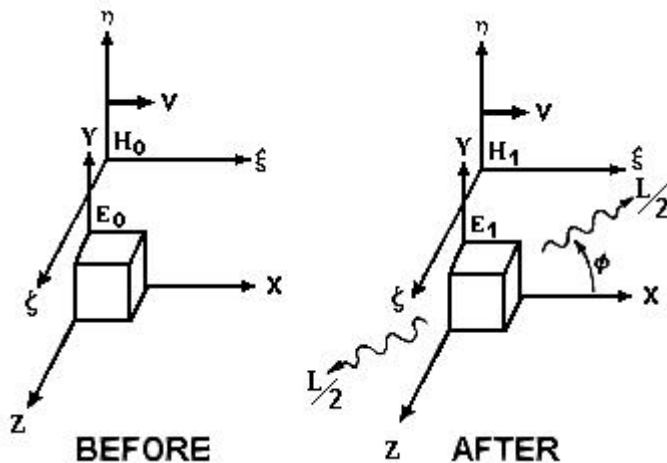
$$E' = E[1 - (v/c)\cos\Phi](1 - v^2/c^2)^{-1/2}, \quad (18)$$

където Φ е ъгълът между скоростта v на наблюдателя (спрямо обекта) и линията между източника и наблюдателя. Вътрешната енергия, дължима на електромагнитната енергия, може да се създаде от смес от много фотони (дума, до която по това време не биха прибягнали нито Айнщайн, нито Планк) с различни стойности на E и Φ . Развивайки в степенен ред *радикала* в у-ние (18), може да се покаже, че така получената вътрешна енергия е постоянна само до първи порядък по v/c . У-ние (8) тогава би могло да се редуцира до Айнщайновото у-ние (4) и неговият извод би бил точен до първи порядък по v/c . Този резултат обяснява Планковото възражение, но то е донякъде смущаващо днес, тъй като знаем, че зависимостта $E = mc^2$ е точна и че тук има пряк обратим логически път между този резултат и уравнение (4).

Неотдавна Стейчъл и Торети обосноваха, че у-ние (4) е пряк резултат от фундаменталната концепция на относителността и запазването на енергията. Поради някои трудности в това доказателство, тук се представя алтернативен по-прост извод.

Да разгледаме произволен обект и координатните оси на фиг. 1, съответно преди и след излъчване на светлинна енергия. Да предположим, че има двама наблюдатели: O_x в

системата (x, y, z) и O_ξ в системата (ξ, η, ζ) . Принципът на относителността твърди, че никой от наблюдателите не е в привилегирована система. Това между другото значи, че ние не можем да знаем от каквито и да било наблюдения как наблюдателите са дошли до относително движение със скорост v . Да разгледаме два от възможните сценария как това би могло да се случи.



Фиг. 1. Айнщайнов мислен експеримент от неговата статия за масата-енергията от 1905 г. Обектът е в покой в координатната система (x, y, z) . Системата (ξ, η, ζ) се движи със скорост v спрямо системата "в покой". Обектът излъчва едновременно електромагнитни енергии $L/2$ в две противоположни посоки. E_0 и E_1 са енергиите, наблюдавани в системата (x, y, z) съответно преди и след събитието. H_0 и H_1 са съответните енергии, наблюдавани в системата (ξ, η, ζ) .

Случай 1. Да започнем с двама наблюдатели и обект в инерциални системи в покой една спрямо друга. Обектът и наблюдателят O_x , всъщност цялата система (x, y, z) , сега се ускоряват до скорост $-v$ спрямо наблюдателя O_ξ . Той не се движи, както може да се провери по липсата на ускорение. Същият може да определи кинетичната енергия на обекта и като използва постулативната дефиниция за адитивна кинетична енергия може да напише следния израз за енергията на обекта:

$$H(t = t_F) = E(t = t_0) + K(t = t_F), \quad (19)$$

където използваме означения, които съвпадат с Айнщайновите: H съответства на енергията на обекта, измерена в системата (ξ, η, ζ) , а E съответства на енергията, изразена в собствената система на покой на обекта (x, y, z) . Тук допускаме, че няма съответен член за потенциалната енергия. Означаването на времето беше прибавено, за да покаже, че E е била измерена в момента t_0 много преди ускоряването, а H - измерена в момента t_F много след ускоряването. Стойността на K е получена чрез интегриране на работата, извършена върху обекта до момента t_F . Да отбележим, че O_ξ не може да наблюдава стойността на E при $t = t_F$.

Случай 2. Наблюдателите започват пак при инерциални системи в относителен покой. Тогава O_ξ -и системата (ξ, η, ζ) се ускоряват до скорост v , докато обектът и O_x не се ускоряват: O_x не може да регистрира ускорение. Тук въобще няма изменение в системата (x, y, z) и в обекта и тогава след период от време, през който O_ξ се ускорява, O_x би наблюдавал, че енергията на обекта не се е изменила:

$$E(t = t_0) = E(t = t_F). \quad (20)$$

Наблюденията на O_ξ в този случай не се нуждаят от разглеждане.

Принципът на относителността ни казва, че при постоянна относителна скорост v наблюденията, направени от всеки наблюдател, са независими от средствата, използвани, за да се достигне до това състояние. Следователно у-ние (20) трябва да бъде вярно както в случай 1, така и в случай 2. Замествайки у-ние (20) в у-ние (19), получаваме

$$H(t = t_F) = E(t = t_F) + K(t = t_F), \quad (21)$$

което е същото, както уравнението, което използва Айнщайн, с изключение на адитивната константа, която той включва. Айнщайновото дискутирано уравнение е коректно в съответствие с дефиницията на кинетичната енергия и принципа на относителността.

Да отбележим, че използването на означения на времето тук не въвежда трудности с удължаването на времето, защото те са по-скоро общи, отколкото специфични времена. Във всеки случай всеки от наблюдателите може да определи със свои собствени измервания времената, които съответстват на състояния "преди" и "след" ускорението. На това основание няма нужда да се прави разлика между t_0 и t'_0 или t_F и t'_F , както при други релативистични проблеми.

Приемането, че Айнщайновата енергия е адитивен член, както в у-ние (19), е съвместимо със запазването на енергията, но запазването на енергията не включва това съотношение. Адитивната природа на кинетичната енергия е допълнителен постулат към израза за запазването на енергията.

Планковото възражение е невалидно. Уравнението, чрез което това възражение беше обяснено тук, у-ние (8), е класическо уравнение. В теорията на относителността членът за вътрешната енергия $I - I_0$ трябва да се включи в членовете за енергията $E - E_0$. Не може да се разглежда един вид вътрешна енергия, като електромагнитната, независимо от свързаните видове енергия. Включвайки всички аспекти, вътрешната енергия се трансформира като всяка енергия на покой: $E = E_0(1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ и по такъв начин тя се проявява точно като еквивалентна маса на покой. Айнщайновият основан върху принципи подход към относителността държи сметка за всички аспекти на такива проблеми, за разлика от "конструктивния" подход на Лоренц и др., вкл. Планк по този въпрос.

6. Заключение.

В разработването на еквивалентността на масата и енергията участват няколко души. Много физици изследват нарастването на масата на заредени частици с увеличение на

скоростта, като голяма част от тази работа е извършена преди 1905 г. Изглежда Фредерик Соди пръв обявява в печата, през 1904 г., че при радиоактивното излъчване се губи маса. През 1904 и 1905 гг. Хазенборл извежда уравнение, показващо пропорционалността между масата и енергията в частни случаи, но с неправилна константа. Айнщайн получава точното уравнение през 1905 г. и доразвива концепцията си през 1906 и 1907 гг. Планк прави важни приноси към изследването през 1907 г., навярно без да познава Айнщайновата работа от 1907 г. Планковата работа беше особено полезна за осигуряване на необходимата математическа строгост.

Айнщайн е първият, който получава правилно математично съотношение между енергията и веществената маса, първият, който развива схващането за енергия на покой и първият, който формулира пълната еквивалентност между маса и енергия. Той допринесе за включване на концепцията за маса-енергия в обширна, широко приложима теоретична система: специалната теория на относителността. Следователно основателно е да се свърже уравнението $E = mc^2$ с Айнщайн като негов главен реализатор, като знаем, че и много други физици са включени в неговото обосноваване.

Твърдението на Айвс, че Айнщайновият извод на $E = mc^2$ от 1905 г. е порочен кръг, е неоснователно, тъй като постулатът в диспута - у-ние (4) - има разбираемо значение, независимо от връзката маса-енергия. Планковото виждане, че същото уравнение е приближение от първи порядък, е също некоректно. Айнщайновата статия от 1905 г. е логически и научно коректна.

Самият Айнщайн казва, че ако не е публикувал своята статия върху специалната теория на относителността, други навярно биха развили скоро идеите, тъй като редица други физици са работили върху този проблем. От друга страна, той разглежда общата теория на относителността като по-оригинална. Следователно за широката публика би било по-приемливо да разгледа концепцията за закривяване на светлинните лъчи в гравитационно поле като отличителен белег на Айнщайновата работа. Това е в частност така, защото именно експерименталната поддръжка на тази концепция доведе до първото широко обществено признание на Айнщайновите постижения. Вероятно и други събития от този век гарантират, че $E = mc^2$ ще остане общопризнат символ на Айнщайновите приноси.

Заб.: Списъкът на литературата, който пропускаме и който може да се намери в оригинала (*Am. J. of Phys.*, 1988, **56**(2), 114-122); съдържа 51 заглавия.

Превод: **А. Карастоянов**

МОЙСЕЙ НА СИЛИЦИЕВАТА ДОЛИНА

Как епицентърът на полупроводниковата индустрия се озова в Калифорния, на цял континент разстояние от Ню Джързи, където транзисторът беше открит и беше развита по-голямата част от фундаменталната полупроводникова технология?

Майкъл Риърдан и Лилиан Ходъсън

Преди четиридесет години южната част на района около залива Сан Франциско била предимно земеделска долина с кайсиеви овощни градини. Днес този район е световният център на високите технологии, бъдещ завистта на правителства от цял свят заради неговата творческа мощ. Как възниква тази забележителна технологична промяна? И защо Силициевата долина е разположена югоизточно от Сан Франциско вместо, да кажем, в северната част на Ню Джързи, около Бостън или близо до Далас?

Колкото повече приближавате Станфордския университет, все по-често ще чувате, че Фредерик Търмън е главната фигура, свързана с появата на Силициевата долина. Като професор, декан по инженерство и ректор, той стимулирал създаването на благоприятни условия за развитие на електронната индустрия в долината Санта Клара, насърчавайки подчинените си да останат в района и да основат свои собствени фирми, вместо да отидат да работят на изток за някой от тогавашните големи в индустрията. И той играел решаваща роля в основаването на Stanford Industrial Park на земи на университета, поддържайки близки взаимоотношения между своя инженерен факултет и местните компании.

Но Търмън не осигурил най-важната съставна част - силициевата технология, която довела до феноменално развитие в долината в 60-те и 70-те години. Тази технология била разпространена на запад в средата на 50-те от малка група изследователи в областта на индустрията, ръководена от Уилям Шокли, който заедно с Джон Бардийн и Уолтър Братейн, изобретил транзистора в края на 40-те години в Телефонните Лаборатории на Бел. Както е описано тук, тази решителна група разпространила силиция в Силициевата Долина.

Германий срещу силиций

Първите транзистори - и около десет години по-късно първите интегрални схеми - били произвеждани не от силиций, а от германий, който се намира точно под силиция в Менделеевата таблица. Имало важни причини за това, например лесното почистване на германия и работата с него, както и високата подвижност на електроните и дупките в него. Първите транзистори за производствена цел са изработени от този елемент от гиганти на електрониката като General Electric, Raytheon и RCA, както и от по-малки фирми като Transitron и Texas Instruments. До 1955 транзисторите от германий са с широко приложение в слухови апарати, портативни радиоприемници, телефонни превключващи устройства, комуникационна апаратура, използвана от военните служби. Но германият има сериозен недостатък, който ограничава по-нататъшното му приложение: неговата забранена енергетична зона е само 0,67 eV, докато на силиция е по-значителна – 1,1 eV. Характеристиките на германиевите транзистори се променят

бързо с температурата, защото електроните се отделят лесно от атомите. С покачването на температурата слабо балансираните p- и n-слоеве се озовават сред огромно количество свободни електрони. Над 75 °C германиевите транзистори спират да функционират напълно. Тези ограничения се оказват особено неприятни за производителите на радиоприемници и най-вече за потребителите на военна техника, които държели на перфектна работа дори при екстремални условия.

Узнали за този проблем, лидерите в индустрията започват усилено да работят в началото на 50-те години върху изработването на транзистори от силиций. Texas Instruments произвели първата серия силициевы транзистори през 1954 г., повече от една година по-рано от конкурентите си. Лабораториите на Бел също разработват техники за рафиниране на много по-трудно топимия силиций и добавят слоеве с дебелина 1 микрон в поредни слоеве от този елемент, използвайки газова дифузия (за подробности вж. статията на Иън Рос). В началото на 1955 г. изследователите в Лабораториите на Бел в Murray Hill, Ню Джързи успяват да изработят първите силициевы транзистори чрез дифузни технологии, образувайки много тънки слоеве от примеси, които позволяват на транзисторите да работят на честота над 100 MHz. Толкова обещаващи били новите методи на Джек Мортън, началник на отдел за развитие на транзисторите, че той заявил в края на март 1955 г., че “със силиция като материал и с дифузията като технология, бъдещото развитие на транзистори и диоди ще навлезе в системата за производство на Бел”.

Търсенията на Шокли

Въпреки че играел важна роля в стимулирането на този напредък, Шокли не работел в Лабораториите на Бел, когато те се появили, а вместо това бил в продължителен отпуск. След като работел като професор, изнасящ лекции в Caltech в началото на 1954 г., той отива във Вашингтон, за да стане директор по изследванията на Weapons System Evaluation Group – елитен екип от цивилни учени, специалисти по модерни оръжейни системи. Но той поддържал връзка с Лабораториите по телефона и по пощата и така узнавал почти веднага за последните постижения в силициевата технология. “Мори Тан казва, че ANW има свързани AlSb и Al” - пише в загадъчна бележка от 23 март 1955 г. в неговия зелен джобен тефтер, която се отнася за транзистор, изработен чрез дифузия на алуминиеви и антимонови атоми в силициева вафла. („Мори Тан” бил Морис Таненбаум, който изработва първия силициев транзистор чрез дифузия.) Няколко дни преди това Шокли помогнал за съставянето на официално писмо, изпратено от негово име до ръководството на Лабораториите на Бел, с което поискал подкрепа за нова програма за високо почистване на силиций. То започвало така:

“Наскоро бяха представени факти, че е открит прост метод за приготвянето на силиций с достатъчна чистота за всички предвидени приложения и изследвания. Сега ситуацията е различна; преди около месец и нещо няхаме основание да очакваме, че какъвто и да било метод може да послужи за постигането на тази цел.”

Шокли се чувствал подтиснат от работата си в Пентагона и силно желаел да се върне към индустрията, която разбирал много повече. Но той не се върнал в Лабораториите, а искал да започне работа самостоятелно. “Липса на признателност от страна на шефовете какво означава?” - е първото изречение, написано в бележника му на 30 март 1955 г.. Точно над него има друг подобен коментар, който разкрива напрегнатото му състояние.

Няколко години Шокли размишлявал над въпроса как най-добре да организира компания, в която да развива наука и технология. Той смятал, че най-способните хора в Лабораториите на Бел - включително и той самият - не били възнаграждавани достатъчно за приноса си. Това била една от главните причини, размишлявал той, някои от учените (като Джон Бардийн, Чарлз Китъл и Гордън Тийл) да напуснат лабораториите и да отидат да работят за университети и други компании. Ползвайки се от своя опит през Втората световна война в проучванията за увеличаване на ефективността, Шокли разработил критерии за приноса на учените въз основа на броя на патентите и публикациите им. Тези идеи оформили интелектуалната същност на неговия труд, озаглавен "Статистики за индивидуалното ниво на продуктивност в лабораториите за изследвания", който той представил на няколко срещи и накрая публикувал през 1957 г.

В началото на април 1955 г. Шокли решил, че е време да осъществи идеите си на практика. Точно преди да замине на дълго пътуване из Европа, той се обадил на главните директори на Raytheon и Texas Instruments, които познавал, за да разбере дали са заинтересовани да му помогнат да основе компания на базата на неговия метод, в която да се прилага полупроводниковата технология. Те били доволни, че са установили контакт с него, защото той бил известен като главната фигура в областта на полупроводниците, но преговорите му и с двете компании завършили с неуспех в началото на юни. След като за втори път провел разговори с други компании, Шокли в продължение на месец преговарял с главната търговска фирма на Лорънс Рокфелър, за да разбере дали могат да сключат сделка. Но и този път усилията му се оказали напразни. На 29 юли 1955 г., обаче, в зеления му бележник е записано: "Да се обадя на Арнолд Бекмън".

Установяване в Калифорния

Като приятели и колеги от Caltech, Бекмън и Шокли се познавали от няколко години. Бекмън, който през 30-те работел там като професор по химия, бил едновременно добър учен и бизнесмен. След като открил рН-метъра, той основал малка компания за производство и продажба на този уред. До средата на 50-те години за Beckman Instruments работели повече от две хиляди души в Съединените Щати, Канада и Западна Германия. Компанията била специализирана в производството на аналитични инструменти за контрол на индустриалните процеси.

Шокли летял със самолет до Лос Анджелис в края на август 1955 г. и отседнал в стая в The Balboa Bay Club в Newport Beach. Почти една седмица двамата мъже водели непринудени разговори в луксозната обстановка или в центъра на компанията във Фулъртън. До края на седмицата те постигнали съгласие и адвокатът на Бекмън съставил договор. Той започва с "Готови сме да вземем активно участие в дейностите, свързани с полупроводници. Първоначалният обмислян проект е разработката на автоматични начини за производство на транзистори чрез дифузия."

Още не бил решен въпросът къде да бъде разположена новата част от компанията Beckman Instruments. Бекмън държал на район в южна Калифорния, докато Шокли предпочитал залива Сан Франциско, където бил отраснал и където все още живеела майка му. Когато Търмън научил, че Шокли се интересува от този район, му писал: "Вашите планове за развитие на независима изследователска дейност в областта на

транзисторите са ... наистина интригуващи. Ние с удоволствие бихме Ви предложили Станфорд за такава дейност.”

Те мислели по един и същи начин относно набирането на екип от учени - това, което Шокли наричал намиране на “най-свежите умове”, Търмън определял като "градене на кули от безупречност". В началото на октомври 1955 г. Шокли започнал да търси първокласните учени и инженери, с които работел в Лабораториите на Бел, включително и Рос, а Търмън помагал като ги убеждавал да се съгласят. Но месец по-късно всички те отхвърлили предложението на Шокли, под предлог че предпочитат да останат в Ню Джързи. Когато след години били попитани защо никой от тях не се присъединил към компанията на Шокли, Рос отговорил: "Познавахме го прекалено добре!”.

И така, Шокли прекарал следващите няколко месеца пътувайки със самолет из Северна Америка в търсене на най-способните специалисти за компанията си, които можел да намери в други компании, както и сред студентите, готвещи се да завършат най-престижните университети - хора, които като него били мотивирани да патентоват и да публикуват патентите си. Един от тях бил Гордън Мур, физикохимик от Caltech. По това време той изследвал структурата на пламъка в Лабораторията за Приложна физика на Джон Хопкинс близо до Вашингтон. Друг бил Робърт Ноис - физик, който работел над високочестотните транзистори във Philco. “Беше като да вдигнеш телефона и да говориш с Господ”, казал Ноис по-късно, спомняйки си първия си разговор с Шокли. “Той безспорно беше най-важният човек в полупроводниковата електроника.”

Шокли подложил своите бъдещи служители на серия от въпроси с цел да прецени техните способности. Тогава те трябвало да минат през редица психологически тестове, за да бъде определен коефициентът им на интелигентност, дали са подходящи за работа в екип и други техни характеристики. Всичко това било част от плана, описан в неговия труд “Статистики за индивидуалното ниво на продуктивност”, който служел за подробен проект на компанията: Наеми възможно най-добрите учени и инженери и им плащай най-високите заплати в индустрията; ако те прекарват само половината от времето си, работейки над уреди с практическо приложение и останалото време в публикуване и патентоване на своите постижения, това пак би била много изгодна инвестиция.

През първата половина на 1956 г. новата компания - Лаборатория за Полупроводници на Шокли - започнала да се оформя в приспособено за целта военно помещение на South San Antonio Road 391 в Mountain View, Калифорния, в края на стара американска военна база, превърната в търговски център. Тя изглеждала повече като склад за авточасти, отколкото като място, където ще бъдат поставени основите на нова високотехнологична индустрия. Шокли наел това прашно помещение за 325 \$ на месец, за да служи временно за дирекция на компанията, докато се строяла нова сграда в горите на Stanford Industrial Park. До юни главната част от техническия персонал, състоящ се от около дузина мъже, включително Мур и Ноис, вече била пристигнала. Само няколко от тях били на възраст над 30 години.

Те прекарвали останалата част от годината, развивайки познанията си за силициевите технологии и работейки над машини и уреди, необходими за производството на транзистори: машини за нарастване на кристали, пещи за дифузия, техники за ецване с киселина. Някои от тези техники били лесни за овладяване като се използвала

информация, която Лабораториите на Бел вече били направили достъпна в три работилници, предложени на военни предприемачи и притежатели на патенти. През януари 1957 г., докато все още работел за Philco, Ноис посетил последната от тези работилници - за дифузни техники.

Но работата със силиций непрекъснато се натъква на препятствия и новата компания на Шокли често се възползва от връзките му с неговия бивш работодател. По-късно, през 1956 г., Бекман получил лиценз за патентното право да произвежда транзистори, точно преди главната компания на Лабораториите на Бел – AT&T да заведе съдебно дело за даване на това право на всички фирми. Но AT&T предвидливо запазили правата си над най-важните патенти, до които позволявали достъп само на притежателите на лиценз. И заедно с лиценза дошъл и лесният достъп до обширната информация в областта на полупроводниците, с която разполагали Лабораториите на Бел. Шокли често се съветвал по телефона със своите бивши колеги. Те пътували със самолет до района на Залива, за да се консултират с него или с екипа му. По този начин силициевата технология постепенно била разпространена из Северна Америка.

Пример за това е едно писмо, което пристигнало на 391 South San Antonio Road в средата на декември 1956 г., от инженер от Западна Електрическа Компания, производствения клон на AT&T. Към него бил приложен и технически доклад с на пръв поглед безобидното заглавие “Предпазване на повърхности и селективна защита при дифузия на силиций” от Карл Фрош и Линк Дерик от Лабораториите на Бел. Това бил най-важният доклад във връзка с технологията, която двамата мъже случайно открили в началото на 1955 г. при производството на гладък предпазен оксиден слой върху силициевата повърхност по време на дифузия. Техният документ включвал техники за разяждане с киселина на сложни схеми в тази оксидна обвивка и използването им като маска против по-нататъшна дифузия на разсеяни примеси в силиция. По времето, когато докладът бил публикуван през септември 1957 г. в “Списание на дружеството на електрохимиците”, Шокли и екипът му вече обсъждали ефективните начини за прилагане на новата технология.

Избухва революция

Докладът на Фрош и Дерик престигнал във военното помещение, когато Шокли се връщал от пътуване в Швеция. Там бил удостоен с Нобелова награда по физика заедно с Бардийн и Братейн - събитие, което вероятно отбелязва върха в развитието на новата компания. Той се завърнал от приказната атмосфера на Стокхолм в далеч по-земния свят на ръководенето на бизнес, който да носи печалба.

По неизвестни причини Шокли загубил интерес към първоначалната цел на компанията си - производство на транзистори от силиций чрез дифузия. Вместо това започнал да съсредоточава силите си върху устройства, които по това време били на върха на научните изследвания и разработки, свързани с полупроводници, такива като транзисторът с полеви ефект и четирислойният диод, наричан често диод на Шокли. Това устройство с два извода имало четири отделни слоя (p-n-p-n) в тънка, 40-100 микрона дебела, лента от силиций. При дадено напрежение, наречено пробивно напрежение, диодът ще бъде включен от внезапно потеклия през него ток. Това бил изключително прост и компактен превключвател със същата функция като малка верига с два транзистора, два резистора и диод. За Шокли това било осъществяването

на една мечта, която директорът по изследванията в Лабораториите на Бел му внушил преди двадесет години.

Въпреки че идеята на Шокли била чудесна, било изключително трудно да се произвеждат еднакви и качествени диоди. По думите на инженер от лабораториите на Бел изработването им изисквало точно определяне на мястото на почти всяка издатина и контрол над всички типични за полупроводниците свойства на повърхностите. Силициевата вафла трябвало да се шлифова внимателно, така че двете ѝ страни да станат успоредни една на друга и тогава от тях във вафлата да се дифундират примеси. Липсата на прецизност при дифузията означавала, че примесите ще проникнат до непредвидена дълбочина, което ще доведе до големи отклонения в пробивното напрежение и други важни характеристики.

Ноис, Мур и други членове на техническия персонал били на мнение, че диодът е прекалено труден проект за новата компания на този етап от развитието ѝ. Те дошли в Калифорния, за да произвеждат силициеви транзистори, които като трислойни устройства били много по-лесни за изработване. Компанията първо трябвало да се концентрира върху осъществяването на тази цел, размишлявали те, и да предложи на пазара някакъв продукт. Веднъж постигнали успех, те могли да започнат нови изследвания, свързани с по-трудния проблем за произвеждане на четирислойни устройства.

Нещата се влошили, когато членове от екипа започнали да негодуват срещу тираничния стил на управление на Шокли. След няколко обезпокоителни инцидента той започнал тайно да проверява квалификацията на няколко от своите хора. Отправил остри критики към един от физиците, Джей Ласт, които били чути от голяма част от останалите. Няколко от служителите останали изключително недоволни и били готови да напуснат.

Положението станало най-напрегнато, когато в средата на май 1957 г. Бекман пристигнал за среща с Шокли и екипа му, за да обсъдят проблемите на отдела и да съставят планове за бъдещето. Разходите за научни изследвания и разработки излизали от контрол в цялата компания Beckman Instruments и най-вече в Лабораторията за полупроводници на Шокли, която била част от нея. Това трябвало да се спре, като се вземат съответните мерки. Шокли, обаче, сериозно се обидил от предложенията на Бекман и излязъл от стаята, крещейки: "Ако не ви харесва това, което правим тук, мога да взема този екип и да намерим подкрепа навсякъде другаде!"

Но никой не напуснал стаята освен Шокли. Неговото избухване станало причина за четиринадесет поредица от събития, които през септември довели до напускането на осем от главните му помощници. Първоначално Бекман размишлявал как да намери начин двамата да работят отново заедно в приятелски взаимоотношения. Неговото предложение било да назначи опитен главен директор от някой от другите отдели, който да поеме управлението на компанията. Шокли щял да остане на длъжността "президент" на отдела, занимавайки се само с проекта за четирислойните диоди.

В началото, обаче, не се намерил опитен директор и през юли Бекман променил решението си. Наистина бил назначен главен директор, но Шокли запазил контрола си в лабораторията. В този момент, разбрали че се намират на края на чуплив клон, негодуващите служители започнали да си търсят нова работа. "Чувстваме, че сами си

отризахме пътя за отстъпление”, твърдял Мур, ”така че по никакъв начин не можем да продължим да работим тук.”

В средата на септември Шокли се завърнал от почивка в Wood Hole, Massachusetts, от която наистина се нуждаел, за да научи, че “революцията” била “потушена”. Няколко дни по-късно Ноис, Мур, Ласт и петима други членове от техническия екип подали оставка. Един от съдбовните моменти в историята на полупроводниковата индустрия е записан съвсем лаконично в друг бележник на Шокли: ”Сряда, 18 септември - групата напусна.”

Възходът на Силициевата долина

Масовото напускане лишило компанията от най-способните хора в нея и Шокли бил оставен с малък екип да работи над четиристойния диод. На следващия ден - 19 септември 1957 г. осемте мъже, които Шокли наричал "предателската осморка", подписали договор с Fairchild Camera и нийоркската фирма Instruments Co. Тя искала да започне бизнес в областта на ракетите и сателитните системи и се съгласила да вложи за тази цел 1 300 000 \$ за следващите 18 месеца. През октомври новата компания започнала да строи двуетажна сграда на 844 Charleston Road в Palo Alto, само на една миля северно от военното помещение на Шокли.

През същия месец Съветският Съюз изстрелва първия изкуствен спътник на Земята. Почти истеричната реакция от страна на американците към това събитие довела до създаването само за един месец на нов пазар за леки високочестотни устройства, които Fairchild Semiconductor планирала да произвежда. По-малко от година по-късно, в края на 1958 г., новата компания вече осъществявала добра печалба от силициевите транзистори, изработени чрез дифузия.

Приблизително по същото време Швейцарският физик Джийн Хоерни - един от осемте - открил планарната технология за производство, с която започва революция в полупроводниковата индустрия. Според тази технология р-п връзките се поставят под предпазния слой от силициев оксид, където не са изложени на опасност от замърсяване. Хоерни научил за този слой от доклада на Фрош и Дерик, докато работел в лабораториите на Шокли. Няколко месеца по-късно Ноис намерил начин да използва новия процес за производството на интегрални схеми. Въпреки че Джак Кибли изобретил интегралната схема шест месеца преди това в Texas Instruments, планарната технология на Fairchild се оказала толкова ефективна, че скоро била възприета като най-добрия начин за производство в цялата полупроводникова индустрия. Днес всъщност всички интегрални схеми и микрочипове са изработени от силиций чрез поставяне на р-п връзките под оксидния слой - по много подобен на открития от Хоерни и Ноис начин.

Шокли се борел за напредък на своята компания в средата на 60-те години, работейки върху четиристойния диод, но без печалба. Бекман се предал през 1960 г. и продал отдела на Clevite Transistor Corp, която продала останалото от компанията на ИТТ през 1965 г. Когато накрая Шокли бил отстранен от директорския пост през 1963 г., Търмън веднага го назначил на работа в Станфордския университет под ново име - Александър М. Пониатов - професор по инженерство и приложни науки. Там той прекарал остатъка от живота си. През 1989 г. умира от рак на простатата.

Въпреки огромния си принос към полупроводниковата индустрия, Шокли никога не постигнал финансовия успех, към който се стремял. Той събрал група първокласни учени и инженери в района на Станфорд, където те получили първата си представа за силиция и дифузията. Те напуснали лабораторията му, за да основат зашеметяваща верига от нови фирми за полупроводници, превръщайки спокойната и безинтересна долина в един от най-големите източници на богатство на планетата, като в този процес направили много хора милионери и поне един човек - билионер.

Търмън пожънал богатата реколта от семената, които Шокли посял и благодарение на които съществува Силициевата долина - центърът на най-печелившата индустрия в историята. Но по стечение на обстоятелствата и поради собствения си инат Шокли никога не посетил тази "обетована" земя. Затова го наричаме така, както предложил неговият стар приятел Фредерик Зайц, който го придружавал по време на пътуванията: Мойсей на Силициевата долина.

Превод: Н. Ахабабян

Michael Riordan & Lillian Hoddeson, "The Moses of Silicon Valley",

Physics Today, December 1997, p. 42

* * *

Прието е да се честват кръгли годишнини на значителни събития или юбилеи на велики творци. Сега си позволяваме да представим една статия по случай 50 години от нейното появяване. Написана няколко години след Втората световна война, когато пепелищата на Хирошима и Нагазаки още димят, големият учен усеща как духът се изплъзва от бутилката, ... пък и той е спомогнал за това! Вигнер е чувствал, че науката навлиза в нов етап на своето развитие, предопределено ѝ е да играе друга роля в световните съдбини. Бидейки на върха, той е виждал хоризонти, които ние би трябвало вече да сме достигнали или до които да сме по-близо. Убедени сме, че този текст заслужава внимание тъкмо днес, че тези размисли са актуални и стимулиращи и в началото на новото хилядолетие.

* * *

ГРАНИЦИТЕ НА ЕСТЕСТВОЗНАНИЕТО



Юджин Вигнер

Да се изказвам по такава обща тема бях подбуден не от обикновената гордост на естествоизпитателя, чувстващ сили да даде принос, макар и малък, за решаването на проблем, представляващ интерес не само за него, но и за колегите му. Към спекулации от подобен род всички ние изпитваме голямо вътрешно съпротивление: то има нещо общо с хладнокръвните разсъждения за кончината на наш много близък човек. Това са разсъждения за бъдещето на самата наука, за това няма ли в някакво достатъчно отдалечено време и за нея да важи прокобата: "Всичко родено е обречено на гибел" [1]. Естествено при такова разсъждение се изхожда от предположението за оптималните условия за развитието на интересувания ни предмет, без да се съобразяваме с опасността от нещастие, колкото и реална да е тя.

Ръстът на естествознанието.

Най-забележителното в Естествознанието е неговата младост. Първите зачатъци на химията (в съвременното разбиране на тази наука) се появяват не по-рано от трактата на Бойл "Скептичният Химик" от 1661 г. Може би рождението на химията с по-голямо основание трябва да отнесем към периода на дейност на Лавоазие някъде между 1770 и

1790 г., или нейната възраст да отчитаме от откритието на Далтон на закона, носещ неговото име (1808 г.). Физиката е малко по стара. Нютоновите "Начала" се появяват през 1687 г. Някои физически закони са открити от Архимед още през 250 г. пр.н.е., но неговите открития едва ли могат да се смятат за истинска рождена дата на физиката. Изобщо, едва ли ще сгрешим, ако приемем, че естествознанието е на по-малко от 300 г. Това число трябва да се сравни с възрастта на Човека, която със сигурност е по-голяма от 100 000 години.

Забележимо расте броят на хората, посвещаващи голяма част от живота си на придобиване на знания. Така, около 10 % от американската младеж завършват колежи, като в последно време на всеки 20 години този дял се удвоява. Харвардският колеж, който е основан през 1636 г., по онова време не е бил научно учреждение. Неотдавна Американската Асоциация за поощряване на науката навърши 100 години; първоначално тя е наброявала 461 души. Понастоящем този брой надхвърля половин милион, а само през последната година тя се увеличи с 10 000 членове. В някои страни броят на студентите не расте толкова забележимо, но вероятно в Русия това увеличение е с още по-големи темпове, отколкото в Америка.

Човек усвоява Земята все повече и този процес е непосредствено свързан с разширяването на неговите знания за законите на природата. В течение на 99 700 години от своята история Човекът не е оказвал никакво забележимо въздействие върху повърхността на Земята, но с появата на науката той успя да изкорени обширни площи гори и да изтощи природните запаси на доста минерали. Наблюдавайки Луната с мощен телескоп от Земята, едва ли щяха да забележат присъствието на човека в течение на първите 99 700 години от историята, но да се игнорира населението на Земята през последните 300 години би било трудно. В природата не съществуват явления, които бихме могли да сравним с внезапното и като че ли случайно развитие на естествознанието, с изключение, може би, на кондензацията на преситените пари или детонацията на някои особено капризни взривни вещества. Съдбата на науката няма ли да наподобява в някаква степен тези явления?

В действителност, наблюдавайки бързия растеж на науката и увеличаването на мощта на човека, неволно възникват опасения за най-лошото. Явно човекът не е могъл да нагоди своят умствен кръгозор с отговорността, която му възлага неговата все по-нарастваща мощ. Именно това несъответствие ни заставя да се опасяваме от катастрофа. Току-що изказаната мисъл днес се осъзнава толкова дълбоко (особено, поради създаването и усъвършенстването на различните видове атомни оръжия и последващите несполучливи опити на човека да разреши възникналите от това проблеми или поне до край да вникне в тях), че е станала почти банална. Въпреки това, говорейки за бъдещето на науката, няма да вземем под внимание възможността за катастрофа, а границите на нарастването на науката ще разглеждаме при предположението, че нейното развитие няма да бъде прекъснато от някакъв катаклизъм. По такъв начин следващите разсъждения са приложими само в случай че ни се удаде да избегнем надвисналата над нас катастрофа и науката ще може да се развива в относително мирна атмосфера. Целта на нашия анализ е в търсенето на вътрешни ограничения, присъщи на самото естествознание, а не граници, които външните въздействия поставят на пътя на нейното развитие, независимо от това дали самите тези ограничения са обусловени от неговия прогрес или не.

Какво можем да наречем "наша наука".

Какво трябва да разбираме под естествена граница на "нашата наука", вероятно ще стане ясно, ако се опитаме да определим що е "наша наука". Всъщност нашата наука е целият запас от знания за явленията в природата. Възниква въпросът какво "наше" има в този запас? Отговорът на поставения въпрос ще търсим въвеждайки ту по-широки, ту по-тесни определения, докато не стигнем до приемлив компромис. Ясно е, че който и да е набор фолианти, съдържащ натрупани факти и теории, не става хранилище на нашите знания само затова, че ни принадлежи. Примерът на епохата на Възраждането и в още по-голяма степен предхождащият го мрачен период на Средновековието ни учи, че вещественото притежание не е достатъчно. Необходимо ли е някой да знае съдържанието на всички томове, преди да можем да наречем това съдържание "наша наука"? Такава гледна точка притежава известни удобства, но, приемайки я, сме принудени да признаем, че науката вече е достигнала своите граници или даже е могла да ги достигне още по-рано. Нима в такъв случай стига да има поне по един човек, който да знае съдържанието на даден том и тогава обществото щеше да притежава цялото знание? Не, защото твърденията в различните томове биха могли да си противоречат едно на друго и затова, ако бихме избрали "пазител на знания", който знае само част от твърденията, то противоречията биха останали скрити. Науката е сграда, а не камара от тухли, колкото и ценна да е тази камара.

Смятам за разумно някакъв запас от знания да се нарече "нашата наука", ако може да се намерят хора, способни да изучат и да използват всяка част от нея, хора жадуващи да овладеят всяка нейна част даже съзнавайки, че това надхвърля техните сили, но уверени, че отделните части на свода на знанията не противоречат помежду си, а образуват единно цяло. Разделът от нашите знания, изучаващ еластичността, трябва да се основава на същите представи за структурата на желязото, върху които е основан и разделът за магнетизма.

Границите на "нашата наука".

Ако приемем тази формулировка за привидно описание на това какво трябва да разбираме под "наша наука", тогава ограниченията ѝ трябва да се коренят в човешкия интелект, в обема на неговите интереси и способността за обучение, в паметта му и в средствата му за комуникация. Ясно е, че всички тези ограничения са свързани с продължителността на човешкия живот. Наистина, ако приемем изказаното определение за "наша наука", то нейното съдържание ще се мени не само в резултат на завоюваните от човека нови области, но отчасти и вследствие на преместването от по-старите области към нови. Някои неща ние забравяме и концентрираме вниманието си върху последните постижения. Тъкмо сега старите области на науката престават да бъдат области на "нашата наука" не толкова защото не вярваме, че съответстват на новата картина на света (обратно, убеден съм, че те отлично се вписват в новата картина), а защото у никого няма особено желание да знае за тях - поне у онези, които се интересуват от новите области на науката.

Възможностите на такъв тип растеж далеч още не са изчерпани. Днес ние пренебрегваме теорията на твърдото тяло, за която студентът трябва да прочете около 600 статии, преди да стигне "предния ѝ край" и да започне свое изследване. Вместо това съсредоточаваме усилията си към квантовата електродинамика, където изучаващият трябва да се запознае само с 6 работи. Утре можем да захвърлим цели области на науката, например химията, и да се заемем с нещо по-малко изследвано. Нещо повече, измененията в интересите явно не са произволни и в по-голяма част от

случаите са напълно обосновани, понеже новият предмет, като правило, се основава на по-фундаментални идеи, като включва и стари. Свойствата на твърдите тела следват от принципите на квантовата електродинамика, но тази дисциплина позволява освен това да се разгледат и много други явления освен ония, които са важни за физиката на твърдото тяло.

Въпреки това трябва да си даваме сметка, че поглъщането на стария предмет от новата дисциплина е в известна степен илюзорно. Например, студент, изучаващ квантовата електродинамика, по същество е изоставил теорията на твърдото тяло, тъй като човешкият разум е много слаб, за да изведе важните свойства на твърдото тяло от квантовата електродинамика, без да предприеме специални експериментални и теоретични изследвания и без съответстващи идеализации и приближения, необходими тъкмо за описването на твърдото тяло. Само необикновено проникателен интелект може, опирайки се на принципите на обикновената квантова теория, да заключи, че съществуват твърди тела и че те са изградени от атоми, разположени в пространството във вид на решетка. В същото време човешкият разум веднага осъзна значението и ролята на дефектите в кристалната решетка. Уравненията на квантовата теория могат да се оприличат с прорицанията на магичен оракул, описващ в удивително съгъстен вид явленията във физиката на кристалите. Обаче човешкият разум не е в състояние да разбере вещанията на оракула, ако те не са снабдени с коментар. Обемът на коментарите се намира в такова отношение към сбитите изречения на оракула, каквото има цялата Библия към стих 19.18 от книгата на Левит [2]. Очевидно съществува граница, над която свиването на изложението, колкото и възвишено да е като самоцел, престава да бъде полезно за съхраняване на информацията. В наши дни тази степен на кондензация на сведенията във физиката вече е достигнала своите граници.

Изместване от втори род.

Възниква въпросът: ще върви ли развитието на науката, макар и потенциално, неограничено дълго по познатия досега тип на "изместване", т.е. когато новата дисциплина ще се окаже по-дълбока от старата и ще я включва в себе си. Мисля, че на този въпрос трябва да дадем отрицателен отговор, защото изместванията, разбирали в току що казания смисъл, винаги са свързани със задълбочаване с още един слой в "тайните на природата" и с още по-голямо отдалечаване по веригата понятия, опиращи се на разпознатите само като приблизителни по-стари понятия. Така в приведените по-горе пример класическата механика отначало трябваше да отстъпи място на квантовата механика - изясни се, че класическата механика е вярна при определени приближения и е пригодена само да описва макроскопични явления. След това стана ясно, че класическата механика е неадекватна и в друго отношение и беше заменена с полеви теории. Накрая апроксимативното естество и ограниченията само за малки скорости вече не може да бъдат скривани. Така релативистичната квантова теория е разположена поне на четвърти по дълбочина слой и оперира с понятия от всички предишни три нива, за които се знае, че са неадекватни и заменени с нови понятия от четвъртото, по-дълбоко равнище на познание. Разбира се, това е очарованието и прелестта на релативистичната квантова теория и въобще на фундаменталните изследвания по физика, но в това се проявява и ограничеността на разглеждания тип на развитие на естествознанието. Признаването на неадекватността на понятията от десетото ниво и замяната им с по-изтънчени понятия от единадесетото ниво ще бъде значително по-маловажно събитие от откриването на теорията на относителността, но ще бъдат необходими много по-подробни и дълги изследвания, за да бъде открит коренът на

злото, отколкото беше необходимо, за да бъдат осъзнати противоречията с опита, които биха изключили теорията на относителността. Не е трудно да си представим, че ще настъпи такова време, когато изучаващите физика ще загубят интерес или просто няма да имат сили да се проврат през натрупаните слоеве към предния фронт на науката и към самостоятелни изследвания. Тогава броят на физиците-докторанти рязко ще намалее и изместването към новите области ще стане по-драстично, отколкото досега. Новата млада дисциплина вече няма да включва физиката, така както например новата теория включва класическата физика. Такъв пробив наричам изместване от втори вид.

В нарисуваната от мен картина се предполага, че за разбирането на постоянно разширяващия се кръг явления във физиката трябва да се въведат все по-дълбоки понятия и че този процес не може да бъде завършен с откриването на окончателни, абсолютни понятия. Убеден съм в това: нямаме никакви основания да очакваме, че нашият интелект може да формулира някакви абсолютни понятия, пригодени за пълното описание на неодушевената природа. Пробиви от втори вид ще стават във всички случаи; науката не е жизнеспособна, ако изследванията не се водят на границата на непознатото и интересът към завършените области спада. Възможно е също нито една от предложените алтернативи да не съответства на действителността и никога да не ни се отдаде да решим адекватни ли са "по принцип" понятията от десетия слой, способни ли са те за пълното описание на неодушевения свят. Отсъствието на интерес в съчетание със слабостта на човешкия разум може лесно да доведе до това, че решаването на въпроса за пълната адекватност на понятията от n-тия слой да се отлага за неопределено време. В този случай физиката ще се окаже зад борда на изследванията, както вече изглежда се оказаха някои явления, свързани със свръхпроводимостта, от което пък повечето физици не се почувстваха особено нещастни.

Пробив от втори вид ще означава не само отказ от една или друга област на знание. Мнозина днес започват да чувстват, че много дълго пренебрегнахме биологическите науки и науките за разума на човека и животните. Нашата картина на света, без съмнение, би била по-пълна, ако разполагахме с по-подробни сведения за разума на хората и животните, техните нрави и привички. Обаче изместване от втори вид може да означава и признание, че сме неспособни да разберем неодушевения свят (няколко века назад се стигна и до аналогичния извод за нашата неспособност с достатъчна увереност да предскажем какво ще стане с душата след смъртта на тялото). И сега изпитваме някакво разочарование, защото не можем да предвидим всички перипетии и в съдбата на нашата душа. Въпреки че за това не е прието да се говори, всички знаем, че от общочовешка гледна точка целите на нашата наука са много по-скромни, отколкото целите, например, на древногръцката наука, и че нашата наука по-скоро успешно увеличава нашата мощ, отколкото да натрупва знания, представляващи чисто човешки интерес. Въпреки това, последвалото разочарование съвсем не намали енергията, с която протича развитието на природните науки. Не по-малко интензивна ще бъде и работата в онези области, които ще ни доведат до пробивите от втори вид, макар да ни се наложи да се откажем от пълното осъществяване на нашите предишни мечти.

И все пак не трябва да премълчим, че измествания от втория вид ще означават някакви нови загуби за науката и ще маркират завой в нейното развитие (говорим за наука в смисъла на определението, което дадохме). Когато броят на такива стъпки от втори род стане значителен, естествознанието ще загуби онази привлекателност за младия ум, каквато притежава сега, и ще престане да бъде толкова увлекателно. Чудесният

възторг, който ние учените изпитваме понастоящем и който произтича от неотслабващото чувство за мощта на разума, ще бъде до известна степен приглушен от осъзнатата ограниченост на нашите възможности. Не ни остава нищо друго освен мълчаливо да признаем, че нашето мислене не ни позволява да стигнем лесно до удовлетворителна картина, каквато горещо са мечтаели да построят древните гърци.

Стабилизиращите сили.

Вероятно за мнозина тези разсъждения не са много основателни, защото смятат, че науката има естествена жизненост, с която ще успее да преодолее всички прегради, които днес нашият малък разум смята, че стоят на пътя ѝ. Такова мнение, без съмнение, съдържа голяма доза истина, основавана на една гъвкава картина за развитието на науката, която ще разгледаме по-подробно. Обаче, аз смятам, че по принцип е вярна по-мрачната картина, а нашето инстинктивно нежелание да мислим за нея е свързано със склонността на човешкия разум да отбягва мисълта за неприятни събития, които могат да настъпят в бъдеще, ако датата на тяхното настъпване е непредсказуема. Все пак настъпват значителни и нерядко твърде нежелателни промени, като гъвкавостта на природата само задържа за известно време тяхното реализиране: бизоните като източник на храна са изчерпани, ролята на индивидуалните бойци е сведена до нула, подробното тълкуване на текстове от светото писание, някога смятано за единствено достойно за човека занимание, престана да бъде част от нашата култура; предсказанията на Малтус [3] се оказаха верни в една или друга степен. Всички такива прогнози са възмущавали широките обществени кръгове, тъй както днес негодуваме срещу твърденията за немощ на науката.

Може ли днес да се забележат някакви признаци за криза в науката? Явно може. Първо, за криза свидетелства вече споменатата трудност за достъп до предните фронтове на науката. Това затруднение още сега е толкова сериозно за средния човешки интелект, че само незначителна част от нашите съвременници са способни напълно да почувстват силата на аргументите на квантовата механика и релативистичната теория. Химията нарасна толкова, че само малко хора могат да получат макар и повърхностна представа за всичките ѝ раздели. В названията на науките непрекъснато протичат измествания от първи род и някои такива изменения служат за мишена на непрестанни подигравки.

Най-отчетливо нарастващото осъзнаване, че възможностите на нашия разум ограничават сферата на науката, се проявява във въпросите, които ни се налага да слушаме ежедневно: "Заслужава ли си да се прави това или онова изследване?" Почти във всички такива случаи поставената задача е интересна, предложеният метод за решаването ѝ не е лишен от остроумие, а отговорът, какъвто и да е той, заслужава да се получи. Обаче оня, който се съмнява в целесъобразността на провежданото изследване, отлично съзнава, колко голям е броят на не по-маловажните задачи и колко е ограничено времето и паметта на онези, за които ще бъдат интересни резултатите. Така той се безпокои, няма ли работата, с която се е захванал, да се загуби в масата от други публикации, ще се намери ли у някого време и енергия да я разучи и оцени. Оттук и въпросът. Аналогични съмнения в "целесъобразността" на провежданите изследвания вероятно са възниквали винаги, но не мисля, че те са били така задълбочени както по наше време и са се отнасяли до толкова интересни задачи. Струва ми се, че броят подобни въпроси и съмнения даже по време на моя собствен кратък научен живот нараснаха забележимо.

Неотдавна М. Фирц в една задълбочена статия посочи едно обстоятелство, което с времето може да стане причина за отместване от първи род. Той обърна внимание на това, че и физиката и психологията претендират за ролята на всеобхващащи, универсални дисциплини: първата, защото се опитва да опише цялата природа, а втората - защото разглежда всички явления, свързани с духовната дейност, а природата съществува за нас, защото я опознаваме. Фирц отбелязва, че картините на света, проектирани в нашето съзнание от физиката и психологията, не трябва задължително да бъдат в противоречие. Извънредно трудно е обаче, а може би даже невъзможно, да се възприемат тези две картини като различни аспекти на едно и също нещо. Освен това едва ли ще бъде преувеличение, ако кажем, че нито един психолог не разбира философията на съвременната физика. Вярно е и обратното твърдение: рядко физик разбира езика на психолога. Разбира се, философията на психологията е все още доста мъглява, за да достигне до някакви определени изводи, обаче напълно е възможно ние самите или нашите студенти да станем свидетели на един разкол в естествознанието.

Би било глупаво да се правят далеч отиващи изводи от възникването на две науки, всяка от които претендира универсално да обхваща действителността, още повече, че понастоящем не виждаме нищо общо между използваните от тези науки понятия и твърдения. Без да преоценяваме способността на нашия разум към абстракции, все пак можем да обединим физиката и психологията в една по-дълбока дисциплина. При това съществуват много благоприятни стабилизиращи ефекти, позволяващи за дълго да отложим разделянето на науката на обособени области. Някои от тези ефекти имат методологичен характер: колкото по-дълбоко проникваме в направените от нас открития, толкова по-добри обяснение успяваме да им дадем. Не случайно до неотдавна имаме много превъзходни книги по термодинамика и нито една по квантова теория. Преди двайсет и пет години теорията на относителността се разбираше (поне така се говореше) само от двама души, днес нейните основи преподаваме в началните курсове. Други примери за усъвършенстване на преподаването с неголеми опростявания, както и с ефектно "сгъстяване", са достатъчно известни, за да не е необходимо да ги изброяваме.

Друг важен стабилизиращ ефект се достига с намаляване на обема на изучаваните дисциплини за сметка на изключването на отделни техни части. Хората от моето поколение, вероятно, ще бъдат поразени с примера за елиптичните функции - теория толкова ефективна със своите методи и достигнала такива успехи, колкото и другите области на съвременната математика - днес е обречена на забвение [4]. Това е изместване от първи род, спрямо което даже царицата на науките - математиката - не притежава имунитет. Но прави математиката по изучаема.

И накрая, не е изключено с времето да успеем да възпитаем човек, чиято памет и способност към абстрахиране да превъзхожда нашите възможности, или поне ще се научим рационално да избираме най-пригодните за научна работа млади хора.

От друга страна не трябва да се изпуска от поглед едно обстоятелство, което несъмнено ще оказва ефект в противоположна посока. Жаждата за знания, любопитството, при изпробване на собствените умствени способности и здравият дух на съперничеството в наши дни стимулират в значителна степен младите учени и ще мотивират дейността им и в бъдеще. Обаче тези мотиви не са единствени: стремежът да се облекчи участието на човечеството, да се умножат неговите сили са също толкова традиционни черти на учените, но те ще отслабват (доколкото се отнася за естествените науки) с напредъка на

човечеството във все по-пълното подчиняване на природните стихии и съзнаването, че икономическото благосъстояние се определя не толкова от производството, колкото от организацията. Загубата на толкова привлекателни качества на учените ще се отрази и върху мащабите на изследванията и това са неща, които не могат да се предскажат.

Колективните изследвания.

Ако очакваме науката да се разраства (в ширина и в дълбочина) така силно, че човешкият разум да не може да я обхване и човешкият живот бъде недостатъчен, за да стигне известните ѝ граници, не биха ли могли няколко души да се обединят в група и със съвместни усилия да постигнат това, което не биха могли поотделно? Не може ли, вместо с Шоу, да се вържат към Матусалем [5] и да потърсят начин за увеличаване на капацитета на човешкия разум по пътя на наслагване на няколко индивидуални разума, а не чрез "разтягане" на отделния разум? Такава възможност е изследвана толкова малко, че всякакви твърдения за нея имат само чисто умозрителен характер (доколкото мога да преценя, по-умозрителен, отколкото останалата част на тази статия). Заедно с това възможността за съвместни изследвания би трябвало да се изучи много по-широко, отколкото това се е правило досега, защото в тях ние виждаме единствената надежда за продължаване на живота на науката след като тя стане извънредно голяма за отделния човешки индивид.

Повечето от нас, учените, са достатъчно индивидуалисти, за да възприемат сериозно колективните изследвания. Както бе отбелязал веднъж създателят на теорията на относителността, той не можеше да си представи по какъв начин тази теория би могла да бъде открита колективно. Наистина, ако помислим за съвременните изследователски колективи, работещи под ръководството на един човек, който предава своите разпореждания чрез началниците на отдели, то идеята за съвместни изследвания става абсурдна и смешна. Ясно е, че при такъв подход не могат да произтекат никакви дълбоки промени и изследователските колективи, за които споменахме, не целят фундаментални изменения.

Доводите против колективните изследвания могат да бъдат обосновани по-рационално, ако се използва тънкият анализ на природата на математичното откритие, направен от Поанкаре. Тъкмо нашето интуитивно разбиране на фактите, толкова сполучливо изразено от Поанкаре и Адамар [6], ни заставят да се усмихваме при мисълта за колективното изследване. Поанкаре и Адамар изясниха, че за разлика от голяма част от процесите на мислене, протичащи във висшите слоеве на съзнанието, най-съществената част на математическото мислене се осъществява без помощта на думи. То протича някъде в подсъзнанието, толкова дълбоко, че даже сам мислещият обикновено не знае за това, което става в него.

Смятам, че ролята на подсъзнателното мислене не е по-маловажна и в другите науки и има решаващо значение даже при решаването на дребни технически проблеми, изглеждащи тривиални. Мой приятел, физик-експериментатор, ми разказа (преди повече от двамадесет години), че веднъж като не могъл да открие откъде идва утечката във вакуумната система, тръгнал да се поразходи. Не за пръв път, връщайки се от разходката, той вече знаел точно къде да търси пробива. Следователно проблемът за колективното изследване се състои в това напълно да освободим подсъзнателната изобретателност на индивида и в същото време да му предоставим целия запас от знания, с които разполага колективът.

Дали може да стане това засега не е известно. Може само с увереност да се твърди, че колективните изследвания ще изискват по-тясна, отколкото досегашната симбиоза между отделните участници. Част, но само част, от тази по-тясна симбиоза ще нараства с увеличаване на възможностите за обмен на информация и идеи. За пълната ефективност на колективните изследвания обаче е необходимо по-дълбоко разбиране на дейността на човешкия мозък. Нито едно от посочените условия не е непостижимо. Освен това не е изключено в действителност ние да се намираме по-близо до тяхното осъществяване, отколкото подозираме.

Засега не трябва да забравяме два факта. Първо, вече споменатите трудности за бъдещото развитието на науката, са свързани преди всичко с ограничения капацитет на човешкия разум, а не с неговата дълбочина. Даже да успеем да увеличим дълбочината на човешкия разум, в значителна степен зависеща от подсъзнателното мислене, за преодоляване на първото препятствие (ограниченост на капацитета на мозъка) може да се окаже напълно достатъчна колективната работа. Второ, не трябва да забравяме, че макар група учени не биха могли да измислят теорията на относителността, отделен човек не би могъл да измисли конструкцията на моста Джордж Вашингтон в Ню-Йорк или дори ядрените реактори в Хенфорд. Проблемът на колективното изследване е в това да се избегне потискането на подсъзнателната мисъл на индивида и за нея да стане достъпна информацията и даже незавършените идеи на сътрудниците. Успехът на такъв подход би означавал, че ограниченията на "нашата наука", за които се говори толкова, са всъщност ограничения на науката само за отделния индивид.

За всеки учен и за всеки човек е тежко да осъзнае, че главният мотив за неговата дейност или на неговата епоха е обречен на гибел. Обаче целите и идеалите на човечеството в продължение на известният ни период от историята са се менили нееднократно. Освен това ние трябва да изпитваме чувство на гордост при мисълта, че живеем в героичен век за науката, в епоха, когато абстрактните знания на индивида за природата и (както се надяваме) за самия него нарастват по-бързо и до по-високи нива, отколкото когато и да било в миналото и, вероятно, в бъдещето. Не ми се иска да вярвам, че нашите идеали могат да се окажат така преходни, като разсейващи се илюзии. Все пак живеем в героичния век на тези идеали.

Бележки на редактора на превода

[1] Думи на Мефистофел във *Фауст* на Гьоте (стихове 1339, 1340). В превод на Ал. Балабанов: "Че всичко, щото се роди, за да изчезне се годи".

[2] "Да не отмъщаваш, нито да храниш злоба против ония, които са от людете ти; но да обичаш ближния си като себе си" (Трета от петте Мойсееви книги).

[3] Икономистът Томас Роберт Малтус (1766 - 1834) в съчинението си *Essay on the Principle of Population* (1798) пледира за контрол над раждаемостта, защото смята, че благата за съществуване растат линейно, докато броят на населението нараства като степенна функция.

[4] Теорията на елиптичните функции днес е отново на мода ...

[5] Става дума за пиесата на Дж. Б. Шоу, озаглавена "*Назад към Матусал*", едва ли не най-дългата драма на Шоу (над 150 стр.). Състои се от пет фабулно несвързани

действия. Централният ѝ мотив е израждането на човешкия живот, породено от краткостта му. Спасението е във "Матусалемово" дълголетие - няколко столетия; вж. Битие, 5,21.

[6] Вж. Ж. Адамар (1865 - 1963) *"Исследования психологии процесса изобретения в математике"*, Москва, 1970; А. Поанкаре (1856 - 1912) *"О науке"*, Москва, 1983.

Превод: Н. Ахабабян. Редакция и бележки: Б. Пенков.

* *"The Limits of Science"*, Proc. Amer. Phil. Soc., 94, 422, 1950. Друго великолепно есе (от многото) на големия учен: *"The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences"* беше публикувано през 1978 г. във "Физико-математично списание".

ЕДИН ФИЗИК В СВЕТА НА ЦИГУЛКИТЕ

Уилям Етууд

Един физик прилага добре познати принципи към конструирането на цигулки и така разбира по-добре техниките на изграждане на техния звук.

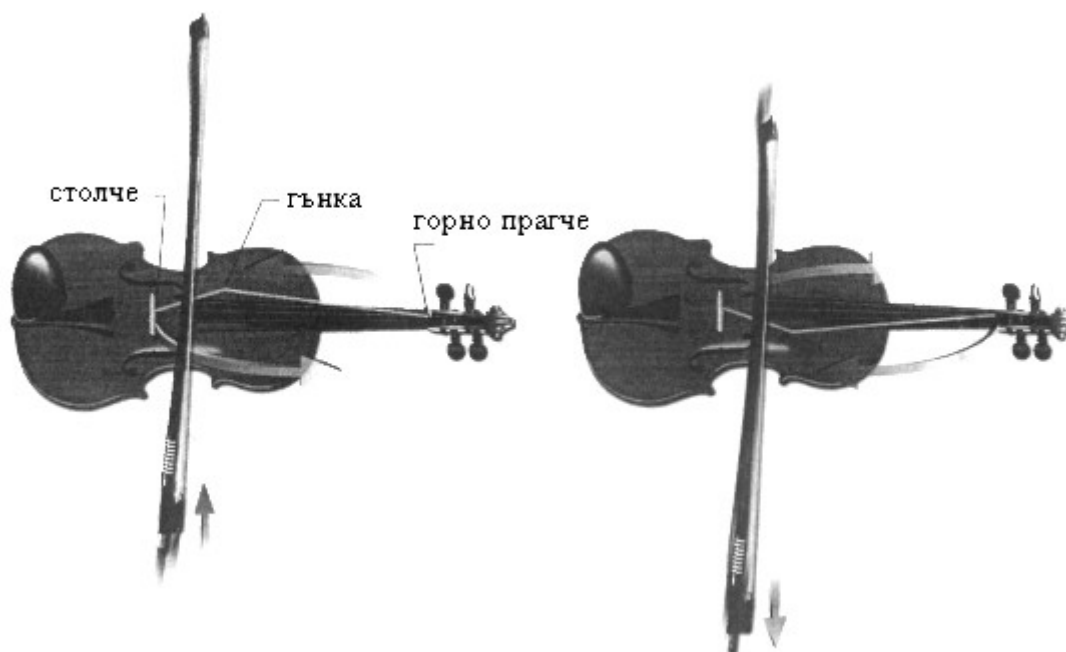
Развитието и историята на цигулката почти съвпада по време със съвременната физика. Докато Нютон в Англия развива своята класическа механика и формулира движението на планетите в небето, Антонио Страдивари създава в Кремона, Италия, някои от най-великите и най-ценени в света цигулки. Този инструмент се развива от семейството на "виолите" около 100 години по-рано и получава окончателната си форма от друг италиански майстор - Гаспаро да Сало и от неговия ученик Джовани Маджини. Подобно на съвременната електрическа китара тази еволюция била предизвикана от необходимостта да се усили звукът при публичните изяви. Това бил инструментът на масите, достъпен и дързък. Виолата остава изисканият любимец на кралския двор.

Новата конструкция на Сало е забелязана и възпроизведена от един майстор от Кремона - Андреа Амати, чиито синове продължават делото на баща си и усъвършенстват дизайна на цигулките. Подозрението, че Страдивари се е учил в магазина на Амати, почива върху един-единствен знак върху една от неговите цигулки, приписващ стила ѝ на Амати. Това, което със сигурност знаем, е, че и двамата живеят в Кремона през втората половина на 17-ти век и че Страдивари започва да прави цигулки в стила на Амати. Скоро след това той се отделя и поставя началото на една продължителна и забележителна кариера, по време на която създава над 1000 цигулки.

Към 1750 г. цигулката е завоювала широко признание. Наистина повечето прочутите композитори по онова време пишат творби, които са характерни за този инструмент. Точно техните изисквания водят до някои окончателни изменения в конструкцията ѝ. Увеличава се наклонът на грифа и се удължава шийката (а оттам и дължината на струните), което позволява да се разшири регистърът от ноти. За нещастие закрепването на шийката към тялото чрез просто заковаване и залепване, както се прави дотогава, се оказва твърде слабо, за да устои на опъването на струните. В отговор на това, в края на 18-ти век, майстор Мантегаца разработва метод за допълнително укрепване на шийката странично и към лицето (резонаторната дъска). Ражда се съвременната цигулка. Въпреки това създадените през следващите два века цигулки не могат да достигнат успеха на тези на ранните италиански майстори, което кара много хора да вярват, че техниката им по някакъв начин е останала в тайна.

Постигнат бил напредък и в разбирането на това, как лъковите инструменти издават своя характерен звук. На немския физик Херман фон Хелмхолц се приписва обяснението на породеното от лъка движение на струната. Условието за фиксирана дължина и напрегнатост на струните и за продължителен звук (периодичност) означават, че възпроизвежданите честоти могат да бъдат само целочислено кратни на основната (т.е. на най-ниската допустима мода на трептене). На музикален език това означава, че за определена нота нейната октава, 5-тата над нея, следващата октава, 3-тата над нея и т.н. участват във възпроизвеждания звук. Хелмхолц осъзнал, че тембърът на цигулковия звук трябва да бъде много богат при тази хармонични и полюбопитствал да разбере като как движещата се (трептящата) струна ги създава. Той установил, че

под действието на лъка движението на струната не е точно вълнообразно напред-назад. По-скоро една островръха гънка се "разхожда" напред-назад между столчето и горното прагче на шийката, прехвърляйки се от другата страна при всяко отразяване (фиг. 1). Когато гънката преминава през контактната точка с лъка по пътя си към столчето, тя първоначално отслабва натиска на космите на лъка върху струните, който веднага след това отново се усилва. Резултатът е едно непрекъснато действие подобно на скубане. Гънката се движи по посока на часовниковата стрелка при движение на лъка "надолу" и обратно на нея при обратното движение на лъка. В резултат на това, когато се прекарва по една гладка струна, лъкът се стреми да се плъзне към магаренцето при движение на лъка "нагоре" и към грифа при обратното му движение.



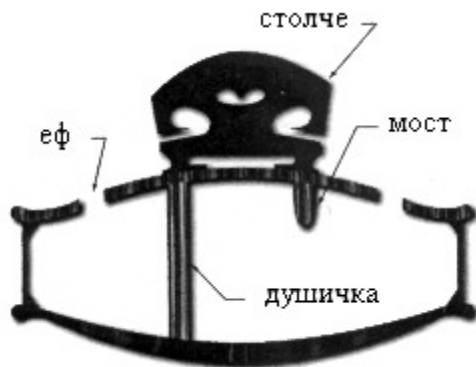
Фиг. 1 - Пример за Хелмхолцово движение на струните, при което трептенето обикаля струната, като последователно отскача от столчето и горното прагче на шийката.

След Втората световна война производството на цигулки се възражда, като лютиерите са решени да възвърнат прецизността и майсторството на отминалите години, и възниква нов интерес у учените към това как работи цигулката. Сега в САЩ съществуват няколко нови школи, посветили се на конструирането на струнни инструменти. Има и организации, които издават списания, посветени на изучаването на инструмента. В тази стимулираща среда една млада и ентусиазирана група лютиери правят доста добре цигулки, които на практика могат да съперничат на старите италиански инструменти.

КАК СВИРИ ЦИГУЛКАТА

На фиг. 2 е показан напречен разрез на цигулката при столчето (магаренцето). По същество тялото е една празна тънкостенна кутия. Горната плоскост или лицето, която произвежда преобладаващата част от звука, обикновено е с дебелина 2 до 3 mm, докато гърбът е с подобна дебелина при ръбовете, но достига до 5 mm или повече около центъра. Околницата е приблизително 1 mm дебела с изключение на ръбовете, които са подсилени и залепени към лицето и гърба. Под дясното краче на столчето, откъм

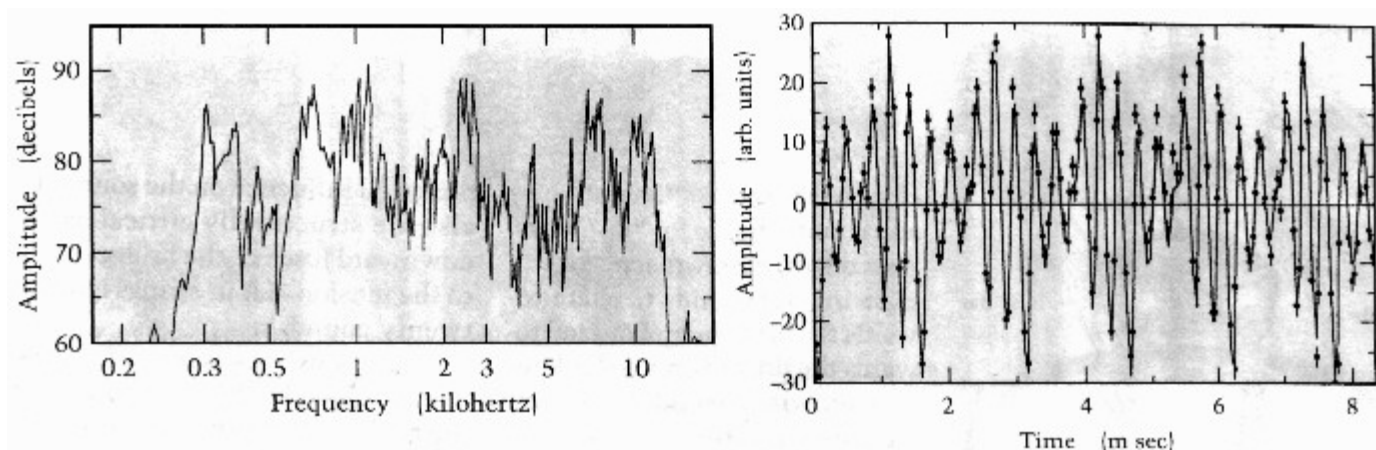
струната Ми (Е), една подпорка, т.н. "душичка", механично свързва лицето с гърба. Под другото краче е разположен надлъжен обтегач, наричан "мост" ("басова пръчка"). И двата компонента имат не само основно влияние върху звука, но са и структуроопределящи, тъй като упражняваната върху столчето сила, дължаща се на натегнатостта на 4-те струни, е около 9 кг.



Фиг.2 - Напречен разрез на цигулката при столчето.

Тялото на цигулката е резонатор, който се възбужда от вибрациите, предавани през столчето и индуцирани от описаното по-горе Хелмхолцово движение на струните. Но само онези честоти, които приблизително съответстват на естествения резонанс на системата, ще се превърнат в доловими звуци.

Честотният отклик може да се измери чрез вибриране на столчето с чиста синусоидална вълна (без хармонични). Това се осъществява чрез прикрепването на лек датчик към столчето и плавно променяне на възбуждащата честота, като амплитудата ѝ се поддържа постоянна. Съответният получен звук може да бъде записан (фиг. 3). Въпреки че графиката е с доста сложна структура, някои общи характеристики са лесно доловими. Преди всичко има поредица от резонанси в честотния обхват от около 200 Hz до около 15 kHz. Макар да има много резки спадове, повечето ноти са по правило твърде близко до резонанса, който трябва да бъде възбуден. Долният край на този обхват е доста странен. Най-ниските ноти на цигулката (сол [G] - при 196 Hz и сол диез [G#] - при 208 Hz) остават извън границите на честотния отклик. Нашите уши успяват все пак да възприемат тези ноти чрез по-високите им обертонове. Освен това, когато влагате парите си в домашна аудиосистема с честоти над 15 kHz, не можете да накарате цигулките да звучат по-добре!



Фиг. 3 - Тези две графики илюстрират аспекти на цигулковия звук. Отляво е представен честотният отклик на една цигулка Гуарнери Дел Дезу. Гъстата "гора" от резонанси покрива честотния диапазон от около 200 Hz до 15 kHz. Отдясно е показана вълновата форма на една нота – Ми (E), изсвирена на цигулка. Ясно изразените бързи осцилации се дължат на петия и шестия обертонове, докато бавнопроменливата модулираща обвивка е основната честота 660 Hz.

Всяка нота на цигулката има свой специфичен звук. Основният, както и неговите обертонове, ще попаднат на различни места в спектъра на честотния отклик и съответно ще се усилят. На схемата вдясно (фиг. 3) формата на вълната на цигулковия звук, когато лъкът се движи по свободна струна Ми, е показана наложена върху последователност от обертонове. За тази нота петият и шестият обертон имат три и два пъти по-високи амплитуди от основния тон. Видимите бързи осцилации са следствие от тези обертонове, които бавно взаимодействат помежду си, докато общата (бавни осцилации) обвиваща модулация е основната честота - 660 Hz. Да, ние чуваме Ми, но и много бързо идентифицираме звука като идващ от цигулка. Именно по наличието на тези обертонове ние определяме източника на звука. Ако повторим горното упражнение с други ноти, ще получим подобни резултати; във всеки случай спектърът от обертонове ще се промени.

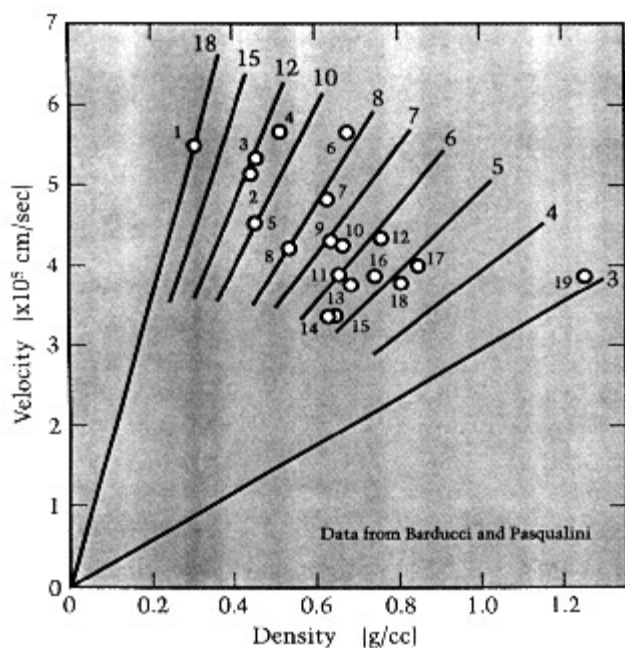
За да се постигне добро възпроизвеждане, е необходимо да се създадат положителни вълни на налягане едновременно върху лицето и гърба на цигулката. Човек може да си представи този процес като алтернативно издуване и свиване на цигулката. Джек Фрай, друг бележит физик, през 70-те години открива, че разположението на душичката и мостът вътре в една цигулка води до този тип излъчвател. Със сигурност обаче не всички резонанси могат да бъдат толкова прости. Различни места по повърхностите на двете страни ще се предвиждат навътре и навън във фаза и следователно ще формират крива на излъчването с по-високи полюси. За всяка нота, при измерване на различни места по цигулката, различните обертонове ще бъдат изразени чрез различни криви на излъчване. Както наскоро отбеляза Гейбриъл Уайнрайх "може би това е част от любопитната страна на цигулковия звук ... като че ли танцува и искри, пристига отнякъде изведнъж, а в същото време от никое определено място!"

ПРИЛАГАНЕ НА ФИЗИКАТА КЪМ ПРАВЕНЕТО НА ЦИГУЛКИ

Стремешът на един физик да изучи една нова физична система често започва с основните въпроси като: колко голям, колко малък, какво управлява цялостното

поведение и т.н. Джон Шеленг набляга на този тип размерен анализ и открива едно обобщено число за оценка на дървото на цигулката: съотношението на плътността на дървото и скоростта на звука. Може интуитивно да се разбере важноста на това съотношение, като се обърне внимание например, че ако лицето тежи много, ще се изисква силен тласък, за да се задвижи. Но само да бъде леко, не е достатъчно. Искаме цялата горна плоскост да се движи, а не само областта под крачката на столчето. Следователно коравината също е от първостепенно значение.

Интересно е да се представи графично зависимостта на плътността на дървото от скоростта на звука за различни типове дърво (фиг. 4). По правите, започващи в началото на координатната система, съотношението е постоянно: големите стойности са "добри". Най-добрият избор изглежда е балсамовото дърво! Разбира се, ние дори не споменаваме тази възможност, тъй като, както вече беше отбелязано, статичното натоварване от около 9 kg, упражнявано от столчето, ще подложи на изпитание здравината на балсамовото дърво. Не много по-лош, обаче, е норвежкият смърч. Той е предпочитаният материал практически за всички музикални инструменти, които имат дървена звукова кутия (пиана, китари, арфи, цигулки) и по същата причина (висока плътност на единица тегло) е бил най-предпочитаният материал за самолетната индустрия преди да влезе в употреба алуминият.



Фиг. 4 - Графично е представена зависимостта на скоростта на звука от плътността на различни типове дърво. Това съотношение е добра мярка за качеството на един материал - по-високо за високите стойности. Номерираните точки показват типични стойности за определено дърво; не са необичайни обаче отклонения в рамките на 30 % както за звуковата скорост, така и за плътността.

[1 - Балсам (Balsa); 2 - Топола (Poplar); 3 - Норвежки смърч (Norway spruce); 4 - Топола; 5 - Липа (Linden); 6 - Падоек (Padouk); 7 - Бяла ела (White Fir); 8 - Чам (Pine); 9 - Лиственица (Larch); 10 - Орех (Walnut); 11 - Американски махагон (Amer. Mahogany); 12 - Ясен (Ash); 13 - Норвежки клен (Norway Maple); 14 - Чинар (Sycamore Maple); 15 - Платан (Sycamore); 16 - Палисандрово дърво (Rasewood); 17 - Дъб (Oak); 18 - Круша (Pear); 19 - Пернамбуко (Pernambuco)].

Но само лицето на цигулката се прави от смърч. Останалата част обикновено е направено от клен – силно нашарено твърдо дърво. Диаграмата показва, че този материал не е избран на основата на звуковъзпроизвеждането, а по-скоро заради неговата красота и най-вероятно заради неговата здравина (осевото опъване на 4-те струни достига общо 27 kg). Има значение и начинът на отрязване на материала от дървото. Детайлни експерименти показват, че скоростта на звука намалява с отклонението на дървесните жилки от успоредност спрямо повърхността. На практика, докато скоростта на звука спада, бързината на затихване на вибрациите нараства. Тава става забележим ефект дори при отклонение от няколко градуса. Традиционните майстори винаги са предпочитали дърво, което е отцепено от дънера, а не е отрязано. Сега знаем защо.

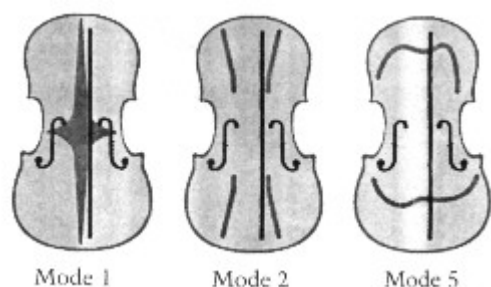
Един съвременен инженер-механик може би вижда цигулката като образец на технологията на тънките черупки. Първоначално цигулковите плоскости са дебели парчета дърво. Окончателната форма на сечението, показано на фиг. 2, се постига след двустепенен процес на формиране на кривината. Най-напред се оформя външната страна. Дъговидните извивки на плоскостите обикновено се копират от някой от старите италиански майстори. Ако за нетренираното око те изглеждат еднакви, в действителност съществува голямо разнообразие на максималната височина и пълнотата на кривата. "Височина" е мярката за издуването на централната част спрямо равнината, определена от краищата (обикновено 14 - 16 mm). Гърбът на инструмента може да има различна височина от лицето. "Пълнотата" на извивката се определя от това колко се доближава издуването до краищата. "Пикиращите" дъги започват да се спускат близо до центъра. Пълните дъги (близо до ръба спускане) дават по-голяма здравина и са по-устойчиви на продължително деформиране, дължащо се на статичното натоварване от опънатите струни.

След оформяване на външната страна се издълбава вътрешната. Тук вече става забавно! Колко дебел трябва да стане профилът и каква разпределение на дебелината трябва да се използва? Това е сложно и все още слабо разбрано. Тъй като материалът е дърво и следователно е анизотропен, с променящи се физически свойства от една част към друга, всяка рецепта, основаваща се само на размери, е обречена на провал. По някакъв начин трябва да се използват вибрационните свойства на индивидуалната плоскост, за да се контролира процесът на изтъняване (или на градуиране).

Традиционните производители използват техника, базирана на т.н. "ударни" тонове - "tap ton". Свободната плоскост се държи с палеца и показалеца встрани от средата в горната част и се почуква близо до средата с другата ръка, като по този начин се създават ясен тон, който става доловим, когато профилът на плоскостта доближава окончателния си вид. Като се запазва същият захват и се почуква в средата близо до долния край, се получава друг тон. Когато се разглобяват стари италиански инструменти за поправка, често се проверяват техните "ударни" тонове. Например Симоне Сакони, известен майстор-реставратор, който е поправял много от съществуващите цигулки Страдивари, съобщава, че всички те имат "ударни" тонове между Фа (F) и Фа-диез (F#), като набляга на предположението, че това е част от уравнението, открито в Италия преди 300 години.

Карлийн Хътчинс, която учи при Сакони, разработва нов метод за измерване на "ударните" тонове по време на правенето на инструмента. Тя показва, че те съответстват на собствените моди на трептене на свободната плоскост, което може ясно

да се види, като се използва техниката с фигурите на Кладни. Хътчинс окачва цигулковата плоскост хоризонтално над високоговорител, свързан с генератор на звукови сигнали. Когато повърхността се поръси с черен блестящ прах, при резонанс се получават фигурите, показани на фиг. 5. Нодалните линии са геометричното място на точките, в които плоскостта остава неподвижна и следователно прахът се събира там. Традиционната техника на "ударните" тонове изисква плоскостта да се държи по нодалната линия, а да се почуква по антинодалната. Днес този простицък процес се използва широко.



Фиг. 5 - Показани са трите главни собствени моди на трептене за свободно лице на цигулка. Свързаните с тези моди честоти се различават приблизително с една октава.

Настройването на "ударните" тонове сега е сведено до "наука", но свободните цигулкови плоскости сами по себе си не са всичко. В края на краищата те биват залепени към околницата, при което се променят граничните условия от свободни до нещо средно между еластично свързване и стягане в скоба. Изследванията на вибрационните моди, както на свободни, така и на стегнати плоскости, показват, че дебелината на дървото при краищата на една плоскост е критична за определяне на собствените моди на трептене при стегнато положение, но има малък ефект при свободна плоскост. Този ефект се управлява чрез отстраняване на дърво в околностите на центъра.

КОНФИГУРИРАНЕ (SETUP)

Сглобяването на цигулката след издълбаването на плоскостите включва сериозна доза много прецизна работа с дървото, след което идва лакирането. Следващата фаза, в която физиката може да участва, е "конфигурирането". Това включва оформяването на грифа и столчето, нагласяването на душичката, прикрепването на струнник на цигулка и т.н. До голяма степен крайното звучене се определя на този етап.

Столчето предава вибрациите от струните на лицевата плоскост. В някакъв смисъл то може да бъде разглеждано като акустичен филтър. Неговата традиционна и сложна форма най-вероятно е постигната чрез проби и грешки, като окото е следило естетиката, а ухото - получавания звук. Наблюденията върху това кои столчета звучат добре, подсказа един експеримент, при който се използва техника, подобна на използваната за свободни плоскости. Чрез мощен звукоподражател и аудиогенератор се разкрива, че най-добрите столчета имат просто собствено ладово наклонение (bending eigenmode), разположено при високо F_a (F) (2800 Hz).

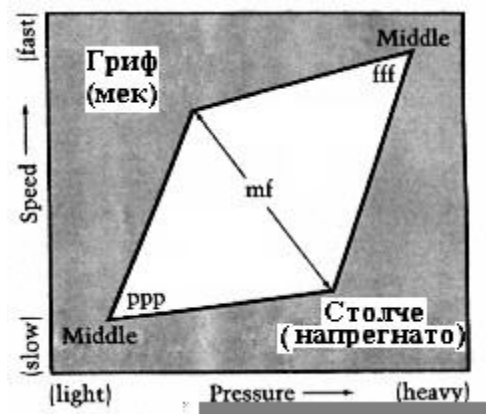
След поставянето на струните накрая, вибрационните моди на завършения инструмент могат да бъдат изследвани и настроени. Когато честотите на най-ниския резонанс на

въздушната кухня и на най-ниското ладово наклонение станат почти еднакви, цигулката оживява. Тъй като няма много количествени изследвания за определяне на това какъв звук издава един инструмент със съвпадащи моди в сравнение с такъв, при който те не съвпадат, както изпълнителите, така и слушателите предпочитат първия. Честотата на модата на трептене на въздушната кухня се определя главно от обема на кутията и от размера и формата на звуковите отвори (ефовите). Малко може да се направи за промяната на тази "консервирана" нота и наистина при отделните инструменти трудно може да се открие разликата по отношение на нея. Близко звучащата нота може да се открие чрез тананикане със затворена уста в един от ефовите и установяване на височината на тона, при която тялото резонира (обикновено между До (C) и До-диез (C#)). Първото ладово наклонение има две главни нодални линии, преминаващи през най-широките части на горната и долната половина на кутията. Височината на тази собствена мода може да се определи като инструментът се държи в обърнато положение при най-голямата му ширина в областта непосредствено до струнника и леко се почуква по извитата предна част. Оказва се, че грифът може да бъде модифициран за промяна на тази нота. Тонът може да се понижи чрез добавяне на тежест към близкия до столчето край или чрез изтъняване на грифа в зоната, където се съединява с шийката.

Струнникът също играе важна роля. Относителните дължини на струните между столчето и горното прагче в далечния край на грифа и между столчето и струнника трябва да бъде 6:1. Тази дължина може приблизително да се нагласи с линейка, но познаването на обертоновете дава по-проста и по-точна техника. Част от струна, чиято дължина е $1/6$ от цялата, ще звучи с пет ноти над втората октава. Тъй като цигулките са настроени на квинти, при дръпване на една струна зад столчето и при сравняване на прозвучалата нота с получена от следващата по височина струна при дръпването ѝ пред столчето, трябва да прозвучи една октава. Височината на нотата зад столчето може да се настрои чрез промяна на дължината на кордата (наречена опашка), като се затегне струнникът към върхното копче на инструмента. Но и струнникът има резонанси, за които е установено, че имат оптимални стойности. Чрез промяна на дължините на опашките, се променят и височините на тези тонове. Единственият оставащ свободен параметър е уточняването на теглото на струнника: ако е тежък, той понижава височините на резонансите, докато по-лекият ги повишава.

СВИРЕНЕ

Едно от привлекателните характерни свойства на цигулката е разнообразието от звуци. Тази звукова палитра се манипулира чрез лъковата техника. Основните променливи са скоростта на движение на лъка, натискът върху струните и точката на контакта между струните и космите на лъка. (В по-малка степен роля играе и количеството косми, които са в контакт със струната). Всичко това става предимно в тримерното пространство. Двумерна проекция на това лъково пространство е илюстрирано на фиг. 6. Най-мекият звук се постига с бавен, лек лък по средата между грифа и столчето, докато най-силните звуци се правят с бърз, тежък лък приблизително в същото място на контакт. Най-много вариации в скоростта и натиска могат да бъдат открити в средата на обхвата. Тук е и най-широката зона от възможни контактни точки. Дрезгавите и остри звуци могат да се правят с лък близо до столчето, докато меките, нежни звуци се постигат чрез контактна точка близо до грифа. Чрез комбиниране на тези три променливи цигуларят променя не само музикалната динамика, но и тембърът на звука.



Фиг. 6 - Фигурата илюстрира лъковото пространство на цигулката. Бързината, с която лъкът се движи по струните заедно с натискът върху тях променя музикалната динамика (вътре в белия ромб). Точките на контакт между лъка и струните променят "колорита" на звука и имат най-широк обхват в средата.

Очевиден е въпросът какво се случва, ако излезете извън "допустимата" зона на лъковото пространство? Създава се или дразнещ дрезгав звук или също толкова неприятно пищене. Краищата на това пространство се определят от границите на коментираното в началото Хелмхолцов тип "скубане". Предпочитаните цигулки имат широко лъково пространство. Тези инструменти позволяват на концертиралия изпълнител да използва най-широк диапазон звукова обогатеност и динамика. Заключение е, че евтините цигулки имат малко лъково пространство. Това обяснява защо начинаещият цигулар, който слабо владее лъка, извлича неприятни звуци от подобния на цигулка инструмент, който родителите му са купили за 200 долара, докато учителят му (с голям опит) може да звучи доста добре, използвайки същия инструмент.

Физиката или обучението по физика не дава никакво съществено преимущество при правенето на цигулки. Музиката е преди всичко естетика и създаването на една цигулка изисква силно развити умения в работата с дървото. Но физиката може да бъде средство за разбиране на това кои параметри на инструмента ръководят различните аспекти на звука, като по този начин осигурява ръководство за оформянето му. Тя може и да вдъхнови експерименти с тесен обхват, насочени към решаване на специфични задачи при изработването на цигулки. И накрая, добрата експериментална наука и в частност воденето на подробни записки за всеки инструмент, може да е доста полезно, когато се опитваме да определим кое върши работа и кое не.

Превод: И. Русев и М. Кирчева

William Atwood "A Physicist in the Word of Violons", *Beam Line*, Summer 1998, p. 20.

ПРОФЕСОР ЛЕОН МИТРАНИ - НА 80 ГОДИНИ

На 24 май 2001 г. професор Леон Митрани бе удостоен от Президента на Република България г-н Петър Стоянов с най-високото българско отличие орден "Стара планина I ст."

ЧЕСТИТО!

На 25 април, във възрожденската къща на Георгиадис, сега Дом на Съюза на учените, в Пловдив, на открито тържествено заседание на Академичния съвет на Пловдивския университет "Паисий Хилендарски", с титлата *Doctor Honoris Causa* бе удостоен професор, доктор на психологическите науки Леон Митрани, по случай неговата 80-та годишнина и като признателност за заслугите му за организиране на катедра "Атомна физика" при създаването ѝ преди близо 40 години.

Тук [публикуваме](#) представянето, което направи пред този форум проф. Никола Балабанов, декан на Физическия факултет на ПУ, и [лекцията](#), изнесена от проф. Леон Митрани.

Бележка на Главния редактор, имал честта и удоволствието да присъства на тържеството:

Едва ли Пловдивският университет е институцията у нас, която дължи най-много на проф. Леон Митрани. И затова му прави още по-голяма чест, че в такава възрожденска атмосфера, с такъв възрожденски дух отдава заслуженото признание на един от достойните строители на съвременната физика и наука у нас.

Н. Ахабабян

ПРОФЕСОР ЛЕОН МИТРАНИ В ПЛОВДИВ

проф. Никола Балабанов, Пловдивски университет

В живота на проф. Леон Митрани има два периода, пряко свързани с града на тепетата: ученичеството (1929 - 1940 г.) и “изгнаничество” (1963 - 1967 г.).

Не познавам ученическите му години, но няма съмнение, че именно тогава са се оформили някои черти на неговия характер, останали неизтрити и досега. Това са чертите на онзи наследник на някогашните румелийски столичани, великодушно отстъпили след Съединението (въпреки природните и духовните предимство на града си) на София да поеме функциите на главен град. Именно затова коренякът пловдивчанин гледа с незлобно превъзходство на хетерогенната смес от потомци на шопите и на погражданилите се провинциалисти, намерили служби в столицата.

В държанието на Леон Митрани винаги се е усещало това чувство за превъзходство, резултат от пловдивското му възпитание. Вроденият му талант се съпътстваше с чепат характер, насмешлив тон и непокорен дух, който вечно противостой на ограниченията и на догмите.

В Пловдив Л. Митрани е учил последователно в училище “Йоаким Груев”, Образцовата прогимназия към Учителския институт и в Смесената гимназия. По това време е отделял повече време на художествената и философска литература, отколкото на уроците. Станал член на РМС и един от неговите ръководители в гимназията. След това, под влияние на литературата, се увлякъл по анархизма и се отказал от РМС и болшевизма. Завършил гимназия през 1940 г., без да има никакви реални перспективи за реализиране. Това е годината, в която са въведени антиеврейските закони в България, още преди страната ни да е влязла в съюз с Германия.

“Според тези закони - разказва Л. Митрани в спомените си - евреите нямаха право да притежават радио, да държат в къщи златни предмети, да лекуват неевреи, да излизат от къщи вечер след 9 часа, да работят свободни професии и още много други забрани. Трябваше задължително да носим жълта звезда, дори и когато сме в къщи. По едно време позволяваха излизане от къщи само два часа през деня - от 10 до 12 часа. Законът, известен под името “Закон за защита на нацията”, беше копие на прочутите Нюрнбергски закони в Германия.

Всяка година на пролет се изпращаха призовки, според които евреите, подлежащи на задължителен труд, трябваше да се явят на сборните пунктове, откъдето бяха разпращани по работните места. Всеки със собствени дрехи, с празен дюшек, с канче, лъжица и вилица, със сапун. В еврейските трудови групи даваха само храна. Трябваше да се работи 12 часа тежък физически труд без никакво заплащане”.

През тези години Л. Митрани е работил по ремонти на пътища (България - Сърбия и Пловдив - София) и строителството на железопътната линия София - Солун. Зимните месеци е прекарвал в Пловдив, без да може да работи, поради ограниченията на

“Закона за защита на нацията”. През 1943 г. заедно с група момчета избягал от лагера, заради което е лежал в софийския гарнизонен затвор.

След 9 септември Л. Митрани заминава за София и се записва да следва в Софийския университет. За това време той разказва:

“Нямах никакви пари, нямах и къде да се подслоня. Едни мои братовчеди ми предложиха да спя в техния апартамент, в полуразрушена къща на ул. Бачо Киро. Искях да следвам физика, не за да имам препитание (тогава един физик можеше да стане само учител), а от интерес към тази наука. За да се издържа, работих най-различни работи. Особено ми помогна проф. Наджаков, като ме назначи щатен чертожник към университетската печатница. Заплатата беше малка. Освен това ми отпуснаха безплатни купони за мензата”.

Л. Митрани завършва следването си през 1948 г. и веднага постъпва на работа в Университета като асистент в катедра “Атомна физика”. Започва да се занимава с изследване на космични лъчи и през 1952 г. защитава кандидатска дисертация. Когато аз започнах следването си в Софийския университет, той вече четеше лекциите по атомна физика.

Няма да споделям студентските си впечатления за Л. Митрани, макар че през цялото следване бях в неговия кръжок и има какво да разказвам. През 1961 г., вече “изкласил”, влязох в преподавателската гилдия на физико-математическия факултет и имах възможност по-отблизо да наблюдавам доскорошните си преподаватели. Спомням си, веднъж покойният А. Ангелов, с когото бях в един кабинет, сподели, че във ФМФ има двама “аристократи” - Леон Митрани и Алексей Шелудко. Той имаше предвид превъзходството, с което природата ги бе дарила.

Случи се така, че именно по това време, поради все по-ярко проявяващия се “аристократизъм” на двамата (и поради политическата конюнктура), те бяха предложени за изключване от партията. Шелудко имаше по-силен актив в миналото и запази членството си, но Митрани беше пожертван. Две години по-късно Софийският университет го обяви за “персона нон грата”. Това се оказа късмет за новооткрития в Пловдив Висш природоматематически институт, в който аз се бях прехвърлил още през есента на 1961 г.

Спомням си, извика ме тогавашния ректор на Института - проф. Ж. Ламбрев и ме разпита за “лудориите” на Митрани, заради които беше станал нежелан в Софийския университет. Аз му разказах за всички негови “провинения”. Проф. Ламбрев се оказа по-широко скроен от софийските началници и даде своето одобрение за привличането на Л. Митрани в Пловдив. Така през есента на 1963 г. започна

ВТОРИЯТ ПЛОВДИВСКИ ПЕРИОД В ЖИВОТА НА

ЛЕОН МИТРАНИ

Студентите от първите пет випуска на специалностите “физика” и “химия” във ВПМИ имаха щастието да слушат неговите лекции по атомна и ядрена физика. Той постави началото и на курса по биофизика, който след това предаде на колегата К. Боев.

Митрани безспорно блестеше сред останалите преподаватели - със знанията, с поведението и с интелекта си.

Разбира се, от неговото пребиваване най-много спечелихме ние - неговите асистенти. Още предишната година проф. Т. Василев ме беше натоварил да подготвям курса по атомна физика и аз събирах нужната за лабораторията апаратура. В общи линии към лятото на 1963 г. практикумът беше готов - с български преброители "П-1" от завод "Електроника", с "партизански" пренесени от София изотопи, със самоделно излети оловни "къщички" и т.н.

През септември същата година катедра "Атомна физика" вече съществуваше като териториално обособена и кадрово осигурена административна единица. Като асистенти постъпиха М. Митриков и А. Петров. Чакахме само шефа си.

Когато, преди започването на учебните занятия, посетих Л. Митрани в София и му разказах какво е състоянието с лабораторията, той остана приятно изненадан. Доволен от това, което бяхме направили, някак си спонтанно попита: "А от мене какво ще искате?". Отговорът ми беше: "Дайте ни идеи за работа". Той обеща да помисли.

Митрани предложи идея за изследване още при първото му идване в Пловдив. Ставаше дума за едно непознато дотогава за нас явление - екзоелектронна емисия. Предишното лято, по време на екскурзия в ГДР и Полша (тази екскурзия се смяташе за едно от "провиненията" му, защото си бил взел отпуска, когато в катедрата пребивавал съветски професор), той се срещнал с проф. Суяк от университета във Вроцлав, който го запознал с това явление. То се състои в емисия на нискоенергетични електрони от някои метални повърхности след механичната им обработка.

Митрани ни даде няколко копия от статии на полския професор и предложи да се опитаме да създадем аналогична опитна постановка. Методиката не беше сложна. Трябваше да се конструира открит остриен брояч, да се осигурят условия за стабилна работа, да се събере електронна апаратура (за високо напрежение, усилване и регистриране на импулсите).

Огромно беше учудването на шефа, когато след една седмица намери установката готова. Той сподели, че в София поръчката се бавила повече от половин година. А ние бяхме алчни за работа и няхмахме намерение да протакаме нещата. Усърдието ни явно разположи Митрани в наша полза и на свой ред той се ангажира лично в работата.

Така започнаха изследванията на екзоелектронната емисия, които продължиха около 15 години. В Пловдив Митрани престояваше два дни от седмицата. След лекциите ние разглеждахме и обсъждахме резултатите, набелязвахме следващите изследвания. Кратките общувания с него бяха достатъчни, за да знаем какво да правим по-нататък. "Песента" на екзоелектроните (регистрирахме ги и със звуков индикатор) се превърна в наша любима мелодия. През 70-те години трима души от Пловдив защитихме дисертации по екзоелектронна емисия - тематиката, която ни предостави Л. Митрани.

Л. Митрани имаше много идеи за работа. През 1964 г. той ни предложи да изследваме биохемилуминисценцията на зелени водорасли. Под неговото ръководство сглобихме още една установка (вече с френска апаратура) и се заехме и с този проблем. Имаше

идея да започнем и някои психофизични изследвания, но прехвърлянето му в София я осуети.

През онези години направихме и няколко приложни разработки, всички по идеи и под ръководството на Л. Митрани. С помощта на радиоактивни изотопи изследвахме движението на потоците стъкломаса в пещите на стъklarския завод “Дружба”. По-късно по тази тематика защити дисертация моя аспирантка, с която обиколихме почти всички стъklarски заводи в страната.

Направихме рационализаторско предложение за контролиране на износването на пещите с помощта на вградени в стените изотопи. В тютюневия комбинат “Родопи” предложихме уред за измерване на влагата на тютюна и установка за регулиране плътността на набивката на цигари.

При разработването на всяка идея Л. Митрани разкриваше своята физическа ерудиция и технически нюх. При изследванията той ни учеше на статистически подход, при оформянето на резултатите не ни позволяваше да правим прибързани и категорични изводи. Едно и също нещо измервахме стотици пъти, обработвахме статистически резултати и тогава умувахме над тях.

Спомням се един интересен случай, свързан с набирание на статистика. Когато в “Родопи” приеа нашата идея за контрол на машините, които набиват тютюна в цигарите, Митрани поиска да ни предоставят 10 000 цигари за контролни измервания. Идеята му беше да сравним статистическото разпределение по тегло на цигарите, произведени от една и съща машина, преди и след нашето внедряване, за да видим ефекта от него. Докато ги теглихме с аналитична везна, ние предсещахме удоволствието, което ще доставим на наши приятели с подарените цигари (тъй като никой от нас не пушеше). Митрани, разбира се, не знаеше за нашите планове, а по това време той беше върл пушач и след като свършихме с претеглянето ни каза: “Момчета, вие нали не пушите, цигарите ще взема аз”. Така той си осигури цигари за месеци напред, за което сега може и да съжалява.

Макар и да изкара в Пловдив само четири години, Л. Митрани остави трайни следи и сред студентите, които обучаваше, и сред колегията в Института. На откритите академични съвети (по онова време още нямаше факултети) той правеше впечатление със свободомислието, с нестандартните си изказвания и оценки. Още се помнят неговите реплики от рода на тази: “Никой не може да ме задължи да стана професор!” С това той се противопоставяше на общоприетото разбиране за академична кариера като за послушно пълзене по стълбата на званията. Той беше против задължителното, често безцелно, присъствие на работа и поставяше над всичко личните интереси в науката и свободата на избора.

От него се възхищаваха и респектираха, него го уважаваха и ценяха. За съжаление Институтът не можа да му осигури добри условия - през всичките години той ношуваше в кабинета си. А и корените му в София бяха вече много дълбоки. През есента на 1967 г. той вече си беше намерил относително подходящо място в Института по физиология на човека към БАН, където през следващите месеци се прехвърли на постоянна работа. Предупреди ме да бъда готов да го замествам, когато не може да дойде в Пловдив и след време поех четенето на неговите лекции. Не ми беше лесно да

го заместя. Неговият стил на преподаване стана мой идеал, към който се стремях през всичките години.

Л. Митрани, благодарение на своя богат идеен багаж, бързо въведе физически методи в изследванията на физиологични и психофизични проблеми и скоро наложи авторитета си в новата област. Започнал “от нулата”, само след няколко години той защити докторска дисертация в Московския университет.

Въпреки относително краткото си пребиваване в Пловдив, проф. Л. Митрани даде решаващ тласък на катедра “Атомна физика”, благодарение на което тя изпревари в развитието си останалите. С това той върна дълга си към града, който през 30-те години го беше заредил със знания, опит и със житейска мъдрост и беше оформил характера му, останал непречупен от ветровете на епохата, в която ни беше отсъдено да живеем.

ПСИХОЛОГИЯ И ФИЗИКА

Леон Митрани

Доскоро се смяташе, че физиката се занимава само с т.нар. "мъртва природа". За обекти на изследване във физиката се приемаха топлинните явления, електромагнитните и механичните процеси, строежът на атомите, елементарните частици. Живите организми, тяхното размножаване, процесите в техните органи, динамиката и равновесието на видовете - всичко това беше далече от физиката. Поведението на човека и животните, мисленето и идеите, възприятията и представите на хората - всичко това беше територия, оставена великодушно за психологията. През втората половина на нашия век и особено напоследък все повече учени с образование по физика и математика се обръщат към проблеми, свързани с човека. Оказа се, че начинът на мислене на физиците и математиците е много подходящ за изучаване на различни аспекти от функционирането на сложната система - човек. В края на краищата природата е единна; едни и същи закони са в сила и при живата и при "мъртвата" природа. В човека има същите атоми, каквито има в локомотивите и в камъните; всички процеси в човешкото тяло по принцип, макар и не винаги, и на практика могат да се опишат с уравненията на термодинамиката, електродинамиката и механиката.

Тезата, че природата е единна, не е само философски постулат или някаква метафизична хипотеза. Тя е израз на дълбокото убеждение, което се е зародило и развило през цялото дълго развитие на човешките знания. Има много случаи, при които един и същ природен закон се проявява както при изучаването на живи, така и на неживи обекти. Нещо повече - някои закони на физиката бяха открити при изследването на живи същества. Кислородът беше открит във връзка с дишането на животните. Законът за запазване на енергията - този удивително универсален закон беше предложен от един лекар, който достигнал до него като наблюдават цвета на кръвта на хора работещи при различни климатични условия. С теории за зрението са се занимавали както психолози, така и физици и то още през миналия век. Да споменем само няколко имена: Хелмхолц, Мах, Вебер, Вундт, Фехнер, Д' Арсонвал.

При цялата сложна структура и взаимоотношения между науките, днес вече може да се приеме, че резки граници между физиката и други науки като химията, биологията, социологията, геологията, психологията, няма. Единственото условие да причислим един учен към категорията "физик" е той да има това нещо, което можем да наречем "физически мироглед", независимо от обекта на изследване. "Под основни физически възгледи ... ние разбираме правилата на играта", казва Ричард Файнман. А "правилата на играта" са съвкупност от приемания, че съществуват всеобщи закономерности и че тези закономерности могат да се формулират било с думи, било с математически формули. Начинът на мислене и работа на един физик включва изискването за строги, приемани от всички физици дефиниции и означения. Да обучиш един физик - това означава да създадеш у него физически мироглед. Той може да не е научил с подробности закономерностите по разпределение на топлината в нехомогенни тела, може да не е научил за "обратната задача" в теорията на гравитацията или за някои тънкости в електродинамиката и теорията на полето, но той трябва да има физически

начин на мислене. Различен от този на философите или политиците. Един физик трябва да знае как и кога да пренебрегва някои числа и какво отражение би могло да има това пренебрегване за крайния резултат. Той си дава сметка за относителността на понятието “точно” и най-често борави с някакви приближения. Човекът с физически мироглед знае и чувства преходността на това, което се нарича “физически закон”, тъй като познава бурните преобразования в историята на физиката, за които хората от хуманитарните науки, например, не винаги си дават сметка. Едва ли има област от целия спектър на човешки знания, в която физическият мироглед да не е полезен. Физиците еднакво удобно се чувстват както в своите лаборатории, така и в лабораториите на химици и биохимици. Те са съвсем у дома си при физиолози и медици. Поради универсалността на физическия мироглед ние намираме физици при социолозите, в криминалогичните изследвания, като редактори и журналисти на научни и други списания. Археологията не може да мине без физици при определянето на състава и възрастта на находките. Някоя приложна област в микроелектрониката, въздухоплаването, ракетостроенето и изследването на космоса не може да се лиши от хора с физически мироглед.

Този възглед за физиката като мироглед, като начин на мислене, а оттам и за образованието по физика като най-общо и основно образование, все повече си пробива път. Много често нефизиците осъзнават най-рано предимствата на физическия мироглед. Това може би се дължи на шумното навлизане на кибернетиката на сцената на науките. Повечето физици и математици са убедени, че такава наука няма. Принципите, които Норберт Винер театрално провъзгласи, не са революционни и повечето от тях не са нови. А тези принципи се свеждат в края на краищата до признанието, че между процеси и явления, които на пръв поглед са съвсем различни, има нещо общо.

Това признание позволява да се използват едни и същи диференциални уравнения и за парния регулатор на Уат, и за автомобилния диференциал, и за двигателния апарат на човека и животните. Подобие то не е само формално. То говори за валидността на едни и същи закони при всички природни обекти. Макар в едни случаи да имаме структури от твърди, мъртви обекти като например машините и планетите, а в други - пред нас да са живи, меки и движещи се неща като животните и растенията, еднаквите уравнения говорят за общност на природата в различните ѝ форми. Твърдението, че има общност на описанието и обяснението на привидно съвсем различни явления и процеси, съвсем не е ново. Още Леонардо да Винчи е писал, че в края на краищата птицата е една машина.

Като признаваме, че човек е една машина, отделните части на която се подчиняват на всеобщите природни закономерности, че той е познаваем и може и трябва да се изследва, както се изследват всички други машини, ние в същото време не бива да забравяме, че човек е най-сложната от всички съществуващи машини. Много по-сложна от атомите и атомните ядра, от свръхсложните компютри, от огромните комплексни заводи, работещи с висши технологии, от всички обекти на класическата и квантовата физика. Съзнанието за тази сложност ще ни предпазва от опростенчески и прибързани изводи и ще ни позволи всестранно, непредубедено и задълбочено да изучаваме това чудо на природата.

Всеки от нас е изпадал в тежко и неудобно положение да се мъчи да разбере устройството и функционирането на някакъв апарат с много и сложно свързани части.

Да не отиваме до компютрите с микроинтегрални схеми или до роботите, които сглобяват коли. Да вземем за пример нещо сравнително просто - радиоапарат. В едно радио има сравнително малко активни елементи и връзките между тях са видими. Необходимо ли е да казваме, колко трудно е за неспециалиста, т.е. за някой, който не знае схемите и действията на отделните блокове на радиоапарата, но знае законите на електротехниката и тези на електродинамиката, да разбере как действа апаратът? Той може да е въоръжен с измерителни прибори и с източник на енергия и може да експериментира, за да си изясни начина на работа на радиото. Ако няма подобна схема, той доста ще се изпоти, за да си изясни някои неща. Където и да пипне в радиото се получават понякога неочаквани резултати. Като разлепи някое съпротивление апаратът ще почне да ръмжи. Като пипне на друго място, ще се чуят силни писъци или вибрации. Ще има интервенции, при които радиото съвсем ще замлъкне, без да е ясно защо стават подобни неща. Всичко това е така, защото в този прост апарат има обратни връзки, усилване и подтискане, които никак не е лесно да се отгатнат. Сложното свързване и наличието на обратни връзки го довеждат до там, че където и да се пипне, както и да се въздейства, се получават резултати, които са реакции на целия апарат, а не само на отделни негови части. Да се разбере как действа радиоапаратът пред нас и да се начертае схемата му е наистина твърде трудно.

Това е със система от десетина активни елемента. Човек има около 20 милиарда нервни клетки - неврони, от които повече от 15 милиарда са в главния мозък. Отделно от тях има неврони в зрителната система, в системата на осезанието, на слуха, на вътрешните органи, двигателния апарат, на гръбначния стълб. Всеки неврон от главния мозък е свързан средно с около 5 хиляди други неврона. Това довежда до наистина невъобразим брой връзки - повече отколкото са звездите във вселената. Милиардите връзки - прави и обратни - правят функционирането на системата наистина необозримо сложно. Всяка интервенция върху тази система води до реакции, понякога неочаквани и винаги разнообразни. Няма две еднакви движения, дори и от съвсем прост тип, например вземане на чаша с вода. Многократното повтаряне на едно и също стереотипно въздействие не води до една и съща реакция - отговор. Някакъв слаб шум може да те накара да подскочиш, докато ревът на самолетите, които излитат от летището, да те остави напълно спокоен. Един косъм върху голата ти кожа може да те обезпокои, но ти изобщо не усещаш стотиците хиляди косми от дрехите, с които си облечен.

Тук простите енергетични сметки не са в сила. човек може да бъде убит с йонизиращи лъчения, чиято обща енергия не надвишава топлинната енергия, съдържаща се в лъжичка чай. Светлинната енергия, която, отразена от друго човешко тяло, попада в окото на младеж, може да предизвика драматични действия, свързани с много киловати енергия. А гледката на стотици голи женски тела на плажа може да има за резултат само скука. Съвсем ясно е, че никакви диференциални уравнения от познатите типове не могат да послужат за описване на подобни явления и предвиждане на резултатите от въздействия.

Една основна характеристика на физическите изследвания се състои в това, че от многобройните фактори, за които знаем, че действат върху изследваната система, ние отделяме, пренебрегваме, съзнателно не обръщаме внимание на тези, които смятаме за несъществени, "от по-нисък порядък". Когато измерваме температурата на един голям съд пълен с вода, ние не обръщаме внимание на факта, че термометъра, който слагаме в съда, температурата на стаята, нашето присъствие и други фактори могат да повлияят

на резултата. Ние знаем, че това действително става, но приемаме, че влиянието е малко, “за пренебрегване”. Експерименталните задачи решаваме, като последователно, в зависимост от желаната точност, вземаме предвид все по-малки и по-малки въздействия върху системата. Понякога не е лесно да се прецени кое от възможните въздействия е по-малко и може или трябва да се пренебрегне. Все пак, поради сравнително повторимите условия и възможности за измерване, физиката може да работи с явления, които могат да се описват еднозначно и да се правят предсказания за бъдещите процеси.

При изучаване на системата “човек” трудностите при определяне на въздействията и величините, които биха могли да се пренебрегнат, са много големи. За да получим представа за реалните условия, нека разгледаме един съвсем прост пример. Искаме да определим мощността на човека, така както изследваме мощността на една механична машина. За целта помолваме изследваното лице да вдигне определена тежест колкото се може по-бързо на дадена височина. Проста физическа задача! Експериментът, обаче, може да ни поднесе най-неочаквани изненади. Рязък звук, съпровождащ усилието на лицето, може да промени силно резултата. Същото могат да направят някои миризми, осветление или присъствие на някои хора. Ако тежестите, с които експериментираме, имат различен обем, но еднаква маса, резултатът ще е различен. Повторението на опитите няма да доведе до по-голяма точност, защото от повторенията човек се уморява. Ако опитът се провежда няколко дни последователно, резултатите ще се подобряват - човекът се е тренирал. Факторите, които биха могли да въздействат са толкова много, че за да се вземат предвид най-важните от тях, е необходима много голяма опитност на експериментатора. Тук само с “физически” методи не може да се мине.

Дори изследването на привидно пасивни състояния и тяхното описание е съпроводено с много големи трудности. Има такава задача, която все още е обект на изследване. Човек е застанал прав. Да се прецени стабилността на тази система. За един изследовател с “механистично” мислене работата е съвсем проста. Все едно, че имаме колона с дадено разпределение на масите по дължината ѝ. Може да се изчисли центърът на тежестта, тъй като се знаят контурите на системата и разпределението на масите. Може да се предвидят възможните трептения на колоната - човек и да се прецени най-големия наклон, без да падне.

Всъщност нещата са много и много по-сложни. Преди всичко не бива да забравяме, че човек е нещо меко, някаква торба, изпълнена главно с вода и някои други съставки. За да стои изправен човек, е необходимо непрекъснато да работят по определен начин много мускули от тялото му. Ако се наруши системата, която координира работата на мускулите, човек мигновено ще се просне на земята. Появяването на светлини, които предизвикват завъртане на очите се отразяват на изправения човек. Неговият център на тежестта започва да се премества заедно с въртенето на очите, въпреки пренебрежимата маса на очите спрямо тялото. Люлеения се получават не само с директни въздействия върху сетивните органи, но и ако човек си представя нещо, ако си мисли за нещо. Различни резултати се получават, ако се работи на тъмно и на светло. Ако свири танцова музика или погребален марш. Всичко това ни убеждава, че аналогията “човек-колона”, дори и в първо приближение, не е подходяща.

Ние взехме само два прости примера, но и те са достатъчно, за да ни покажат, че машината - човек е толкова сложна, че дори прецизните и многократно проверявани

методи на физиката не могат лесно да се приложат. На пръв поглед перспективата за изучаване на човека е доста мрачна. Тук ги няма чистите и неповторими, удобни за измерване и интерпретация явления, с които обикновено боравим във физиката. Математичните модели не винаги могат да помогнат. Това кара някои физици просто да се страхуват да се заемат с изучаването на човека. Намират се дори хора, които смятат, че такова нещо като човека не може да се изучи с обикновените методи и трябва да се чака създаването на съвсем нови средства за изследване. Не са рядкост и такива физици, които изправени пред сложността и привидната неразбираемост на човека, изпадат в мистицизъм и започват да вярват в тайнствени, “психични сили” или “космически въздействия”.

И при изучаването на “мъртвата природа” е имало периоди, когато сложността на явленията е надхвърляла способността за разбирането им. Да си спомним маратона, който доведе, в края на краищата, до постиженията на Нютън, които днес се учат още от рано в училище. Колко години са били необходими на Фарадей, за да изкаже твърдението, че съществува магнитно поле и че промените в магнитното поле пораждат електрически ток. Нещата, които преди това са били мрачни лабиринти от неразбираеми явления, стават прости и достъпни, когато свикнем с новите интерпретации и новите представи.

При изучаването на човека, на неговите възприятия и начин на мислене, трудностите произлизат не от съществуването на някои неизвестни, скрити сили, които пречат да получим единна картина. Трудностите се коренят в сложността на системата. Ние вече знаем много неща за отделни елементи на човешкото тяло. Знаем устройството на различни клетки. Знаем за голямото значение на клетъчните мембрани. Знаем за наследствената информация, която се съдържа в ДНК. Почти ни е ясен начинът, по който се предават нервните импулси между отделните неврони. Знаем и много, много неща относно функционирането на мускулните клетки, както тези, които се управляват волево, така и мускулите на червата, стомаха и сърцето, които не можем по своя воля да пускаме или спираме. Това, което не знаем, е как от взаимодействието не на две, а на милиарди клетки се оформя това, което наричаме човек. Не знаем “схемата на свързване”, от която зависят неща като съзнание и интелект.

Под влияние на физиката, или на още по-първични навици, ние сме свикнали да мислим субстанционално. Обаче нито човешкото съзнание, нито емоциите, нито възприятията са субстанции. Те са някаква съвкупност от реакции или състояния на сложната машина човек. За физиците не е лесно да се откажат от субстанционалното мислене. Те са свикнали да боравят с обекти, които са някакви “неща” и които могат да се изразяват и измерват количествено. Дори и невидимите обекти, предмет на изучаване във физиката като например електрическите и магнитни полета, се разглеждат като субстанции и на всеки такъв обект може да се припише количествена характеристика.

Субстанционалното мислене е доминирало дълго време и в начина на разглеждане, когато е ставало дума за човека. Душата се е смятала за някакъв невидим атрибут на тялото. Когато човек умре, душата, която е “нещо”, остава да витае в реално съществуващия свят. Крахът на илюзиите за други, любими на физиците субстанции като топлорода и етера повлече и отказване от представата за душата като субстанция. Психологията все още не е пожънала плодовете от това отхвърляне на “нещото душа”. Това се дължи на факта, че тази наука не е достигнала такова развитие, което да

съответства на това на физиката. Все още липсват строги, приети от всички изследователи дефиниции. Не са изработени мерни единици за нещата, които се стараем да измерим. Не винаги може да се каже кое е съществено и кое за пренебрегване в поведението и реакциите на човека.

През времето на комунистическото господство у нас, под командата на “корифея на философията” Тодор Павлов, психологията се смяташе за раздел на “маркс-ленинското учение”. Тя се преподаваше като оръжие на борбата срещу империалистическите сили. Всички научни разработки по психология в “загниващия капитализъм” бяха отричани безусловно. Такова отношение имаше не само към психологията. Отричаше се кибернетиката, генетиката, социологията и още други раздели на науката, главно тези свързани с човека.

Научният подход към психологията приема, че човек е един природен обект, който може и трябва да бъде изучаван с общоприети методи. Тук става дума не за изучаването на механическите, електрическите и химически качества на обекта “човек”, не за енергетическите процеси в него. Психологията се занимава със закономерностите, които бихме могли да открием в цялостното поведение на живия човек. Поведението - това е съвкупността от реакции, с които човек отговаря на външните въздействия. Подреждането, систематизирането, класифицирането на човешките реакции, както и опитите да се открият закономерности в отделните съвкупности и търсенето на причинни връзки между тях, е обект на психологията.

Както във всяка наука и в психологията се е започнало с подреждане и класификации. Какви общи типове реакции има, как ще реагира човек при различни добре определени условия. Макар че се употребяват понятия, за които няма общоприета конвенция, все пак има доста голямо единодушие за типовете реакции и от там за човешките темпераменти. Само класирането, обаче, твърде малко може да допринесе за изучаването на човека, за построяването на модели и за изясняване на причинните връзки. Налага се да се изследват систематично елементи от човешкото поведение, изчистени по възможност от странични и несъществени влияния. С това се занимава т.нар. “експериментална психология”. Работата в тази област напомня на изследването на непознат електронен прибор, за който нямаме схема и който нямаме право да отваряме. Само като подаваме въздействия на входа и следим за сигналите на изхода, ние трябва да разберем какви са принципите и закономерностите, по които приборът действа. Подобно изследване не е в състояние да ни даде подробности относно конструкцията на обекта или за характеристиките на отделните му елементи. То обаче ще ни позволи за построим друг прибор, с други конструктивни елементи, чиито начин на действие съвпада с дадения или пък да напишем математическо описание на функционирането му.

Както и при прецизните физически експерименти, опитната обстановка при психологическите изследвания трябва да бъде такава, че да се намали до минимум неконтролираното влияние на странични, несъществени фактори. Трябва да се имат предвид неща, които във физиката нямат голямо значение. Например: възрастта и здравословното състояние на изследвания човек, наличието на шумове, светлина или тъмнина, тренировката на изследваното лице, омръзването му, умората и т.н. Един психолог-експериментатор трябва да има предвид много дребни, понякога трудно уловими обстоятелства, когато планира експеримента си. Същото е и при интерпретацията на получените резултати. Поради някои неизвестни на

експериментатора причини е възможно въпреки взетите мерки, някои от подопитните лица да даде резултати несравними с тези на другите лица. Тогава трябва да се реши дали имаме работа с ненормално отклонение или пък съществуват някакви душевни състояния на лицето, които променят резултатите.

Не бива да се забравя, че резултатите от подобни опити могат да се влияят не само от обстоятелствата на самия опит, но и от такива преди опита. Броят на възможните състояния, в които може да се намира машината “човек”, е много голям и лицето, с което работим, може да изпадне в някои от тези състояния само поради спомени, непредвидени физиологически причини или на трайната следа от тях. От вътрешното състояние зависят дори такива функции на системата-човек, които ние често смятаме за напълно “физически” или “физиологически”. С група студенти е бил направен опит за разпознаване на проектирани за късо време картинки. Групата била съставена от две еднакви по численост подгрупи. Едната подгрупа се състояла от студенти, които са закусили добре, докато във втората влизали студенти, които са гладували известно време. От получените резултати (процент на разпознаване) станало ясно, че гладувалите студенти разпознавали по-добре неща за ядене - салами, печени кокошки, плодове. Вицът за лудия, който натрапчиво си мислил само за сексуални преживелици и във всяка показана му картинка, дори чисто геометрични фигури, виждал само такива неща и който обявил лекаря за сексуален маниак, е само една екстраполация на действителното положение.

Обикновено целта на едно измерване в психологията е, както във физиката, да се намери функционална зависимост между някакъв входящ в човека сигнал и отговора. Най-често обаче такава зависимост не е ясно изразена. За това покрай другите статистически методи се прибегва, както и във физиката, към търсене на корелация между входящите и изходящи сигнали. За да сме в състояние да твърдим, че има директна причинна връзка между данните от входа и изхода, ние трябва да знаем точно какво става в “черната кутия” човек. Това вече е задача, с която се занимава главно физиологията, а не психологията. Все пак стремежът към разбиране на сложните процеси в организма на живия човек кара както психолози, така и физиолози да прибегват до методи на изследване, които можем да наречем психо-физиологически. Разделителната линия между двете науки става все по-неясно очертана. И това е добре, защото по този начин ние се добираме до изясняване на явления, които само психологията или само физиологията не са в състояние да разгадаят.

Когато става дума, дори съвсем частично да се отвори “черната кутия” опити с живи хора не могат да се правят. Има една серия опити с хора при изясняването на зрителното възприятие от двете мозъчни хемисфери, но това са опити, правени с болни хора, на които с терапевтична цел е била прекъсвана връзката между двете части на мозъка. Иначе се прибегва до работа със животни - маймуни, котки, зайци, плъхове и пр. През втората половина на 20-тия век бяха направени важни открития за работата на мозъка, за които бяха дадени Нобелови награди. Тези открития, може би ще помогнат за по-нататъшното разкриване тайните на този най-сложен природен обект. Въпреки големите постижения ние все още не знаем съвсем основни неща: къде и как се складира паметта, защо спим, каква е максималната натовареност на мозъка, т.е. колко можем да научим, какво значи да научим, да видим, да усетим. Не знаем какво означава на езика на филологията или дори на езика на автоматиката и информатиката такова нещо като логическо мислене. Защо използваме само една от възможните логики. За нас все още остава неизвестно как от съвместната работа на милиарди клетки се ражда

една математическа задача, една теория във физиката, една мелодия, една картина. За тези, които си мислят, че науката вече знае всичко, може би ще проблесне, че ние все още знаем съвсем малко за тази вселена, която наричаме човек.

ГОДИШНО ЗАСЕДАНИЕ НА СЪВЕТА НА ЕФД

Мюлуз, Франция, 30-31.03.2001 г.

Дневният ред на годишното заседание на Управителния съвет на Европейското физическо дружество (ЕФД) включваше традиционните въпроси по отчет на дейността на ЕФД през изминалата година и преглед на бъдещата работа през следващите години. Участваха около 20 членове на Управителния съвет - на изпълнителното бюро, вкл. досегашният и новоизбраният президенти проф. А. Волфендейл и проф. М. Дюклоа, председатели на националните дружества и др. Представител на Съюза на физиците в България бе председателят му проф. Лалов. В продължение на два дни се проведе цялостно обсъждане на дейността на ЕФД през изминалата и следващата година, направени бяха отчети за работата на отделенията, приет беше стратегически план за дейността на ЕФД през следващите години, предложен от Дюклоа и П. Райнекер, обсъдени бяха финансови въпроси и бюджета, избрано беше ново изпълнително бюро.

Общото впечатление е доброто състояние на ЕФД, което успешно работи по професионалните и научни проблеми на европейските физици и по тяхната интеграция. Като много успешни бяха оценени дните на физиката в Германия и Световният конгрес на физическите дружества, Берлин, 12.2000 г., а също - редица научни събития като общата конференция на Отделението по физика на кондензираната материя, посетена от 1300 учени, конференцията по CLEO-2000 с 1400 участници и 125 компании, които работят в областта на квантовата електроника и оптика и др. Одобрена бе досегашната дейност на създаденото през 2000 г. Отделение за образованието по физика, създадена бе Гравитационна секция на Отделението по астрофизика.

В Стратегическия план новият президент М. Дюклоа прокламира намерения да се разшири профилът на дейността на ЕФД, като се създадат нови отделения (по физика и биология), нови комитети - Север-Юг, наред със съществуващия Изток-Запад. Всеобщо бе разбирането, че европейските физици трябва да разширят своята дейност за информиране на обществеността за съвременното развитие на физиката.

Отчетът на Комитета "Изток-запад" показва, че отпусканите средства за участие на физици до 40 год. от Централна и Източна Европа на конференции са недостатъчни и в новия бюджет те бяха увеличени. Макар използването на тази възможност от български физици да е задоволително, при повече активност от кандидатите може да се получат по-голям брой стипендии. Заслужава да се отбележат очерталите се различия в очакванията към ЕФД от различните части на Европа. Западноевропейските колеги очакват по-скоро идеи и общи насоки в развитието на физиката. Физиците от Централна и Източна Европа очакват установяване на съвременен ред във физиката и на връзки с институциите, вкл. Европейската комисия. Обект на сериозна дискусия, непостигнала резултат, бе темата за европейската образователна степен "физик", по която проличаха различия между представителите на двете най-силни дружества /Германия и Англия/.

Проблемът за обучението по физика на следващите поколения бе засегнат от няколко страни: а/ в средното образование - подготвя се конференция за обучението на учители и програма за обмен на учители; б/ във висшето образование - продължава реализирането на обмен на студенти и беше предложено по-активно участие на

България в този обмен; европейската мрежа EUPEN реализира своя проект вече пета година и се очаква активна дейност на групите по осигуряване на качеството на образованието и по изпълнение на Болонската декларация от 1999 г.; подготвят се нови курсове по физика и мениджмънт и физика и икономика; в/ подчертана бе ролята на програмата “Физика на сцената”, като се подготвя втори подобен фестивал. Председателят на секцията за предуниверситетско образование Г. Тибел (Швеция) настоятелно помоли проф. Лалов да се изложи работата на СФБ по образованието по физика в статия за Europhysics news”.

Отношението към българските физици бе колегиално и дружелюбно. Това особено пролича от оценката на досегашния председател проф. А. Волфендейл за Великотърновската конференция и за Балканския физически съюз, а също от положителните очаквания за Школата по ядрена физика, която ще се проведе през май 2001 г. в Сандански. При всички мои контакти, вкл. с двамата президенти (посетили България през 2000 г.), бе демонстрирано впечатлението от България като за една стабилна и нормална страна, в която физиците при трудни условия полагат усилия да продължават работата си и интеграцията с европейските колеги. В своите изказвания подкрепих възстановяването на членството на Югославското физическо дружество (на днешна Югославия), необходимостта от известно увеличаване на сумата за дейността на Комитета Изток-запад и пълното използване на тези средства, от установяване на по-ефективни връзки на ЕФД с Европейската комисия, изказах убеждението си, че ЕФД трябва да си постави по-амбициозни цели в областта на образованието по физика.

През август 2002 г. в Будапеща ще се състои 12-тата Генерална конференция на ЕФД “Тенденции във физиката”, подготвяна отсега от унгарските колеги като представителен научен форум и като място за обсъждане на широк кръг проблеми на физиката, вкл. дейността на националните дружества. Почти по същото време в Будапеща ще се проведе конференция на студентите-физици. Международният съюз по чиста и приложна физика (IUPAP), ЕФД и ЮНЕСКО планират 2005 г. да се обяви за Световна година на физиката, а 13-тата Генерална конференция на ЕФД през същата година да бъде посветена на Айнщайн и да се проведе в Берн.

Заседанието на Съвета на ЕФД бе една пълноценна среща за обсъждане на организационни и на научни и професионални проблеми на физическата общност в Европа.

Проф. Иван Лалов

НАЦИОНАЛНА УЧЕНИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ

"ФИЗИКАТА В СЪВРЕМЕННОТО ОБЩЕСТВО" - 2001

За втори път Съюзът на физиците в България провежда Национална ученическа научна конференция под надслов: "Физиката в съвременното общество". Темите на рефератите тази година бяха съгласувани със съорганизатора – КИАЕМЦ. След предварително рецензиране до участие в конференцията (30.06.01., 22 СОУ "Г. С. Раковски" – София) бяха допуснати 17 разработки. Авторите защитиха своите знания, виждания и идеи пред жури с председател доц. д-р В. Тодоров, зам.-председател на СФБ.

Наградата за най-добро представяне по темата "Приложение на източниците на йонизиращо лъчение в промишлеността и селското стопанство" бе присъдена на Полина Рашкова от СОУ "Васил Левски" - Севлиево за разработката: "Радиоактивните лъчения в селското стопанство и промишлеността". Даниел Симеонов от същото училище получи тази наградата по "Възстановяеми източници на енергия" за "Нови енергийни източници". Ръководител и на двата реферата е Росица Конова. За представени оригинални идеи с практическа насоченост бе присъдена специална награда на Мариана Ненчева от СОУ "Христо Ясенов" - Етрополе за разработката "Енергия - мечти и реалност". Научен ръководител - Стана Дойнова. Разработката "Възстановяеми източници на енергия" на колектив: Поля Василева, Деница Димитрова, Мария Цонева, Христофор Николов, Адриян Любомиров, Божидар Митков и Минчо Недков от Природо-математическата гимназия в Ловеч с ръководител Ст. Тинков бе отличена с голямата награда за най-добро представяне в конкурса.

Пенка Лазарова

РОЗАЛИН СЪСМАН ЯЛОУ

родена на 19 юли 1921 г.

медицински физик, Нобелова награда за 1977 г.



Когато братът на Розалин Съсман Ялоу бил първолак, учителят му го напляскал по ръката с линия. Той избухнал в сълзи и побягнал. Пет години по-късно, когато Розалин била в първи клас, същият учител ударил и нея с линия, на което тя отвърнала с удар. Когато я отвели в директорския кабинет за обяснение, Розалин заявила, че е чакала години, за да отмъсти за по-големия си брат.

Развълнувани и горди, родителите окуражавали борческия дух на Ялоу. Те поставили в парка триумфална фотография на Розалин, слабичко 5-годишно момиченце, носещо огромни боксови ръкавици, надвесено над своя проснат по гръб брат, като че ли сразен от нея в ожесточена битка.

С времето снимката се набръчкала и избеляла, но Ялоу я пазела в бюрото си. Поглеждайки снимката, тя разказвала: “Това отношение направи възможно аз да навляза във физиката”.

Това е Ялоу - отчасти закрилницата Майка Земя, отчасти Нападателят Войн, - помогнала за изобретяването на толкова чувствителна техника, способна да открие чаена лъжичка захар във водно тяло с дължина 62 мили, ширина 62 мили и дълбочина 30 стъпки (1 миля = 1609 m; 1 стъпка = 0,305 m - *бел. прев.*). Благодарение на смелостта си, тя и нейният научен партньор Соломон А. Берсон, разработват процедурата на радиоимунологичния анализ (РИА). Благодарение на убедеността им научната общност се убеждава в ценността на тази процедура. След смъртта на Берсон Ялоу печели през 1977 г. Нобеловата награда за съвместното им откритие. Тя е първата американка по рождение завоювала Нобелова награда в науката. РИА революционизира ендокринологията - изследването на жлезите с вътрешна секреция и хормоните - и

лечението на хормонални нарушения като диабета. За първи път лекарите добиват възможност да диагностицират състояния, предизвикани от най-малка промяна на хормоните. Благодарение на Ялоу и Берсон децата-джуджета могат да бъдат лекувани с хормони на човешкия растеж; новородените да бъдат тествани, за да се избегне забавено развитие, предизвикано от недостатъчност на тироиди, кръвните банки да бъдат изследвани за смъртоносни зарази; безплодните двойки да се тестват за недостиг на полови хормони; зародишът да се проверява за сериозни деформации като гръбначно разцепване; спортистите да се проверяват за злоупотреба с допинг, жертвите на криминални престъпления - за отрова и т.н. Работата на Ялоу и Берсон е впечатляваща комбинация от имунология, изотопни изследвания, математика и физика, и същевременно е начало на нова наука - невроендокринология.

Научната виртуозност на Ялоу е самородна. Никой от родителите ѝ не е стъпвал в гимназия, още по-малко в университет. Майка ѝ е доведена от Германия в САЩ като малко дете, прекъснало училище след 6-ти клас. Баща ѝ е роден в Източен Ню Йорк, сборния пункт на емигрантите от Източна Европа. Той прекъсва училище след 8-ми клас и става трамваен кондуктор, преди да започне едноличен бизнес с хартия и канал. Розалин е родена на 19 юли 1921 г. в Южен Бронкс – днес бедстващ район на Ню-Йорк. С изключение на три и половина години, прекарани в университета на Илинойс, тя е живяла целия си живот в град Ню Йорк.

Само малцина от съседите в нейния еврейски квартал са посещавали нещо повече от начално училище. Независимо от това, като “хора на книгата” те ценели учението. Според Ялоу “характеристика на времето била и самообразованием на хората”. Нейният баща Симон Съсман четял “Ню Йорк Таймс” и правел финансовите си записи по своя бизнес с прекрасния Спенсериански краснопис със заоблени паралелни букви и наклон надясно. Съпругата му Клара Зипер Съсман четяла всеки учебник, който децата ѝ носели в къщи. Розалин сама се научила да чете преди детската градина. Когато била 5-годишна, заедно с брат си всяка седмица ходела на разходка до местната обществена библиотека. “Спомням си правилата за записване в библиотеката - да можеш да прочетеш едно изречение. Всеки от приятелите ми се стремеше да го направи, колкото е възможно по-рано. Когато бяхме на 5 или 6 години повечето от нас посещаваха библиотеката.

Майка ѝ казва за нея: “Тя беше много независима, но това беше приятно. Аз ѝ позволявах да върши каквото пожелае - доколкото мислех, че е права”. На 10-годишна възраст Розалин се записала в девическа гимназия. За да е сигурна, че Розалин ще слезе от трамвая на правилната спирка, майка ѝ се качила във втория вагон. Щом Розалин забелязала майка си, тя слезла от трамвая и зачакала следващия. Вечерта тя казала на майка си: “Не ме следи. Приятелките ми ще помислят, че съм бебе”.

Баща ѝ я насърчавал да върши това, което можели да вършат момчетата. “Аз действително никога не получих знак, че момчетата са по-малко важни от момчетата”, разказва Ялоу. Бях много близка с баща ми. Той ме водеше на бейзболни мачове. Мога да разкажа всичко за тима на янките през 1934 г.”

По времето, когато Розалин станала на 8 години, тя вече била решила да се ожени, да има деца и да бъде учен от голяма класа. “Харесваше ми да научавам за нещата. Харесвам логиката, а тя характеризира всичко в науката”, обяснява тя. Нейните приятелки искали също да бъдат учени, но само Розалин искала и семейство в

допълнение. Тя им казвала: “Ако отсега мислиш как да се ожениш, ще направиш и двете”.

В училището Ялоу стеснила научните си цели до медицински изследвания. В класа за напреднали тя завършила три степени за две години. На родителска среща един учител признал пред г-жа Съсман: “Знаете ли, че Вашата дъщеря е гений”. Г-жа Съсман помислила: “Гений ли? Аз не искам гений, а нормално дете”. Тя си помислила за Алберт Айнщайн: “Аз никога не съм срещала този мъж, но съм чувала, че е малко чудат”.

Когато през 1937 г. завършила гимназията, родителите на Ялоу я посъветвали да стане начален учител. “Това правеха умните еврейски момичета през 30-те години. Момчетата били насърчавани да стават доктори и адвокати”, обяснява Ялоу. Тя не можела да си позволи платено обучение, но оценките ѝ осигурили достъп до “Хънтър колидж” - най-високо конкурентния женски колеж. Таксите на обучение в градските колежи били свободни. В “Хънтър”, където учела и Гертруд Елиън, се плащали такси.

Да се избере кое е главното, било лесно. “В края на 30-те, когато бях в колежа, физиката и в частност атомната физика беше най-вълнуващата област в света. Представете си няколко души да седнат в кръг и да разговарят помежду си. А на един от тях ще му хрумне велика идея, ще отиде в лабораторията и ще работи с дни и години, за да направи откритие, заслужаващо Нобелова награда. Това беше абсолютно фантастично време” - обяснявала Ялоу.

През 1939 г. било открито разцепването на атома от Лизе Майтнер, Ото Хан и Фриц Щрасман. Когато легендарният американски физик от италиански произход Енрико Ферми провеждал колоквиум в Колумбийския университет върху новото откритие, всеки физик в Ню Йорк искал да го посети и Ялоу отчаяно се борела за място в аудиторията, за да чуе обясненията на Ферми, че атомното ядро може да бъде разцепено и да освободи енергия. Както Ялоу побързала да обясни, ядреното разцепване дало резултат не само в атомната бомба, но и при родоизотопите, които тя в края на краищата използва при медицински изследвания.

Ентусиазмът на Ялоу по отношение на атомната физика достигнал върха си, когато Ева Кюри публикувала през 1938 г. биографията на своята майка Мария Кюри. “Всяка жена-учен е прочела тази книга 20 хиляди пъти. Ние всички трябва да бъдем като мадам Кюри”. Историята ѝ имала специално значение за Ялоу. “За мен най-важното в книгата беше, че тя е успяла въпреки първоначалното отричане. Това беше в хармония с възпитанието ми и с агресивния ми характер”.

Ялоу обвинявала “старите моми - професорки” от “Хънтър колидж” в дискриминация срещу себе си, дължаща се на желанието ѝ да съчетае науката с брака. “В кариерата са ми помагали мъже, а не жени. Нито една от двете професорки във Физическия факултет не направи нищо за развитието ми във физиката”, заявява Ялоу. Независимо от старите моми в Хънтър Ялоу била благодарна, че посещавала и девическо училище. “Много често за жените е по-добре да бъдат покровителствани, докато напреднат достатъчно. Ако бях в смесено училище, може би щях да привличам по-малко внимание. Ако професорите-мъже имаха 20 момчета студенти, те не биха ми обръщали внимание.

Ялоу отчаяно искала да отиде в медицинско училище, но знаела, че няма да я допуснат. Американските медицински училища не допусkali еврейски момчета, а още по-малко момичета. През 1937 г. по-малко от 3 % от кандидатите за студенти по медицина от Сити Колидж в Ню Йорк били допуснати до медицински училища в САЩ; колежът по това време бил предимно еврейски.

Дори да е била приета, Ялоу не можела да си плати таксата. Тя опитала своя втори избор - физиката, защото имало свободни места за асистенти. Но тъй като антисемитизмът във висшите училища се засилвал, от университета "Пърдю" ѝ отговорили така: "Вие сте от Ню Йорк. Вие сте еврейка. Вие сте жена. Ако можете да си гарантирате работа след това, ние ще Ви дадем мястото". Без такива гаранции по време на депресията Ялоу нямала шанс.

По време на последната учебна година тя започнала почасова работа като секретарка в медицинското училище към Колумбийския университет с разбирането, че като изучи стенографията, ще може да слуша някои научни курсове в Колумбия. Така през януари 1941 г., на 19-години, завършила "Хънтър колидж" с висока диплома по физика и химия, Розалин постъпва в училище за секретарки.

За неин късмет наближавало началото на Втората световна война и във войската били свикани студентите-момчета от американските висши училища. Само през няколко години до завръщането на момчетата-ветерани висшите училища по-свободно приемали момичета, вместо да затварят вратите пред тях. Ялоу получила предложение за преподавателска стипендия по физика в университета на Илинойс, най-престижното училище, за което кандидатствала. "Постигнатото беше свръх моите очаквания" - спомня си тя. Тя скъсала стенографските си книги и още същото лято записала безплатни курсове по физика, под патронажа на правителството, в Ню-Йоркския университет.

През есента на 1941 г. се качила на влака за Шампейн-Урбана. Баща ѝ поискал да заплати таксата ѝ, но тя отказала. "Ще се справя сама. Не искам родителите ми да стоят на перона и да казват: "Нашето дете ще заминава".

Ами ако не беше Втората световна война? Ялоу уверено заявява: "Щях да изкарам висшите курсове, докато съм секретарка, и все някой щеше да ме разбере. Аз съм много добра секретарка".

Деканът на Техническия факултет към Илинойския университет поздравил Ялоу при пристигането ѝ. Тя била първата жена, допусната в инженерното училище след Първата световна война. Очевидно само инженерната програма, която включвала физика, допускала жени непосредствено преди и по време на войните. Като жена тя не се приемала като квалифицирана да обучава инженери. Можела да преподава само на напреднали студенти по медицина. Независимо от тази дискриминация, нейната 70-доларова месечна заплата без такси я карали да се чувства богата жена. Тя не била вече и "упоритото, решително дете, а била студентка, непоколебимо решена да завърши".

Ялоу била изкарала по-малко курсове по физика от другите студенти-първокурсници. За да компенсира, тя прослужала два курса от по-ниска степен и се записала в три по-горни курса като допълнение към хоноруваната преподавателска работа. "Като всички асистент-преподаватели първи курс, аз никога преди не бях преподавала, но за разлика

от другите посещавах лекциите на един млад преподавател с отлична репутация, така че да мога да се науча как трябва да го правя.

Само един от професорите по физика в Илинойс бил готов да приеме асистентство от жена: Робърт Пейтън оценил великолепия ум на Ялоу и смелостта ѝ да върви напред. Тя работела с такъв успех, че факултетът предложил асистентство на още две жени. Когато те напуснали, веднага след като техните съпрузи защитили докторати, факултетът се оплакал: “Вижте, ние ги вземаме, те стигат така далеч, а не продължават”.

След атаката на Пърл Харбър на 7.12.1941 г. физиците напуснали университета, за да работят за отбраната, а студенти от армията и флота били изпратени за обучение на разноси на правителството. С по-малко инструктори и повече студенти факултетът най-накрая разрешил на Ялоу да преподава на инженери.

По това време Розалин срещнала своя бъдещ съпруг Аарон Ялоу, син на равин от Сиракуза, също с интереси към ядрената физика. И двамата подготвили докторатите си под ръководството на Морис Голдхабър - по-късно директор на Националната лаборатория Брукхайвън, където работел и съпругът на Чие-Шиунг Ву. Съпругата на Голдхабър, Гертруд, също помагала на Розалин. Тя самата била изтъкната физичка, но нямала щатна длъжност в университета, защото правилата в Илинойс забранявали родственици да работят в един и същ университет.

Същият закон възпрепятствал брака на Розалин и Аарон, докато те и двамата имали асистентски преподавателски места и формално били членове на факултета. Когато Аарон получил звание, той вече не се смятал за член на факултета и те се оженили на 6 юни 1943 г. “Аарон беше огромна подкрепа за мен и работата ми. Трябва да си изберете съпруг в съответствие със стила на живот, който искате”, съветвала Розалин.

Веднага щом получила докторска степен по ядрена физика през януари 1945 г., Розалин побързала да се върне в Ню Йорк. И двамата с Аарон се нуждаели от работа по физика, затова трябвало да живеят в град с няколко университета. Като не могла да намери длъжност в ядрената физика, тя станала първата жена-инженер във Федералната лаборатория по телекомуникации - изследователска лаборатория на Международната телефонна и телеграфна корпорация. Когато след година изследователската група била закрыта, тя се върнала да преподава в “Хънтър”. Аарон, който през септември 1945 г. дошъл при нея в Ню Йорк, по-късно станал професор по физика в Cooper Union.

В “Хънтър” обаче нямало изследователски уреди и Розалин не можела да работи ядрена физика. Алтернативата била физиката на високите енергии - имало оборудване, голям научен екип, а тя предпочитала работа в малки групи. Затова си търсела друга област. Радиоизотопите точно навлизали в медицината и Аарон ѝ предложил медицинската физика. Чрез него тя се срещнала с “шефа”, д-р Джоакино Фаила - доайенът на Американските медицински физици. След кратък разговор с Ялоу, Фаила вдигнал телефона, набрал един номер и казал на колегата си: “Ако искаш да създадеш радиоизотопна служба, при мен има един човек, когото трябва да назначиш”. Както отбелязва Ялоу в необичаен дух на преклонение: “Д-р Фаила си беше казал думата”.

След като започнала работа в Бронкс през 1947 г. в Медицинския център за работа с ветераните, тя бързо превърнала портиерската стаичка в една от първите

радиоизотопни лаборатории в САЩ. Ядрените реактори, строени по време на войната за производство на атомни бомби, произвеждали радиозотопи - радиоактивните форми на химически елементи - и ги предоставяли за научни изследвания. В Администрацията на ветераните (Федерална агенция по програми за ветераните) смятали, че радиоизотопите биха били една евтина алтернатива на радия за лечение на рака. Ялоу си го представяла по друг начин. Тя била чела книга от Нобеловия лауреат за 1943 г. Георг Хевеш, която свидетелствала, че радиоактивни изотопи биха могли да се използват като белязани атоми при химични и физиологични процеси. При движението си в човешкото тяло бързоразпадащите се радиоактивни изотопи отделят частици, които могат да се регистрират. Книгата на Хевеш оказала огромно влияние върху 26-годишната Ялоу и тя го смятала за един от своите научни родоначалници, наред с Анри Бекерел - откривателя на радиоактивността, Мария и Пиер Кюри, както и Ирен и Фредерик Жолио-Кюри.

Докато все още преподавала в “Хънтър” с пълен хорариум, тя създавала радиоизотопната служба към болницата и започнала няколко изследователски проекта с тамошните медици. Опитът ѝ в инженерните науки се оказал полезен, защото все още не било развито уредостроенето, а тя можела да прави или конструира много от оборудването сама. За 2 години направила 8 публикации.

Работейки в болницата за ветерани, Ялоу стояла далеч от главното течение на науката. Тя била жена с докторска степен в болница, доминирана от мъже-медици и военни. Положението на аутсайдер не я плашело. “Аз бях оцеляла във Физическия факултет на Илинойския университет и в изследователските лаборатории на ИТТ, бях убедена, че съм нужна и мога да върша добра работа. Винаги съм била добре организирана. Винаги съм била сигурна какво искам, била съм готова да работя за него”. През първите години в Администрацията на ветераните (АВ) се забелязвали намеци за дискриминация спрямо нея и тя “полудяла като дявол”, когато ѝ било казано да не посещава конференции извън града, защото нямало хотелски удобства за жени”. Но по всички съществени въпроси местната АВ я подкрепяла.

През януари 1950 г. избрала своето поприще в медицинската физика и напуснала “Хънтър Колидж”. Продължила курса още един семестър само защото била открила една изключителна млада студентка и искала да има повече време за нея. Милдред Спрук Дреселхаус била първата студентка, която Ялоу взела под закрила. Благодарение на нея Дреселхаус преориентирала специализацията си от елементарно образование към физиката. Тя достигнала до професура в МИТ, станала член на Националната инженерна академия и на Националната академия на науките, както и президент на Американското физическо дружество. По думите на Дреселхаус Ялоу била решителен, разумен и вдъхновяващ учител.

Осъзнавайки, че медицинската физика изисква интердисциплинарен подход, Ялоу започва да търси сътрудник. През пролетта на 1950 г. тя срещнала Соломон А. Берсон - млад местен медик по вътрешна медицина в болницата на АВ, блестящ ренесансов човек. Съвършен цигулар, той играел блинд на много дъски, обичал изкуството и философията, бил изискан писател и лектор, талантлив лекар и биолог. Неговата личност била богата, очарователна и привлекателна. Също като Ялоу бил аутсайдер и се бил сблъсквал с академичния антисемитизъм. Син на руски еврейин, той завършил Сити Колидж в Ню Йорк през 1938 г., но бил отхвърлен от 21 медицински училища. Преди 3 години бил приет в Медицинския факултет към Ню-Йоркския университет.

Говорейки за тяхното вероятно сътрудничество Берсон дал на Ялоу поредица от математически загадки. Тя харесвала неговото чувство за хумор и започнала работа с него.

За две години те създали такова учудващо партньорство, че то продължило 20 години. “Свържи се с мен и името ти ще излезе на светло”, казал ѝ Берсон. Той се грижел за връзките с биологията, физиологията, анатомията и клиничната медицина. Ялоу осигурявала страната на физиката, математиката, химията, инженерните технологии и рационалното мислене. Всеки изучавал областта на другия. Ялоу завършила, знаейки по-добре физиологията отколкото повечето водещи физиолози и станала един от малкото членове-немедици на Асоциацията на американските медици. Ялоу преподавала математика и физика на Берсон така добре, че професорите-физици от Йейл четели лекции на своя клас от записките по класическа механика на Берсон, а той мислел да преподава и математика. Допълвали се и научните им стилове: Берсон бил с широки възгледи и размах, а Ялоу - логична, бърза и точна.

Подобно на дългогодишна брачна двойка Ялоу и Берсон си създали начини за общуване, без да губят време. “Това беше вид свръхестествено екстрасензорно усещане. Те не можеха да губят време за разговори. Всеки знаеше какво мисли другият. Единият можеше да започне изречение, а другият да го довърши. Всеки говореше разпалено за другия. Имаха си пълно доверие”, разказва Стенли Голдсмит, медик в лабораторията им, който станал директор по физика и ядрена медицина в Медицинския център “Синай планина” в Ню Йорк.

“Те не губеха време в дребнави разговори или за любезни изрази”, спомня си Голдсмит. Вместо това се питали: “Къде са данните? Какво означава това? Кога се случи”. Когато след смъртта на Берсон Ялоу продължила да се изразява така сбито, тя плашела незапознатите. Голдсмит продължава: “На научните срещи те бяха възискателни и нямаше значение кой от тях ще стане и ще каже, че нещо е безсмислено. Те бяха такива и помежду си. Но това не беше неприязън. Това беше прямота. Те чувстваха, че имат мисия и тя не беше Нобеловата награда. Мисията беше да се разбере явлението”.

Новодошлите често мислели, че Ялоу и Берсон са женени, въпреки че всеки от тях бил щастливо женен за друг. Ялоу вършела “женската” работа. Като администратор на екипа тя правела самолетните резервации и уреждала печатането на ръкописите. Те планирали заедно експериментите, но ги изпълнявала предимно тя. Препускайки нагоре по стълбите, една сутрин тя казала на един приятел: “О, да, забравих да приготвя обяда на Сол”. Извън лабораторията били неразделни, независимо дали провеждали конференция или бърбтели на коктейл. Веднъж на парти Берсон ѝ казал да отиде при съпругите. Ялоу обяснила това като “характерно за времето”. “А и аз живеях в медицински свят без медицинска степен”.

Въпреки, че Берсон доминирал над всички, включително и над шефовете си, той и Ялоу си поделяли престижа. Те се редували при изписване на водещото авторство на трудовете си. Когато получавал награда, той я приемал уверен, че и тя ще получи скоро такава. Въпреки че взаимно се смятали за равни, вниманието привличал Берсон. Размахът и дълбочината на познанията му поразявали колегите им. Извън лабораторията той бил лидерът, пишел статиите им и представял повечето доклади. Когато той и Ялоу пиели бира с колеги, Берсон говорел 90 % от времето.

Берсон и Ялоу работели на високи обороти, по 80 часа на седмица. “Влизаха в една стая, спореха и си подхвърляха неща един на друг, а наоколо си сеяха идеи. После стремително напуснаха лабораторията, за да изследват нещото, летейки напосоки”, си спомня Еужени Щрос, която работела с двамата.

“Аз съм утринна птица”, отбелязва Ялоу. “Когато се захващам с нещо, работя в лабораторията, събуждам се в 2 или 3 през нощта и до разсъмване всичко идва на мястото си и знам какъв експеримент трябва да се направи на следващия ден. Обикновено имаше много експерименти за правене”. Ялоу работела и по време на треска, грип и на няколкогодишна анемия. Напечатвала темите на децата си преди работа, изтичвала до дома за 10 минути да сложи пуйката във фурната, оставала до 2 през нощта с химическите анализи и се връщала на работа към 8 сутринта. Веднъж, след като работили до 4 сутринта, Берсон подремнал на веранда ѝ и двамата се върнали на работа преди 8 часа.

Ялоу и Берсон открили родоимунологичния анализ (РИА) случайно - като страничен ефект от изследвания на инсулина. За да проверят колко дълго остава инсулинът в системата на диабетик, Берсон и Ялоу инжектирали пациенти с радиоактивно белязан инсулин. След това взели кръвни проби и измерили колко бързо изчезва хормонът от системата на всеки пациент. За тяхна изненада белязаният инсулин изчезвал по-бавно при диабетици, отколкото при недиабетици, които никога не били приемали инсулин. Защо ли възрастните диабетици задържали инсулина по-дълго от другите хора? Дали ефектът се причинявал от хормона или от диабета? Една група пациенти били приели инсулин, въпреки че нямали диабет. Шизофрениците били подложени на инсулиново шокова терапия. Берсон и Ялоу изчислили, че ако шизофрениците задържат инсулина неестествено дълго време, ефектът щял да бъде резултат от тяхното инсулиново лечение: не би могъл да е предизвикан от диабета, защото те не са имали това заболяване. И достатъчно сигурно било, че шизофрениците също задържали белязания инсулин по-дълго в сравнение с недиабетици, които никога не са приемали инсулин.

Берсон и Ялоу направили извода, че хората, които взимат инсулин, развиват антитела към инсулиновите молекули. През 50-те години инсулин се добивал от панкреаса на прасета и говеда. Въпреки че животинският инсулин бил почти същият като човешкия, човешката имунна система произвеждала антитела, за да отхвърли чуждия инсулин. Антителата дезактивирали самия инсулин, затруднявайки организма да произвежда само този хормон. Някои диабетици в действителност ставали резистентни към инсулина, от който се нуждаели за оцеляването си. Берсон и Ялоу открили, че в тяхната кръв има много по-висока концентрация на антитела, отколкото при другите диабетици. Произвежданият днес инсулин се създава генетически толкова прецизно, че да бъде същият като човешкия.

Берсон и Ялоу преобърнали една от най-дълголетните представи за болестта: че инсулиновата молекула е твърде малка да стимулира едно антитяло. Престижното списание *Science* отхвърлило тяхната статия изцяло, а *Journal of Clinical Investigation* отказал да го публикува, ако изразът “инсулиново антитяло” не бъде премахнат от заглавието. И след 22 години Ялоу все още била бясна на това списание.

По ирония Берсон и Ялоу не са единствените изследователи, които откриват, че хората, лекувани с инсулин, преработват хормона по-бавно от другите. “Късмет за двете групи изследователи беше да открият, че инсулинът изчезва по-бавно при едната група

пациенти, отколкото при другата ... Не е случайно, че наблюдението се интерпретира правилно” - изтъква Ялоу. “Това е творческа способност ... аз все още мисля, че откритието е най-вълнуващото нещо в света”.

Берсон и Ялоу можели да прекарат остатъка от своите кариери, изучавайки инсулина. Вместо това те достигнали до изумително разбиране: въпреки че с техния метод измервали антителата спрямо един хормон, чрез обратното му прилагане би могъл да се измерва самият хормон. Както твърди Ялоу “Ако веднъж си го видяла по един начин, ще го видиш и по друг”. По-късно други учени признавали, че са имали същата идея, но не са направили нищо за това. Берсон и Ялоу го направили. Те били неуморими.

Нарекли своя метод радиоимунологичен анализ (РИА), защото използвали радиоактивно заредени вещества за измерване на антителата, произвеждани от имунната система. По принцип тестът бил хрост: първо Ялоу и Берсон поставяли естествен хормон от пациент в епруетка. После добавяли антитяло. След това смесвали малко количество от радиоактивната форма на хормона. Изчаквали няколко дни или часове. По време на инкубационния период на разтвора радиоактивният хормон и естественият хормон се състезавали за привилегията да се съединят с молекула на едно антитяло. Никой от хормоните не получил предимство: антитялото не се интересувало с кого се свързва. Измервайки каква част от радиоактивната форма успява да се свърже с антитялото, Ялоу и Берсон можели да кажат колко от естествения хормон се намирал в тялото на пациента.

Ако, например, кръвта на пациента съдържала голямо количество естествен инсулин, последният улавял почти всички антитела, оставяйки малко свободни за свързване с радиоактивния хормон. Ако пациентът имал съвсем малко количество естествен инсулин в кръвта си, повечето от радиоактивния инсулин бил в състояние да се свърже с антителата.

Днес РИА е автоматизиран и компютъризиран, а Берсон и Ялоу работели с дни за подготовката на разтвори в 2 или 3 хиляди епруетки. Като планирали времето си най-малко 24 часа напред, те провеждали тестовете без прекъсване ден и нощ. Извършвали цялата работа сами, без лаборанти. А тъй като Берсон пушел, общували на техния бърз, стегнат, хибриден език.

Технологията им има няколко отличителни предимства. Тя е изключително чувствителна. Чрез РИА се открива една билионна част от грама, а в една унция има около 32 грама. Освен че е приказно чувствителен, той е една лабораторна процедура. Никаква радиоактивност не попада в човешкото тяло. Нещо повече, могат да бъдат тествани малки количества вещество. Преди да бъде открит РИА, всеки диабетик трябвало да дава 100 cm^3 плазма - почти една чаша - за всеки кръвен тест. С РИА е достатъчна $1/10$ от cm^3 . И още, РИА върши работа вероятно за всеки хормон, както и за различни други биологически важни вещества. Накрая, различни вещества могат да бъдат тествани едновременно във всяка лаборатория, оборудвана за радиоактивно измерване.

Ялоу и Берсон публикували своята идея за РИА през 1956 г. След това продължили три години да развиват концепцията в практически тест, прилагайки познанията на Ялоу по физика и химия към биологичния проблем. Но те направили малко непосредствени промени. Методът бил твърде нов, сложен и невероятен труден за разбиране. Когато

Берсон изнасял лекция в Илинойския университет, само един от слушателите смятал, че той ще спечели Нобелова награда, а останалите 29 - че е луд.

Ялоу и Берсон обаче били свикнали да се борят с навиците на медиците, затова не се предавали. Вместо това те започнали да подготвят учени за използването на РИА. Преди 1956 г. от други лаборатории са публикувани само няколко доклада за използването на РИА, но до края на десетилетието областта се развива изключително бързо и РИА става феноменален успех.

РИА извършва първата революция при диабета. Чрез използването му лекарите могат да разделят диабетиците на две групи: такива, които типично загубват способността да произвеждат инсулин в детството и такива, които произвеждат много инсулин, но с възрастта губят способността си да го използват. Днес вторият тип диабетици се лекуват чрез диета и ако е необходимо с таблетки, но не с инжекции.

Към 1960 г. Берсон и Ялоу били анализирали надеждно маса данни. “Те се нагърбиха с преосмислянето на цялата съвременна ендокринология, на всичко за хормоните”, заявява Джон Т. Потс младши, световен лидер в РИА. “Те имаха дързостта и бързината да навлизат от една област на биологията в друга. Научиха много за възловите експерименти и подробностите в новите области. По-късно преразгледаха ендокринната физиология, т.е. как в действителност работят хормоните. За първи път някой можеше да вземе проба от отделна част от тялото чрез един точен метод и да получи сигурни данни - и то в големи количества. Те можеха да стимулират или подтискат хормона и да изучават различни видове болести, свързани с повече или по-малко от тези хормони. Това беше величаво десетилетие на интелектуална продуктивност, защото имаше наистина целеустремени хора. Те работеха нощ след нощ, а после преминаваха в друга област, ставаха експерти в нея и я стабилизираха на основата на своя метод. И двамата бяха много упорити - не се бояха да кажат какво са открили.”

Въоръжени със самочувствие и експериментална прецизност, Берсон и Ялоу достигнали до дръзки и радикални заключения за производството и управлението на хормоните в тялото. “Те изведоха обобщена картина от огромно количество данни, събрани от много малка област; например от хиляди кръвни проби, измервайки хормона само в една телесна съставка. После можеха да предскажат какво трябва да се случи някъде другаде в тялото, за да обяснят какво са видели там”, обяснява Потс.

Преди РИА се знаело малко за хормона на човешкия растеж. От основна важност за развитието и растежа на костите, той се отделя от хипофизата и стимулира черния дроб за произвеждане на фактори на растежа. За да остане едно дете джудже, причина може да бъде недостигът на хормона на растежа или разнообразни други фактори. Едно дете-джудже с малко или без хормон на растежа в неговата плазма не реагира на малките количества инсулин. Когато се дава инсулин на деца, които са по-ниски по други причини, те произвеждат повече хормон на растежа. По този начин става възможно да се определи на кои деца може да се помогне чрез лечение с хормон на растежа. Вярно е и обратното заключение, че РИА показва дали акромегалията - свръххормонния растеж на костите - се предизвиква от свръхсекреция на растежния хормон.

От инсулиновия и растежния хормон Ялоу и Берсон преминали към множество други субстанции, в т.ч. паратироидния хормон, антигена на хепатит-В и

андренокортикотрофичния хормон (АКТХ). До 1970 г. антигена на хепатит-В давал ужасяващи усложнения при кръвопреливане. Заразената кръв предизвиквала чернодробна инфекция няколко месеца след хирургическа намеса. Благодарение на Ялоу, Берсон и техния сътрудник Джон Уолш, преливането на хепатитен вирус било фактически елиминирано от кръвните банки на Северна Америка.

Може би най-важното приложение на РИА за общественото здравеопазване е предпазването на бебетата с недостатъчност на щитовидната жлеза от умствено изоставане. Симптомите на хипотироидизъм били неоткриваеми, преди бебето да навърши три месеца. Дотогава умствените увреждания стават необратими. Само с едно боцване и няколко капки кръв върху филтърна хартия се поставя диагноза за риска при новородени бебета достатъчно навреме, за да бъдат предпазени от опасността. За няколко долара на година, те могат да бъдат лекувани така, че развитието на техния мозък да бъде еднакво с това на техните връстници. Както го определя Ялоу: “Какъв късмет за тези деца, техните семейства и обществото!”.

Днес радиоимунологичния анализ се използва за измерване концентрацията на хормони, ензими, витамини, вируси и наркотици в човешкото тяло. РИА се използва за диагностика на състояния, създадени от хормонален излишък или недостиг. Определя се дали хора с пептична язва трябва да бъдат лекувани медикаментозно или хирургично. Определя се дали високото равнище на калций в кръвта, което често води до камъни в бъбреците, не се предизвиква от свръхсекреция на паратироиден хормон. Берсон и Ялоу създават теория на биосинтеза на АКТХ, която е доказана по-късно. РИА се използва за изследване на хипертонията и за откриване на хормоно-секретиращ рак и други ендокринно свързани нарушения.

РИА направи ендокринологията една от най-горещите области на медицински изследвания. Има огромно влияние върху клиничната медицина, давайки преимущество главно на диагностиката и лечението на основната хормонална система на тялото, включително функциите на щитовидната жлеза, растежа и плодовитостта. С това фактически се слага началото на нова наука - невроендокринологията, т.е. изучаването на химическите носители, използвани от мозъка за контрол на главната хормонална система у човека.

С РИА точно се определя концентрацията на наркотични вещества в кръвта - от хероин при наркоманите до стероиди при спортистите и антибиотици при болните. Много лекарства трябва да достигнат известна концентрация в кръвта на пациента, за да бъдат ефективни; ако не се дава достатъчно лекарство, то няма да е ефикасно, а прекалено много може да бъде токсично.

По примера на семейство Кюри, Ялоу и Берсон решили да не патентоват своето откритие. Безброй комерсиални лаборатории натрупали огромни суми, извършвайки РИА. Но Ялоу отсичала: “По мое време учените не патентоваха. Правеха го за хората. За нещастие сега животът не е такъв”. И по-нататък се учудва: “Какво щяхме да правим с парите, освен да ги вложим в изследвания? Никога в живота си не съм получавала субсидии за изследвания. Всичките пари бяха на АВ. Ако имах по 5 млн. долара на година за изследвания, това щеше да ми е необходимо за ръководството на 100 учени. Нямаше да е възможно да разговарям с всеки един ежедневно ... Аз съм психологически пригодена към науката “на мама и тате”.

През тези върховни години с РИА Ялоу родила и отгледала 2 деца. Бенджамин се родил през 1952 г., когато Ялоу била на 31 години. Елана се родила 2 години по-късно. Ялоу планирала семейството си и работила 5 години, докато се почувства достатъчно уверена, че ще се пребори с наредбите на АВ. Според правилата всички работещи жени се оттегляли 5 месеца преди раждането. Правилото било прилагано и докато Ялоу била бременна с Бенджамин - една бременна ветеринарна лекарка била принудена да напусна, но Ялоу била станала достатъчно ценна. Когато Бенджамин се родил, тя се шегувала, че той е историческо 5-месечно бебе. Тя отсъствала само 7 дни при раждането, изгонила педиатъра, който не одобрявал положението ѝ на работеща и грижеща се за детето си, и сама отглеждала Бенджамин в продължение на 10 седмици. Тогава го приучила да спи през деня и да си играе през нощта, когато тя си е в къщи. Девет дни след раждането на Елана през 1954 г. Ялоу изнесла лекция във Вашингтон.

“Тогава животът беше много по-лесен - имаше повече помощ у дома”, подчертава Ялоу. Докато Бенджамин стане на 9 години, имали денонощна икономка, а майката на Ялоу “просто се отбивала” почти всеки следобед. Госпожа Съсман не одобрявала, че дъщеря ѝ с тези малки деца работи на пълен работен ден, но Ялоу никога не се съмнявала, че това, което прави е правилно за нея. Когато Елана постъпила в начално училище, Ялоу взела почасова детегледачка и все пак намирала време да се отзовава на училищните излети. През уикендите водела децата да си играят в кабинета ѝ с оборудването и зайците, мишките и морските свинчета. Тя се грижела за животните през уикендите и ваканциите.

Младите научни работници скоро разбрали, че единственият начин да поемат глътка въздух по време на работа бил да се осведомяват за децата ѝ. Тогава Ялоу спирала да работи, за да съобщи, че Елана имала труден избор между розово и коралово червило тази сутрин и че Бенджамин все още е завладян от научната фантастика и компютрите. Бенджамин и Елана посещавали обществени училища в Бронкс, престижното Висше научно училище в Бронкс и защитили докторати. Бенджамин става директор на Компютърен център в градския университет на Ню Йорк, а Елана ръководи калифорнийска компания, която организира центрове за грижи за деца през деня.

През 1968 г. Ялоу получила някои обезпокоителни новини. След 18 години на пълно научно партньорство, Сол Берсон пожелал да постъпи на друга работа. Той щял да става професор по вътрешни болести в Медицинското училище “Синай планина” към Ню-Йоркския университет. Ялоу се опитала да го разубеди. И двамата били уверени, че могат да спечелят Нобеловата награда - “Голямата”, както я наричала тя. Когато това се случило, АВ щяла да им даде собствен изследователски институт, твърдяла тя. Но, както Берсон казал на жена си Мириам, откриването на РИА по същество било завършено и той искал да преподава медицина, философия или математика. Той бил готов за нещо ново.

Берсон приел да отговаря за голямо болнично отделение и продължил допълнително изследванията с Ялоу. Всеки вторник и четвъртък по цял ден работел в “Синай планина”, преди да дойде в лабораторията на АВ при Ялоу, за да работи цяла нощ - без заплащане. Седейки срещу него на общото им бюро, Ялоу го увеличала в лабораторни проекти. В 10 вечерта те се срещали с колегите си и започвали експеримент или анализ, който щял да продължи през нощта, докато стане време той да тръгне за “Синай планина” на сутринта и да започне работа на следващия ден. Темпът бил безмилостен и

дори Берсон трябвало да го забави. Не след дълго той започнал да идва в лабораторията само една нощ в седмицата.

През март 1972 г. Берсон получил лек удар. Конфиденциално той помолил една млада лекарка от “Синай планина”, Еужени Щрос, да работи с Ялоу. Месец по-късно, през април 1972 г., Берсон бил избран в престижната Национална Академия на науките и заминал за Атлантик Сити, щата Ню Джързи, на научна конференция. Сам в хотелската си стая той получил масивна сърдечна атака и умрял. Бил на 54 години. Смъртта му предизвикала шок сред неголямото ендокринологично общество.

Смъртта на Берсон била жесток удар за Ялоу. Приятели казват, че тя се чувствала съсипана повече от година. 22 години те работили заедно, споделяли работа и идеи, говорили на свой собствен език, изобретили забележителен метод и се борили за неговото приемане. Но след смъртта на Берсон слуховете сред медицинските завистници предвещавали край на кариерата ѝ. Казвали ѝ, че няма да спечели Нобелова награда без него. РИА бил безусловно най-достоеен за наградата: от много години половината от докладите на Ендокринното дружество се базирали на РИА. Но Нобел не се давал посмъртно и никога не бил присъждан на преживелия партньор. Нещо повече, широко разпространено било усещането - което в много по-малка степен съществува днес, - че Берсон е бил творческият мозък на екипа. В разочарованието си Ялоу мислела, че ѝ е нужна докторска степен по медицина и решила да посещава медицинското училище към Университета в Маями, но после се отказала.

Най-накрая Ялоу приела, че ако трябва да се доказва отново, ще го направи. Затова вместо по 48 часа седмично, тя започнала да работи по 100 часа. За да продължат докладите да носят и името на Берсон, тя нарекла лабораторията “Изследователска лаборатория Соломон А. Берсон”, нагърбила се с редакторските и лекторските задължения на Берсон. Задържала Еужени Щрос като свой сътрудник и лабораторията публикувала 60 статии за периода 1972-1976 г. Ялоу спечелила 12 медицински награди самостоятелно. Тя доказала, че човешките антитела към инсулина могат да различат инсулин от прасе, куче или кит, дори ако той произвеждал почти идентични аминокиселини.

След това със Щрос доказали, че холицистокинена - добре познатият хормон за разграждане на мазнините в тънките черва, също има междуклетъчни трансмитери към мозъка, предаващи информация от един неврон към друг. Така за пръв път било установено, че гастро-чревният хормон има двойка роля като невропредавател. Това все още остава като класически пример за пестеливо телесно използване на едно химическо вещество за изпълнение на две напълно различни дейности.

Нобеловите претенденти се обявяват всеки октомври и всяка есен Ялоу се надявала да е сред тях. Слагала шампанско в лед и се обличала при всяко обявяване на наградите - за всеки случай. И всеки път, когато я подминавали, тя казвала само: “Какво трябва да направя, за да спечеля?”, спомня си Аарон Ялоу.

Нараства и натискът върху Нобеловия комитет да ѝ даде наградата, независимо от смъртта на Берсон. С всяка изминала година мощта на РИА става все по-впечатляваща. 3 години след смъртта на Берсон, през 1975 г., Ялоу е избрана в престижната Национална Академия на науките. През 1976 г. тя става първата жена, спечелила наградата за медицински изследвания на името на Албърт Ласкар, която често била

смятана за предвестник на Нобеловата. Ялоу устроила парти за 100 души по време на лабораторно събиране с печени пуйки и картофена салата, които донесла от къщи.

На 13 октомври 1977 г. Аарон и Розалин се събудили в 3 часа през нощта. Тъй като не била в състояние да спи, Розалин отишла на работа. И тогава, в 6 ч. и 45 мин., телефонът иззвънял. След толкова години на надежди тя спечелила Нобеловата награда за медицина и физиология. Аарон я посъветвал да изтича до дома и да се преоблече, преди да връхлетят репортерите. Тя се върнала обратно в лабораторията в 8. На пресконференцията ѝ Аарон отговарял на толкова много от въпросите, че тя го прекъснала: “Нека аз да говоря. Позволи на мен да говоря”. Ялоу е втората жена, спечелила Нобелова награда за медицина. Герт Радниц Кори я спечелва през 1974 г. Но Ялоу е първата жена, получила образованието си в Америка, която печели Нобелова награда. Тя е и сред 11-те номинирани нобелисти от университета на Ню Йорк. Тя е първата, която получава наградата след смъртта на научния си партньор. Нобеловият комитет излъчил по вътрешната си мрежа, че няма да прави повече изключения.

Съчетавайки семейство и наука както обикновено, тя и Аарон отлетели за Калифорния за сватбата на Елана, а 2 дни по-късно - за Стокхолм. Елана и съпругът ѝ прекарвали медения си месец в Швеция. Ялоу била придружена от 3-ма студенти от Бронкс, за да пишат за техните училищни вестници: по един от младежкото ѝ училище, от “Уолтън хай” и от “Хънтър Колидж”.

Наградата от 145 хиляди долара била поделена между Ялоу и двама мъже, които дълбоко се ненавиждали. Роджър К. Гуилемин от Института “Салк” и д-р Ендрю В. Скали от Болницата на ветераните в Ню Орлийнс, спечелили наградата за открития в зоната на хипоталмуса в мозъка, който контролира ендокринните функции.*

Нобеловата награда открила нови и радостни перспективи пред Ялоу. “Преди Нобеловата награда никой не беше чувал за мен. Сега съм много повече пред обществения поглед и мога да правя неща, които никога не съм правила. Можеше да се случи на всеки”, шегувала се тя. Станала водеща на пет-сериен телевизионен филм за своята любима героиня Мария Кюри. Преди да остави златния си медал в банков сейф, тя си направила малко копие за носене на врата. Била получила общо 47 почетни степени от различни университети и колежи и украсила кабинета си с няколко от нейните елегантни церемониални шапки.

Запитана какво планира да направи с парите от Нобеловата награда, тя отговорила: “Не се сещам за нищо на света, което бих искала още да имам. Имам моя брак и две прекрасни деца. Имам лаборатория, която е една абсолютна радост. Имам енергия. Здрава съм. Докато има какво да се върши, аз никога няма да се уморя”.

Попитали я за хобитата ѝ. “Какви хобита? - отговорила тя. Какво трябва да правя - да яздя кон или да играя тенис? Аз съм там, където има вълнение. Дали вие, след като години сте играли тенис, чувствате, че наистина има драматична промяна и ще го революционизирате?!” През 1988 г. ѝ бил присъден Националният меда за наука - най-високата национална научна награда.

Няколко месеца след Стокхолм Ялоу си послужила с Нобеловата награда за уреждане на стар спор. Когато нейната Нобелова лекция била отпечатана в списание *Science* през 1978 г., тя цитирала част от писмо на *Journal of Clinical Investigation*, с което се

отхвърлял докладът ѝ за инсулиновите антитела отпреди 22 години. Писмото се появило без името на редактора, но тя го била атакувала по име в едно интервю в “Ню Йорк Таймс” няколко месеца преди това. Такива персонални атаки били рядкост в науката и не я направили популярна сред колегията. Освен редактора няколко анонимни експерти в областта били прегледали статията и единодушно препоръчали отхвърлянето ѝ. Обаче публично известно било само името на редактора. Цитираният откъс в *Science* споменавал само частта за размера на инсулиновата молекула. Редакторската бележка за нейното “несвързано” писане била изпусната.

Ялоу работила в своята лаборатория към АВ още 15 години. За тези години поддържала професури в Медицинския колеж “Алберт Айнщайн” към Университета Йешива, в болницата “Монтефиоре” с Медицински център и в Медицинския университет “Синай планина”.

Агресивността, която превела Ялоу от първия училищен клас до физиката била все още жива. В ранните ѝ години това изглеждало по-благородно. Тя не била популярна сред много колеги в собствената си област, а също и сред учени в други дисциплини, които работили с нея по професионални проекти. Тя била логична, пряма и искрена както винаги и държала здраво на своето мнение, но атакувала конкурентите си в работите им понякога много по-лично отколкото по времето на Берсон. Един колега се оплакал, че когато Берсон спорел, той изразявал своята гледна точка; когато спорела Ялоу, тя вярвала, че знае отговорите.

Приятелите наричат нейния маниер “безпристрастен и умел”, критиците го наричат “безпощаден и суров”. Когато Ялоу се заинтересувала от данните, представени в доклад на млада жена - учен от друга област, говорещата се чувствала като смазана от танк. Ялоу все още бдяла над своите протежета, но оценките в рецензиите за конкурентите могли да бъдат опустошителни. Една от изтъкнатите ѝ дипломантки и една от най-близките приятелки на Берсон - две колежки, с които можела да бъде естествено близка, попаднали под личните ѝ атаки.

Колкото нараствали увереността и позициите на Ялоу, толкова сякаш помръквал споменът за приноса на Берсон в тяхното сътрудничество след смъртта му. Един колега коментира с тъга: “Тя страховито бе обладана от някакъв порочен стил на общуване с хората”. Когато на обществена среща един млад учен спорел с нея, по-възрастен професор го отвел встрани и го предупредил: “Не спорете с нея. Тя може да бъде отмъстителна”.

Но си вършела работата. Заседавайки в известен комитет по радиационните равнища, тя спорела с колега-експерт, цитирайки негови собствени статии. Той бил забравил детайлите, но тя не.

През 1991 г. Ялоу се оттегля от АВ, жертва на Нобелово главозамайване. Затваряйки със задоволство лабораторията си, тя се оплакала: “Лабораториите сега са прекалено регламентирани, не си струва караницата. Аз бих повторила всичко с моето поколение. Ако трябваше да започвам сега? Цялата съвременна система не е толкова забавна, колкото по мое време. Първо: не се прави лесно малка дребна наука, и второ: тя е прекалено регулирана. Моите зайци живееха в една стая с морските ми свинчета 35 години. Сега трябва да имам отделна стая за всяка порода”. Като проверявала лабораторията, една инспекторка изразила съжаление, че наричникът по РИА не е

адекватен. Ялоу отвърнала: “Аз написах тази книга” и сложила край на спора с предписание един лаборант да напише ръчник, който да се чете само от инспектори.

Когато се пенсионирала, тя се отдала на кариера за обществено благо като научен деятел, четящ своите лекции за близки до сърцето ѝ каузи. Използвайки престижа си на Нобелов лауреат, тя зовяла към по-висококвалифицирана грижа за децата и повече природни науки в образованието. Преди всичко тя говорела против неоправдания обществен страх, както тя смятала, от малки количества радиация. “Хората бъркат ядрената медицина с ядрени реактори и атомни бомби. Радиацията от атомно заразено растение е по-малка от количеството радиация, идващо от овъглено растение”, твърди тя и добавя: “Ядрената война е заплаха повече заради зависимостта ни от чуждия петрол. Ако бяхме самозадоволени ... а това е възможно с атомна енергия, светът би имал по-малко причини за войни”.

Заради необходимостта от подобряване на американското научно образование тя отбелязва, че САЩ изостава от другите страни по брой Нобелови награди на човек от населението. Ако се включат американските лауреати, които са родени и получили образование в чужбина, САЩ отиват далеч по-назад. В наше време има едно активистко движение, което е анти-интелектуално, анти-научно и анти-технологично. “Ако трябва да се борим за оцеляване на човечеството и процъфтяването му върху лицето на земята, ние трябва да разчитаме на непрекъснатата научна революция. Ялоу изтъква, че науката и технологията са удължили живота на хората в развития свят от 45 години през 1900 г. почти до 75 през 1992 г.

В речите си из цялата страна тя подчертава разликата между мъжете и жените, а именно, че само жените раждат деца. Горда със своя рекорд като суперучен, супермайка и супержена, тя казва: “Можете да имате всичко това! Но САЩ трябва да обръщат повече внимание на грижата за децата. Трагедията за обществото е когато талантиливи жени нямат деца. А жените-учени се нуждаят от добри ежедневни грижи. Трудно е в област, която се променя така бързо, каквато е науката, една жена да пропусне няколко години, а после да се надява да се възстанови без сериозно преобучение ... Когато отивам в университетите, аз питам: “Какво сте направили за дневните детски центрове”?

Ялоу силно вярвала в равния достъп и равните възможности на жените. Но се противопоставяла на награди от женски движения. Отказала Федералната женска награда през 1961 г. и наградата “Жена на годината” за 1978 г. на “Списание на домакинята”. Когато станала президент на Ендокринното дружество през 1979 г., професионална организация на 6 хиляди ендокринолози, тя започнала президентската си реч с атака срещу женската федерация. Както Розалин Ялоу обяснява по-късно: “Отивайте там, където е силата. Не се изолирайте. Не е нужно да бъдете покровителствани. Това е част от моя агресивен подход към нещата”.

Превод: Мария Кирчева

Редакция и съкращения: М. Бушев и И. Русев

* Авторката пропуска да събщи, че Р. Ялоу получава Нобеловата награда за физика или медицина “За разработката на радиоимунологичния анализ на пептида на хормони” – *бел. ред.*

In memoriam

ВЕНЦЕСЛАВ ХАРАЛАМПИЕВ АНДРЕЙЧЕВ

(1941 - 2001)

На 12 април 2001 г., след продължително боледуване, почина академик Венцеслав Харалампиев Андрейчев, ръководител на сектор “Ядрена спектроскопия и астрофизика” и председател на Научния съвет на ИЯИЯЕ.

Той е роден на 23 февруари 1941 в гр. Плевен в семейството на известни гимназиални учители-интелектуалци. Завършва средното си образование в езиковата гимназия в Ловеч. Висшето си образование завършва с отличие в Техническия университет в Дрезден през 1966 г. Непосредствено след това продължава специализацията си в областта на физиката на атомното ядро в Централния институт за ядрени изследвания в Росендорф, където защитава докторат през 1970 г. Работи като щатен сътрудник в групата по ядрена спектроскопия в същия институт и е удостояван с висши отличия на Държавния съвет на ГДР. Защитава дисертация за научната степен доктор на науките през 1974 г. От 1975 г. е избран за ст.н.с. в ИЯИЯЕ на БАН, а през 1983 г. - за ст.н.с. I ст. През 1980 - 81 г. е гост-професор в университета на Ню Джързи. През 1989 г. е избран е за член-кор. на БАН, а през 1995 г. - за академик.

Академик Андрейчев беше дългогодишен ръководител на сектор “Ядрена физика и астрофизика” и на проблемна група “Ядрена спектроскопия” към ИЯИЯЕ, председател на Научния съвет на института, член на Научния съвет на ОИЯИ - Дубна. Бил е заместник-председател на ВАК, председател на експертната комисия по физика към Фонда за научни изследвания, председател на Комитета по ниски енергии към ОИЯИ. От 1994 г. е избран за член на Комисията С-14 (ядрена физика) към Международния съюз за чиста и приложна физика (IUPAP).

Основните научни приноси на академик Андрейчев могат да бъдат отнесени към изследвания на структурата на атомното ядро в направления: създаване на методика за измерване на нано- и пикосекундни ядрени изомерни състояния; систематизиране на вероятностите за електромагнитни преходи в атомните ядра; усъвършенстване на съвременните ядрени модели. Той е автор и съавтор на над 300 оригинални научни труда, резултатите от които са широко използвани и отразявани от международната физическа общност. Той е създател на Обобщения метод на центъра на тежестта, който позволи да бъдат проведени за първи път серийни измервания на субнаносекундни времена на живот на ядрени състояния. Този метод, усъвършенстван и прилаган с голям успех през последните години, представлява новост в световната наука. Между неговите последни работи са и изследванията на абсолютните вероятности за преходи в екзотични ядра, които се използват като галактически хронометри и термометри в

модерната астрофизика. Със своята всеотдайна дейност и забележителни трудове акад. Андрейчев издигна високо престижа на българската ядрена физика.

Академик Андрейчев бе учен с висок авторитет и широка известност сред научните среди у нас и в чужбина. Многократно бе канен като гост-професор в най-представителни международни ядрени центрове в Европа и САЩ, с които поддържаше тесни научни контакти. Участвал е в организационните комитети на редица международни конференции по ядрена спектроскопия, многократно е канен като лектор.

Със смъртта на академик Андрейчев българската и международната физическа общност загуби един от изтъкнатите си и уважавани членове, учен с високи и стойностни научни критерии на които остана верен през целия си живот, отдаден на физиката.

С голямото си и отзивчиво сърце, съпричастен към проблемите на колегите и приятелите си, Венци Андрейчев беше морална опора на всички, с които дружеше и които го обичаха. Той рано постигна високи върхове и ни напусна преждевременно.

Поклон пред светлата му памет!

In memoriam

АЛЕКСАНДЪР МИХАЙЛОВИЧ БАЛДИН

(1926 - 2001)

На 29 април 2001 г. в гр. Дубна, Русия, почина един от най-известните руски физици – членът на Руската академия на науките, академик Александър Михайлович Балдин.

Академик Балдин е роден на 26 февруари 1926 г. в Москва. През 1949 г. завършва Московския инженерно-физически институт. До 1968 г. работи във Физическия институт на АН на СССР, а от 1961 г. е на работа и в Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ) в гр. Дубна. От 1968 г. е директор на Лабораторията по високи енергии в този институт, а след емиритирането си е почетен директор на тази лаборатория. Научните му изследвания са в областта на физиката на елементарните частици, електромагнитното взаимодействие, ядрената техника, теорията на ускорителите. Поставя основите на релативистичната ядрена физика, предвижда и открива кумулативен ефект при сблъсъците между релативистични ядра (1975 г.). заедно с В. В. Михайлов построява в полюсно приближение (1950 – 1952 гг.) теорията на фотораждането на мезони (въвежда аномални магнитни моменти за нуклеоните), предвижда (1951 г.) основните закономерности на околопраговото фотораждане на мезони, получили впоследствие експериментално потвърждение (Държавна награда на СССР за 1973 г.). Доказва (1957 г.) с примера на фотона, че елементарните частици трябва да притежават електрична и магнитна поляризуемост. Открива прекия преход фотон – векторен мезон чрез разпадането на векторни мезони на електрон-позитронни двойки (1967 г.). Въвежда понятието оптична анизотропия на ядрата и разработва теория за тензорната поляризуемост на ядрата. Предлага (съвместно с М. С. Рабинович и В. В. Михайлов) метода на обвивките – теория на почти периодичното движение в произволни магнитни полета.

Със смъртта на академик Александър Михайлович Балдин световната физическа общност загуби един от своите най-известни представители в областта на физиката на високите енергии.

Няколко поколения български физици специализираха и работеха в плодотворната Лабораторията по високи енергии и ще останат с най-добри спомени за човека и учения Александър Михайлович Балдин.

Поклон пред светлата му памет!

ТРИЪГЪЛНИК НА МИСЛИ*

Ален Кон, Андре Лишнеровиц, Марсел Пол Шюценберже

Част III

Глава VII. Интерпретация на квантовата механика

Ален Кон - Дискусията върху интерпретацията на квантовата механика остава открита. Въпросът за скритите променливи често се разглежда по неправилен начин.

Марсел Пол Шюценберже - Напълно си прав. Не приемам формализма на квантовата механика поради трудността, свързана с редукцията на вълновите пакети.

А.К. - За да уточним за какво става дума, ще започна с един пример за редукция на вълнов пакет, известен още преди Хайзенберг да е развил квантовата механика, но породил немалки безпокойства сред физиците. Това е т.нар. експеримент на Щерн - Герлах, приблизително от 1921 г.

Разглежда се сноп частици, конкретно атоми на среброто, които под действието на нееднородно магнитно поле се насочват в определена посока. Експерименталният резултат е, че снопът се разцепва на два и във всеки от тези подснопове ъгловият момент на атомите е насочен по посоката, зададена от магнитното поле, като знакът му е + или – в зависимост от това в кой от двата снопа е атомът.

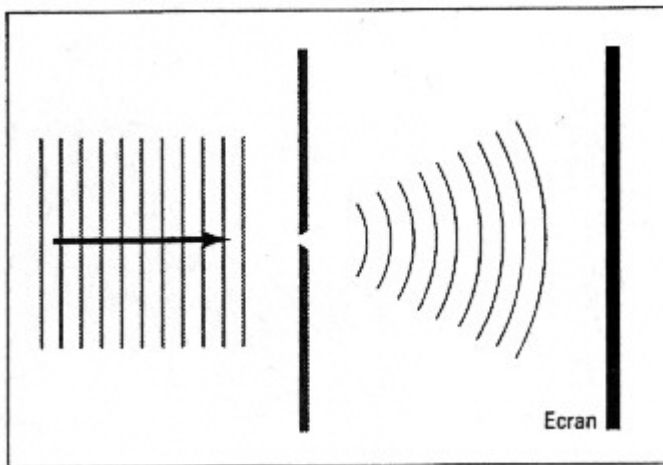
Този опит е твърде смущаващ за класическата физика, тъй като осите на въртене на атомите от първоначалния сноп са разпределени произволно, включително и в посоки, ортогонални на тази на магнитното поле. Затова е много трудно да си представим по какъв начин магнитното поле би могло да ориентира ъгловите моменти в определена посока, която при това не зависи от началните условия.

Това обаче е факт и то чисто експериментален факт, който много добре илюстрира онова, което се разбира под редукция на вълновия пакет.

Андре Лишнеровиц - Бих казал, че псевдоредукцията на вълновия пакет не е необходимо условие в квантовия формализъм. Правил съм коректно изложение на квантовата механика, без да се нуждая от редукцията на вълновия пакет.

А.К. - Все пак този проблем не може да се игнорира!

Той се представя по следния начин. Разглежда се квантова система, на която се поставя класически въпрос. Да вземем източник на електрони (вж. фиг. 1). Между източника и фотографската плака е поставен екран с



Фиг. 1. Процеп, който е достатъчно тесен, за да възникне дифракция.

Въпросът, който поставяме, е класически: на кое място върху плаката ще попадне електронът?

Ако се придържаме наивно към математическия модел на квантовата механика, бихме решили, че не може да се очаква класически отговор, тъй като вълновата функция, която представя амплитудата на вероятността на явлението, изобщо не е локализирана в една точка на фотографската плака. Ще очакваме вълново явление, което не би ни позволило да кажем, че една частица е попаднала в определено място.

Но ако направим експеримента, изненадата ще бъде, че електронът попада точно върху определено място от мишената. Това се нарича “редукция на вълновия пакет”.

Първи експериментален факт: опитът, чийто резултат е “електронът попадна в това място от мишената”, не може да се възпроизведе. Ние не знаем как да възпроизведем началните условия, така че електронът да попадне в същото място на мишената. Този факт намира израз в един теоретичен принцип - принципа на Хайзенберг за неопределеността. Фактически според този принцип електронът, преминавайки през процеп, получава допълнителен импулс, малък тласък, който не позволява да се предскаже в кое място от мишената ще попадне.

Този експериментален факт дълбоко обезпокои Айнщайн, който резюмира схващането си с крилатата фраза: “Господ не играе на зарове”. Той смята, че описанието на реалността, давано от квантовата механика, е непълно и че съществуват “скрити променливи”, чиито стойности определят точното поведение на електрона. Според него, ако се използват законите за запазване на енергията и импулса, трябва да се получат стойностите на тези променливи и така да се стигне до по-пълно описание на явлението.

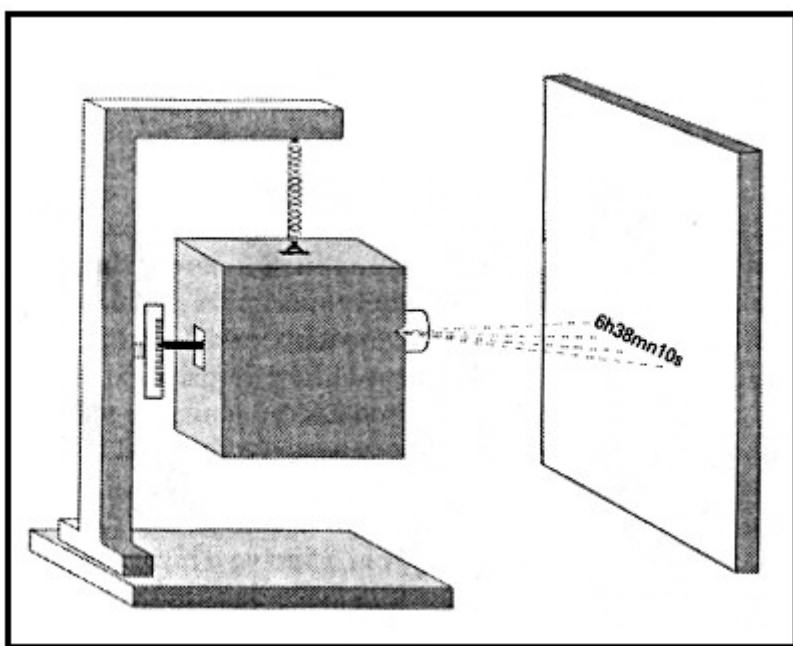
Единственото възпроизводимо нещо в този пример е следното: ако опитът се повтори твърде много пъти, кривата на честотата на попаденията на електрони върху мишената е възпроизводима. Нещо повече, тя се дава от квадрата на модула на амплитудата на вероятността, т.е. на вълновата функция.

М.П.Ш.- Онова, което е възпроизводимо, са статистическите резултати на експеримента.

А.К. - Точно така. Айнщайн смяташе, че скритите параметри, които още не са открити, но които присъстват още от самото начало на експеримента, биха направили експеримента възпроизводим, ако имаше възможност те да бъдат определени.

За тази цел трябваше да бъде оборен Хайзенберговият принцип на неопределеността и затова в хода на дискусиите си с Бор** той предлага различни експерименти, които биха позволили с помощта на физическите закони за запазване да се определят стойностите на физическите величини, чието едновременно определяне е забранено от принципа на неопределеността.

Но всеки път Бор открива грешката в аргументацията на Айнщайн. Принципът на Хайзенберг за неопределеността гласи конкретно, че не е възможно да се определят едновременно две спрегнати наблюдаеми, каквито са положението и импулсът на една частица или времето и енергията и дава количествена граница за произведението на неопределеностите, а именно Планковата константа. Тази константа априорно няма нищо общо с теорията на гравитацията и Айнщайн допуска, че гравитацията може да се използва в окачена на пружини черна кутия, съдържаща фотони, преди и след като от нея е излетял фотон в момент t , зададен от часовник, намиращ се в кутията (Фиг. 2)



Фиг. 2.

С помощта на закона $E = mc^2$ и на закона за запазването на енергията така би се получила енергията на фотона с произволна точност и в крайна сметка би бил оборен принципът на неопределеността. Този път (това става на Солвеевския конгрес от 1930

г.) дискусията между Бор и Айнщайн приема драматичен обрат. Съвсем не е очевидно, че отнесенят към произведението на времето и енергията принцип за неопределеността в този случай ще остава валиден. Фактически наличието на тежка маса налага в изчисленията да се включва гравитационната константа и много трудно е да си представим, че тази константа ще изчезне от формулите, за да се стигне до принципа за неопределеността, в който участва единствено Планковата константа. На присъстващите там физици се сторило, че този път Айнщайн е успял да намери контрапример, оборващ принципа на неопределеността.

Бор бил поразен (има една твърде красноречива снимка, на която виждаме как Айнщайн излиза горд и доволен, а зад него Бор плахо пристъпва) и прекарал цялата нощ в размисъл.

А на другата сутрин той триумфира. Успява да покаже, че именно заради общата теория на относителността на Айнщайн гравитационното поле на тежкото тяло автоматично въвежда неопределеност в измерването на времето, защото часовник, движещ се в гравитационно поле, се разстройва пропорционално на произведението на преместването и гравитационното поле (в което се убедихме във връзка с g_{00}). В крайна сметка гравитационната константа се появява два пъти във формулите и се съкращава, когато се пресметне произведението на неопределеностите на E и t !

М.П.Ш. - Ще се опитам да обсъдя тези неща с теб, без да прибягвам към технически детайли. Готов съм да допусна, че щом се приеме за валиден формализмът на квантовата механика, ще може да се изведе невъзможността за съществуване на скрити променливи.

А.К. - Формализмът на квантовата механика не е достатъчен, за да се изключи възможността за скрити променливи. В книгата си върху основите на квантовата механика Фон Нойман доказва една математическа теорема, от която извежда невъзможността за самосъгласувана теория на скритите променливи, но Дейвид Бом, а по-късно и Джон Бел показаха, че хипотезите в теоремата на Фон Нойман са прекалено ограничителни. В действителност през 1950-те години Дейвид Бом успява да построи формализъм на скритите променливи за квантовата механика, а след това въпросът добива значително по-интересен обрат. Формализмът на Бом е несъвместим с теорията на относителността, защото не е локален. Голямата заслуга на Джон Бел е, че изясни въпроса за скритите променливи както на теоретично, така и на експериментално ниво

А.Л. - Всяка локална теория на скритите променливи влече след себе си неравенства на Бел за статистиката на резултатите, така че може по експериментален път да се узнае дали те се потвърждават или не. За определени експерименти те не се потвърждават.

А.К. - Забележително е, че двата примера за редукция на вълнови пакети, които дадох преди малко, биха могли да се интерпретират в термините на скрити променливи, без при това да се влиза в противоречие с принципа за неопределеността.

Проблемът е, че това не би могло да се направи с теория на скритите променливи, която включва локалността - крайъгълен камък на теорията на относителността. Най-убедителната форма на принципа за локалност, наричана сепарабельност, е твърдението за независимост между експериментално устройство, намиращо се в област A на

пространство-времето, и събитие В, което не се намира в пространствено-времевия конус на бъдещето на А. В такъв случай се казва, че В е каузално независимо от А.

Джон Бел показва, че всяка локална теория на скрити променливи води до неравенство, което дава определена статистическа корелация между измерванията на спиновете на два електрона, излъчени например от водородна молекула. Те се движат в противоположни посоки и техните спинове заемат единствено възможното за два спина със спин $1/2$ антисиметрично състояние. Както при опита на Щерн и Герлах, се измерват спиновете, но в каузално независими области и спрямо трите координатни оси. Статистическите резултати на измерването дават определена комбинация S , като при това в случай, че тези резултати могат да се интерпретират от локална теория на скритите променливи, ще бъде изпълнено неравенството $-1 < S < 0$, но ако са верни предсказанията на квантовата механика, експериментът ще даде $S > 0$.

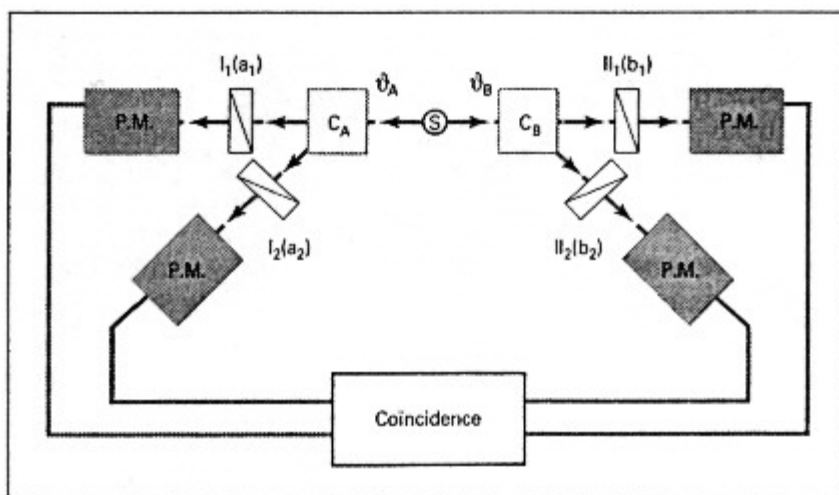
Фактически идеята за този експеримент води началото си от последния опит на Айнщайн да опровергае принципа на неопределеността - т.нар. парадокс на Айнщайн, Подолски, Розен (съкратено АПР).

Идеята е твърде проста: ако създадем в дадено място двойка частици с нулев сумарен импулс, последният ще остане нулев поради запазването на импулса и нищо не пречи да се измери импулсът на едната от частиците - А, а заедно с това и мястото на другата частица - В, стига само измерванията да са направени в каузално независими области на пространство-времето. Тъй като сумата от импулсите е нула, импулсът на частицата В също ще е известен заедно с известното ѝ положение. По такъв начин, заключават Айнщайн, Подолски и Розен, става ясно, че даването от квантовата механика описание на реалността е непълно.

Айнщайн смятал, че ще може да използва принципа за локалност в теорията на относителността, за да опровергае принципа за неопределеността. В действителност няма нищо подобно. Цялата трудност произтича от нашата представа за частиците като малки вълнови пакети, локализирани в пространството, но тази представа няма нищо общо с формализма на квантовата механика. Конфигурационното пространство на двойка частици е 6-мерно, а не 3-мерно. Вълновата функция не е функция с един крайчец тук в 3 измерения и друг крайчец там в 3 измерения, тя съществува в пространство с 6 измерения, което е произведение на R^3 по R^3 . В това е единствената трудност.

А.Л. - Нашето човешко - прекалено човешко - описание на частиците е идиотство.

А.К. - Напълно. Джон Бел взема този пример и показва, че всяка система от скрити променливи, която е в съгласие с принципа за локалност, удовлетворява неравенството $-1 < S < 0$ за корелациите на величините, измервани в АПР.



Фиг. 3.

Той не е бил предубеден относно експерименталната валидност на своите неравенства. Първите експерименти са осъществени с протони и те потвърждават предсказанието на квантовата механика. Но далеч по-убедителен е експериментът, осъществен от Ален Аспе в Орсе. Той поставя експеримент (фиг. 3), в който се проверява най-естествената форма на локалността - сепарабельността, за която говорих по-рано. Вместо спина на електрон той използва поляризацията на фотон и експерименталната постановка позволява много бързо и независимо да се изменят посоките на поляризаторите при преминаването на фотона. По такъв начин е изключено всяко предаване на информация между двата поляризатора. Експериментът е осъществен и присъдата е издадена: потвърждава се предсказанието на квантовата механика: $S = 0,101$, а не неравенствата на Бел: $-1 < S < 0$, налагани от релятивистката теория на скритите променливи. Това ме убеждава в добрата обоснованост на традиционната интерпретация на квантовата механика.

М.П.Ш. - А, не! Вече са постулирани фантастичен брой неща - също като Птолемеевата система. Не оспорвам практическата ефикасност на пресмятанията, но просто казвам, че вие не си давате сметка в кой момент нещата зависят от въведения от вас формализъм. Вие представяте хипотезите си като тези.

А.К. - Които обаче не се опровергават от експеримента.

М.П.Ш. - Птолемеевата система на сфери, поместени в сфери, практически беше потвърдена от наблюденията на планетите. От момента, в който казваме, че планетите се въртят по серия от окръжности, ние можем да възпроизведем произволно движение. Достатъчно е да добавим още 3 окръжности, за да получим липсващите на планетата Марс два градуса. Разбира се, от един определен момент никой повече не се опитва да спаси Птолемей.

А.Л. - Да се върнем към квантовата механика. Съществува поразителен контраст между детерминизма на уравнението на Шрьодингер и фантазиите за редукцията на вълновия пакет. Имаме една наблюдаема и едно състояние. Уравненията,

съответстващи на състоянията и наблюдаемите, са детерминистични и напълно разумни ... В моя формализъм едно измерване представлява интеграл от произведението на наблюдаемата, представена от някаква функция, и състоянието, представено от функция или от разпределение. Интегралът от това произведение не е произведение на интегралите. Вече няма никаква загадка. Измерването е, което внася случайността.

М.П.Ш. - Ще наблегна обаче, че положението все пак е малко по-сложно. Твърдя например, че ако Птолемей беше въоръжен с компютър, той би удържал връх над Кеплер, защото щеше да е въвел 240 допълнителни епицикла и така да получи по-добро съгласие с наблюденията.

А.К. - Става дума не само за съответствие с наблюденията, а също за възможно най-проста теория. Принципът на Паули за забраната и спинът позволяват да се предскаже периодичната таблица на Менделеев за елементите. Трудно може това да се направи по-просто и по-убедително!

М.П.Ш. - Светите отци устройха съдебен процес на Галилей, защото той настояваше, че говори истината. Те изискваха от него да разглежда своята система само като хипотеза и нищо повече, както впрочем и системата на Птолемей. По принцип това не е различно от вашето становище относно квантовото описание. Нашите разсъждения ни отведоха встрани от канона на квантовата механика. И аз все още не разбирам как вие можете да предлагате описание на света в термините на един определен формализъм, в термините на Хилбертово пространство и на уравнение на Шрьодингер.

А.К. - Никога не съм казвал, че светът се описва от пространство на Хилберт и от уравнение на Шрьодингер. Това е прекалено опростителство. Истинското квантовомеханично пресмятане не се състои от Хилбертово пространство и от Шрьодингерово уравнение. Защото има едно Хилбертово пространство за наблюдаемата и друго - за наблюдателната апаратура. Има хамилтониан, който свързва двете пространства, тяхното тензорно произведение, защото съдържа член на взаимодействието между наблюдаемата система и наблюдателната апаратура. Онова, което умеем да правим, е да пресмятаме еволюцията в тензорното произведение, което позволява евентуално да се предскаже ефект на разсъгласуване и статистичност на експерименталния резултат.

М.П.Ш. - Това, което казваш, е много важно. И твърде умерено.

А.К. - Разбира се, квантовата механика не отива отвъд това. Тя няма претенцията да постига някаква обективна външна реалност.

А.Л. - Бих казал направо, че квантовата механика е теория на измерването.

М.П.Ш. - Съгласен съм с такова гледище, но то не ме възпира да смятам, че не е изключена възможността за съществуването на някаква друга теория, вкарваща в употреба някакъв друг математически обект, който още не е определен, изпълняваща същите функции ... Все пак е нещо твърде различно от това, което казват например Омнес или Д'Еспаня, или Гел-Ман, или Пенроуз - очевидно те не мислят така.

Важното в това, което казва Ален и което аз одобрявам, е, че нито едно от двете Хилбертови пространства - това на наблюдаемата система и това на наблюдателната апаратура, - взето отделно, няма физически смисъл. Физическото пресмятане вкарва в играта и двете пространства, както ти каза току-що; когато се отнася до едно от двете, всяко философско разсъждение, колкото добро или лошо да е то, губи смисъл. Това са две свързани пространства - нещо наистина великолепно. Именно това трябва според мен да бъде ясно изразено като послание.

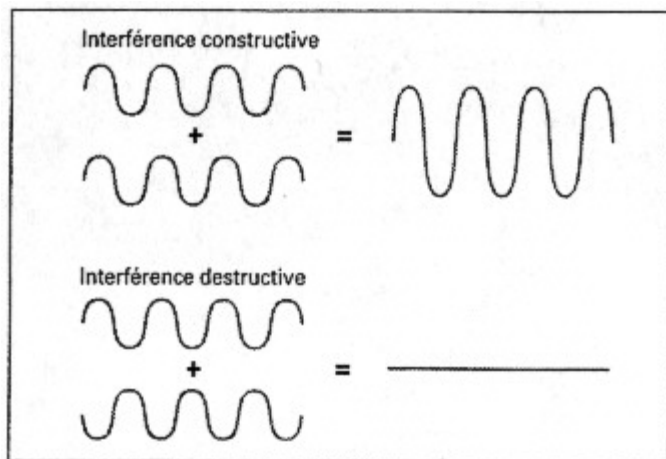
А.К. - Така е, но в това няма нищо ново, това е основното кредо на теорията на измерването в квантовата механика. Именно по този начин разсъждава Бел, разсъждава и Уигнър. Трябва добре да се разбере, че повечето от истински нетривиалните и интересни изчисления на квантовата механика са именно тези.

М.П.Ш. - Ако приемаш, че квантовата механика или теорията на полето представлява правило за удивително точно и ефикасно пресмятане, с което да се предвидят резултатите от определени експериментални постановки, тогава ти се отказваш от всяко глобално обяснение.

А.К. - Не съвсем, но твърде деликатно нещо е да се вникне във философската същност на новата обяснителна система.

Първата констатация е, че трябва още от самото начало да говорим за теория на полето, доколкото нерелативистката квантова механика очевидно противоречи на принципа за локалност. Експериментите на Ален Аспе са от квантовата оптика и използват формализма на теорията на полето. Последната е в пълно съответствие с аксиомата за сепарабельност, доколкото е на лице комутативност на наблюдаеми, които са локализирани в две каузално независими области на пространство-времето.

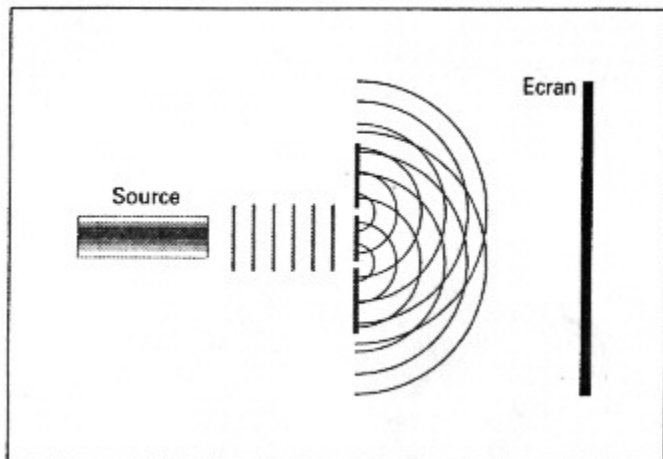
Втората констатация е, че в теорията на полето всички възможни конфигурации на класическите полета присъстват едновременно и играят една роля. Присъстват всички потенциални свойства на системата. Всяко едно от тях има свой принос към амплитудата на вероятността (от това, което е физически наблюдаемо) с едно комплексно число - имагинерната експонента на класическото действие (измерено в Планкови единици). За дадена родова конфигурация, в която няма нищо особено, сумата от амплитудите на вероятностите на съседните конфигурации ще се анулира. В резултат на това тези конфигурации имат само виртуално съществуване и единствено конфигурациите, за които класическото действие е екстремно, ще бъдат видими, благодарение на явлението конструктивна интерференция.



Фиг. 4.

Самият Файнман, който заедно с Пол Дирак стои при извора на чудесната формула за амплитудата на вероятността на дадена конфигурация, признава, че е невъзможно да бъде разбрана квантовата механика. Нашата интуиция за макроскопичната реалност много зле се акомодира към особеностите на квантовите явления. Ние би трябвало да започнем образованието си от нулата и трябва да изкараме стаж по квантова оптика!

М.П.Ш. - Ти току-що прие нещо, което аз се канех да доказвам.



Фиг. 5.

А.К. - Наскоро прочетох една забележителна статия***, в която се показва, че възгледът за реалността, който ни дава квантовата механика - противно на очакването, оформящо се, когато научаваме, че трябва да се откажем от скритите променливи, - не представлява отказ от класическите представи. В действителност той е много по-

вълшебен. Както видяхме, амплитудите на вероятността на класическите конфигурации се събират и когато две конфигурации съответстват на близки стойности на действието, това води до

възникване на интерференция. Най-прост е експериментът с двата процепа (фиг. 5), обяснен великолепно в курса на Файнман, поради което аз няма да се спирам на него. В частност Файнман показва, че явлението интерференция зависи съществено от симетрията между двете класически траектории на електрона, съответстващи на преминаването му през единия или през другия процеп. Ако се опитаме да узнаем през кой от двата процепа е преминал електронът, ние ще получим отговор, но ще изчезне интерференцията. Като използват този факт, двамата физици Авшалом Елицур и Лев Вайдман успяват да конструират квантова оптична система, позволяваща да се регистрира присъствието на даден обект, без да се взаимодейства с него, без да се изпрати до него дори един фотон. Да предположим, че искаме да определим дали в някакво място x се намира супербомба, за която се знае, че е достатъчно в нея да попадне само един фотон, за да се взриви. Проблемът е как да изясним дали бомбата е там, без да я взривим. Фактически статията на Елицур и Вайдман предлага само частно решение на проблема, но след това е получено пълно решение, което е проверено експериментално. От този пример става ясно, че е удовлетворен идеално критерият за обективна реалност, определен от Айнщайн, Подолски и Розен: “Ако без ни най-малко да се смущава системата S , може с увереност да се предскаже стойността на дадена физическа величина, то последната притежава физическа реалност”.

В заключение ще кажа, че според мен прекалено много се бърза в желанието да извлечем философски следствия от проблема за измерването в квантовата механика. Колкото се отнася до мен, аз смятам, че трябва да бъдем по-търпеливи и да имаме повече доверие в експериментаторите, преди да решим да отхвърлим напълно идеята за независима външна реалност.

Подбор и превод от френски: Михаил Бушев

* Alain Connes, Andr y Lichnerovicz, Marcel Paul Sch tzenberger, *Triangle de pens es*, Editions Odile Jacob, Paris, 2000.

** N. Bohr, “Discussion with Einstein on epistemological problems in atomic physics”. In P.A.Schilpp, *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, The library of Living Philosophers, Evanston IL, 1949.

*** Avshalom C. Elitzur et Lev Vaidman, *Foundation of Physics*, vol. 23, No 7 (1993), p. 987-997.

АНЕКДОТИ ЗА ВЕЛИКИ ФИЗИЦИ



Алберт Айнщайн

Американската журналистка мисис Томпсън интервюирала Айнщайн:

- Каква е разликата между времето и вечността?

- Ами ако имах време да Ви обясня тази разлика, то ще трябва да мине цяла вечност, докато я разберете.

Айнщайн влязъл във вагон-ресторанта, но забелязал, че си е забравил очилата и помолил сервитьора да му прочете менюто на глас. Сервитьорът погледнал със съчувствие добре облечения възрастен господин и казал:

- Много съжалявам, аз също не умея да чета.

Студент разпознава Айнщайн във влака и го пита: Извинете ме, професоре, бихте ли ми казали дали Ню Йорк спира край този влак?

Науката и въобще стремежът към истина и красота е областта на дейност, в която ни е разрешено да оставаме деца през целия си живот.

Нямам специални дарби. Аз съм само страстно любопитен.

Алберт Айнщайн

