



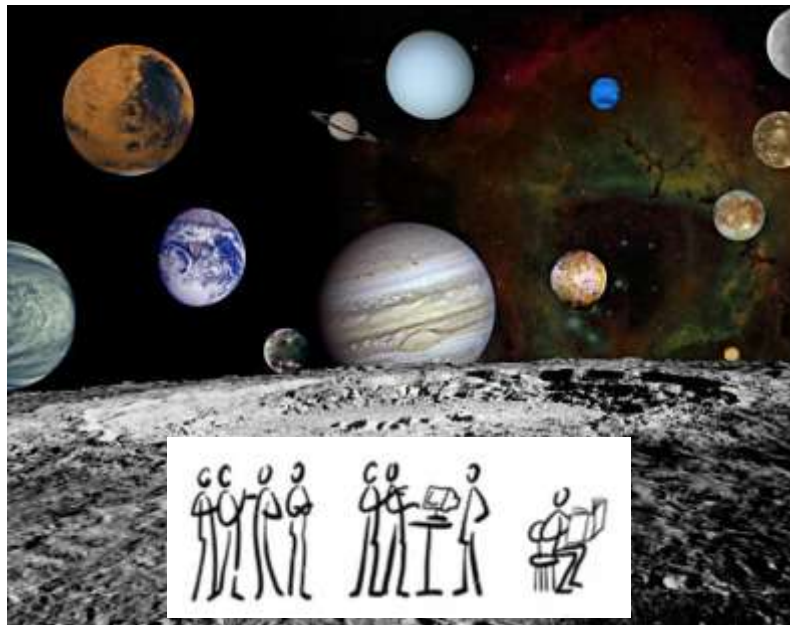
Технически университет София



Департамент по приложна физика

Сборник популярни и научни доклади

Дни на физиката 2011



София, 13 - 16 Април 2011 г.

Предговор

Традиционните “Дни на физиката-2011”, организирани от Департамента по приложна физика, се провеждат в рамките на Дните на науката на ТУ - София. Тази година през първите три дни (от 13 до 16 април) бяха представени лекции от преподаватели и студенти на научно-популярни теми от различни области на физиката. Общо бяха поднесени 15 презентации, обхващащи по оригинален и увлекателен начин теми, разбираеми за широка аудитория и едновременно с това удовлетворяващи колегите преподаватели.

Разгледани бяха както актуални теми, така и теми, свързани с фундаментални проблеми на модерната физика и теми от история на физиката. Два от докладите засягаха въпроси и представяха анализи, свързани с успеваемостта на студентите на изпитите по физика, които предизвикаха широка дискусия, в която участваха преподаватели и студенти.

Радостен е фактът, че към проявите в областта на физиката има подчертан и траен интерес както от студентите първокурсници, изучаващи физика в момента, така и от студенти от по-горните курсове. Следва да се отбележи все по-нарастващото участие на студенти. Тази година най-активно беше участието на студенти от ЕМФ. Студентските доклади бяха много добре оформени и представени на високо ниво.

За втори път беше проведена и отделна научна сесия (16 април) с участието на колеги от ДПФ, от филиалите на ТУ в Сливен и Пловдив и от МГУ. Въпреки съботния ден лекциите се радваха на интерес както от преподаватели, така и от студенти.

Настоящото издание се явява пореден трети том на сборник с доклади, представени на Дни на физиката в ТУ-София. Публикуването от Университетското издателство в отделен том стана възможно благодарение на финансовата подкрепа на НИС. Предишните толове бяха посрещнати много ентусиазирано от студентите. Томовете дават възможност на студенти и преподаватели да се запознаят подробно с интересните представени физични теми, както и за популяризиране на физичните знания и техните приложни аспекти.

Традиция са и демонстрациите на физични явления и закономерности. Допирът до реалните физични експерименти и изследвания както винаги предизвика значителен интерес у студентите. По тази причина за присъстващите демонстрации имаше и през трите дни. От ДПФ демонстрации на физични явления и експерименти бяха представени от ас. инж. Л. Георгиев. Интересни опити на физико-химични явления бяха представени и от колеги от Химическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски” с ръководител Л. Христов.

Специална благодарност дължим на членовете на Организационния комитет доц. д-р И. Копринков, гл. ас. д-р Т. Арабаджиев, гл. ас. д-р М. Христова и ас. Н. Кожухарова. Благодарим и на всички участници в “Дни на физиката - 2011” - лектори и слушатели, които проявиха интерес към тази красива и модерна наука, физиката, чиито приложни аспекти са в основата на съвременната техника и технологии.

Доц. д-рн Сашка Александрова
Гл. ас. д-р Елена Халова

Дни на физиката 2011

Сборник популярни и научни доклади

Редактори: С. Александрова и Е. Халова

ИЗДАТЕЛСТВО НА ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

СЪДЪРЖАНИЕ

ПРЕДГОВОР

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНИ ДОКЛАДИ

1. С. Александрова, Н. Кожухарова, Големите открития във физиката преди 100 години и съвременните представи за строежа на материята	3
2. Л. Георгиев, От галваничния елемент, през рентгеновите лъчи и радиоактивността до електрона и атомното ядро.....	14
3. В. Танева, Д-р Р. Райф - съдбата на един учен-откривател	27
4. А. Дянкова, История на календара	36
5. М. Христова, Големите научни проекти	47
6. А. Карастоянов, Небесата се квантуват пред нас	56
7. Б. Рангелов, Япония – Апокалипсис сега или просперитет в бъдещето?.....	59
8. Г. Влъчков, Ядрената енергетика – предимства и недостатъци. Екологични аспекти	67
9. Д. Андреев, Вселената – минало, настояще и бъдеще	75

НАУЧНИ ДОКЛАДИ

1. Р. Андреева, Хр. Търнев, Анализ на резултатите от изпит по физика 1 за машинни специалности	85
2. Н. Кожухарова, Изпитът по физика – предизвикателство за студентите	95
3. С. Александрова, Е. Халова, Модификация на Si повърхност чрез N^+ имплантация	100
4. Е. Маринчев, Д. Гешев, И. Димитров, С. Донеv, И. Недялков, Ефект на Робинс-Магнус – опит за пълно обяснение	107
5. Е. Маринчев, Д. Гешев, И. Димитров, С. Донеv, И. Недялков, Относно физиката на полета.....	115
6. Т. Арабаджиев, И.Узунов, Сравнение на два числени метода за анализ на раманово саморазсейване в оптични влакна	122
7. В. Васковски, Теория на кулонова двойка.....	128

8. Д. Стоянов, Параметри и правила на подобие на цилиндрична йонизационна камера	132
9. J. Peavey, Binary precession solutions based on synchronized field couplings.....	141
10. Б. Рангелов, Tsunamigenic potential of the great subduction earthquakes	149
11. Ил. Илиев, Факторен и регресионен анализ на CuBr лазер	154
Авторски указател.....	162
Програма на Дните на физиката	163

ГОЛЕМИТЕ ОТКРИТИЯ ВЪВ ФИЗИКАТА ПРЕДИ СТО ГОДИНИ И СЪВРЕМЕННИТЕ ПРЕДСТАВИ ЗА СТРОЕЖА НА МАТЕРИЯТА

Сашка Александрова¹, Невена Кожухарова¹

¹Департамент по приложна физика, Технически Университет – София, София 1000,
бул."Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: salex@tu-sofia.bg, nkojouharova@abv.bg

Резюме. Краят на XIX и началото на XX век дават силен тласък на развитието на физиката през целия XX век и до наши дни. През настоящата 2011 година отбелязваме 100 години от планетарния модел на атома на Ръдърфорд, както и 110 години от откриването на свръхпроводимостта от Х. Онес, което е една от причините да обърнем поглед назад във времето на тези открития, както и да проследим развитието на идеите и приложението им до наши дни.

Ключови думи: радиоактивност, рентгеноструктурен анализ, свръхпроводимост, високотемпературна свръхпроводимост, модел на атома, зонна теория.

В края на 19-ти век картината на света от гледна точка на класическата физика изглежда напълно завършена и физиците от това време са смятали, че са се приближили достатъчно до края на изследванията по физика.

Това е обаче и времето когато са направени три важни открития, предшествващи откриването на атомното ядро и даващи силен тласък на развитие на физиката през 20-ти век.

Първото от тях е откритието на Рънтген през 1895 год. През следващата 1896 год. Бекерел открива радиоактивното излъчване на уранови соли, а през 1897 год. Пиер и Мария Кюри откриват радиоактивно лъчение на два неизвестни дотогава елементи – полоний и радий. Последното от трите открития е това на електрона през 1897 год. от Дж. Дж. Томсън.

Едва ли в историята на науката (не само физиката) има друго откритие като това на рънтгеновите лъчи, което да е намерило своето практическо приложение толкова бързо. Едва няколко месеца след откриването им от Вилхелм Рънтген на 8 декември 1895 г., те започват за се използват за медицинска диагностика, която е една от най-разпространените и днес, както и за контрол на качеството на метални отливки. В същото време за научното обяснение на природата на това лъчение са били необходими повече от две десетилетия.

Откривателят Вилхелм Конрад Рънтген е първият Нобелов лауреат по физика през 1901 г. В обосновката на Нобеловия комитет за присъждането на наградата се казва:

“В знак на признание за необикновено важни заслуги пред науката, изразени в откриването на лъчи, наречени впоследствие ръонтгенови в негова чест“. (Самият Ръонтген в статията си „За новия род лъчи“, в която описва свойствата им, ги нарича Х-лъчи заради тяхната неясна природа. Той така и не съумява да обясни природата на лъчението, тъй като не подозира за съществуването на електрона.)



Ръонтген е роден на 27 март 1845 г. в гр. Ленеп, Германия, в семейството на собственик на текстилна фабрика (единствено дете в семейството). Завършва през 1866 г. Цюрихската политехника, където се дипломира като машинен инженер. След това изучава физика при Аугуст Кунт и защитава дисертация на тема «Изследвания на газовете». През 1870 г. започва работа във Вюрцбургския Университет като асистент на А. Кунт. Първоначално изследва специфичните топлини на газовете като първите

му публикации са на тази тема (през 1870 г.), а след това в продължение на няколко години се занимава с топлопроводност на кристалите. В годините от 1876 до 1879 става професор в Страсбург, а след това е професор и в гр. Хесен. От 1888 г. до 1900 г. отново работи във Вюрцбург, където прави и голямото си откритие. Следващите 20 години (от 1900 до 1920) работи в Мюнхенския Университет. Умира от рак в гр. Мюнхен през 1923 г., но се счита, че болестта му не е предизвикана от облъчването с ръонтгенови лъчи поради краткостта на облъчванията и взиманите от самия него предпазни мерки.



Заглавната страница на книгата на В. Ръонтген

По време на откриването на х-лъчите Ръонтген работи във Вюрцбург и се е занимава с изследване на катодни лъчи в газоразрядни тръби. Темата е била много актуална по това време и с такива изследвания са се занимавали много учени експериментатори. Ръонтген наблюдава, че при приближаване на бариев кристал към тръбата, той започва да свети, а при изключването ѝ светенето преставало. Бариеви кристали тогава са били налични в много физични лаборатории поради свойството им да флуоресцират при облъчване с УВ лъчи. Първоначално Ръонтген решил, че това се дължи на УВ лъчи, които излизат от катодната тръба (тръба на Ленард) и затова я покрил с черна хартия, но за негово удивление не забелязал никакво намаляване на яркостта. Ръонтген веднага разбрал, че е открил нов вид лъчение, способно да преминава през материали, непрозрачни за всички други лъчи с изключение на радиовълните.

Повечето учени биха оповестили веднага такова откритие. Ръонтген, обаче, счел, че съобщението ще предизвика още по-голям интерес при

представяне на данни за природата на откритите от него лъчи и поради това провел шестседмични измервания, проверявайки всички свои предположения. Той доказал, че излъчването е от тръбата, а не от друга част на апаратурата, че болшинството материали са прозрачни за лъчит. Книга с дебелина 1000 страници едва поглъща лъчението, платината поглъща повече от среброто и медта, оловното стъкло поглъща в по-голяма степен от обикновеното. Костите поглъщат в много по- голяма степен от меките тъкани. Това може да се види и на снимката, направена от него на ръката на съпругата му .



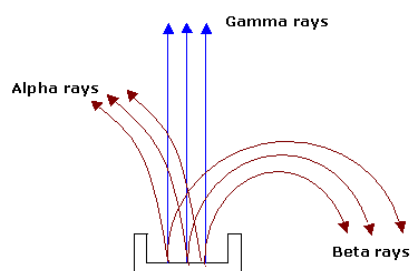
Снимка на ръката на съпругата на Ръонтген, направена на 22 дек. 1895 г.

Ръонтген прави важно откритие, че лъчите действат на фотографска емулсия и го използва за илюстрация на някои от своите изводи. Той не могъл да установи нито топлинно действие на новия вид лъчи, нито каквото и да е въздействие върху зрителното усещане. За доказателство приближавал окото си плътно до излъчващата тръба – всеки, знаещ за опасното действие на ръонтгеновите лъчи може да изпадне в ужас от подобен експеримент. Ръонтген не могъл да наблюдава нито отражение от призми, направени от алуминий, нито отклонение в електрично и магнитно поле, както и да наблюдава никакви интерференчни явления. По този начин няколко седмичните експерименти не го довели до никакъв определен резултат. Откриването на рентгеновите лъчи е било сензационно не само за научния свят, то намира своя отклик и в публикации

във всекидневниците, включително със статии за това какви могат да са последствията за обществото като цяло – тези лъчи имат способността да проникват през стените и в домовете на хората и това е предизвикало не малки притеснения сред част от населението. В научния свят това откритие отново предизвиква разгорещаване на спора между поддръжниците на корпускулярната и вълновата природа на светлината и става причина за провеждането на множество експерименти с цел разрешаването на този проблем. В самия край на XIX век след откриването на електрона представите за атомите като неделими „тухлички“ на веществото от първата теория на Далтон се изменят съществено. Всички атоми съдържат електрони, но как са разположени в тях те? Физиците са могли само да разсъждават, изхождайки от познанията си в класическата физика и постепенно се оформил общ модел, предложен от Дж. Дж. Томсън. Съгласно този модел атомът се състои от положително заредено вещество, в което са разположени електроните (възможно е да се намират в интензивно движение), така че напомнят кейк със стафиди.

Към аналозиите учените трябва да се отнасят винаги внимателно, дори те да се оказват ценни при уелото им използване. Във всички случаи - те не могат да се използват като доказателство.

Трудността при непосредствена проверка на теорията за строежа на атома се състояла в това да се намери пряк подход при изследване на атома. Както често се е случва в науката, такъв подход се появява не в резултат на целенасочено изследване, а благодарение на случайното наблюдаване на явлениято радиоактивност. С изследването му се заемат голяма част от физиците, но едно име се отличава сред тях – това на Ърнест Ръдърфорд. По това време той работи в Монреал, Канада. Сериозно се интересува от темата за изясняването на природата и свойствата на радиоактивното излъчване и с изследвания на тази тема се занимава до края на живота си. Първоначално си поставя непосредствената задача чрез измерване на отклонението в магнитно поле и измерване на поглъщането на различните радиоактивни лъчи да определи тяхната природа и свойства. На всеки, изучавал физика, е добре позната схемата, показваща отклонението на α , β и γ -лъчите в магнитно поле и представена по-долу (тя е публикувана за пръв път в дисертацията на Мария Кюри). Отклонението на α -частиците е силно преувеличено, тъй като те не са толкова леки, както β -лъчите. През 1900 г. с фотографски методи А. Бекерел установява, че последните са със специфичен заряд (отношение e/m) точно същото като на катодните лъчи и имат скорости от порядъка на половината от скоростта на светлината във вакуум, което води Ръдърфорд до заключението, че не могат да бъдат достигнати мигновено толкова големи скорости и следователно електроните в атома трябва да се намират в интензивно движение. С редица експерименти през 1903 г. Ръдърфорд установява основните свойства на α -частиците – отклонение в магнитно поле, йонизация на въздуха и др.



Схемата на отклонението на α , β и γ -лъчите в магнитно поле

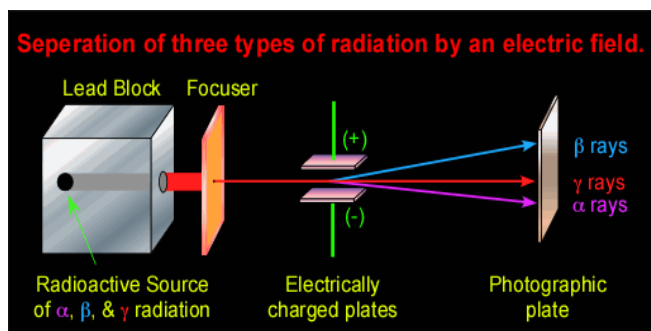


Схема на експеримента за разделянето на трите вида радиоактивно лъчение в магнитно поле



Ърнест Ръдърфорд е роден на 31.08.1871 г. в Нова Зеландия, където прекарва детството си и учи в различни училища (семейството се премества в няколко града). Завършва Кентърбърийския университет и още тогава предизвиква интереса на преподавателите със своите способности и своята работа. Той се проявява като отличен и много находчив експериментатор. В свободното си време прави поредица от експерименти за установяване на природата и свойствата на откритите от Херц електромагнитни вълни и за целта използва прибори,

изработени от самия него. Започва работа като учител, но след две години спечелва стипендия (първият кандидат за тази стипендия се е отказал от нея по неизвестни причини) и отива в Кеймбридж, Англия в лабораторията “Кавендиш”, където работи с Дж. Дж. Томсън, директор на лабораторията по това време. Една част от откритията си Ръдърфорд прави в Монреал, Канада. Той отива там през 1898г. по покана на Мак Джил – директор на лабораторията “Макдоналд”, където работи в екип с Фредерик Соди върху радиоактивността на телата и по-специално “еманацията” на тория. Те откриват нов благороден газ, известен като торон. По-късно към работната им група се присъединява и Ото Хан, който открива по-късно атомното делене, за което е Нобелов лауреат по химия през 1944 г. В началото на 20-те години Ръдърфорд се завръща в Англия и работи в Манчестър. През 1914 г. е удостоен с рицарско звание и получава титлата Ръдърфорд лорд на Нелсън. Интересни са елементите в неговия герб, които той избира сам, като признание към страната, в която е израснал – на герба са изобразени птицата киви и маорски воин, както и богът на знанието и покровител на алхимиците – Хермес, и схема на радиоактивното разпадане, което е една съществена част от неговата изследователска работа. Девизът е мисъл на Лукреций, която означава “Да търсим първоосновата на нещата” (“To seek the first principles of things.”, Lucretius.). Ръдърфорд няма Нобелова награда по физика, той получава такава по химия през 1908 г. и в мотивите на Нобеловия Комитет се казва: “за проучвания на разпадането на елементите и химията на радиоактивните вещества”.

За изключителните резултати и значимите си открития Ръдърфорд е високо оценен още от своите съвременници. В една от биографиите му се прави сравнение с учени от неговия ранг, работили в областта на физиката и в други научни области: „Ръдърфорд е за физиката това, което е Дарвин за еволюцията, Нютон за механиката, Фарадей за електричеството и Айнщайн за относителността.“

Първото му значимо откритие е законът за радиоактивното разпадане - явление, показващо че някои от атомите на химичните елементи могат да променят своята структура самопроизволно. За дадено количество радиоактивно вещество е необходим точно определен интервал от време, в

който радиоактивността му намалява наполовина – то е константа – и Ръдърфорд го нарича „време на полуразпад“. Тази величина може да се използва вместо часовник и позволява разработването на метода за въглеродно датиране и в частност – начин за определяне на възрастта на Земята. Този метод се използва широко и днес за датиране както на фосили, така и за всякакви археологически находки. Същността му се състои в това да се определи съдържанието на C_{14} – радиоактивния изотоп на въглерода и да се пресметне времето от кривата на полуразпад. Първоначално направените по този метод изчисления за възрастта на Земята са дали много по-дълго време от предишни такива пресмятания (стотици хиляди години по-дълъг живот).

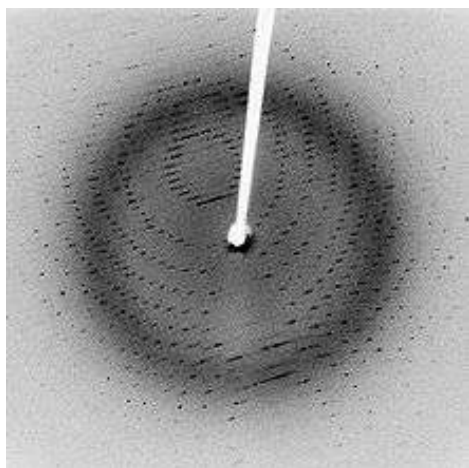
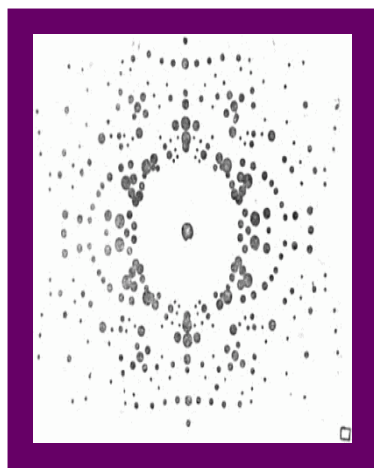
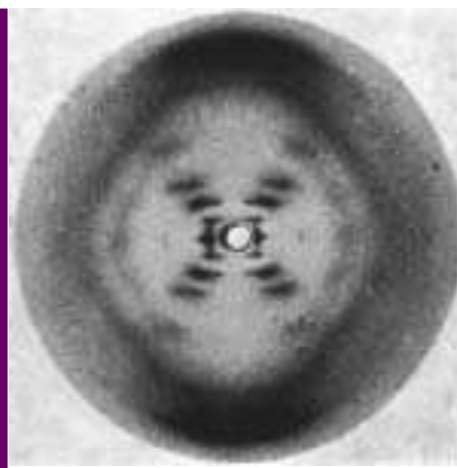
Все пак най-запомящото се откритие на Ръдърфорд остава това за структурата на атома и създадения от него атомен модел. В началото на XX век е общоприет моделът на атома на Дж. Дж. Томсън – моделът на стафидите в кейка. Първоначално опитите от добре известния на всички, изучавали физика, експеримент със златното фолио, бомбардирано с α -частици, са провеждани от двама сътрудници в лабораторията, в която работи Ръдърфорд, подготвящи дисертациите си под негово ръководство. Представените данни са толкова неочаквани, че самия Ръдърфорд твърди, че е станала грешка и се налага да се повтарят измерванията неколкостранно. Резултатите, обаче, са категорични и това води до заключението, че основната маса на атома е съсредоточена в малък обем – ядро, около което кръжат електроните. Ядрата на атомите на всяко вещество съдържат в себе си градивните частици (ядра) на водорода, наречени по-късно протони, както и неутрони (името на частицата е дадено от самия Ръдърфорд, 1911 г.). Като сравнение на размерите на атома с тези на ядрото може да се даде много впечатляващия пример с височината на катедрала в Кьолн, Германия (100 m) и размерът на костилка на череша (1 cm), разликата е внушителна – около 100 000 пъти.

Откритията на Ръдърфорд имат силно влияние върху живота ни и в наши дни. Той работи през целия си живот за по-доброто разбиране на атомната структура, разкривайки “силата на атома”, което се използва и днес както за “полезни” процеси (в електроцентралите например), така и за разрушителни процеси. За своите работи Ръдърфорд намира признание в много страни по света, като проявления на това могат да се видят в издадени пощенски марки и банкноти с неговия лик.

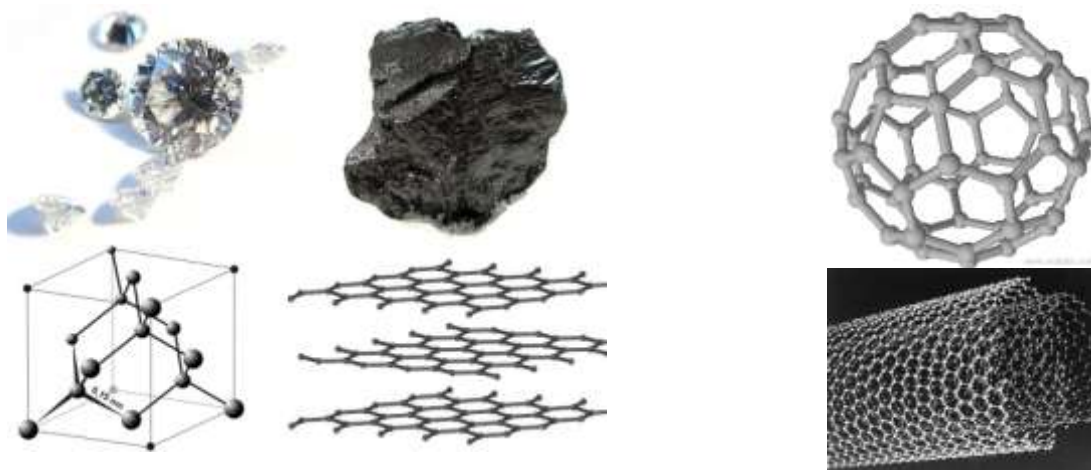


Примери на марки от Канада, Нова Зеландия и СССР.

В самото начало на XX век, само три години след откриването на електрона се създава класическата електронна теория с автори П. Друде и Дж. Томсън, която още преди създаването на квантовата физика обяснява максимален кръг от оптични, електрични и магнитни явления в кондензираните среди (по-специално – в металите). Това е началото на истинското експериментално изследване на структурата на кондензираните среди и методиката се основава на рентгеноструктурния анализ. Той е открит от М. фон Лауе през 1912 г., нобелов лауреат по физика за 1914 г., който предсказва възможността да се наблюдава дифракция на рентгенови лъчи от кристали, и се състои в облъчването на кристала с рентгенови лъчи с определена дължина на вълната (монохроматична вълна), а дифракционната картина се получава върху плака. Местата, където има почерняване на плаката, представляват дифракционните максимуми и по тяхното разположение и интензитет се съди за структурата на кристала. Методът позволява определянето на размерите на атомите, вида и дължината на химичните връзки в тях. Рентгеноструктурният анализ довежда до откриването на структурата и в значителна степен на състава на много органични и неорганични обекти, включително и на двойната спирала на ДНК през 1953 г. (вж. снимките по-долу).

*Снимка на ензим**Снимка на кристал**Снимка на ДНК*

Методът позволява и обяснението на различните свойства на вещества с еднакъв химичен състав, както е примерът с графит и диамант. Двете имат едни и същи атоми, но подреждането е различно и това води до различните им физични свойства. При диаманта имаме атоми, разположени тетраедрично и свързани със здрави единични ковалентни връзки във всички посоки, а при графита се наблюдава слоиста структура. В отделните слоеве има ковалентни връзки с хексагонална симетрия, без наличие на ковалентни връзки между слоевете, което води до лесно разслояване на графита.



Сравнение на структурата на кристалните решетки на диамант и графит

Модел на двете кристални решетки

Множеството изследвания на кристали и усиленото изучаване на свойствата на полупроводниците в началото на 30-те години на XX век, както и добре развитата и вече призната по това време квантова теория са една от причините за създаването на т. нар. зонна теория, която е основа на съвременното разбиране за свойствата на металите, полупроводниците и диелектриците. След 30-те години на XX век следва огромно развитие на изследванията за нови материали, технологиите за получаването им и приложението им в много области на индустрията – металургия, електроника – преобразили техниката и бита.

Значителна част от изследванията на кондензираните среди се извършват при ниски температури. От една страна това намалява шумовете от хаотичните топлинни явления и от друга – при такива температури се наблюдават качествено нови явления. Такова е и свръхпроводимостта. Тя е наблюдавана за пръв път от Х. Камерлинг Онес на 8 ноември 1911 г. първо при живак, а по-късно и при други метали. Оказва се, че при температура около $4K$ (4 градуса над абсолютната нула) съпротивлението спада със скок до нула и електричен ток може да протича неограничено време без необходимост от източник във веригата. За своите изследвания Камерлинг Онес получава Нобелова награда през 1913 г., която не е единствената за изследвания в областта на свръхпроводимостта.



Хейке Камерлинг Онес (1853–1926) е холандски физик. Той за пръв път получава хелиеви температури и е откривател на свръхпроводимостта. Роден е в Грьонинген. Учи в Грьонингенския университет и в Хайделбергския университет. Професор в Лайденския университет, основател и директор на криогенната лаборатория. Нобелов лауреат по физика за 1913 г., в мотивите на “за неговите изследвания на свойствата на веществата при ниски

температури и за получаването за първи път на течен хелий”. През 1908 г. получава течен хелий при температура 4,2 K, а в следващите години достига до температура 1,04 K (един градус над абсолютната нула). През 1911 г. открива «изчезването» на електричното съпротивление при живака, а по-късно – при калая, оловото, талия и др. Открива и разрушаването на свръхпроводимостта от силно магнитно поле. Пръв предлага да се използва свръхпроводимостта за създаване на силни магнитни полета.

Важно качество на свръхпроводниците открива през 1933 г. немският физик Майснер – външно магнитно поле прониква само в тънък повърхнинен слой на свръхпроводника, в който се индуцират силни вихрови токове, а външното и създаденото от тези токове магнитно поле в обема на свръхпроводника е равно на нула.

При по-късни изследвания на явлението свръхпроводимост се наблюдават интересни контактни явления на границата между два свръхпроводника и между свръхпроводник и нормален метал (Жиавер и Джозефсън, Нобелови лауреати по физика за 1973 г.). Джозефсън теоретично предсказва през 1962 г., а през 1963 г. и се наблюдава експериментално, че при контакт между два свръхпроводника, разделени с тънък диелектричен слой, се генерират електромагнитни вълни. Приложеното постоянно напрежение между свръхпроводниците възбужда променлив ток (този ефект е наречен нестационарен ефект на Джозефсън). Той позволява да се направят рекордно чувствителни сензори за магнитни полета, както и да се създаде квантов еталон за напрежение.

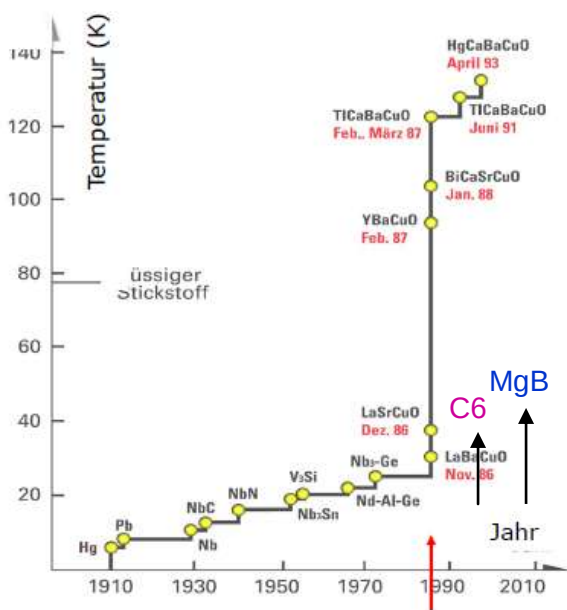
За научното обяснение на интригуващото явление свръхпроводимост е било необходимо дълго време. Поради нулевото съпротивление е възможно в проводниците в свръхпроводящо състояние да протичат мощни токове и да се създават силни магнитни полета в големи обеми от една страна и, от друга страна да се пести енергия в генераторите и електромоторите. Проблем пред практическото използване на свръхпроводниците са ниските температури, при които се поддържа състоянието в металите. До средата на 80-те най-високата достигната температура е само 23 K (за сплавите на метала ниобий Nb).

Едно от най-значимите постижения на физиката през XX век, даващо обяснение на свръхпроводимостта и обясняващи свойства на твърдите тела, е т. нар. BCS-теория (името е от началните букви на създателите ѝ – Дж. Бардийн, Л. Купър и Дж. Шрифер, тримата са Нобелови лауреати за 1972 г.). Те показват, че създадените двойки електрони, наречени купърови, се движат в свръхпроводника с еднакви скорости и “не забелязват” факторите, които създават електричното съпротивление. Създаването на такива двойки електрони е поради силното взаимодействие с положително заредените ядра и непрякото им привличане се оказва по-силно от кулоновото отблъскване между едноименно заредените електрони. В най- съвременната теория на

свръхпроводимостта този ефект се представя с деформацията на полето, създадено от ядрата.

От самото откриване на свръхпроводимостта и до днес упорито се работи по темата за свръхпроводимост при стайни температури. Първите идеи за синтезиране на високотемпературни полупроводници принадлежат на американецът Литл в началото на 60-те години на XX век. Две десетилетия се полагат огромни усилия и от страна на теоретици, и от страна на експериментатори в упорито търсене на свръхпроводимост при стайна температура. През 1987 г. Мюлер и Беднорц получават Нобелова награда за техните изследвания върху високотемпературната свръхпроводимост и наблюдаването ѝ в керамични материали първоначално при “рекордните” 77 K, а в следващите няколко месеца – температурите достигат около 130 K.

Много бързо в началото на 90-те години на XX век нарастват температурите, при които се наблюдава свръхпроводимост в различни материали. Този скок може да се види ясно от графиката:



В настоящия момент (през м. март т.г.) са достигнати 18,5 °C на основата наложни керамични съединения (Tl₅Pb₂)Ba₂MgCu₁₀O₁₇ +).

За изследвания, свързани със явлениято свръхпроводимост, са присъдени най-много Нобелови награди по физика (1913 г. - Х. К. Онес; 1972 г. – Д. Бардин, Л. Купър, Дж. Р. Шрифър; 1973 г. – И. Гевър, Л. Есаки, Б. Джозефсън; 1987 г. – Г. Беднорц, А. Мюлер; 2003 г. – А. Абрикосов, В. Гинзбург, А. Легет).

Откритията във физиката, направени преди 100 години, са оказали съществено влияние за развитието на техниката и инженерните приложения в индустрията, биологията, медицината, бита. Те са в основата и на модерните информационни технологии. Тяхното развитие изисква изследвания на физични явления и процеси, които очакват своите млади откриватели и творци.

Литература:

[1] Дж. Триг, “Физика XX века: ключевые эксперименты”, Мир, Москва (1978) - превод от английски.

[2] Г. Липсон, “Великие эксперименты в физике”, Мир, Москва (1972) -
превод от английски

[3] <http://www.answers.com/topic/wilhelm-conrad-r-ntgen#ixzz1IU5cWddw>

[4] <http://iopscience.iop.org/centenary>

[5] http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/

ОТ ГАЛВАНИЧНИЯ ЕЛЕМЕНТ, ПРЕЗ РЕНТГЕНОВИТЕ ЛЪЧИ И РАДИОАКТИВНОСТТА ДО ЕЛЕКТРОНА И АТОМНОТО ЯДРО

Любомир Георгиев

Департамент по приложна физика, Технически университет – София, София 1000,
бул. "Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: lgeorg@tu-sofia.bg

Резюме. В настоящият доклад е разгледано конструирането на галваничния елемент, което впоследствие води до велики открития в областта на физиката, като катодните лъчи, рентгеновите лъчи, електрона и строежа на атома. Това създава нова представа за света в който живеем и дава начало на един нов дял от физиката - Квантовата механика.

Ключови думи: галваничен елемент, катодни лъчи, рентгенови лъчи, електрон, атомно ядро.

През 1771 година италианският лекар Луиджи Галвани при обичайните си дисекции на жаби, ампурирал техните бутчета и ги закачал да съхнат на медни куки върху железния парапет в дома си. Когато ставало течение и бутчетата се допирали до парапета те конвулсивно се свивали. Този факт направил впечатление на д-р Галвани и той го споделил със своя приятел физик Александро Волта. Волта направил серия експерименти с разнородни метали потопени в електролит и забелязал, че се появява потенциална разлика между двата електрода. Така бил конструиран първият електрохимичен източник на ЕДН. В чест на своя приятел д-р Галвани, който му подсказал идеята, Александро Волта нарекал този прибор "Галваничен елемент".

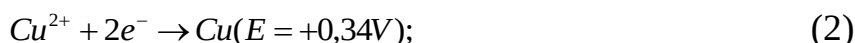
Около 1800 г. Волта открива и изработва първата електрическа батерия (Волтов стълб), състояла от редуващи се един върху друг 20 медни и 20 цинкови дискове, разделени с наиснат в солен разтвор кече. Това е първата и десетилетия наред единствена батерия – източник на постоянно ЕДН. Подобен източник например използвал Майкъл Фарадей в прочутите си опити, с които открил явлението електромагнитна индукция. През 1810 г. Наполеон дава титлата "граф" на Александро Волта, а в 1897 г. на негово име е наречена единицата за електрично напрежение - "волт".

Един от първите галванични елементи е елементът на Даниел-Якоби. Той се състои от стъклен съд, разделен на две половини от пореста преграда. В едната част на съда се съдържа разтвор на $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, (син камък) в който са потопени два медни електрода, които са полужителния полюс (анод). В другата част на съда се налива разтвор на ZnSO_4 и се потапя цинков електрод, който е

отрицателният полюс (катод).

Металите на двата електрода се разтварят в електролита с различна скорост като при това електродите се зареждат електрически, но до различна степен. Това поражда различен потенциал върху двата електрода и ако те бъдат съединени директно или с проводник, протича електрически ток.

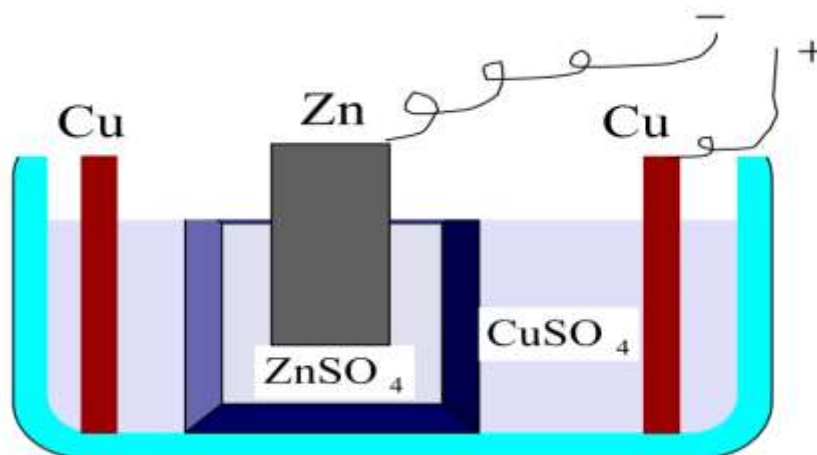
На двата електрода се извършват съответно окисление и редукция по реакциите:



или сумарно:



а електрическият потенциал е $0,34V - (-0,76V) = 1,10V$



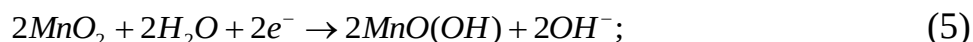
Галваничен елемент на Даниел - Якоби

Въглерод-цинковият елемент е създаден през 1866 г. от Лекланше. Положителният полюс е от въглерод, покрит с манганов двуокис MnO_2 , а отрицателният – от цинк. Електролитът е нишадър NH_4Cl , който обикновено се пропива в пясък. При работа с елемента се извършват процесите:

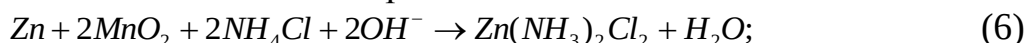
на отрицателния полюс:



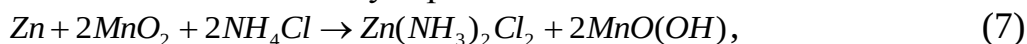
на положителния полюс



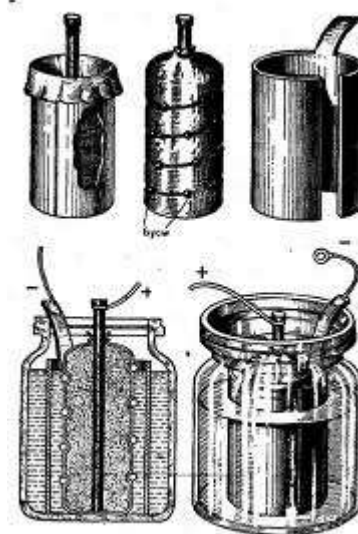
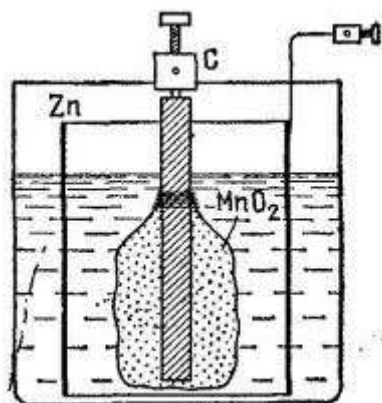
в електролита



или сумарно



а електрическият потенциал е 1,5 V.



Галваничен елемент на Лекланше

И така, учените вече разполагали с електричен ток и явлението електромагнитна индукция, което дало възможност на Хенрих Румкорф да конструира през 1851 г. индукционна бобина (румкорфова спирала), с помощта на която се получавало напрежение от порядъка на 300 000 V. С такъв източник се захранвали круковите тръби, които към края на 19-ти век били обичаен прибор за всяка физична лаборатория. С тяхна помощ се изследвали наскоро откритите катодни лъчи.

На 8 ноември 1895 година, професорът от Вюрцбургския университет Вилхелм Ръонтген привършвал работа и се готвел да си тръгне. Изключил осветлението, но преди да затвори вратата, забелязал в тъмното зеленикаво сияние, което идвало от оставения на масата бариер платиноцианид. В това нямало нищо странно. Ръонтген знаел, че кристалите на това вещество имат свойството да светят, но само ако върху тях пада светлина. Наоколо обаче царяла пълна тъмнина.

Физикът така и не се прибрал при очакващата го съпруга. Трябвало да си изясни причините за странното явление. Изясняването продължило дни и нощи наред без излизане от лабораторията. Оказало се, че круковата тръба - затворен стъклен съд с два изведени навън електрода, от който е изпомпан въздухът - изпуска необикновени, непознати дотогава на науката лъчи. Ръонтген установил, че те преминават през дърво и хартия, през ръката му и дори през тънки метални пластинки. Задържал ги само дебел слой олово или платина. Под въздействието на странните лъчи фотоплаките почернявали, въпреки че били добре увити в черна хартия.

Твърди се, че Ръонтген прекарал седем седмици в лабораторията си, без да излиза навън. Когато все пак фрау Ръонтген поискала обяснение за дългото отсъствие, физикът я въвел в лабораторията, поставил под ръката ѝ фотоплака, увита в черна хартия, и включил круковата тръба. Така била направена една от най-известните фотографии в историята. На рентгеновата снимка се виждат костите на ръката на Берта Ръонтген и венчалният ѝ пръстен.



Ръката на Берта Ръонтген

За времето на своето доброволно затворничество професорът успял да разгадае много от тайните на хикс-лъчите, както ги нарекъл. Резултатите, получени от Ръонтген, били потвърдени от много учени по целия свят. Само за една година били написани над 50 книги и 1000 статии, посветени на новите лъчи и на възможностите за използването им в медицината. Средствата за масово осведомяване не изостанали в състезанието с научните издания. Доста често се срещали и курioзни случаи.

„Отсега нататък няколко семейства не биха могли да живеят в една къща, тъй като хикс-лъчите им дават възможност да видят какво правят от другата страна на стената, да виждат съседа си гол ...". И докато журналистите гъделичкали жаждата на публиката за сензации, лекарите сериозно се заели да използват хикс-лъчите за откриване на счупени кости, на чужди предмети в тялото и др.

През 1901 г. Шведската академия на науките решила да присъди на Ръонтген Нобелова награда - за велико откритие в областта на физиката, което има изключително значение за живота на човечеството. Това е първата Нобелова награда за физика в историята. Пет години след това световният конгрес на рентгенолозите взел решение да нарече откритите от Ръонтген лъчи на негово име.

С невидимите лъчи на Ръонтген е свързано едно наистина епохално откритие, което доведе до революция във физиката и коренно промени живота на цялото човечество. През януари 1896 г. по време на бурните дебати около хикс-лъчите било изказано предположението, че те имат нещо общо с фосфоресценцията - свойството на определени вещества да светят, след като върху тях се въздейства със светлина. Френският физик Анри Бекерел се заел да провери тази хипотеза.

Опитите на Бекерел били изключително прости. Ученият увивал фотографска плака в черна хартия, поставял върху нея уранова сол и излагал всичко това на слънчевите лъчи. Плътната хартия предпазвала фотоплаката както от прякото им въздействие, така и от предизвиканата от тях фосфоресценция. Въпреки това след проявяването плаката потъмнявала на мястото, където била поставена урановата сол.

През един облачен февруарски ден на 1896 г. Бекерел бил принуден да прекрати опитите си, докато слънцето се появи отново. Прибрал подготвените фотоплаки с поставената върху тях сол на урана в едно чекмедже. След няколко дни физикът проявил плаките. Резултатът бил неочакван и необясним - дори и без участието на слънчевата светлина тъмните петна били отново там.

Белобрадите професори от френската академия на науките не могли да разгадаят загадката. Както се оказало, брадата не е задължителен атрибут на великите учени.

През 1897 г. младата полякия Мария Склодовска - Кюри започнала работа върху бъдещата си докторска дисертация, посветена на загадъчните бекерелови лъчи. За да измери интензивността на изпусканото от урановите соли лъчение, Мария Кюри използвала способността на бекереловите лъчи да йонизират въздуха. Скоро тя открила и друго вещество, източник на такива странни лъчи - торият. Било ясно, че става дума не просто за специфично свойство на урана, а за общо явление. Младата физичка предложила да бъде наречено „радиоактивност“ (от латински "radio" - изпускам лъчи и „aktivus" - действен). Това наименование е запазено и до днес.

През 1898 г. Пиер Кюри се присъединил към изследванията на съпругата си. До края на годината двамата открили два нови елемента с много висока радиоактивност. Нарекли ги „полоний“ (на родната страна на Мария Кюри) и „радий“.

През 1903 г. Шведската академия на науките удостоява Анри Бекерел и двамата Кюри с Нобелова награда за физика за откритията им в областта на радиоактивността.



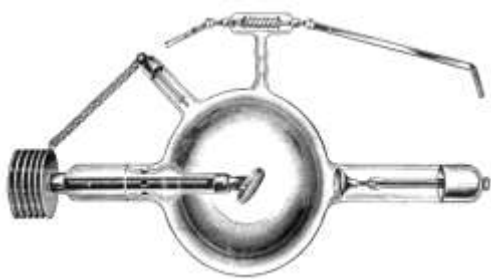
Тръба на Ленард



Рентгенова тръба от 1896г.



Рентгенова тръба от 1899г.



Рентгенова тръба от 1910г.



Рентгенова тръба на Куулидж 1913г.



Съвременна рентгенова тръба



*Съвременна рентгенова тръба
с въртящ се анод*

На 30 април 1897 г. директорът на Кавендишката лаборатория към Кембриджския университет Джоузеф Джон Томсън изнася доклад в Кралския институт, в който съобщава за откриването на частица от нов тип - хиляди пъти по-лека от атома на водорода. Названието на тази частица било предложено още през 1881 г. от ирландския физик Стоней - електрон. 30 април 1897 г. може да се смята за рождена дата на електрона.

Предисторията на електрона е наситена с драматични събития по изследване на катодните лъчи. Те са открити от немския физик Юлиус Плюкер през 1858 г. и преоткрити от сънародника му Йохан Хиторф през 1869 г. През следващите години катодните лъчи са били обект на изследване за много учени. В навечерието на знаменателната 1897 г. за тях е било известно, че:

се разпространяват праволинейно (Хиторф, 1869 г.);
отклоняват се в магнитно поле (Хиторф, 1869 г.);
отклоняват се в електрично поле (Голдщайн, 1876 г.);
отразяват се от повърхността на телата (Голдщайн, 1885 г.);
поглъщат се от веществото (Ленард, 1893 г.);
преминават през тънки пластинки (Херц, 1891 г.).

През 1895 г. Перен показва, че катодните лъчи са поток от отрицателно заредени частици.

Както се вижда, почвата за откриването на електрона е била подготвена - като резултат от изследванията на много учени. Знаменателни са думите на Крукс, изказани в речта му пред 49-ия конгрес на Британската асоциация за съдействие на науката през 1879 г. Определяйки газовия разряд като "лъчиста материя" или като четвърто агрегатно състояние на веществото, той казва:

"В това четвърто състояние на материята ние, видимо, получихме и подчинихме на своя контрол онези малки неделими частци, които не без

основание можем да смятаме за физическа основа на Вселената ...Изглежда се докоснахме до онази гранична област, в която материята и силата преминават една в друга. Аз смея да мисля, че най-великите научни проблеми на бъдещето ще намерят своето решение в тази гранична област: тук, мисля аз, лежат последните реалности - фини, универсални, чудесни."

През 1897 г. двама физици, представители на две различни научни школи, изследват тези фини, универсални, чудесни реалности и определят техния специфичен заряд - отношението на електричния заряд към масата им. Единият от тях е Е. Вихерт - немец. Той съобщава за своите резултати още през януари (1897 г.). Неговите опити са проведени с една газоразрядна тръба и резултатите му, макар и верни, са ненадеждни, несигурни.

Дж. Дж. Томсън работи с три различни катодно - лъчеви тръби, запълва ги с различни газове. При всички опити той получава винаги една и съща стойност за специфичния заряд. Това му дава основание да направи извода, че катодните лъчи са съставени от частици и те представляват фундаментални съставни части на веществото.

Томсън, за разлика от своите колеги - "съперници", уловил нещо съществено в своите (а и на другите физици) експерименти: универсалността на измерваното отношение e/m , че независимо от условията на измерване, специфичният заряд има една и съща стойност.

Това дава основание на Томсън да заключи, че "катодните лъчи представляват ново състояние на веществото, което съществено се различава от газообразното ... В това ново състояние материята представлява веществество, от което са построени всички химични елементи".

Според Томсън новооткритите частици са своеобразен първичен материал на атомната структура. Този извод има революционен характер - той нанася удар по класическия атомизъм и неговата най - консервативна част.

Атомът не е неизменен. Атомът е делим!

Той се състои от по-малки фрагменти. Още същата година (1897) Томсън предлага своя първи атомен модел.

Допускането на учения за съществуването на фундаментални частици се обяснява с неговата привързаност към атомната идея, която води началото си от времето на Левкип и Демокрит. Силно влияние върху неговите изводи оказват и атомистичните традиции на английската физика.

Още през 1815 г. Прут изказва предположението, че атомите на всички химически елементи са образувани от едни и същи фундаментални частици - атомите на водорода. Томсън споделя възгледите на Прут, но предполага, че фундаменталните "атоми" не са атомите на водорода, а несравнимо по - леките частици на катодните лъчи - електроните. Немските физици Кауфман и Вихерт провеждат по същото време опити с катодни лъчи и получават, според някои истории, по - точни резултати за отношението e/m , но те са били под влияние на философията на Мах, която отричала съществуването на атомите. (Да си

припомним разочарованието на големия немски физик Болцман, който споделял, че е може би последният привърженик на атомната идея.)

Ето какво пише Н. Бор по повод 70-годишнината на Дж. Дж. Томсън. "В онези времена, когато много известни физици се отнасяха скептично към самото съществуване на атомите, Томсън имаше мъжеството да рискува започването на изследвания на вътрешноатомния свят. Ръководен от забележително въображение, опирайки се на новите открития с катодните лъчи, лъчите на Рънтген и радиоактивността, той откри за науката нов неизвестен свят."

Без да се отрича приносът на другите физици за изследване и изясняване природата на катодните лъчи - Ленард, Вихерт, Кауфман, Херц, Вин и др., определено може да се каже, че приоритетът за откриването на електрона принадлежи на Дж. Дж. Томсън.

За да направи своите генерални изводи, Томсън се опира и на резултатите от изследванията на ефекта на Зеeman (разцепването на спектралните линии в магнитно поле). За да обясни този ефект, Лоренц предположил, че в атома съществуват заредени частици, които трептят хармонично. Оценката за отношението e/m на тези предполагаеми частици съвпада със стойностите, получени за катодните лъчи. През следващите години (1898 - 99 г.) Томсън установил, че същите стойности притежават и отрицателни заряди, които се изпускат при облъчване и загряване на някои метали (става дума за фотоелектронната и термоелектронната емисии).

Както се вижда, експерименталната база на Томсън е толкова широка, че не може да има съмнение в неговия приоритет. Твърде убедителни в това отношение са и размислите на С. Уайнбърг: "Както древната Абдера символизира раждането на атомизма, така в света има място, с което е свързано основно откриването на съставните части на атома. Това е Кавендишката лаборатория на Кембриджкия университет. Именно там в 1897 г. Джозеф Джон Томсън осъществи експерименти с катодни лъчи, които го доведоха до извода, че съществува частица - електрон, която едновременно е носител на електричество и е основна съставна част на всички атоми. Именно в Кавендишката лаборатория Ръдърфорд с помощта на своя талантлив млад асистент Фредерик Соди успява да покаже, че когато един атом излъчва алфа-или бета-лъчи, той се превръща в друг вид атом. Отначало химиците отказвали да приемат това, но Ръдърфорд и Соди провели цяла поредица радиоактивни разпадания, които превръщат урана в олово. Ръдърфорд измерва и степента на разпадане и така стига до важното понятие „полуживот“. Скоро това довежда до развитието на радиометрията, която става един от най-съществените и полезни научни методи със забележително приложение в геологията, археологията, астрономията и много други области. С тези изумителни открития в 1908 г. Ръдърфорд спечелва Нобеловата награда за химия.

С присъщия си хумор той казва: "През живота си съм виждал много превръщания, но несъмнено най-странното от тях е, че от физик се превърнах в химик", но най-голямото му постижение тепърва предстои. Той вече е забелязал, че бързо движещите се алфа-частици могат да преминават през тънко златно фолио без да оставят видима следа, въпреки че малко се отклоняват. Това показва, че златните атоми не са непроницаеми като „билярдни топки“ както смятали дотогава учените, а са „меки“ отвътре. От това би следвало, че малките твърди алфа-частици могат да преминават през златните атоми като куршум през сметанов крем.

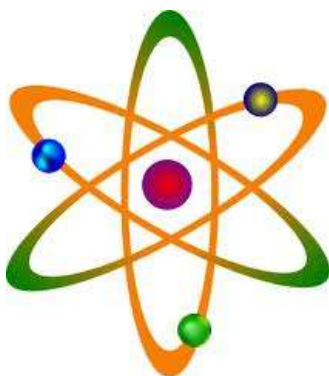
През 1910 г. заедно с Гайгер и Марсдън, по-млади от него сътрудници, Ръдърфорд открива, че част от алфа-частиците силно се отклоняват при досега със златното фолио, фактически някои дори отскачат. Той предсеща, че предстои нещо голямо и повтаря много пъти експеримента, като брои внимателно частиците, които се разпръсват в различни посоки. Тогава чрез много труден, но крайно убедителен математически анализ Ръдърфорд доказва, че има само един начин да се обяснят резултатите от опита: златният атом се състои почти изцяло от празно пространство, а почти цялата маса на атома е съсредоточена в едно „ядро“, което се намира в средата. Атомното ядро е средно 100 000 пъти по-малко в сравнение с размера на атома и представлява 99,9% от неговата маса.

В доклада си (1911 г.) Ръдърфорд разбива само с един удар, и то завинаги, обичайната ни представа за света. Щом дори парче метал уж най-твърдото тяло е най-вече празно пространство, тогава всичко, което сме смятали за съществено, изведнъж се разпада на малки частички, които се движат в безкрайна празнота. Малко по-късно през 1919 г. Ръдърфорд открива, че атомните ядра на азота, бомбандирани с α -частици се превръщат в ядра на кислорода, което е първото в света изкуствено превръщане на един химичен елемент в друг, т. е. осъществява първата изкуствена ядрена реакция. Това е постижение, което надхвърля и най-смелите мечти на древните алхимици.

Списъкът на съставните части на атома беше завършен също в Кавендишката лаборатория - през 1932 г., когато Дж. Чадуик откри неутрона.

Създадената от Томсън концепция за електрона е служила като основа на атомната физика в продължение на три десетилетия. Щом електронът е структурна компонента на атома, естествено е да се търси неговото място в сложната постройка. Един от първите модели на атома предлага самият Дж. Томсън - още през 1897 г., а няколко години по-късно го усъвършенства. Той е известен като "пудингов" модел на атома. Според този модел атомът се състои от обемно разпределен положителен заряд под формата на сфера, в която отрицателно заредените електрони заемат равновесно положение, разместени в плоскости по пръстени около центъра на сферата (подобно на стафиди в пудинг). Различията в атомите на химическите елементи Томсън обяснява с различния брой електрони в тях и спецификата на разпределението

им. Според Бор моделът на Томсън "съдържа много оригинални мисли и е оказал голямо влияние върху по - нататъшното развитие на атомната теория".



Планетарен модел на атома

Свои модели на атома предлагат Лармор, Перен, Келвин, Ленард, Щарк, Нага-ока. Най-обоснован експериментално и теоретично е планетарният модел, предложен от Ъ. Ръдърфорд. Повлиян от хилядолетните традиции да се търси тъждественост в строежа на малкия и големия свят, Ръдърфорд оприличава атома със Слънчевата система. Електроните "изпълняват" ролята на планетите. Моделът е красив, той и до днес краси всеки физически кабинет и дори всеки завод - той е символ на научно - техническия прогрес. Но от физическа гледна точка (става дума за класическата физика) той не е съвсем издържан. Слънчевоподобният атом е неустойчив - електроните бързо ще губят енергията си при въртенето около ядрото и ще падат върху него, ще "загиват". А това противоречи на действителността - атомите са устойчиви образувания.

Изглежда че загадката се крие в природата на самия електрон? От гледна точка на корпускулярното виждане той е микрочастица, най-малката песъчинка в нашия свят. Но може би трябва да се откажем от идеята, че законите в "малкия свят" са същите, които управляват големия - този, който пряко наблюдаваме?

Нилс Бор се решава на изключително смела постъпка. Той допуска, че движението на електроните не се подчинява на законите на класическата механика и класическата електродинамика. Например, когато електроните се движат по т.н. "стационарни" и "разрешени" орбити, те не излъчват енергия (следователно енергията не намалява), а излъчване се осъществява само когато те прескачат от една орбита в друга.

Моделът на Бор работел отлично. Но физиците не можели да бъдат удовлетворени от странните свойства, приписани на електрона. Надеждата била, че следващото развитие на физиката ще обясни загадките в поведението на атомите и ще освободи електрона от странните му свойства. Става

обратното. През 1923 г. Луи дьо Бройл "превръща" електрона в още по - странна частица - той приема, че това е частица, която притежава и вълнови свойства. Идеята била неразумна, но вярна.

Класическата физика е изкопала дълбока пропаст между тези два обекта - частица и вълна. До началото на 20-ия век "здравият разум" се е опирал именно на това виждане. Но прецедентът вече съществувал - много новооткрити явления показали, че електромагнитните лъчи се държат и като частици. Изградена била представата за фотона като светлинно "зрънце". Луи дьо Бройл всъщност отстранил неравноправието между двете основни субстанции - вещество и светлина.

Идеята била блестящо потвърдена от последващите експерименти, в които се наблюдава дифракция на електроните. Един от тези експерименти принадлежи на Джордж Паджет Томсън - сина на учения, който откри електрона. Интересно и сполучливо съпоставяне правят някои биографи: докато Томсън - баща получава Нобеловата награда, защото е доказал, че катодните лъчи са поток от частици (електрони), то синът му е удостоен със същата чест за доказване на обратното - че тези частици имат вълнови свойства. Започва изграждането на една нова механика - теория за движението на най-малките частици на материята. Наричат я "вълнова" или квантова механика. През 1925 г. В. Паули успява в духа на квантовата механика да формулира последователна теория, в която електронът придобива нова фундаментална характеристика, наречена спин. Спинът отразява наличието на вътрешен механичен и магнитен момент у електрона. Това понятие става част от концептуалния апарат на съвременната физика.

Квантовата механика обосновава едно друго необикновено свойство на електроните - тяхната неразличимост. Две съвършено еднакви големи тела могат по някакъв начин да бъдат белязани и това позволява да се проследи тяхното движение след взаимодействието им. Благодарение на странната си природа (наличието на вълнови свойства) електроните не могат да бъдат идентифицирани, те са напълно тъждествени. Оказва се също, че благодарение на полуцелия си спин, два (или повече) електрона, принадлежащи към някаква свързана система, не могат да се намират в едно и също физическо състояние. Това е т.н. "принцип на забраната" (на изключването), формулиран от Паули и известен повече с неговото име. Принципът на Паули "предотвратява" взаимното проникване на атомите и молекулите, което изглежда напълно допустимо при наличието на толкова "празно" пространство вътре в атома. Той обяснява слоистата структура на атомите и добре известната периодичност на химическите свойства на елементите.

Квантовата механика придобива завършен вид, когато през 1926 г. Е. Шрьодингер предлага уравнение, с което описва странното поведение на електрона - неговите вълнови свойства. Затова уравнението често се нарича "вълново".

Теорията на електрона получава своето продължение през 1928 г., когато П. Дирак написва за него релятивистко квантовомеханично уравнение. От това уравнение автоматично следвали правилните стойности на спина и магнитният момент на електрона, които преди това били постулирани за обяснение на фината структура на оптичните спектри. Най-забележителният резултат от теорията на Дирак обаче бил предсказването на частица с характеристики, напълно еднакви по големина с тези на електрона, но с положителен заряд. Тя получила названието позитрон. Позитронът - античастица на електрона - бил открит при изследвания на космическите лъчи през 1932 г.. През следващата година били открити процесите: раждане на електрон-позитронна двойка при преминаване на гама-кванти през веществото

$$\gamma = e^- e^+ \quad (8)$$

и "анихилация" на електрони и позитрони

$$e^- e^+ \rightarrow \gamma \quad (9)$$

В статията си "70-годишният електрон" Джордж Паджет Томсън, синът на Дж. Дж. Томсън, пише: "С откриването на позитрона от Андерсън през 1932 г. и на явлението раждане на двойка гама - лъчи, открито от Недермайер и Андерсън през следващата година, тази част от историята на електрона беше завършена".

Заклучение

Действително, тези събития ознаменуват края на един важен етап от биографията на електрона, започнала с търпеливото изучаване на катодните лъчи, преминала през изпитанията на релятивистичната динамика, по-късно приела квантовата "религия" и накрая укротена от релятивистката квантова механика. В същото време това е начало, тласък и стимул за възникване и развитие на нови физически идеи и теории, които осигуриха успехите на физиката през втората половина на миналото столетие.

Литература

- [1] Иванов, С.Т. Физика IIч., ДИ "Техника" (1961)
- [2] Путилов, К.А. Курс физики II, Физматгиз (1962)
- [3] Детлаф, А.А., Яворски, Б.М., Милковская, Л.Б. Курс физики II, Москва "Высшая школа" (1977)
- [4] Храмов, Ю.А. Физики - биографический справочник, Киев "Наукова Думка" (1977)
- [5] <http://bg.wikipedia.org>

Д-р РОЯЛ РЕЙМЪНД РАЙФ – ПО СЛЕДИТЕ НА ЕДНО ОТКРИТИЕ

Валентина Танева-Тончева¹, Иван Иванов²

¹Департамент по приложна физика, Технически университет – София, София 1000,
бул. "Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: uraa@dir.bg

²Департамент по физика, Биофизика, Рентгенология и Радиология, Медицински
факултет, Тракийски Университет-Стара Загора 6000, България,
e-mail: ivanov_it@gbg.bg

Резюме. Представят се две от откритията на д-р Роял Реймънд Райф: 1) Универсален хетеродинен ултравиолетов оптичен микроскоп, който дава увеличение 60 000X; 2) Rife Beam Ray (RBR) (Излъчвател на Райф) – прибор за електромагнитна терапия и лечение, който произвежда т.н. Mortal Oscillatory Rate (MOR) (Терапевтична честота на вибрации) за унищожаване на широк спектър от патогенни микроорганизми.

Ключови думи: оптика, микроскоп, резонанс, амплитудна модулация, патогенни микроорганизми, честоти на д-р Райф.



Роял Реймънд Райф (1888-1971)

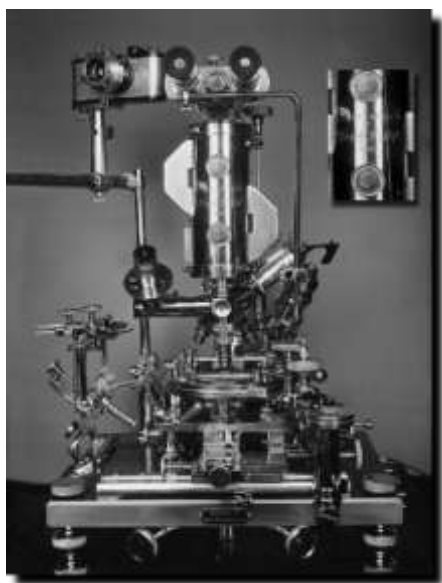
Д-р Роял Реймънд Райф – скромна и трудолюбив човек с интересна специалност – патолог-изследовател – дава на човечеството своята мечта за живот без болести. Неговия дар, направен така безкористно, е отхвърлен с лека ръка от същото това човечество. Макар че работи над широк кръг проблеми, Райф става известен главно с две свои изобретения:

1) Универсален хетеродинен ултравиолетов оптичен микроскоп, който дава увеличение над 60 000 X;

2) **Rife Beam Ray (RBR)** (Излъчвател на Райф) - прибор за електромагнитна терапия, работещ на резонансен принцип. Уредът произвежда широк спектър специфични за всеки тип патогенен микроорганизъм резонансни терапевтични честоти - **Mortal Oscillatory Rate (MOR)**.

1. Кратка история на Универсалния микроскоп

Съгласно доклада, представен в журнала на Института Франклин [11], микроскопът на Роял Райф дава увеличение 60000 X. Окулярът на този инструмент е бинокъл, но по-надолу върху статива е монтиран и монокулярен сегмент с увеличение 1800X (X – увеличителна способност) – фиг.1.



Фиг.1 Универсален
микроскоп на Райф

От гледна точка на геометричната оптика, подходяща комбинация обектив-окуляр би могла да даде неограничено увеличение, но на практика, това не става. Причината е Фраунhoferовата дифракция и аберацията на лещите, които поставят предел на полезното увеличение, като първото условие е доминиращо.

Образът на точков обект, получаван от единична двойно изпъкнала леща не е точка, а система от концентрични светли и тъмни пръстени.

В оптиката се използва съотношението:

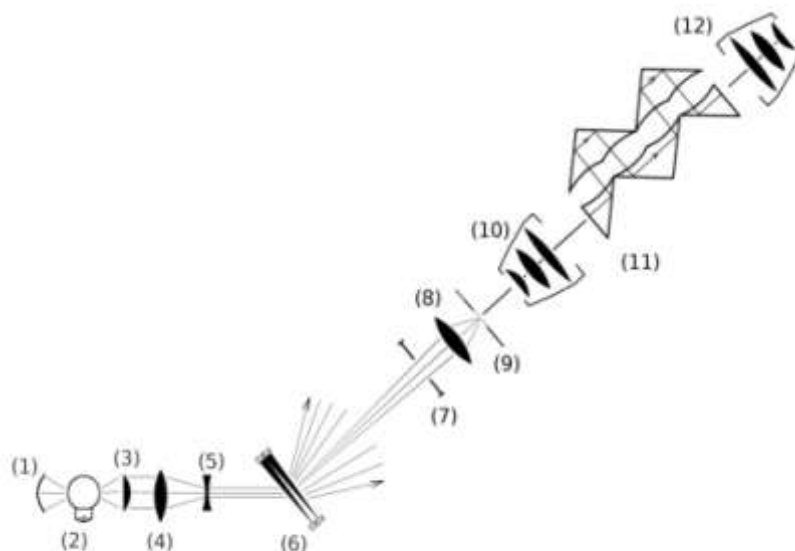
$$S = \frac{1,22\lambda}{2n \sin i} , \quad (1)$$

където s е минималното възможно за наблюдаване разстояние между два обекта (разделителна способност), λ е дължината на вълната на използваната светлина, n е относителният показател на пречупване между средата, в която са обектите и лещата, а i е апертурен ъгъл на оптичната система за наблюдение. Замествайки съответстващите стойности λ , n и i уравнение (1) дава минимална стойност за S около $0,2 \mu\text{m}$, която стойност е на порядък по-голяма от средния радиус на вирусите. Тези $0,2 \mu\text{m}$ са разделителна способност, получена без да са отчетени други, влошаващи качествата на оптичния уред ефекти – например, изкривяванията в оптичната система.

Получените с Универсалния микроскоп максимални стойности на увеличение и разделителна способност, многократно надхвърлящи тези на разработените по онова време от Американската радио корпорация електронни микроскопи, д-р Райф постига чрез избягване на ограниченията, налагани от дифракцията на Фраунхофер. Умело прилагайки **принципа за обратимост на светлинните лъчи**, посредством обектив и окуляр, аналогични по устройство, но противоположно ориентирани и две системи призмени блокове със сферични стени, между които се оформят въздушни лещи, д-р Райф преодолява ограниченията, налагани от числото на Аббе (1).

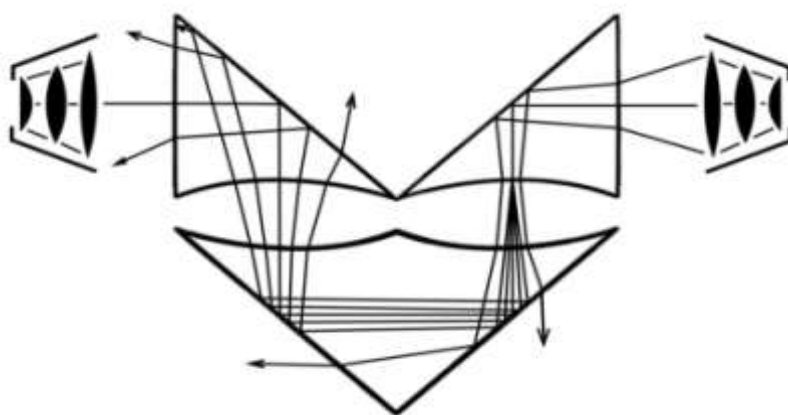
Светлината от дъгова живачна лампа през колимиращото устройство (5) се насочва към система клиновидни призми на Райсли (6). Тези призми дават спектрално ветрило в целия видим и в широк ултравиолетов диапазон. Диафрагма (7) с променливо по диаметър кръгло отверстие отделя и насочва тесен монохроматичен светлинен сноп през събирателна леща (8), която го

стеснява допълнително в интензивно светло петно под образа, разположен върху кварцова пластинка на предметното столче (9) на микроскопа. Микрообективът (10) действа като обектив на обичаен микроскоп, но сходимостта на снопа зад него е само 1^0 и по-малко и поради това, пречупването на първата призмена стена слабо влияе на степента на сходимост.



Фиг. 2 Устройство на микроскопа на Райф: Осветяваща система - (1) до (4); монохроматор - призми на Райсли (6); микроскоп – (9) до (12).

Всяка двойка противоположно вдлъбнати сферични повърхнини на призмения блок оформят по една въздушна леща (фиг. 3).



Фиг.3 Лъчева диаграма, поясняваща действието на един от двата призмени блока, разположени между обектива и окуляра на микроскопа на Райф.

Снопът лъчи, идващ от обектива (в дясно) преминава през призмите и се разширява по такъв начин, че само параксиалните (близките до оптичната ос) лъчи достигат до окуляра. Трябва да се отбележи, че още преди сходящият сноп зад обектива да сформира образ, той влиза в първата въздушна леща и се

превръща във вече разходящ сноп. След преминаване през четирите въздушни лещи на призмения блок, снопът още се разширява и се насочва към окуляра, за да даде образ.

Тъй като въздушните лещи се оформят от две противоположно ориентирани идентични повърхности, всички явления, свързани с Фраунхоферовата дифракция взаимно се изключват, ако разстоянието между последната стена на призмения блок и първата сферична повърхност на лещите на окуляра е правилно избрано. [4]

Тъй като оптичната система на окуляра е идентична, но обърната спрямо тази на обектива, остатъчната Фраунхоферова дифракция от разходимостта на светлинния сноп в обектива, напълно се компенсира от окуляра и остава само оригиналната картина на ясения образ на обекта [4].

При обикновените оптични микроскопи, за визуализиране на наблюдаваните микроорганизми се използва техниката на оцветяване с различни багрила и използването на бяла светлина за осветяване, за да станат добре видими. Прилагането на бяла светлина води до друг голям проблем в оптичните микроскопи - хроматичната аберация при сферичните лещи, който се разрешава чрез дублет от две слепени лещи – събирателна, изработена от стъкло кроун и разсейвателна двойновдлъбната, изработена от безцветно стъкло – с обща положителна пречупваща сила. Корекцията на цветната аберация става за сметка на корекцията на другите видове аберации, получаващи се при преминаването на светлината през различните видове лещи.

При обагрянето на обекта за наблюдение, той се подлага на обработка – фиксиране с подходящи химикали и органични разтворители, загряване, изсушаване и др. Това може да доведе до артефакт - загуба или изкривяване някои компоненти на пробата.

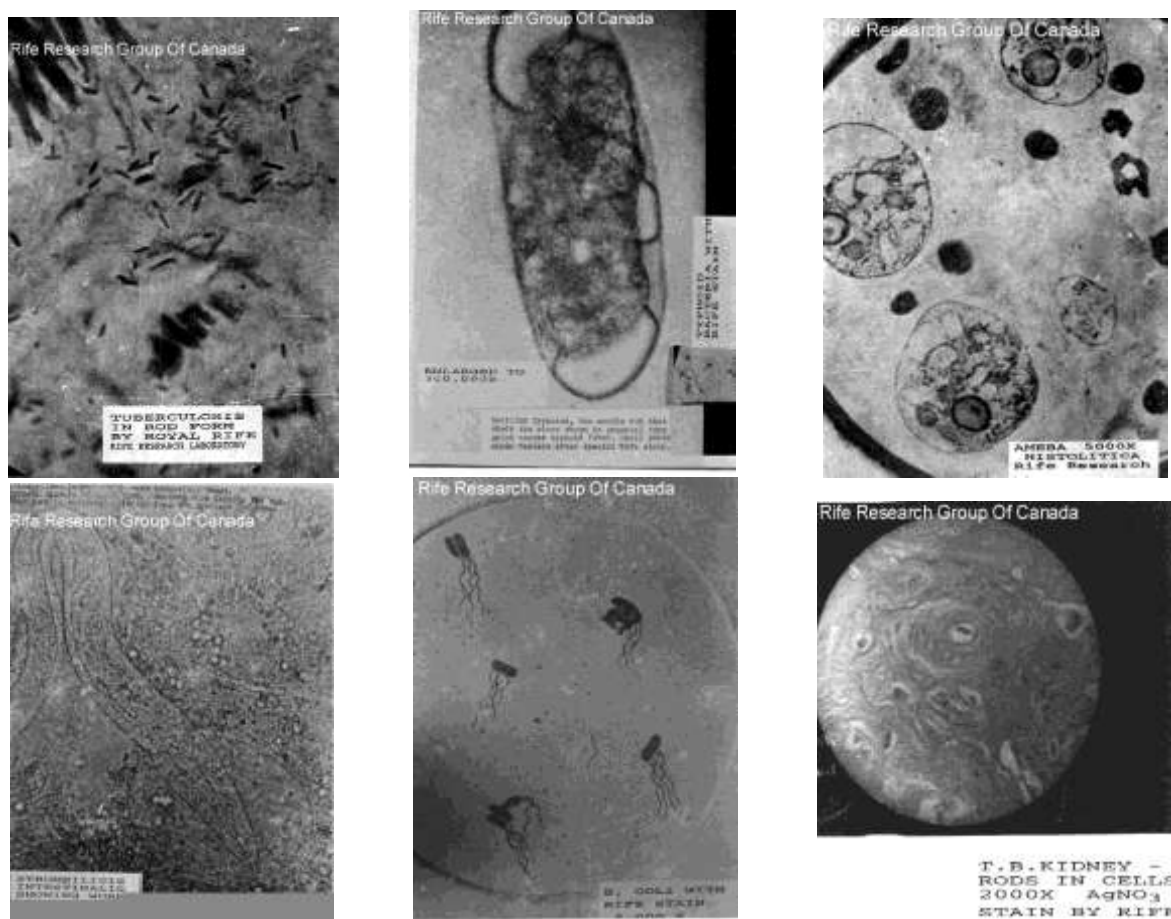
В Универсалния ултравиолетов микроскоп д-р Райф се избягват едновременно и двата горепосочени проблема по следния начин. При наблюденията си д-р Райф открива поне по една, **специфична за всеки микроорганизъм**, тясна спектрална ивица, която кара тези обекти да флуоресцират – така самите обекти стават светещи и нуждата от оцветители отпада. Отпада и нуждата от корекция на хроматичната аберация, защото не се използва бяла, а чисто монохроматична светлина. Затова лещите в микроскопа на д-р Райф са единични двойноизпъкнали и от чист стопен кварц.

Тази спектрална честота – луминесцентна или флуоресцентна – има резонансен характер и е специфична за всеки вирус или бактерия. Изследванията на д-р Райф довеждат до създаване на каталози за идентифициране на микроорганизмите по характерната честота на флуоресценция.

Но 75% от обектите, които д-р Райф наблюдава чрез Универсалния микроскоп, са видими само в ултравиолетова светлина, което е извън обсега на човешкото зрение. Преодоляването на този проблем става с помощта на

ултравиолетовата хетеродинна микроскопия – техника, която се основава на обединяване на две, специфични за микроорганизма късовълнови ултравиолетови честоти и получаване на трета – вече във видимия диапазон (днес това се постига чрез луминесцентни екрани).

През 1920г. Райф успява за пръв път да изолира и фотографира бактериите на туберкулозата, които светят в изумруденозелено. *E. Coli* са в махагонов цвят, на лепрозата – рубиненочервени. По-късно през 1931г. изолира още един микроорганизъм, много по-малък от бактериите и характерен с неговото специфично пурпурно-червено излъчване. Този обект той нарича вирус *Cryptocides primordiales*: Bacillus X - BX. Процесът бива също така надлежно филмиран. Това пурпурно-червено светене Райф вижда при всеки случай рак, който изследва.



Фиг. 4 Снимки на патогенни микроорганизми, направени с микроскопа на д-р Райф.

С техниката на хетеродинната микроскопия Райф постига следното:

1) провежда наблюдения над живи организми – живи вируси в движение; вируси, променящи формата си, за да се нагодят към средата; вируси преди, по

време на атака на жива клетка и процеса на преобразуване на здрави клетки в туморни;

2) създава каталог с индивидуалните спектроскопични „подписи” на всички наблюдавани от него патогенни микроорганизми, причинители на над 500 вида заболявания.

2. Резонансен Rife Beam Ray (RBR) (Излъчвател на Райф)

Още през 1917 г., работейки с протозои и големи бактерии, ученият открива, че краткотраен силен електрически импулс ги убива.

Резонансният принцип, който позволява наблюдението на болестотворните микроорганизми, д-р Райф прилага и при разработването на метод за тяхното разрушаване, но с помощта на високочестотно (ВЧ) електромагнитно лъчение. Предполага се , че специфичната за всеки патоген резонансна честота увеличава амплитудата на собствените им колебания, разрушава обвивката им и води до пръскане (лизиране) и смърт на обекта.

Щастливото обстоятелство е, че чувствителността на здравата тъкан наоколо е около 2000 пъти по-ниска в сравнение с тази на причинителите на заболяванията. Т.е., третирането на заразен тъкан със специфичната за патогенния организъм резонансна честота води до цялостна смърт на микробите, без ни най-малко тъканта да пострада. Райф нарича тази честота **Mortal Oscillatory Rate (MOR)** (Смъртоносна честота на вибрации – терапевтични честоти). В резултат на дълги изследвания и експерименти Райф създава каталог за специфичните терапевтични честоти за всички известни по онова време микроорганизми.

Таблица 1. Терапевтични честоти по Райф

<u>Патоген</u>	<u>Висока радиочестота (Hz)</u>	<u>Ниска звукова честота (Hz) 1940г.</u>
Actinomycosis (Streptothrix)	678,000	-
Anthrax	900,000	
Anthrax Symptomatic	400,000	
B. Coli (Rod form)	683,000	8020
B. Coli (Filterable virus)	8,581,000	17220
Bubonic Plague	160,000	
Catarrh	1,800,000	
Cholera Spirillum	851,000	
Contagious Conjunctivitis	1,206,000	
BY (sarcoma)		20080
Diphtheria	800,000	

Glanders	986,000	
Gonorrhea	600,000	
Influenza	1,674,000	
Leprosy	743,000	
Pneumonia	1,200,000	7660
Spinal Meningitis	927,800	
Staphylococcus Pyogenes Aureus	998,740	7270
Staphylococcus Pyogenes Albus		
Streptococcus Pyogenes	1,214,000	8450
Syphilis (Treponema Pallidum)	900,000	
Tetanus	700,000	1200
Tuberculosis (Rod form)	583,000	8300
Typhoid Fever (Rod form)	900,000	6900
Typhoid Fever (Filter passing)	9,680,000	18620
Bacillus X & Y. Cancer	1,780,000	21275

Вирусите и малките бактерии умират под въздействие на високочестотен електромагнитен импулс, за постигане на който Райф използва радиопредавател с променлива носеща честота на изхода, свързан с газов диод **Phanotron** (газова тръба пълна с хелий) вместо антена. Под въздействието на променливия изходен импулс газът в тръбата преминава в плазма. От газовия разряд тръбата започва да свети като цветът няма практическо значение. Терапевтично въздействие има честотата на плазмените разряди, управлявани от външната електроника.

Какво представлява и как лекува уредът **RBR** - Излъчвателната машина на д-р Райф?

Осцилаторът на Излъчвателя **RBR** се настройва на съответната терапевтична честота за патогена, който ще се атакува. Когато атакуваните обекти са върху предметно стъкло или по кожата на болния, нищо повече не е необходимо. Но при заболяване, микробите завладяват или целия организъм, или само някои вътрешни органи. Доставка на смъртоносното за бактериите или вирусите електромагнитно лъчение вътре в организма става с помощта на амплитудна модулация на терапевтичната висока честота с носеща ниска аудиочестота. Аудиочестотата застопорява лъчението върху вътрешните кухини и дава нужното време за въздействие на терапевтичната честота.

С така модулираното лъчение се третира всяко едно вътрешно заболяване, независимо дали причинителят е бактерия или вирус.

През живота си д-р Райф създава общо пет типа излъчвателни машини. Най-добрата от тях – под №3 - е конструирана и произведена от работещият за д-р Райф инженер Филип Хойлънд и наречена **Резонансен Rife Beam Ray (RBR)** (Излъчвател на Райф), с помощта на който патогенните микроорганизми биват атакувани и унищожавани директно в организма на човека. За лечебните

си цели д-р Райф отделя **Phanotron**-тръбата от останалото оборудване и я поставя на 20-40см от пациента.

Този инструмент е посрещнат и използван ентусиазирано от много лекуващи лекари по онова време, а получените резултати са невероятни! Неоспоримата му ефективност за лечение се посрещат първоначално с небивал ентусиазъм сред медицинските среди. На знаменателна среща през 1931г., организирана от д-р Милбанк Джонсън, четиридесет и четирима лекари честват д-р Райф, неговия универсален микроскоп и „края на всички болести”. В хода на срещата бива направена демонстрация, фотографиране и запис върху кинолента на процеса унищожаване на микроорганизми от поразени болни тъкани.

Излъчвател № 3 се прилага твърде успешно през 1934г. в клиниката на д-р Милбанк Джонсън за лечение на туберкулоза и рак.

Контролният „експеримент” е проведен над 16 „т.н. „безнадеждно” болни от рак, под наблюдението на медицинска комисия, назначена от Университета в Южна Калифорния. След три месеца 14 от тях са били изписани от комисията наблюдаващи лекари, ръководени от д-р Елвин Фоорд, доктор на медицинските науки и патологоанатом на групата, като **клинически здрави**. Лечението, провеждано над болните са три минутни процедури на облъчване с **RBR** - Излъчвателя на д-р Райф, настроен на терапевтичната за ВХ (раков вирус) честота веднъж на три дни. Между две последователни лъчеви процедури на болните се дава перорално сиропи и чайове за прочистване на организма от остатъчните, получени от умъртвените вируси, вредни вещества. Без тази тридневна почивка пациентите се чувствали зле.



Фиг. 5 Излъчвател № 3:

*Излъчвателна фанотрон-тръба;
два Hartley-осцилатора за Райф-
честоти – едната променяща се,
другата фиксирана на 4.68 MHz.
Входна мощност: между 450 и 600 W,
изходна мощност – над 50 W.*

Д-р Милбанк Джонсън експериментира с Излъчвател №4, модифициран да работи без амплитудно-модулиран с аудио честота сигнал, но със значително по-висока изходна мощност. Терапевтичното действие на този уред е значително по-недвусмислено и има граници на въздействие в радиус до 300м.

Заклучение

Плазмените устройства на д-р Райф бързо стават легендарни и започват да се произвеждат още през 30-те години на 20 век. През 1938-39 г се основава „**Beam Rays**

Corporation instrument” за производство на Райф-излъчватели.

Първоначално, медиците шумно възхваляват постиженията на д-р Райф. Но през 1939 г. почти всички лекари и учени, присъствали на срещата, организирана осем години по-рано от д-р Милбанк Джонсън, отричат, че са познавали Райф. Какво се е случило?

Големите американски корпорации виждат в работата на д-р Райф конкуренция и заплаха за своите печалби. Върху Райф и неговите сътрудници започват атаки на всяко ниво. Триумфът и поздравите траят цели петнадесет минути, след които настъпва тъмнина и забрава.

Д-р Райф е блестящ учен, развил и внедрил технологии, които се използват и днес в различни области на оптиката, електрониката, радиохимията, биохимията, балистиката, авиацията. В течение на почти 66 години, през които проектира и построява медицински прибори и инструменти, той работи за такава известна корпорация като **Цейс (Zeiss Optics)**.

Идеите на д-р Райф намират приложение в биоелектронната медицина. Широко се използват уреди за електромагнитна терапия и усилване на имунната система. Някои резонансни честоти се прилагат за подтискане на вредните, други – за подобряване растежа на полезните микроорганизми.

Без Флуоресцентният микроскоп, разработен върху идеите на д-р Райф, работата на нито една съвременна болница е невъзможна.

За конкретни изобретения и научни достижения Райф получава 14 отделни награди и почетното звание **Doctorate by the University of Heidelberg**.

Може би някога името на д-р Райф ще изгрее отново и ще заеме своето законно място в съвременната медицина. До тогава, неговата технология ще е достъпна само за онези хора, които се стремят да я открият, опознаят и използват.

Източници:

1. <http://www.rifetechnologies.com/>
2. <http://www.rife.org/>
3. <http://www.rense.com/general31/rife.htm>
4. http://www.rife.de/what_has_become_of_the_rife_microscope.html
5. А. Тончев, Чертежи на фиг. 2 и фиг. 3 и Таблица 1
6. http://www.rife.de/rife_related_videos.html
7. http://www.youtube.com/watch?v=AysfKyl8O9k&feature=player_embedded
8. http://www.youtube.com/watch?v=W4JtNQnnut8&feature=player_embedded
9. <http://www.youtube.com/watch?v=jSYcN5A1qJE&NR=1>
10. <http://www.youtube.com/watch?v=NJhz4Gfz-Bc&feature=related>
11. Journal of the Franklin Institute Volume 237(2):103-130 (1944), p. 117
12. <http://www.navi.net/~rsc>

ИСТОРИЯ НА КАЛЕНДАРА

Александрина Дянкова

Департамент по приложна физика, Технически университет – София, София 1000,
бул. "Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: adyankova@tu-sofia.bg

Резюме. Още от дълбока древност животът на хората е свързан с времето, с периодичната смяна на деня и нощта и на годишните времена. Това е наложило възникването на система за отчитане на времето не само по дни, а и в по-дълги периоди от време – календар. Тук ще разгледаме различни календарни системи, появили се в различни страни и използвани от различни народи.

Ключови думи: календар

Календарът е система за измерване на времето, в което протича съществуването на човешкото общество. Чрез него се определя продължителността и последователността на събитията от живота.

Календарът не е нужен само на историците, описващи и изучаващи миналото. Той е необходим преди всичко за организиране на настоящия и планиране на бъдещия живот. Затова с календари са разполагали още в древността. Самата дума календар произлиза от латинската "calendae", с която назовавали първите дни от месеца, когато плащали данъци и събирали лихви по заемите.

За измерване на времето е необходим периодичен процес, чиято продължителност да служи за единица мярка на интервалите време, а също така да се избере начален момент на отчитане.

За всички календари най-малкият период е денонощието. Изборът е естествен, защото смяната на деня и нощта, дължаща се на въртенето на Земята около оста ѝ, определя ритъма на активност и почивка в нашия живот. Всички календари групират денонощията. Това не само улеснява броенето. Групите денонощия задават по-продължителни периоди значими за човешката дейност. Както и денонощието и продължителните периоди са свързани със забележими астрономични явления - промяна във видимото положение на Луната и Слънцето. Затова в стандартните определения за календар се казва, че това е списък на денонощията, разпределени в групи съгласно движението на Луната или Слънцето или на двете тела заедно.

Въртенето на Луната около Земята води до промяна на външния ѝ вид върху звездното небе /фазите на Луната/. Периодът на изменение се нарича синодичен месец - от другото название на нашия спътник – Месец, Месечина.

По-продължителният период на смяна на годишните времена, свързан с видимото движение на Слънцето, се нарича година. По-точно, периодът на две последователни преминавания на Слънцето през точката на пролетното равноденствие се нарича тропична година.

За съставянето на календар е необходимо да познаваме продължителността на трите споменати периода-денонощие, синодичен месец, тропична година. Тази астрономична задача е била решена доста точно още в древността. Учените на Египет Вавилон, Китай са определили тропична година 365,25 денонощия и синодичен месец 29,5 денонощия. Съвременната наука дава следните периоди

Тропична година -365,242199 денонощия = 365 дни 5h 8 min 45,9747s

Синодичен месец -29,53057 денонощия = 29 дни 12 h 44min 2,8s

Вижда се, че трите периода са несъизмерими /не се отнасят като цели числа/ и съставянето на календар, който еднозначно и точно да разпредели денонощията по месеци и години е невъзможно. Съществуват множество календари, в които с различна точност се съгласуват трите или два от астрономичните цикли. В зависимост от използваните при съставянето им периоди календарите се делят на три групи: лунни, лунно-слънчеви и слънчеви.

В лунните календари основният период е синодичния месец. 10 или 12 месеца образуват лунната година, която не съвпада с цикъла на сезоните. При лунно-слънчевите календари продължителността на месеца се определя от движението на Луната, а годината от въртенето на Земята около Слънцето. При слънчевите календари основният период е пак обиколката на Земята около Слънцето, но месеците, на които е разделена годината, не са съгласувани с фазите на Луната.

Календарът, който се ползва в България и много страни по света, е Григорианският. Той е приет за официален в междудържавните отношения. Григорианският календар е слънчев.

Освен по използваните астрономични периоди, календарите се различават по избора на начален момент за отчитане на периодите, начален момент на календара, по структура. Въпреки различията и тук могат да се направят някои обобщения.

В лунните календари денонощията се отчитат от залаз до залез Слънце, т.е. от изгрев до изгрев Луна. В слънчевите календари денонощието е от изгрев до изгрев Слънце. Въпреки че Григорианският календар е слънчев, денонощието се отчита от полунощ до полунощ. Това разделяне на нощта между два последователни дни от календара води началото си от древен Рим. То е удобно, защото светлата част от денонощието се явява в средата на календарния ден. Оттук нататък ще употребявам понятието ден /календарен ден/ и само при необходимост денонощие.

Слънчеви или лунно-слънчеви календарите отчитат от различни моменти началото на новата година. Обикновено, то е свързано с точките на

равноденствие или на лятно или зимно слънцестоене. За лунните календари началото на месеците, съответно годината, е при появата на тънкия лунен сърп на небето /неомений/, което е около 1-2 дни по-късно от новолунието.

Римляните отброявали дните в седмицата с помощта на „опорни дни“. Календи са първите дни на месеците. В зависимост от месеца 5-тите или 7-мите дни се наричали „нони“, а 13-тите или 15-тите - „иди“. Отброяването се извършвало назад от опорния ден. В повечето календари дните се групират по 4, 5, 13. Много разпространено е групирането по 10 дни, което се свързва с пръстите на ръцете. Такова групиране използвали в Египет и Гърция, а ние и досега използваме понятието декада.

В Григорианският календар дните са разделени на седмици. Групата от седем дни води началото си от Вавилон. Същото разделяне има и юдейският календар, при който и имената на дните в седмицата са същите както във вавилонския. При тези календари първият ден на седмицата е неделя, а последен – събота /шабат/. Названието означава покой, защото във Вавилон считали този ден неподходящ за работа, както се казва и в 4-тата Божя заповед. Християните променили почивния ден - преместили го в неделя, денят на Христовото Възкресение. Първият ден на седмицата станал понеделник. В мюсюлманският календар дните също са групирани в седмици, но почивният ден е петък, когато е роден Пророка Мохамед.

Според някои изследователи групирането на дните по седем е свързано с четвъртината от лунния месец, а според други - с броя на „блуждаещите звезди“. В древността така наричали телата, които променяли положението си по небесната сфера. Това били Слънцето, Луната, Марс, Меркурий, Юпитер, Венера, Сатурн, т.е. Слънцето, Луната и известните тогава планети. Всеки ден от седмицата, започвайки от неделя, бил посветен на съответното небесно тяло в горната последователност.

Календарите групират и годините. В Григорианския календар сто години образуват век, а хиляда – хилядолетие. В китайския и други азиатски календари годините се групират в цикли от 60 години.

Важен за всеки календар е изборът на начален момент на броене /летоброене/. Този момент се нарича календарна ера. Календарните ери са свързани с важни за обществото моменти. В древността обикновено всеки нов владетел поставял началото на нова календарна ера. Началото на летоброенето в Григорианския календар е годината на раждането на Христос - християнска ера. Ние я означаваме и наричаме нова ера - н.е. Годините преди Рождество се отброяват в обратен ред и означаваме пр.н.е. - преди новата ера. Науката, която съпоставя датите от различните календари, се нарича хронология. Ще ползвам нейните достижения и когато разказвам за популярните календари, датите са представяни спрямо новата ера.

Най-ранните известни календари са лунните. Може би, защото промените във фазите на Луната са лесно забележими. Днес лунен календар използват

изповядващите исляма. Годишната на мюсюлманския лунен календар се състои от 12 лунни месеца. Продължителността на месеците е приета за 29,5 денонощия и затова нечетните месеци съдържат 30 дни, а четните - 29. Но тъй като синодичният месец е 29,53057 дни, т.е. по-дълъг от календарния, календарната година избързвала спрямо новолунието. Разликата от едно денонощие се натрупва за почти три години /28 месеца/. За 30 години разликата става 11 дни. Корекция на календара за съгласуването му с астрономичния период се извършва с високосни години. Те съдържат един ден повече от обикновените, които се прибавя към дванадесетия месец - вместо 29 – 30 дни. Обикновена /проста/ година има $6 \times 30 = 180$ дни и $6 \times 29 = 174$ дни – общо 354 дни.

Високосна година има $7 \times 30 = 210$ дни и $5 \times 29 = 145$ дни - общо 355 дни.

Въвеждането на високосните години става по един от двата начина, известни като „арабски цикъл” и „турски цикъл”. При арабския цикъл в период от тридесет години се въвеждат 11 високосни години. Турският цикъл е по-неточен, но по-удобен, защото е по-къс. При него в период от осем години се вмъкват три високосни години.

Тъй като лунната година съдържа 354 дни, тя е по-къса от тропичната и началото на новата година се премества /блуждае/ по сезоните. В Иран, Афганистан и Пакистан календарът е съобразен и с годишния цикъл. Годишната започва с пролетното равноденствие. Това е така наречената „слънчева хиджра”. ”Хиджра” означава преместване, а също и начало на мюсюлманското летоброене. То започва от 16.07.622 г. от н.е., четвъртък срещу петък, когато е станало преместването на пророка Мохамед от Мека в Медина. Предвид различната продължителност на годините по слънчевата и лунната хиджра, натрупаната разлика е вече 50 години.

С развитието на земледелието, силно зависимо от смяната на сезоните, хората потърсили календар, който отчита и този цикъл. Така се появили лунно-слънчевите календари. При тях месеците се определят от лунните фази, а годината от положението на Слънцето. Годишният период бил приет равен на 365,25 дни. Тъй като лунната година е с 11 дни по-малко, за да не се разделя месец между две последователни години, практиката била да има два вида години -обикновени с 12 лунни месеца и високосни с 13. Добавянето на 13-тия месец ставало инцидентно, с указ на владетеля. Едва в 6в. пр.н.е. във Вавилон се появила първата система за вмъкване на три високосни години в осем годишен период. По-късно този не много точен цикъл бил заменен с 19-годишен, наричан лунен кръг. При него 12 от годините са обикновени – с 12 месеца, а 7 са високосни - 13 месеца. Лунният кръг е най-често използвания за корекция на лунно-слънчевите календари в различни варианти, подобряващи точността му. Такъв е цикълът на Метон, който коригирал календара на Атина. В древна Гърция всеки полис си имал собствен календар. За атинският календар началото на годината се определяло от лятното слънцестоене, а

летоброенето, което отначало водили по имената на управниците, през IVв. пр.н.е. било прието да се води от първите олимпийски игри - 16 VII 776 пр.н.е.

Сред използваните днес лунно-слънчеви календари е юдейският. При него корекциите също следват 19 годишен цикъл, но сложността идва от това, че както обикновените, така и високосните години, се срещат в три варианта. Целта е дните на равноденствията, слънцестоянията, Пасхата да попадат на определени дати в календара.

Друг лунно-слънчев календар, добиващ популярност напоследък, е китайският. Началото на годината е при първото новолуние, когато Слънцето е в съзвездието Водолей, т.е. Слънцето е по средата на пътя между зимното слънцестоене и пролетното равноденствие. Изборът на начало е удачен - след 16 дневни празненства за новата година, идва времето за селскостопанска работа. Лунните месеци на китайския календар нямат редуваща се продължителност - 29 и 30 дни. Корекцията също е с 19 годишен цикъл, но според някои автори цикълът е 76годишен - $76=19 \times 4$. Друга особеност на китайския календар е 60 годишния цикъл, който е характерен за календарите на Азия. Годишите са подредени в таблици, които имат 12 реда и 10 колони. Всеки от редовете /земни клони/ е посветен на някакво животно, а десетте колони /небесни клони/ са свързани с двата варианта ян-ин на петте стихии. Така на практика цикълът съдържа два подцикъла - 10 и 12 годишни, които изследователите свързват с периодите, за които Сатурн и Юпитер обикалят около Слънцето - съответно 30 и 12 години. /Макар, че от 1912г. Китай е приел Григорианският календар, лунно-слънчевият също се използва в бита, още повече, че той има и предсказателни функции.

Лунно-слънчевите календари имат сложна система за съгласуване на циклите и голяма разлика в продължителността на годината - 1 лунен месец. Тези недостатъци са сведени до минимум при слънчевите календари за сметка на това, че месеците не са съобразени с лунните фази. От групата на слънчевите календари ще разгледаме ползвания от нас Григориански календар и неговата история.

Първообразът на Григорианския е египетският слънчев календар. Древната държава използвала два календара - слънчев за държавните дела и лунен в религиозния живот. Съставянето на слънчев календар около 3000 години пр.н.е. е повлияно от развитото земледелие. Реколтата зависела от разливите на река Нил и жреците се стремяли да ги предсказват, за да планират стопанската дейност. Забелязали, че наводненията са предшествани от „предутринните изгреви на божествения “Сотис”. Сотис египтяните наричали най-ярката звезда Сириус. При своето видимо движение Слънцето заема такова положение, че закрива Сириус за период от 70 денонощия. Когато Слънцето приближи точката на лятното слънцестоене, Сириус отново става видим и изгрява малко преди Слънцето. Предутринните изгреви на Сотис поставяли началото на новата стопанска година и определили периодичността на египетската година.

Тя е 365 дни, 360 групирани в 12 месеца по 30 дни. Сезоните били 3 -разлив, отлив, жътва. Дните в месеца били групирани по 10. Оставащите 5 дни в края на годината били празнични. Тъй като тропичната година е по-дълга от 365 дни, то началото на календарната година се премествало по сезоните - новата година „блуждаела”. Египтяните познавали и периода на блуждаене 1461 години, наречен сотичен. Този период позволява по-точно определяне на продължителността на тропичната година - 365,25 дни. Археологическа находка от 1866г. свидетелства, че Птоломей III Евергет през 238г. пр.н.е. е приел корекция на календара, според която на всеки 4 години празничните дни в края на годината да бъдат 6 вместо 5. Целта е предутренните изгреви на Сотис да съвпадат с началото на календарната година. Реформата, известна като Александрийски календар, на името на столицата на Птоломеите Александрия, била отхвърлена от жреците. Влязла в сила едва през 26 г. пр.н.е., т.е. след завладяването на Египет от Рим и след като Рим се възползвал от знанията на египетските астрономи за създаването на нов календар.

Най-древният римски календар е лунен, с 10 месеца. Около 700г. пр.н.е. Нума Помпилий прибавил към годината още два месеца, явно с цел да я приближи към сезонния цикъл. Началото на годината било през пролетта - 1 мартиус. Самият месец е посветен на бога на войната Марс. Вторият месец априлиус /април/ отразява разлистването на дърветата. Следват: майус на богинята на Земята – Майа; юниус на богинята на брака и семейството – Юнона; квинтилис – пети; секстилис – шести; септембер – седми; октобер – осми; новембер – девети; децембер – десети. Единадесетият месец бил посветен на бог Янус – януариус, а дванадесетият нарекли фебруариус, на очистването, защото тогава извършвали такива ритуали. Понеже лунната година е по-къса от слънчевата, през две години между 23 и 24 февруари прибавяли тринадесети месец от 22 или 23 дни – мерцедоний. Колко дни и кога да се прибавят, решавали жреците. Понякога от незнание, но по-често с користни цели те разбърквали календара и хаосът бил голям. През 46 г. пр.н.е. римският пълководец Юлий Цезар станал инициатор на календарна реформа. За целта възложил на александрийските астрономи начело със Созиген да съставят календар, който днес наричаме Юлиански.

При Юлианския календар продължителността на тропичната година е приета за 365,25 дни. Затова в период от 4 години три от годините са обикновени с 365 дни, а една е високосна с 366 дни. Дните са разпределени в месеци, но продължителността на последните не е свързана с лунните фази. Прието било нечетните месеци да имат 31 дни, а четните - 30. Но $6 \times 31 = 186$ и $6 \times 30 = 180$ са общо 366 дни, т.е. това е разпределение за високосните години. При обикновените години последният месец, да припомним, че това е февруари, оставал с ден по-малко – 29 дни. Реформата засегнала и началото на годината. То било преместено на първи януари. Самият календар започнал да действа от 1 януари 45г. пр.н.е., който тогава бил ден на първото новолуние

след зимното слънцестоене. При реформата отпаднал мерцедонис, а названията от квинтилис до децембер не отговаряли на истинският си номер, но запазили названията си. След убийството на Юлий Цезар квинтилис бил преименуван на юлиус /юли/. По-късно секстилис посветили на първия римски император Октавиан Август. Като четен месец, секстилис имал 30 дни, което било неуважително за римляните. Преименувайки месеца на августус /август/ те прибавили към него още един ден за сметка на февруари. Така се получило разпределението на дните, което ползваме и досега. Наследство от древен Рим е и термина „високосна година”. Прибавянето на допълнителния ден ставало при 24 II, което при римското броене било 6-ти ден преди мартенските календи. Допълнителният ден е два пъти шести - биссектус, откъдето дошло “високосен”.

Юлианският календар служил добре на Римската империя, в която все повече се разпространявало християнството. През 313 г. н.е. император Константин Велики дал религиозна свобода на гражданите /разрешил християнството/, а през 325г. н.е. свикал I-вия Никейски събор, който обсъдил въпросите на вярата. Съборът приел денят на Христовото Възкресение, свързан с еврейския празник Пасха, да се празнува в първата неделя след първото пълнолуние, предшествано от пролетното равноденствие, т.е. трябва да настъпи първото пълнолуние след пролетното равноденствие и в неделята честваме Великден.

Църквата изчислява пасхалии - таблици, които с години напред определят датата на Възкресението. Затова календарът е от изключително значение. Никейският събор приел Юлианският календар за абсолютно точен, въпреки че в годината на събора пролетното равноденствие настъпило на 21 март, а не на 24, както по времето на Христос. Разминаването се дължи на по-дългата календарна година от тропичната. За първите столетия от новата ера това не било голям проблем. Такъв били множеството календарни ери, по които се отчитало времето. Първоначално в Рим летоброенето се водило по управлението на консулите. През I в. н.е. била въведена ерата „от основаването на града”/Рим/-21.IV.753г. пр.н.е. Тази ера се използвала до XVI в. Друга разпространена ера е ерата на Диоклециан - 29.VIII 284г. н.е. В източните части на Римската империя използвали ера „от сътворението на света”, която имало два варианта –александрийски - 1. IX. 5508г. пр. н. е. и константинополски -1. III. 5508г. пр.н.е. Разнообразието от ери е много объркващо и през 525г. н.е. римският монах и папски архивар Дионисий Малки, изготвяйки пасхалиите предложил новата християнска ера. При съставянето на пасхалиите църквата използва Големия Пасхален индиктион /гр.-цикъл/. Той е съставен през 457г. н.е. от Викторий Аквитански по поръка на папа Лъв Велики. Големият индиктион съдържа два подцикъла. Единият е 28 годишен, наречен „слънчев кръг”. През 28 години има пълно повторение на календара - всички дати се разпределят по един и същи начин по седмиците. Другият цикъл е 19 годишен,

”лунен кръг”. При него има пълно повторение на разпределението на лунните фази по датите на календара. Затова периодът на Пасхалния индиктион е $28 \times 19 = 532$ години. Като приел, че Христос възкръснал на 25 III, неделя, пълнолуние, чрез индиктиона Дионисий пресметнал годината на Възкресението, а 31 години назад определил годината на Рождество. Така годината 241 от ерата на Диоклециан, в която работел монахът, се превърнала в 525 от Рождество Христово. На латински ерата означили и сега се означава с A.D. /Anno Domini - година на Господа, лето Господне/. Новото летоброене било призната официално от папа Бонифаций IV през VIIв., но популяризирането му се дължи на Беда Преподобни. Православната църква дълго време не признавала ерата поради сериозни възражения относно определянето на началната година. В крайна сметка новото летоброене се наложило, употребяваме го и днес като н.е. /нова ера /.

След първото хилядолетие от новата ера разликата между календарната и тропичната година станала осезаема. Пролетното равноденствие се изместило в началото на март и реформата станала неизбежна. Католическата църква започнала обсъждания по въпроса още от 1414 г., които продължили повече от век. Научното достижение, осигурило успеха на реформата, е точното определяне на продължителността на тропичната година - 365 дни 5h 49min 16 s -по-малко от минута разлика от сегашната. Заслугата за това е на немския математик и астроном Еразъм Рейнголд /1511-1553/, който публикувал резултата през 1551г. в „Пруски таблици”.

През 1582г. Папа Григорий XIII назначил комисия за съставянето на нов календар, начело с професора по математика и астрономия в Болоня Игнацио Данти. Комисията одобрила проекта на Луиджи Лилио /1520-1576/ математик и лекар, професор по медицина в университета на Перуджа. Като отчетел, че на всеки 400 години Юлианският календар изостава с три денонощия от тропичната година, той предложил в период от 400 години броят на високосните години да се намали с три за сметка на обикновените. При такава корекция продължителността на календарната година става 365,2425 дни или само с 0,0003 дни по-дълга от тропичната.

$97 \times 366 = 35502$ дни и $303 \times 365 = 110595$ дни, общо 146097 дни, които разпределени в 400 години са $146097 : 400 = 365,2425$ дни.

Тази разлика осигурява разминаване между календара и астрономичния период 1,2 денонощия за 4000 години.

Удобен е и начина на определяне на високосните години. Тъй като 100 се дели на 4, то стотиците години са винаги високосни по Юлианския календар. Лилио предложил годините до 400г. н.е. да съвпадат с Юлианския календар, запазвайки датата на пролетното равноденствие 21.III., както било прието на Никейския събор. След 400 година от списъка на високосните години отпадали тези, чийто брой стотици не се дели на 4. Например, 500 година е високосна по Юлианския календар, но не и по новия, защото годината съдържа 5 стотици,

5 не се дели на 4 без остатък. Аналогично, 600, 700, 900, 1000, 1100 години отпадали от списъка на високосните, но 800 и 1200 години са високосни и по двата календара. Разликата между новия и стария календар към 1582г. била 10 дни. За отстраняването ѝ папа Григорий XIII издал була, с която денят 4.X.1582г., четвъртък, по Юлианския календар, бил последван от 15.X.1582г. по новия календар, станал известен като Григориански.

Новият календар не бил възприет веднага от цяла Европа и света. Може да се намери зависимост между приемането на календара и традиционното вероизповедание на страната. Първи възприемат реформата католическите страни – Италия, Франция, Испания, Португалия, Полша. С около 200 години по-късно е приет от протестантска Европа - Германия, северните страни и Великобритания. През 1873г. е приет в Япония, а 1912г. - от Китай. В източно-православните страни приемането на календара е още по-късно, в годините около Първата световна война. Все пак България е първа. С указ на цар Фердинанд 31.III.1916г. бил последван от 14.IV.1916г. Отпаднала необходимостта от двойно датиране. До този момент всички документи имат по две дати – стар стил /Юлиански/ и нов стил /Григориански/. Нашите съседи, възприемат Григорианския календар по-късно: 1919-Румъния; 1923-Гърция; 1924-Югославия и 1925-Турция, като част от реформите на Кемал Ататюрк. От времето на Османската империя страната ползва два календара – лунен в религиозния живот и Юлианския – в светския от 1677г.

Русия също е пример за това, как просперитетът на държавата е свързан с използвания календар. През Хв. Русия приема християнството и Юлианския календар с ерата от „сътворението на света”, като началото на годината било през пролетта. В 7000 г. от сътворението чакали края на света и, когато не настъпил, Петър I издал указ, с който преместил началото на годината на 1.I. и от 7208 г. преминали към 1700 г.н.е. Една от първите задачи на съветската власт е издаването на декрет, който заменил Юлианския с Григорианския календар -1918г.

В България и целия православен свят, без Гърция, Григорианският календар бил приет от държавата, но не и от църквата. Това води до необходимостта от преместване на църковните празници. Тъй като към 1900г. Юлианският календар изостава спрямо Григорианския с 13 дни, то новата година, Василев ден, трябва да се празнува 13 дни по-късно по Григорианския календар. Правилото е към датата на Юлианския календар да се добавят 13 дни. Така Василев ден се премества на 14 .I., а Йорданов ден и Ивановден от 6 и 7 януари си празнуват на 19 и 20 януари съответно. 25 .XI. е ден, по Юлианския календар, в който църквата почита св. Климент Охридски, патрон на единствения в началото на миналия век университет. След 1916 г. студентите трябвало да преместят датата на 8.XII по Григорианския календар. Тази дата днес е останала празник за всички български студенти, а тези от Софийския университет празнуват и на 25.XI, защото БПЦ приема Новоюлианския

календар през 1968г. При този календар няма разминавания с датите на Григорианския и църковните празници се връщат по местата си от преди 1916г. Решението на БПЦ е похвално /много от православните църкви не са сменили Юлианския календар/. То премахва редица неудобства. Например, честването на Нова година по Григорианския календар се пада по време на Коледните пости, самата Коледа е на 7.I, вместо на 25.XII. При това след 2100 година разликата между двата календара ще нарастне с още един ден, което означава ново преместване на празниците / Коледа - 8.I./ При смяната на календарите БПЦ не проявява излишен педантизъм. Тя запази честването на празника Гергьовден /св.Георги/ на 6.V., дата от реформата през1916г., а не върна празника на 24.IV.

В България по-голяма е неяснотата при отбелязване на събитията от нашата история. На 3.III. по нов стил или 19.II. стар стил 1878г. е подписан Сан-стефанския мирен договор. Затова 3.III. е Национален празник. Но Съединението на Княжество България с Източна Румелия е извършено на 6.IX. стар стил или 18.IX. нов стил 1885г. Защо празнуваме на 6.IX.? Пак по стар стил отбелязваме и Независимостта.

Странно е, че българските историци не правят корекции. Може би защото по-важно е отбелязването на събитието, отколкото датата. Може би чакат новия световен календар да отстранят неточностите?

Идеята да се създаде общ за целия свят календар не е нова. През 1923г. в Женева ОН създава Международен комитет по реформа на календара. Войната прекъсва работата. През1954 г. Съветът за икономическо и социално развитие към ООН предлага проект за постоянен календар, който не среща всеобща подкрепа. Развитието на транспорта и комуникациите увеличиха степента на глобализация и активизират привържениците на идеята.

Изискването бъдещият календар да е постоянен, означава всички месеци и години да съдържат еднакъв брой седмици, така че датите от календара да се падат винаги в един и същи ден от седмицата, независимо от годината. Такъв календар ще изглежда винаги по един и същи начин, ще бъде постоянен.

Пример за постоянен календар е египетския. Винаги 12 месеца по 30 дни и 5 празнични. Разбираме нежеланието на жреците да въведат високосен ден, дори заради астрономичния период.

Друг пример е Републиканския календар на Френската буржоазна революция от 1789г. Той отразявал отхвърлянето на монархията и църквата. Християнската ера от Рождество била заменена от 22.IX.1792г., когато провъзгласили Републиката. Денят на есенното равноденствие бил начало на новата година /вместо 1.I./ Самата година структурирали както при египетския календар. Имената на месеците свързали с характерна стопанска дейност или климатична особеност. Последните 5 дни били празнични. Високосен ден се въвеждал, но не със система, а от астрономични наблюдения. Календарът просъществувал от 5.X.1793г. до 1.I.1806г.

През 1834г. италианецът Марко Мastroфини забелязал, че може да се състави постоянен календар, при който дните са разделени в 52 на брой седмици - $52 \times 7 = 364$ дни, като остават един или два свободни дни. През 1849г. френският философ Огюст Конт предложил проект за календар, при който всички месеци съдържат 4 седмици по 7 дни. Началото на годината и на всеки месец е в един и същи ден на седмицата - понеделник. Всеки месец има 24 работни и 4 почивни дни. Оставащият ден е празничен. Неудобството на такъв календар са 13 те месеца на годината, което не позволява разделяне на равни полугодия.

През 1888г. Френското астрономическа общество организира конкурс за постоянен календар, спечелен от Густав Армелин. В проекта отново се използва 7 дневна седмица, но 52 на брой седмици са разделени на 4 тримесечия. Всяко тримесечие съдържа 13 седмици. Месеците имат различна продължителност - първият от тримесечието е с 31 дни, а останалите с по 30. Ако началото на годината е в понеделник, то всички тримесечия започват в понеделник. За вторите и третите месеци началото е винаги съответно в четвъртък и събота. При този календар повтаряемостта е по тримесечия. Оставащите един или два дни са извън системата, празнични.

Разглеждания през 1954г. проект е вариант на проекта на Армелин. Интересното е, че през 1947г. в пещери край селището Кумран на брега на Мъртво море са открити текстове на староеврейски, които описват календар, подобен на този на Армелин. В необичайния за този географски район календар, Й.Вълчев вижда „българска следа”. Писателят, заедно с Д.Съслов, Г.Кръстев, П.Добрев и Ив.Танев, е един от изследователите на българският календар. Те считат, че той е по-древен от китайския и от него е взимстван и Кумранският. Българският календар е слънчев, имал 52 на брой 7 дневни седмици. Първият ден бил извън системата, празничен и това бил денят на зимното слънцестоене. За нас сега е големия празник Игнажден. Високосният ден също бил празничен, вмъкван около лятното слънцестоене - Еньовден. Планетата Юпитер /Янкул/ определял 12 годишен цикъл, годините са наречени на различни животни. За съжаление оскъдните исторически документи не дават дори имената на всички години от 12 годишния цикъл, камо ли да възстановят неоспоримо календарната система.

Българският календар напомня, че трябва да ценим и съхраняваме знанията на предците. В тази връзка ще завърша с достойнствата на календара, който ползваме в момента. Григорианският календар има проста и удобна система за въвеждане на високосни години, като при това осигурява задоволителна точност - 1,2 денонощия на 4000 години.

Независимо от бъдещия календар, Григорианският е забележително достижение на човека, служило добре на много поколения.

ГОЛЕМИТЕ НАУЧНИ ПРОЕКТИ

Магдалена Христова

Департамент по приложна физика, Технически университет – София, София 1000,
бул."Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: mchristo@tu-sofia.bg

Резюме. В тази статия са представени големите научни проекти в света, които се изграждат и по които се работи. В рамките на тези проекти има огромни възможности за обучение на студенти, докторанти и млади специалисти от всички инженерни специалности, от машиностроителните до съобщителните и тези свързани с програмирането, което е особено благоприятно за бъдещите научни изследователи.

Ключови думи: LIGO, ITER, NIF, Chikyū, EXFEL, EELT, Neptune, Icescube, 1999 AO10.

1. Увод

Понастоящем можем да отделим от всички научни проекти в световен мащаб (без космическите програми) 8 от тях като най-значими за човечеството. Само по себе си обединяването на учени от много страни, на техния теоретичен и експериментален потенциал с цел да се намерят отговорите на важни за живота и развитието на човечеството въпроси е повече от огромно постижение. Влагането на много големи финансови средства за осъществяването на тези проекти с мирни цели е забележително. Никога досега хората не са имали подобри възможности за научни изследвания от такъв мащаб, пространствен, времеви, енергиен и финансов, от наносвета до макрокосмоса. Това е от особено значение най-вече за младите учени и обучаващи се във всички страни. Всеки от тези проекти е една научна школа от най-високо ниво, която предоставя много възможности за развитие именно на младите. Изграждането на големите научни проекти [1-8] в света, техните цели и задачи са отлично отразени и дефирирани на интернет страниците им за различни възрастови групи и ниво на компетентност, от детската градина до научната общност. Запознаването на широката публика с научните изследвания и търсения по тези проекти се осъществява и чрез редица статии в популярни международни списания [9, 10] и български издания [11]. Целта на изнесенния доклад на тази тема по време на Дните на физиката и на настоящия текст е запознаване на обучаващите се в ТУ-София с тези огромни възможности за настояща и бъдеща научно-изследователска работа.

Все пак е месец април, да не забравяме космонавтиката и хумора☺. Последният разгледан проект [10] е посветен на нея и се отнася до организиране и подготовка на пилотирана мисия до астероид.

2. Модел, подход, метод, решение, експериментална постановка

В тази секция всеки научен проект е представен в отделна подточка. Набелязани са целите и задачите, подходи и методи към решаването им.

2.1. Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO)

Трепти ли време-пространството?

Обсерваторията за регистриране на гравитационни вълни [1] е построена в САЩ и работи от 2002 г. Усъвършенстван модел на обсерваторията се очаква да заработи през 2014 г. Целта на проекта е улавянето на трептенията на време-пространството, които са предсказани теоретично от Алберт Айнщайн през 1916 г. Съгласно общата теория на относителността масивни или високо енергетични обекти изкривяват време-пространството което се проявява в появата на силна гравитация около тях. Резки промени в движението на такива обекти води до разпространение на време-пространствените изкривявания в космоса, т.е. вълнов процес на гравитационна енергия. През 1974 Joseph Taylor и Russell Hulse откриват двойка неутронни звезди (звезди с много голяма плътност) в нашата галактика, които биха могли да създадат гравитационни вълни и са обект на наблюдение от LIGO.



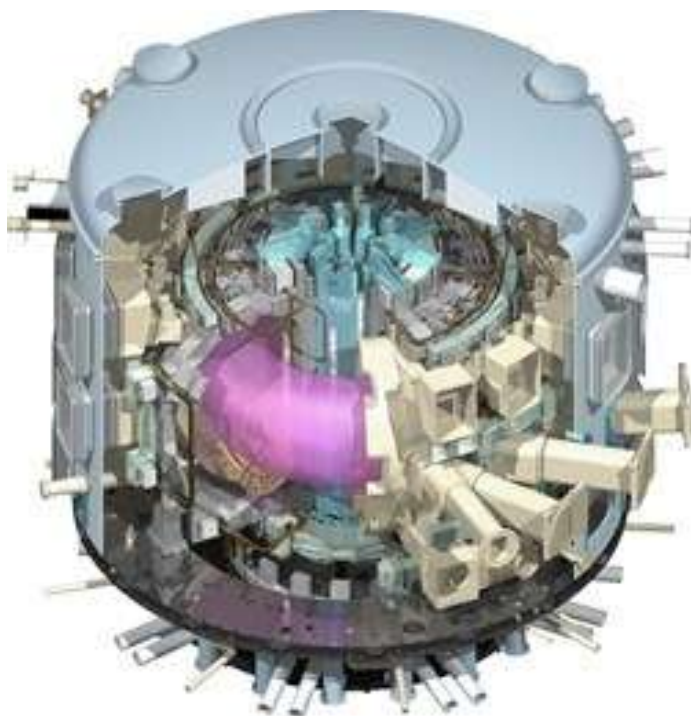
Фиг. 1. На тази фигура е показан механизмът, пораждащ гравитационните вълни. Наблюдаваните две неутронни звезди обикалят около общ център. Движението на тези масивни обекти изкривява време-пространството и води до появата на гравитационни вълни в космоса. Едната от неутронните звезди е пулсар (регулярно излъчва радиовълни) и се очаква, че нейните импулси ще бъдат времево отместени от гравитационните вълни. Това времево отместване би трябвало да бъде отчетено едновременно от два независими детектора - лазерни интерферометри - построени за тази цел. Те са разположени в Hanford, Washington

и в Livingston, Louisiana. До момента не са регистрирани гравитационни вълни.

2.2. International Thermonuclear Experimental Reactor

ITER - път към бъдещето?

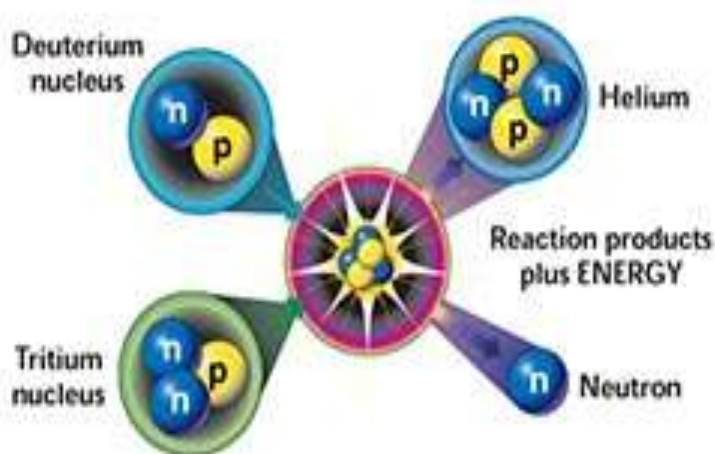
Международният проект за изграждане на реактор за термоядрен синтез [2] включва усилията на Европейския съюз, Индия, Китай, Русия, САЩ, Южна Корея и Япония. Разположен е на територията на Южна Франция, градчето Кадараш. Идеята за термоядрения синтез като дълготраен източник на енергия



е съветска. Както се посочва в литературата това е най-скъпият научен проект след Международната космическа станция. Целта на проекта е да се покаже, че е възможно получаването на енергия за индустрията чрез контролиран термоядрен синтез. Етапите на изграждане са: 1) построяване на всички инсталации и получаване на плазма - от 2010 до 2017; 2) пускане в действие на DEMO инсталацията до 2030 и получаване на 2000 – 4000 MW мощност; 3) производство на енергия за индустрията от 2040.

Фиг. 2

Fusion Reaction



Фиг. 3

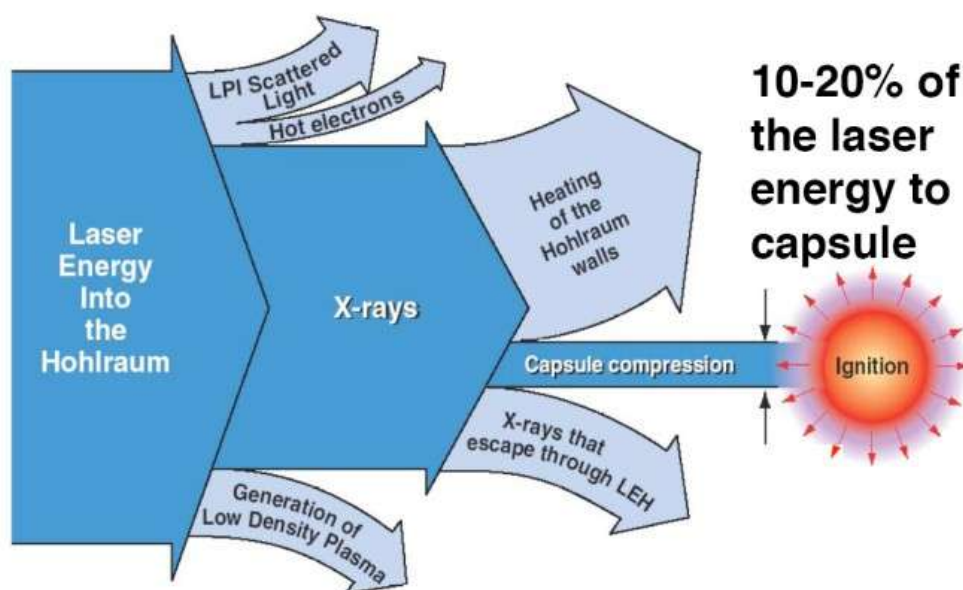
На Фиг. 2. е показана схема на реактора. Очаква се отношението на получената енергия към вложената при работа на реактора да е над 10. Основни въпроси за разрешаване пред които са изправени учените са добивът и производството на деутерий и тритий, съставките за осъществяване на термоядрения синтез (Фиг. 3). Получаването на 1 kg деутерий от морската вода струва 5000 \$.

Тритият е с много кратък период на полуразпад и за сега е възможно получаването му в много малки количества като цената на 1 g е 30 000 \$! Друг съществен въпрос за решаване е как и от какво да бъде изграден реакторът така, че да бъде устойчив на екстремните условия при които протича синтезът. Именно тук е атакуван проектът от най-големите му опозиционери, които казват, че ITER е „слънце в бутилка”, а нямаме бутилката.

2.3. National Ignition Facility (NIF)

Вътре в звездите?

Както проектът LIGO така и проектът NIF (Livermore, California) [3] се изграждат, ръководят и обезпечават от САЩ с участието на учени и групи от целия свят. Целите на този проект са научни и военни (как ще пропуснат точно те). Към първите спадат реализация на термоядрен синтез, източник на енергия в бъдеще и изучаване на космоса. Вторите се отнасят *уж* до националната сигурност. Проектът е открит в края на 2010 г.



Фиг. 4.

Енергията на 192 лазера е насочена към смес от деутерий и тритий поместена в алуминиево кълбо, разположено в златен цилиндър. В тази капсула става термоядреният синтез при екстремни условия каквито се предполага във вътрешността на звездите и горещите ядра на планетите.

2.4. Chikyū

Тайните на Земята?

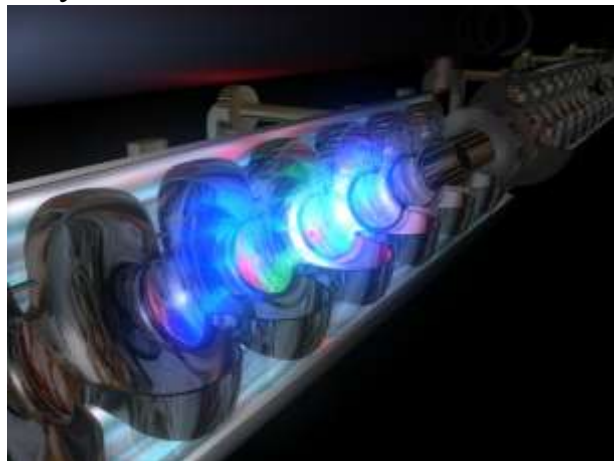
Chikyū [4] е дълбоководен сондажен кораб построен за изучаване на причините за възникване на земетресенията от една страна и от друга, да допринесе за разгадаване на загадката около възникването на живота на Земята.

Изследванията върху поведението на микроорганизмите в дълбоководните скали биха спомогнали за намиране на отговорите на втория въпрос, тъй като те съществуват при такива условия, каквито са били при възникването на Земята.



Фиг. 5.

отделни вирусни частици. Времетраенето на тези процеси е трилионна част от секундата!



Фиг. 6.

Проектът (толкова актуален днес) се реализира от Япония и е в действие от 2006 г. Извличането на проби от земната мантия става чрез дълбоководна сонда (Integrated Ocean Drilling Program) проникваща през земната кора (Фиг. 5.). Тъй като дебелина на земната кора в океаните е между 5 и 7 км (за сравнение на континентите тя е между 30 и 60 км) сондата е разположена на кораб, който блуждае из океана. Сондирането трае с месеци поради което, корабът е снабден със сателитна навигация за стабилност при силни вълнения.

2.5. European X-ray Free-Electron Laser (EXFEL)

Жизнените процеси?

Целите на този европейски проект [5] са: 1) пространствено фотографиране на изграждането на химичните съединения от атомите, нови връзки или прегрупирането им – процеси, които лежат в основата на живота;

2) наблюдение на нагънати белтъци и

Постигането на тези цели е възможно чрез изобретяването на рентгенов лазер (Фиг. 6.) със свръхкъси импулси. Ускорени електрони със скорост близка до скоростта на светлината се движат във вакуумна тръба и създават Ре фотони, които представляват силни кохерентни Ре светкавици за осветяване на изучаваните процеси.

Постигането на тези цели е възможно чрез изобретяването на рентгенов лазер (Фиг. 6.) със свръхкъси импулси. Ускорени електрони със скорост близка до скоростта на светлината се движат във вакуумна тръба и създават Ре фотони, които представляват силни кохерентни Ре светкавици за осветяване на изучаваните процеси.

2.6. European Extremely Large Telescope (EELT) Друга Земя?



Фиг. 7.

На тази фигура е показан макет на големия оптичен огледален телескоп (42 метра диаметър), изграждащ се по европейски [6] проект. Неговите цели са търсене на сродни планети на Земята и наблюдение в недостъпни досега галактики. Очаква се да бъде пуснат в действие от 2017 г. като все още не е уточнено местонахождението.

Важни задачи по този проект са достигане на 100 пъти по-голяма чувствителност спрямо съвременните оптични телескопи и компенсация на атмосферната динамика. Дизайнът на огромния телескоп е уникален и революционен. Схемата включва 5 отделни огледала, които дават изключително качествен образ. Например, едното от огледалата се състои от 1000 сегмента като всеки от тях с размери 1,4 м дължина, но само 50 мм дебелина. Това налага изключителна прецизност и точност при изготвяне на елементите.

2.7. Neptune

На дъното на океана?

Neptune (Фиг. 8.) е дълбоководна обсерватория [7] конструирана с участието на Канада и САЩ. Открита е през 2009 като през 2015 ще бъдат включени нови модули. Местонахождението и е в Североизточния пасифик. Поставените цели по този проект са: картиране на морското дъно – само 10% от световния океан е картиран досега; изучаване на милионите все още неоткрити

животински видове; наблюдение на цялата тектонична плоча Хуан де Фука; как глобалните климатични промени влияят върху световния океан – особено актуално днес е влиянието на все още изтичащата радиация от Япония.



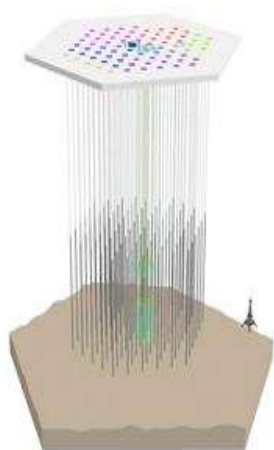
Разположени са 11 наблюдателни станции без екипаж, свързани помежду си чрез кабел на дълбочина до 3000 м. Събирането на информация ще трае поне 25 г.

Фиг. 8.

2.8. Icescube

Антиматерията?

Icescube [8] представлява леден телескоп за улавяне на космическо неутрино. Този проект се ръководи и финансира от научни организации от САЩ. Откриването му предстои тази година. Разположен е на Южния полюс. Неутриното е много интересна частица като обект на научни търсения и огромно предизвикателство за детектиране. Тя е пощальон за звездни

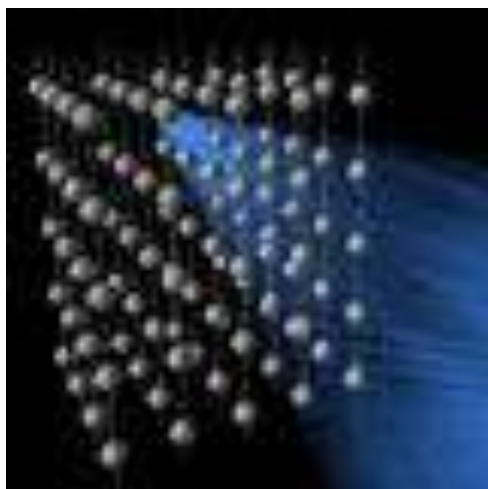


Фиг. 9.

експлозии и космически катастрофи като изчезване на звезди в бездните на черните дупки. Тя е и резултат от дезинтегриране на радиоактивни елементи. Слабо взаимодейства с материята, не и въздействат магнитните полета в космоса и не се поглъща. Всичко това я прави изключително трудна за откриване.

На фигура 9 е дадена схема на ледения телескоп с височина 2,4 км, хексагонална основа. Идеята за използване на кубче лед като телескоп за неутрино е изказана за първи път от съветски учени през 70-те години на

20 век и първите експерименти са проведени през 80-те години. При преминаване през леден блок има макар и малка вероятност неутриното да взаимодейства с протон от водородно ядро на водната молекула в леда.



Фиг. 10.

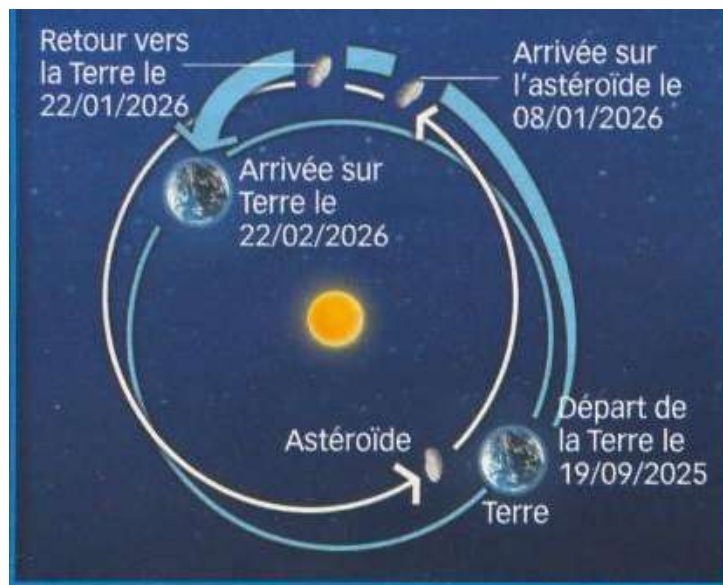
В резултат на това се ражда мюон, който при движението си създава светещ конус в синьо (Фиг. 10.), дълъг 250 м. По време на движението си мюонът запазва същото направление на движение на неутрино, т.е. ще се открие мястото откъдето идва неутрино. В ледения блок са поместени много детектори за регистриране на излъчената светлина. От нейния интензитет ще се получи енергията на неутрино. Записаните светлинни сигнали от детекторите се преобразуват в електрични и се отвеждат към повърността на Земята.

2.9. Космическа програма за пилотирано кацане на астероид

Астероиди – опасност, а може би един шанс?

Да, астероидите представляват реална опасност за сблъсък със Земята, както това е ставало и преди. От друга страна, те са може би възможност за полесен достъп до космоса, идеален трамплин за космически полети [10]. Освен това, интерес представлява богатството им на минерали, метали, газ, вода - всички ресурси за които мечтаят и учени, и индустриалци. Те са по-достъпни дори и от Луната, както по отношение на разстояние, така и на гравитация за преодоляване. Астероидите, чиито орбити навлизат в Слънчевата система се наблюдават внимателно, номерират, помещават в каталог, надлежно се следят и орбитите им се изчисляват.

На тази фигура е показана схемата на пилотираната мисия, която се



Фиг. 11.

подготвя за посещение през 2025 г. на астероид 1999 AO10, най-добрият кандидат за небесното родео. За сега се знае малко за този астероид, чиято дължина е 50 м. Съставът му е неизвестен, въртенето също. Ето защо първият етап на мисията през 2019 включва изпращане на сонда за картографиране на релефа и анализ на състава.

Вторият етап е пилотираната мисия, като се предвижда изстрелване на ракета Арес V на 19.09.2025 с екипаж от 3-ма

астронавти. Ракетата ще бъде снабдена с надуваем модул за живеене и капсула

тип Орион за връщане на Земята. Полетът за отиване ще трае 111 дни. Пристигането на астероида се предвижда да стане на 8.01.2026. Престоят там е планиран за 2 седмици като двама от астронавтите ще обхождат астероида и ще вземат проби, а третият ще остане в надуваемия модул. На 22.01.2026 трябва да напуснат астероида и завръщането ще трае 31 дни, приземяване на 22.02.2026. Програмата се разработва и финансира от САЩ.

3. Обсъждане

Всички тези проекти се нуждаят от млади учени със свежи, нетрадиционни идеи и оригинално мислене. Всеки един от тях дава огромни възможности за обучение и развитие. Също така програмите „Еразъм”, „Сократ”, „Кордис”, 7-ма рамкова програма и др., насърчаващи научния и академичен обмен би трябвало да бъдат интензивно използвани от нашите студенти. Провеждането на стажове, курсови и дипломни работи, магистратури, докторантури и специализации в рамките на научните проекти би допринесло не само за израстването на самите студенти, а и за утвърждаването на изследователските лаборатории, които ги изпращат.

4. Заключение

В заключение бих искала да пожелаая успех на младите колеги от нашия университет. Така, както чиракът е надминал своя майстор и изваял красивата „Колоната на чирака” (параκληсът в Рослин, Шотландия), така и те красиво и елегантно да надминат в проектите си своите учители. Така, както чиракът е написал на колоната „Истината е над всичко”, така и те да допринесат за откриване на истината чрез големите научни проекти.

Литература

- [1] <http://www.ligo.caltech.edu>, <http://www.ligo.org>
- [2] <https://lasers.llnl.gov/>
- [3] www.iter.org
- [4] <http://www.jamstec.go.jp/chikyuu/eng/CHIKYU/index.html>
- [5] <http://xfel.eu/>
- [6] <http://www.eso.org/sci/facilities/eelt/>
- [7] <http://www.neptunecanada.ca/>
- [8] http://gallery.icecube.wisc.edu/external/icecube-concept/ceren_hires.jpg.html
- [9] Science & Vie, juillet 2009
- [10] Science & Vie, novembre 2010
- [11] GEO, Гиганти на науката, май 2009

НЕБЕСАТА СЕ КВАНТУВАТ ПРЕД НАС

Александър Карастоянов

Департамент по приложна физика, Технически университет – София, София 1000,
бул. "Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: ask@tu-sofia.bg

Резюме. Вълновото уравнение на гравитационното поле има своята стационарна форма. Изискването за еднозначно съответствие между вълнова функция и положение води до съотношение, което обобщава формулите на Бор и дьо Бройл в атомния свят. По такъв начин възможните стационарни планетни орбити са квантувани.

Ключови думи: планетни орбити, гравитационно вълново уравнение, квантуване

Дискретността на оптичните спектри и установеното квантуване на атомния свят породиха цял куп от догадки и фантазии, довели до вековно тържество на древни представи за субективизъм на нашето възприемане на природата и неопределеност на природните прояви. Забрави се като че ли древната мечта на Демокрит: "предпочитам да узная причината дори само на едно природно явление, отколкото да бъда цар на Персия". А Бог и Природа се надсмиват над нас!

Квантуването или съществуването на собствени стойности в природата е наблюдавано от дълбока древност. То дава повод на Питагор да заяви, че музиката е математика. Става въпрос за трептенето на струната и нейните собствени честоти, основа на древни музикални инструменти. В съвременната инженерна практика се срещахме с много случаи на собствени решения на диференциалните уравнения и собствени стойности на някои физични величини в тях [1]. Поразяват собствените стойности на уравнението на Ойлер за изкривяването на пръта [2]. Атмосферата се квантува, като се разпада на няколко слоя [3]. В средата на миналия век полярният изследовател Ото Шмид установи, че орбиталните моменти на количеството на движението на планетите следват просто правило, като нарастват почти линейно с номера на планетата, т.е. и те се квантуват [4].

А защо не и точно? И коя е причината?

Сега ще проверим, че от уравненията на гравитационното поле по правилата на математиката следва квантуване на стационарните състояния на планетите, колкото до реалните днешни състояния на слънчевата система, тя е още млада и и предстои да се развива във времето, така че не бива да търсим точно съответствие между наблюдаваните положения на планетите и техните

възможни стационарни орбити. Най-близко до идеала е Меркурий, който е най-близо до Слънцето и най-силно изпитва неговото действие. Колко далече са останалите планети от стационарността може да се разбере поне от това, че за една секунда електронът във водородния атом прави почти 10^{15} обиколки около ядрото, а Слънчевата система е едва на около 4,5 милиарда години.

Мълчаливо се приема, че гравитацията се разпространява със скоростта на светлината, за което се търси експериментално потвърждение. Аз имам две теоретични доказателства, че в слабо гравитационно поле (т.е. ако се пренебрегва слабото изкривяване на пространството съгласно ОТО) гравитацията трябва да се разпространява със скоростта на светлината във вакуум [5-6]. В [6] е получено и вълновото уравнение на гравитационното поле и можем да напишем [7]

$$\Delta\Psi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

където Ψ е вълновата функция, c - скоростта на светлината във вакуум и t - времето.

Ако полето е стационарно

$$\Psi = \psi \exp(i\omega t) \quad (2)$$

където ψ е амплитудна функция на координатите, i - имагинерната единица и ω - кръговата честота на периодичния процес, то може да се опише с по-простото уравнение

$$\Delta\psi + k^2\psi = 0, k = \frac{\omega}{c} = 2\pi/\lambda \quad (3)$$

където λ е дължина на вълната.

Да апроксимираме движението на планетите към случая на равномерно движение на материална точка по окръжност в дадена равнина. Такава система наричаме класически равнинен ротатор.

Нека изберем представяне на лапласовия оператор в сферични координати в равнината $z = 0$, $\theta = \pi/2$, $r = R$. В такъв случай остава компонентата на оператора по полярния ъгъл φ и от (3) имаме

$$\frac{d^2\psi}{d\varphi^2} + k^2 R^2 \psi = 0 \quad (4)$$

Както е добре известно, решение на това уравнение е синусова функция, например

$$\psi = a \sin kR\varphi \quad (5)$$

Да приложим сега към полето изискването за еднозначност.

Това означава, че след промяна на полярния ъгъл с 2π вълновата функция трябва да възобновява началната си стойност, необходимото и достатъчно условие за което е kR да бъде цяло число

$$n = kR = \frac{2\pi}{\lambda} R, n = 1, 2, 3, \dots \quad (6)$$

т.е.

$$2\pi R = n\lambda, \quad (7)$$

което възпроизвежда условието на дьо Броил за еднозначност на вълновата функция при водородния атом.

Орбиталният момент на количеството на движението на планетата е

$$L = pR, \quad (8)$$

където p е количеството на движението на планетата.

От последните две уравнения следва

$$\lambda = 2\pi L / np \quad (9)$$

което е по-обща форма на условието на Бор за стационарните състояния на електрона във водородния атом. $2\pi L$ е планетния аналог на Планковата константа h .

И така, загадката пада! Мои класически изчисления в атомния свят са дадени в [8-10].

ЛИТЕРАТУРА

[1] Физико-математическая библиотека инженера. Л. Коллатц. Задачи на собственные значения. Наука, М., 1968.

[2] П. Степин. Сопротивление материалов. Наука, М., 1983. P. Stepine. Resistance des matériaux. Mir, M., 1986, p. 258.

[3] Физическая энциклопедия. Сов. энциклопедия, М., 1988, 1, 133.

[4] О. Ю. Шмидт. Четыре лекции о теории происхождения Земли. АН СССР, М., 1966, стр. 528-530.

[5] А. Карастоянов. Основни гравитационни уравнения в анизотропно пространство с елипсоидални светлинни вълни. Изв. ВМЕИ, Юб. изд., 1970, кн. 5, 83-88.

[6] А. Карастоянов. СТО и гравитация. Юбилейна научна сесия по случай 15-та годишнина на ВПИ-Шумен, 29-30 окт. 1986.

[7] А. Карастоянов. Квантуване на планетните орбити. 26 НТС Контакт 2010. ТЕМТО, С, 2010, с. 24-25.

[8] А. Карастоянов. Класическо изчисление на пълната ионизационна енергия на хелиоподобни атоми. Год. ВУЗ - Техн. физика 1990, 26(2) 29-34.

[9] А. Карастоянов. Новогодишен коктейл. 6 ИС Контакт 2000. ИНГА, С, 2000, с. 395-401.

[10] А. Карастоянов. Потенциали на деутрон-деутронно взаимодействие. 9 АС Контакт 2002. ИНГА, С, 2002, 196-199.

ЯПОНИЯ – АПОКАЛИПСИС СЕГА ИЛИ ПРОСПЕРИТЕТ В БЪДЕЩЕТО

Бойко Рангелов

Геологопроучвателен Факултет, Минно-геоложки Университет, София,
e-mail: bramhguelov@gmail.com

Резюме. Земетресението от 11 Март 2011 (M9) има сериозни последици за Япония: Цунами (на места нивото достигащо над 10-15 метра), навлязло навътре в сушата над 20 км, с тежки разрушения и голям брой човешки жертви; авария в атомната електроцентрала Фукушима – с разрушени реактори, изтичаща радиация и дълготрайни екологични последици. За първи път системите за ранно предупреждение, сработиха безотказно и спасиха хиляди човешки живота...и още ...и още ...много, интересни и трагични последици.

Ключови думи: Япония, земетресение 11 март 2011, последици.

1. Увод

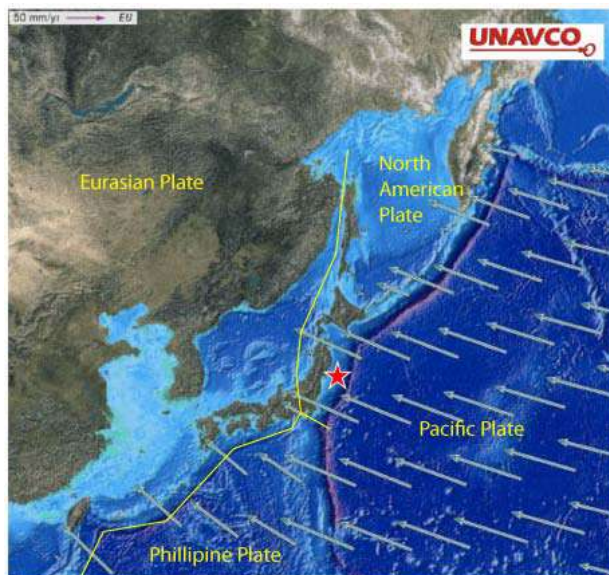
Известно е [1,2] че най-силните земетресения в 80-90% от случаите се “раждат” в зоните на субдукция – там където океанската земна кора се подпъхва под континенталната. Понеже това се случва обикновено по дъното на океаните, тези силни земетресения са най-честия източник на гигантски вълни-цунами. Някои примери: Чили, 1960 (M9.5), Аляска 1964 (M9.4), Суматра, 2004 (M9.3), Чили 2010 (M8.7) и сега о-в Хоншю, 2011(M9.0) .

11 март, 2011, 14ч.46 мин. след обед – грандиозно земетресение с моментен магнитуд 9.0 става на 370 км от Токио (12 милионната столица на Япония). Земетресението е в Тихия океан – там където Тихоокеанската океанска плоча се подпъхва под Азиатската. След две минути всичко затихва. Настава гробна тишина по улиците на Токио. Всичко движещо се и издаващо шум е спряло. Бясно люлеещите се сгради и съоръжения, вече са утихнали. Хората налягали по земята от стрес, започват да се изправят и да гледат мобилните си телефони, пейджери и ай-фони. Там има безценна информация – кога, къде и какво се е случило.

Всъщност, на 370 км от Токио и на около 150 км от най-близкия северен бряг на о-в Хоншю (Япония) до епицентъра, едната континентална плоча (горележащата) се е “отметнала” (учените наричат това отмятане – възседен тип механизъм на земетресението) като е отделила енергия равна на енергията на около 3 хиляди атомни бомби, като тази избухнала над Хирошима. Част от тази енергия се е разпространила като сеизмични вълни, предизвикали ужасяващите вибрации. Защото след първичните и вторичните, по-бавни от

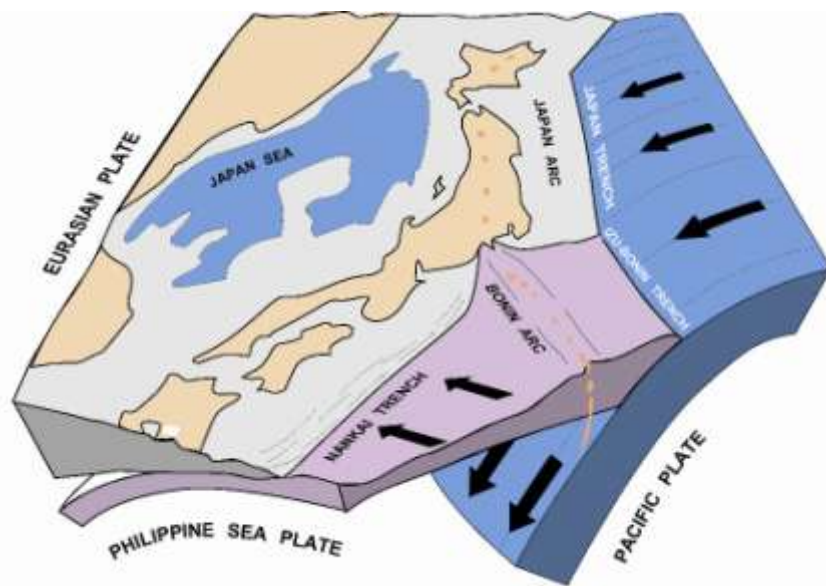
тях, но също толкова разрушителни са пристигнали по-късно и известните на специалистите – “повърхностни” вълни. И всички те носят смърт и разрушения.

2. Тектонски модел – генериране на земетресението и вълните цунами



Местоположението на епицентъра на земетресението от 11.03.2011. Вижда се, че е близо до тройното съчленение на Тихоокеанската плоча, (която се движи на запад и подпъхва под Евроазиатската) и Филипинската – разположена на юг.

Според съвременните представи, взаимното пространствено разположение на тези тектонски плочи може да се изобрази по следния начин: [www.csem.org]

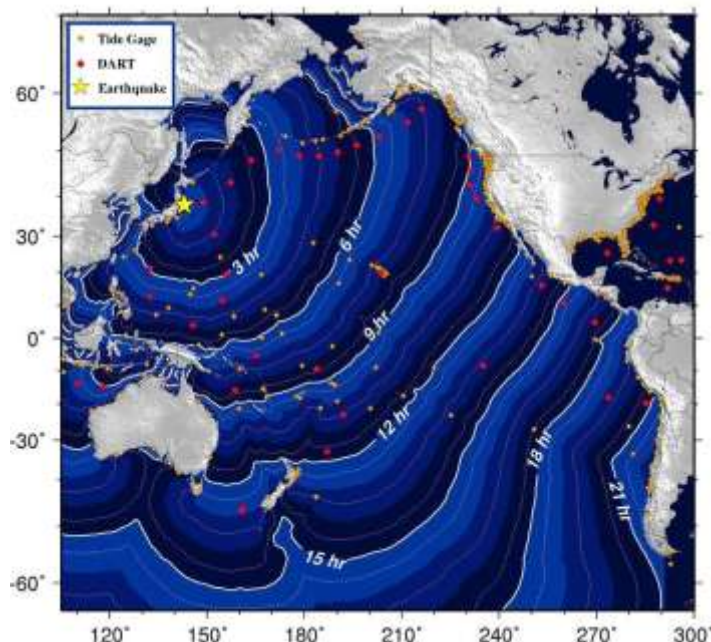


Модел на тройното съчленение – виждат се тихоокеанската, евроазиатската и филипинската плоча и техните пространствени взаимоотношения.

Подобно пространствено разполагане предполага натрупването на огромни напрежения, които често в този район се освобождават под формата на много силни земетресения:

Друга част от енергията отделена при “отмятането” на континенталната плоча е задвижила нещо още по-ужасно – вълните убийци – цунами.

Издадено е предупреждение от Тихоокеанската служба за ранно предупреждение от цунами в Хонолулу - Хавай (на 17-тата минута след земетресението) – че се очакват вълни по целия тихоокеански бряг. Всяка от местните служби разпространява тази информация до застрашените граждани от бреговите райони – в САЩ, Мексико, Перу, Чили, Панама – на хавайските и другите острови в Тихия океан – в Австралия и Нова Зеландия, на Суматра и Борнео. Вследствие на това е извършена успешна евакуация и са спасени хиляди човешки живота.



Прогнозното време за пробега на вълните цунами в Тихия океан до застрашените страни е предварително изчислено. Червените точки са морските станции, които следят дали се изпълнява прогнозата и при необходимост внасят текущи корекции. След 24 часа – тревогата в Тихия океан е отменена – загинали са по-малко от 10 души – главно поради нехайство и любопитство.

Всъщност, един сегмент с размери приблизително 500 на 500 км от океанската земна кора (подобна изометрична форма е рядкост – обикновено огнищата са елипсовидно изтеглени), разположен под воден стълб от 1-2 км се надигна рязко на няколко метра и отмести един обем с вода от около 400 000 км³ вода. Подобно на камък хвърлен в легена, образуваните вълни започнаха да се разпространяват в целия океан носейки кинетична енергия равна на взрива на 3 000 бомби като тази над Хирошима. За съжаление, вълните цунами имат

една много неприятна особеност – нарича се рефракция. Според тази особеност, по-голямата част от енергията на вълните се насочва към най-близкия бряг сеейки смърт и разрушения. А най-близкия бряг се оказа този на източната част на о-в Хоншю. Това беше основната причина тази част от Япония да понесе и най-тежките последици от вълните-убийци. Височината на водния стълб залял брега достигна на места 10-15 метра. Дълбочината на проникване върху брега – 15-20 км.



Нахлуването на цунами. Стихията помита всичко със себе си.

По-малкото количество енергия се разпространи из целия Тихи океан и достигна противоположната му страна (бреговете на Чили) след 21 часа, като причини изменение на водното ниво 1-2 метра, рядко достигайки 3 в по-тесните заливи.



Последиците от нахлуването. Това не е “автомобилен салон”.

3. Системите за рано предупреждение

Само няколко секунди преди хората в Токио да започнат да усещат вибрациите – системата за ранно предупреждение от силно земетресение в Япония е сработила безотказно. Изключени са АЕЦ, бързите влакове “Шинкансен”, метрото, газовите снабдителни уредби, електрическите мрежи и всички опасни производства. Това е първото голямо изпитание на тази система, влязла в експлоатация през 2007 година, след 5 годишен изпитателен срок. През тези пет години на всеки японец нееднократно е обяснено какво, как и защо прави тази система. Системата работи на принципа на пробег на първичните сеизмични вълни – тези които се разпространяват най-бързо, но са сравнително най-безопасни. И още – системата има за основна цел да изключи всичко, което може да предизвика вторични поражения – пожари, къси съединения, изтичане на радиация и отрови. И освен всичко това – тази система може да спасява и човешки животи. Защото след първичните, следват вторичните сеизмични вълни, които по теория се разпространяват със скорост 1.71 пъти по-малка от скоростта на първичните. Всички специалисти (включително и обикновените японци) знаят, че тази разлика в скоростите дава на Токио при този трус едни 40-50 секунди преди да бъде ударен градът от вторичните сеизмични вълни – обикновено с 3-4 пъти по-големи амплитуди (т.е. по-разрушителни) от първичните. Ето в тези 40-50 секунди е шансът за живот на всеки японец. Това време не изглежда много, но ако човек знае как да го използва – то може да му спаси живота. ...и ако е трениран – нещо на което са подложени всички в Япония – от Императора до най-малкия ученик. И това буди възхищението на останалия свят. Няма паника, хленчене, жалби за помощ. Достойно, с източен стоицизъм – веднага започва помощ за пострадалите разчистване на отломки, гасене на пожари (ако все пак някъде са възникнали), поправяне на всичко пострадало – повредени къщи, интериор, паднали екрани на компютрите, друга техника.

При вълните убийци – цунами идва на помощ още по-сигурната система за ранно предупреждение от цунами. Освен предупреждението на Тихоокеанската система за цунами, японците имат и своя – за бреговете застрашени от близките сеизмични огнища. Тази система работи на принципа на разликата в скоростите на сеизмичните вълни (средна скорост от 6-8 км/сек) и вълните цунами (средна скорост в този сравнително плитководен участък от 100-200 км/час). Само 5 минути след труса, Японската метеорологична служба (ЈМА) издава предупреждението за цунами – под формата на СМС, по Интернет и мрежите за разпространяване на всякаква информация – радио, телевизия, сирени, мобилни мрежи.

При разстояние от около 150-160 км от епицентъра до брега, вълните се очакват и започват да пристигат след 1-2 часа – безценно време спасило не един човешки живот. По същото време Гражданска защита изпраща хеликоптери над

най-близкия до епицентъра бряг на Япония. Целият свят гледа в реално време апокалиптичната картина на прииждащите вълни. Те носят като сламки кораби и самолети, коли и влакове, къщи и стълбове. Преминават над и под мостове, над магистрали и атомни централи, над стоманолъярни и нефтени рафинерии. И този път – всичко изпречило се на пътя им е пометено. Нищо не може да устои на 10 метровото покачване на нивото на океана.

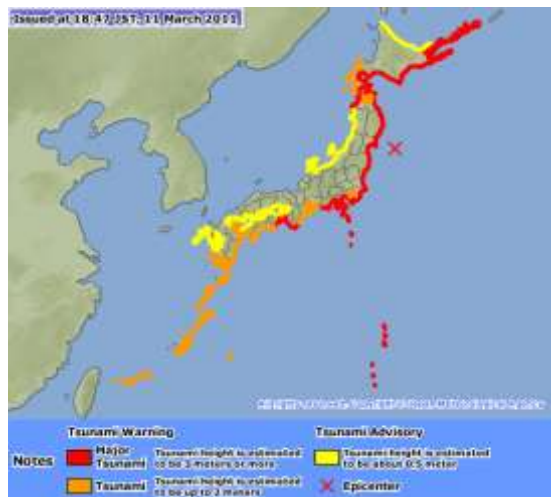


Схема на разпространената карта на JMA за опасността от цунами – червения цвят предупреждава за вълни над 3 метра, оранжевия жълтия – до 2 м. жълтия – до 0.5 м.

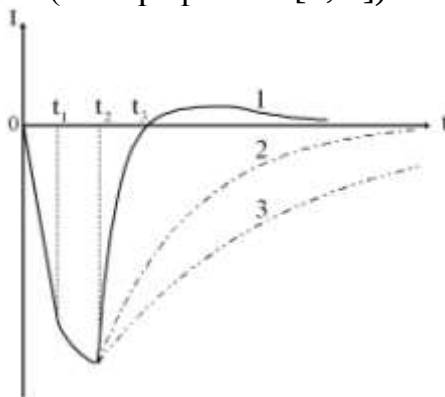
Това природно бедствие (цунами) единствено прилага два метода на евакуация – хоризонтална (далече от брега – “колкото по-далече, толкова по-добре”) и вертикална (“колкото по-високо – толкова по-добре”). Много хора следвайки тези правила, успяха да се спасят. Някои – не. Препатилите японци знаят, че от земетресение може да те спаси здравото строителство, но от цунами – нищо не помага. Поради това – в центъра за оперативно ръководство на критичните ситуации в Токио на JMA (което имах удоволствието да посетя преди няколко години) има 24 часово дежурство на един сеизмолог и на двама “оперативни отговорници” по цунами.



И все пак – въпреки ранното предупреждение – загиват хора. Сега равносметката показва – загиналите са над 15 000, безследно изчезналите – приблизително още толкова. Само че, ако това бедствие беше станало с тази сила и по този начин и засегнало друга страна – и жертвите и пострадалите – щяха да са много-много повече. (само за илюстрация – земетресението от 27 януари 2010 година в Хаити с магнитуд 7.2 предизвика 220 000 жертви.) Магнитуд 7 в сравнение с магнитуд 9 означава стотици пъти по-слаба енергия – или с други думи трябва да станат стотици земетресения с магнитуд 7 за да се достигне енергията на едно – с магнитуд 9, защото е известно, че магнитудната скала е логаритмична – т.е. силно нелинейна.

4. Възможно ли е възраждането на Япония?

При земетресението M9 и 10-15 метровите вълни от 11 Март, 2011 – преките загуби се изчисляват на над 250 милиарда долара. Вторичните – от спиране на производство и разстройство на цялата инфраструктура скоро едва ли ще бъдат отчетени. Обаче, може би – не след дълго – и източното крайбрежие на Страната на изгряващото слънце, ще се превърне в най-модерната и бързо развиваща се зона след разрушенията и ужаса, радиацията и апокалипсиса. Защото съществува един прецедент – и пак в Япония. След земетресението от 1995 г. с магнитуд 7.3 цял един град беше унищожен. Кобе – стана символ на земетръсен ужас и пожари. Загубите надхвърлят 100 милиарда долара. Но японците – отново с труд и много разум, направиха от срутения град и околностите му – най-проспериращата част от Япония. Вследствие на големите инвестиции и въвеждането на най-модерните технологии, възстановеният Кобе изникна като феникс от пепелта. Сега, един от най-лъскавите центрове на съвременната урбанистика се издига тъкмо в Кобе. Тогава за първи път се «роди» парадокс наречен «ускорено развитие вследствие на земетресение». До този момент обикновено пострадалите държави с много усилия успяват да се възстановят до икономическото ниво преди бедствието. И това се отдава само на най-развитите. По-слабите икономически едва успяват да «закърпят положението». (вж. графиката [3, 4])



Графика на функцията “загуби-възстановяване”

Графиката показва разпределението на загубите и възстановяването във времето t : първичните загуби от труса – до t_1 , вторичните (следствие на други фактори – икономически и социални) – до t_2 , възстановителните инвестиционни фондове – до t_3 . Крива 3 показва възстановяването на слаби икономически държави, крива 2 – на по-напредналите страни, а крива 1 – отразява възможния сценарий за възстановяването и икономическия бум в Кобе след земетресението през 1995 година.

Благодарение на мощните инвестиции, модерните технологии и добрата организираност – Кобе преживява истински икономически бум след земетресението през 1995. Може би и сега – източното крайбрежие на Япония го очаква подобно икономическо чудо.

Литература

[1] Рангелов Б., Гигантските сеизмични катастрофи – земетресения, митове, загадки и действителност., Минно дело и геология, бр. 5-6, с. 27-31. 2010.

[2] Ranguelov B., The great subduction earthquakes – Chile (Mw8.8, 2010) and Sumatra (Mw9.1, 2004) sources of the continental plate movements. Proc. 6-th NAT. GEOPHYS. CONFERENCE. Sofia, 17th Dec. 2010. pap. 4, 4pp. (on CD). 2010.

[3] Ranguelov B.,. Mathematics and Geophysics – Nonlinear approach to the Natural Hazards studies., Proc. of the Prof. Club., Vladivostok, vol.8-9, pp. 132-137. 2003-2004.

[4] Ranguelov B., Natural hazards – nonlinearities and assessment. “M.Drinov” Publ. House, BAS, S., 236 pp. 2011.

ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА – ПРЕДИМСТВА И НЕДОСТАТЪЦИ. ЕКОЛОГИЧНИ АСПЕКТИ

Георги Вълчков

ЕМФ, Технически университет – София, София 1000, бул. "Кл. Охридски" 8,
България,
e-mail: rgogo_1991@abv.bg

Ключови думи: ядрена енергетика, аец, вец, производство

1. Увод

Екологията е млада и бързо развиваща се наука, която все по-задълбочено изучава промените в климата и проблемите свързани със замърсяването на околната среда.

Силната проява на парниковия ефект през двадесетото столетие и свързаното с него глобално затопляне се дължи основно на човешката дейност. Увеличеното изгаряне на изкопаеми горива (въглища, петрол, земен газ, дърва) в енергетиката, транспорта, промишлеността, земеделието и бита са основната причина за емисиите на огромни количества въглероден двуокис и други парникови газове и аерозоли. От започването на индустриалната революция концентрация на CO_2 в атмосферата, който играе основна роля за проява на парниковия ефект, се е повишила с близо 30%, тази на азотния окис (N_2O) - с 15%, а на метана (CH_4) се е удвоила.

Непрекъснатото увеличаване на световното население увеличава необходимостта от огромни количества енергия. За задоволяването на тези нужди е необходима енергия от различни източници, но днес тя се добива предимно от полезните изкопаеми, а техните залежи ще бъдат на изчерпване към края на XXI век.

Добивът на електроенергия от алтернативни възобновяеми източници - слънчева, вятърна, биологична и геотермална енергия - заслужава подкрепа, но дори ако пестим енергия и масово използваме слънчеви батерии и вятърни електростанции, пак ще се нуждаем от по-мощни източници на електричество. Един такъв мощен източник, който трайно е навлязъл в съвремението и е трудно да бъде компенсирано неговото изключване от енергийния микс, е ядрената енергетика.

Голяма част от световното население живее в страни, където ядрените електроцентрали са неделима част от промишлената инфраструктура. Много страни като Китай, Индия, САЩ, Русия и Япония, където живее половината от

световното население, развиват ядрена енергетика. Други страни, като Аржентина, Бразилия, Канада, Финландия, Южна Корея, Южна Африка, Украйна увеличават ролята на ядрената енергетика, а Индонезия, Египет и Виетнам, проучват тази възможност.

Целта на доклада е да покаже положителните и отрицателните страни на ядрената енергетика. Представени са данни за производството на електроенергия и използването на ядрената енергетика в България.

2. Производство на електроенергия и потребление

Източниците на енергия могат да се разделят най-общо на 4 групи според начините на получаване на енергията:

- процеси на горене: въглища, природен газ, нефт и др. (ТЕЦ);
- енергия на движещата се вода (ВЕЦ)
- ядрена енергия (АЕЦ);
- възобновяеми енергийни източници (ВЕИ): слънчева енергия,

енергия на вятъра и геотермална енергия;

В таблица 1 са представени данни за производството на електроенергия в световен мащаб по данни на МААЕ към 2000г.

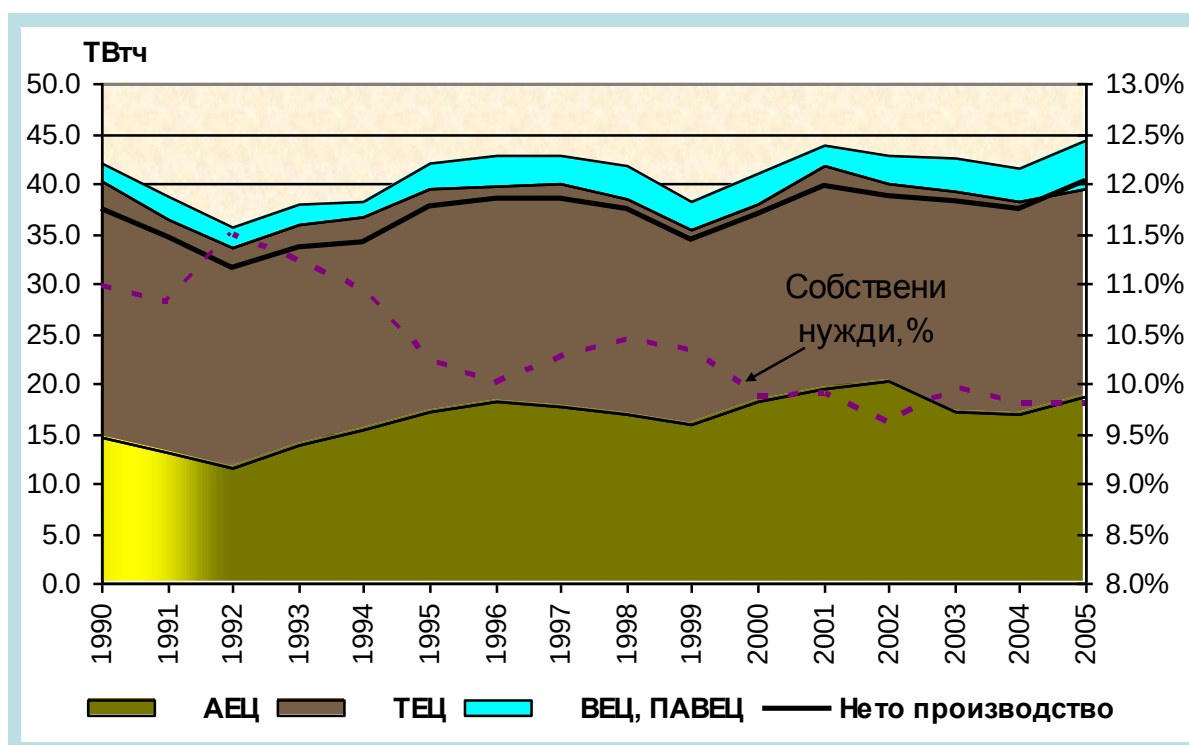
Източник на енергия	Производство
Изкопаеми горива	64%
Ядрена енергия	17%
Хидроенергия и традиционна биомаса	17% (хидроенергия)
Възобновяеми източници	2%

По данни на МААЕ [6] енергийното търсене на стария континент ще се увеличи с 19% между 2000 и 2030 година. Енергийният микс в условията на търсене ще бъде разпределен по следния начин:

- 82% изкопаеми горива - 35% петрол, 32% природен газ и 15% въглища;
- 9.5% ядрена енергетика;
- 8.5% възобновяеми зточници.

3. Производство на електроенергия в България

Производството на електроенергия в България през последните няколко години регистрира едни от най-високите стойности за периода след 1988г.



Производството на електроенергия в България

4. Ядрената енергетика в България

Първите два енергоблока на българската АЕЦ "Козлодуй" са въведени в експлоатация през 1974г. Първият енергиен реактор е водно-воден тип ВВЕР-440. Още 3 такива реактори са въведени в експлоатация до 1982г., а до 1991г. са инсталирани още два реактора тип ВВЕР-1000. АЕЦ "Козлодуй" има обща инсталирана електрическа мощност 3760MW. В края на 2002г., в съответствие с подписания Меморандум с ЕК бяха спрени от експлоатация първите два реактора. На 31 декември 2006 по решение на Министерския съвет в съответствие с Договора за присъединяване на РБългария към ЕС бяха спрени от експлоатация 3 и 4 блок. Със своите 3760 MW инсталирана мощност АЕЦ "Козлодуй" беше в основата на стабилността и сигурността на електроенергийната система на България.

Развитието на ядрената енергия в България продължава със строителството на АЕЦ "Белене", която трябва да отговори на предизвикателствата, които стоят пред нашата страна, а именно:

- Спирането от експлоатация на първите четири блока на АЕЦ "Козлодуй" – изведени 1760 MW екологично чисто производство;
- спазването на изискванията на Протокола от Киото;
- бавното навлизане на ВЕИ – въпреки високите изкупни цени на произвежданата от тях електроенергия;
- увеличаването на консумацията на електроенергия в страната

5. Предимства при използването на ядрена енергия

Източник на енергия в атомните централи е ядреното гориво. Ядреното гориво което се използва в АЕЦ за повечето реактори са съединения на урана, обогатени с изотопа уран-235, който в естествените находища на уранови руди е по-малко от 0,71%. По-голямата част от него в земната кора е силно разсеяна. По данни на МААЕ общите запаси са 20,4.106 t, в това число са и откритите до сега 3,3.106 t. Съдържанието на уран в рудите в повечето от находищата, които имат пазарна перспектива, е в диапазона от 0,001% до 0,03% и това налага да се извършва преработка и обогатяване на рудата. За промишлени цели се извършва изотопно обогатяване с уран-235, като неговото съдържание се довежда до 3÷4%.

При облъчването на U235 в реактора се получава вторично ядрено гориво във вид на делящи се изотопи на плутония. Натрупването на вторичното гориво в реактора – плутоний и слабо разпространения в природата елемент торий, могат да намалят в пъти необходимостта от добивите на природен уран. В страни като Индия се разработват програми за развитието на ядрената енергетика основана на уран-ториев цикъл с използването на вторично гориво.

Едно от съществените предимства на ядрената енергетика е дълговременната обезпеченост с гориво и слабо, почти никакво влияние от постоянно растящите цени на изкопаемите горива – нефт, въглища и природен газ. Едно зареждане на реактор с ядрено гориво осигурява почти една година работа на централата без нуждата от допълнително зареждане. При спирането за ново зареждане се сменя само 1/3 или 1/4 от горивото, което от своя страна допълнително допринася за намаляването на горивната компонента в себестойността на електроенергията произвеждана от АЕЦ.

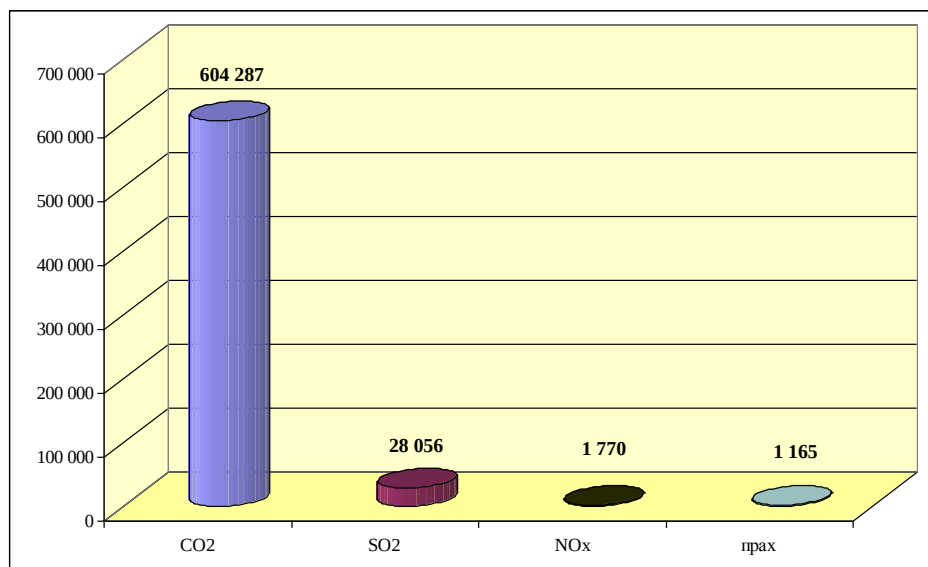
Друго съществено предимство на ядрената енергия е голямото количество енергия, което се съдържа в единица гориво, например:

- при изгарянето на 1 таблетка UO_2 , която тежи 5 g се отделят 13500 MJ топлина

- това количество топлина се постига при изгарянето на:

- ~ 640 kg дърва;
- ~ 400 kg черни въглища;
- ~ 360 m³ газ;
- ~ 350 kg нефт

Основното предимство на ядрената енергия е, че подобно на вятърната, водната и слънчевата, генерира електричество без емисии на въглероден двуокис и други парникови газове. Тя е доказан метод за производство на големи количества "екологично чисто" електричество и силно намалява зависимостта от внос на изкопаеми горива и внос на електроенергия.



Спестени емисии на ПГ от производство на електроенергия в АЕЦ "Козлодуй" в сравнение с конвенционални ТЕЦ за периода 1974-2006, [хил.тона]

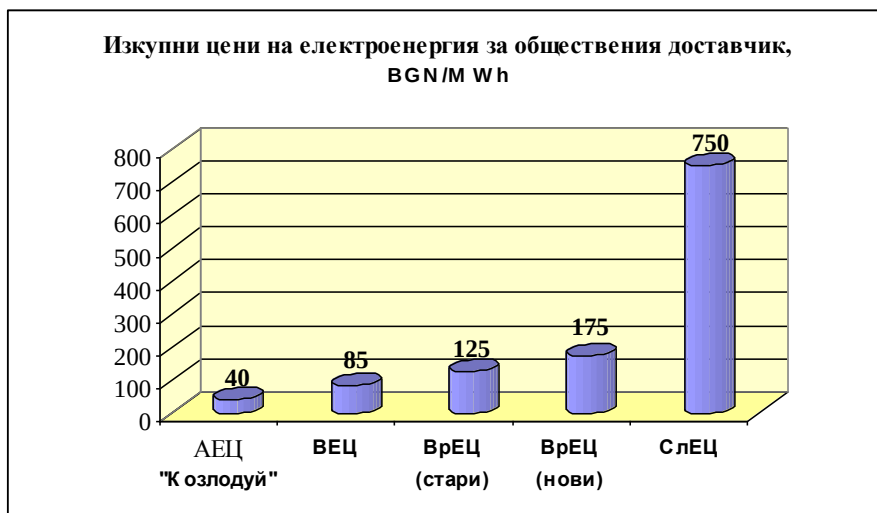
6. Икономически аспекти при развитието на атомните централи

Икономическите показатели на атомните централи са по-ниски в сравнение с тези на конкурентните производства на ел. енергия, което в крайна сметка води до по-ниски цени за потребителите.

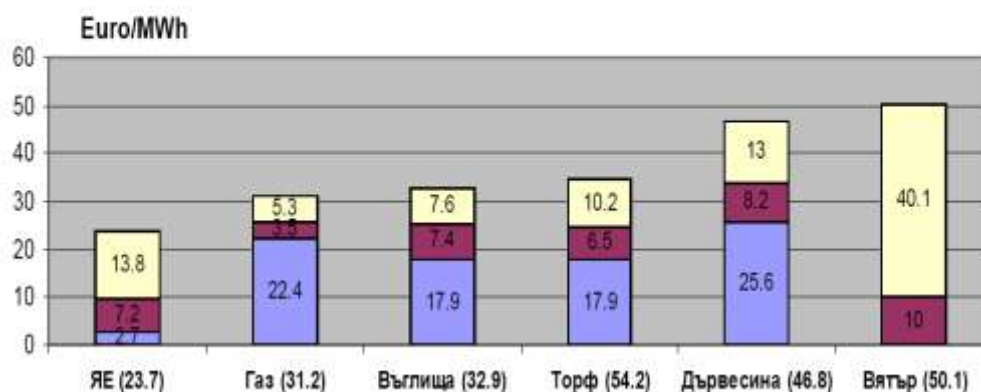
Общата цена на ел. енергията се определя от производствената цена (построяване, експлоатация, цена на гориво, разходи по извеждане от експлоатация) и от екологичната и здравна цена, която включва въздействието върху околната среда и населението.

Източник на електричество	Цена (US центове за един kWh)		
	Производствен а цена	Екологична и здравна цена	Обща цена
ТЕЦ			
- Въглища/лигнит	4,3 – 4,8	2 – 15	6,3 – 19,8
- Природен газ	3,5 – 5,0	1 – 4	4,4 – 9,0
АЕЦ	10 – 14	0,2 – 0,7	8 – 12
Биомаса (предимно дървесина)	7 – 9	1 – 3	8 – 12
ВЕЦ	2,4 – 7,7	0 – 1	2,4 – 8,7
Възобновяеми източници			
- Слънчева енергия	25 – 50	0,6	25,6 – 50,6
- Вятърна енергия	4 – 6	0,05 – 0,25	4,05 – 6,25

Оценки на Световния Енергиен Съвет (WEC) за средните световни цени на ел. енергията, произведена от различни източници към 2000 г.



Изкупни цени на електроенергия за обществения



Разходи за електропроизводство без търговия на емисии

7. Недостатъци при използването на ядрената енергетика

Основният недостатък на ядрената енергетика е генерирането големи по обем РАО – твърди и течни, а също така и натрупването на облъчено ядрено гориво. Тези отпадъци са бремене за бъдещите поколения. Управлението на РАО е въпрос, който е пряко свързан с бъдещото развитие на ядрената енергетика. Повече от 50% от гражданите на ЕС подкрепят ядрената енергетика при условие, че всички РАО и ОЯГ се управляват безопасно в дългосрочен план.

Друг съществен недостатък е замърсяването на околната среда от заводите за обогатяване на ядрено гориво, преработване и регенерация на отработено гориво. Работата на тези заводи води до влошаване на екологичната обстановка в тези райони, повишено облъчване на всички животински и растителни организми, и разбира се, на хората. Сериозен екологичен проблем са глобалните радионуклиди, които се генерират при работата на атомните централи: тритий-3, въглерод-14, криптон-85 и йод-134, които се

характеризират с висока подвижност в околната среда и имат големи периоди на полуразпад.

При нормална и безаварийна работа всяка една АЕЦ освобождава в околната среда определено количество радионуклиди,

Количествата на емитираните в атмосферата и хидросферата радиоактивни елементи е регламентирано със съответните законови разпоредби, които установяват пределните концентрации и средствата за контрол, които гарантират безопасността на населението.

Въведените принципи от МААЕ и норми от различни международни организации относно радиоактивните замърсявания, осигуряват необходимото ниво на безопасност на околната среда и хората.

Основна пречка в развитието на ядрената енергетика остава стресът (радиофобията) от неблагоприятните въздействия на средата, който е пропорционален на екологичните рискове. Реакциите на обществото след аварията в Чернобил оказаха сериозно влияние на икономическата политика относно използването на ЯЕ. В съзнанието на хората йонизиращата радиация тежи много повече от опасността от транспортни аварии, употребата на наркотици или тютюнопушенето.

Ядрената енергетика е изправена пред сериозен проблеми с осигуряването на човешките ресурси за бъдещото си развитие:

- Първото поколение специалистите на практика го няма, а второто поколение е солидно остаряло и си отива;
- Масово пенсиониране в следващите няколко години;
- Намаляващ брой студенти в специалностите свързани с ядрената енергетика;
- Намаляване на ресурсите за наука и изследвания

8. Заключение

Във връзка с промяната на климата е необходимо да се обърне внимание на развитието на ядрената енергия и възобновяемите енергийни източници с цел намаляване емисиите на парникови газове. В момента Протокола от Киото е действащ способ за ограничение на изхвърлянето на парникови газове, а тази важна крачка може да се постигне благодарение развитието на ядрената енергетика.

При сегашното си развитие когато светът е изправен пред неизбежна екологична катастрофа, тя може да бъде избегната, ако се изгради нов тип екоикономика, основана на използването на възобновяеми енергийни източници и ядрената енергия.

От екологична гледна точка възобновяемите енергийни източници са перспективни, но за да се увеличи техния дял са необходими десетки години. Ядрените централи днес са безопасни за работещите в тях и за населението, те

имат най-малко неблагоприятни екологични последствия и заслужават подкрепа. Важно е да се намери цялостен подход за управлението на РАО и ОЯГ, който да гарантира безопасността и сигурността на населението. Добре управляваните съществуващи ядрени централи като цяло са изгодни източници на електроенергия, за което свидетелства удължаване на лицензите в някои страни.

Бъдещето на ядрената енергетика ще зависи от това до колко ще удовлетворява нарастващите потребности от енергийните потребности и намаляването на екологичните проблеми, съпътстващи производството на електроенергия.

Атомната промишленост трябва да предоставя точна и навременна информация, за да гарантира, че рисковете и ползите от ядрените технологии са коректно и правилно разбрани. В същото време потребителите трябва да бъдат убедени, че ядрената енергетика е една от най-лесно достъпните и безопасни форми на енергийно производство в наши дни.

Необходимо е да се увеличи общественото доверие и да се подкрепи ядрената енергетика като част от бъдещето.

Ние се нуждаем от всички източници на енергия и ядрената е част от решението.

Литература

1. Европейски съвет, Заключение на председателството, Брюксел март 2007г.
2. Министерство на икономиката и енергетиката, Прогнози за електроенергийно потребление, София март 2006г.
3. Bulatom_Nuclear 20 revival март 2006г.
4. Георги Василев, Радиоекология, Тита консулт 2005г.
5. Списание "Първа атомна", брой 6 2006г., издава АЕЦ "Козлодуй" ЕАД
6. Годишен доклад на МААЕ за 2005г.
7. UCTE System Adequacy Retrospect 2005

ВСЕЛЕНАТА – МИНАЛО, НАСТОЯЩЕ И БЪДЕЩЕ

Десислав Андреев

ФКСУ, Технически университет – София, София 1000, бул. "Кл. Охридски" 8,
България,
e-mail: lorddessan@abv.bg

Резюме. Откъде идва Вселената, какво е тя, кога и как е създадена е въпрос, на който разумният човек се опитва да отговори от стотици години. Моделът на съвременната Вселена (нестационарната Вселена) е „оформен“ и доказан от Гамов и Хъбл. Според различни теории Вселената се развива по различни начини, но след откритието на Хъбл за разширяващата се Вселена и Теорията за „Големия взрив“, всички теории се опитват да обяснят как ще продължи развитието ѝ: Теорията на Осцилиращата Вселена се опитва да докаже, че Материята отново ще се свие към началната си форма. Теорията на струните (в частност М-теорията) „казват“, че „Големият взрив“ има съвсем различна природа. Стивън Хокинг е един от съвременните физици, които се опитват да обяснят Вселената, просто такава каквато е, и има голям принос в това. Теория на Суперсиметрията описва какво изгражда съвременната Вселена и какво я е изграждало преди.

Ключови думи: Вселена, теория, енергия, материя, Хъбл.

1. Увод

Още от появяването на първия разумен човек, се задава въпросът „Как да съществувам?“. През вековете този въпрос поставя началото на някои фундаментални философски заключения, които раждат основите на съвременните науки. Появяват се математически и физични закони (Закони на Нютон), които постепенно започват да изясняват състоянието (физическо) на природата около нас. Постепенно въпросът „Как да съществувам?“ се преобразува в „Защо съществувам?“ или „Как съществувам?“; „Какво има около мен?“ и т.н. Наблюдава се една градация в идеите и теориите за нашето съществуване от още от древните гърци – първите обяснения за самата природа (всеки бог олицетворява някакво явление); египтяните със своята Астрономия, макар и древна, правят небесните карти и постепенно се разбира, че има и други тела в небесното пространство, че има нещо доста далче от нас. Различни католици обясняват как всичко се върти около Земята, но благодарение на характерното движение на някои планети в Слънчевата система, Николай Коперник показва, че всъщност центърът на нашата система е Слънцето – не Земята. Именно тук започва и истинското осъзнаване какво и къде всъщност е човекът в огромното пространство, наречено Вселена и какво всъщност е Тя?

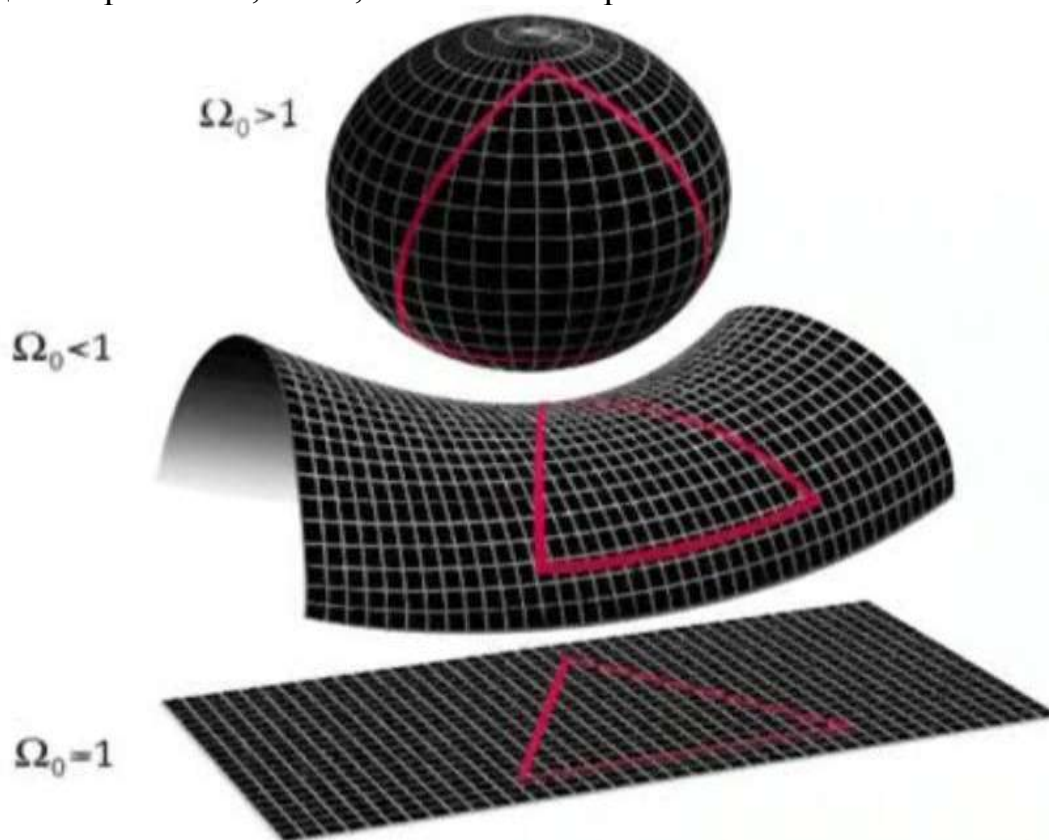
2. Модерен модел на Вселената.

Първите основи на съвременния модел за Вселената са поставени в така наречената Теория за горещата Вселена. Както знаем законът на Хъбл ни дава най – обща представа за Миналото. Тоест, че Вселената се разширява. Следователно Материята не е била винаги, това което е сега. Всичко започва в едно компактно и много плътно състояние, наречено сингулярно състояние. Както всички знаем, началото на Сътворението и Разширяването е „Големият взрив”. Говорим за теория на Горещата Вселена, именно защото в началното си състояние всичко е било синтезирано в една много плътна и същевременно много гореща точка. Тази теория води началото си още от 1922г., когато Фридман построява модел на нестационарна, непостоянна с времето Вселена. Няколко години по – късно Хъбл, откривайко „разбягването” на галактиките, потвърждава този модел. Най – често състоянието се илюстрира с раздуващ се балон. Идеята за „раждането” на Всичко, както я познаваме днес, е изказана от белгийския астроном Ж. Льомер, но в модерния си вид теория за Горещата Вселена е разработена от Георги Гамов. Кога е било „Началото” – нека разстоянието между две галактики е r (или други два космически обекта). Знаем, че $r=V.t$ Тук V е скоростта на разширяването, а t – времето от началото на Сътворението до сега, при равномерно разширяване. От Закона на Хъбл следва $V=Hr$, откъдето следва и $t=1/H$. Хъбл получава за $H=500\text{km}/(\text{s.Mpc})$, тоест $t=2.10^9$ години. Това поражда съмнения, защото е два пъти по – малко от възрастта на Земята, но с течение на времето константата на Хъбл се приема за $H=50\text{-}100\text{km}/(\text{s.Mpc})$. Тоест Вселената съществува от 10 – 20 млрд. години. Но това е при положение, че скоростта е постоянна. Днес знаем, обаче, че разширяването не е постоянно, което води до различни съмнения и неточности в изчисленията. Екипът, работещ по проекта за космическия телескоп „Хъбл” достига до заключението, че $H=70\pm 7\text{ km}/(\text{s.Mpc})$, което показва, че са изминало 12 млрд. години от Раждането. Нормален въпрос, който може да се зададе е „Какво е било тогава преди Началото?” В рамките на теорията за Горещата Вселена, този въпрос е лишен от смисъл, защото приемаме, че в началото на Вселената е създадена материята със законите, които я управляват, а с това било поставено и началото на пространството и времето, които Общата теория на относителността се разглеждат съвместно.

3. Осцилираща Вселена.

Една от основните теории, в чиито корени стои идеята за Вечната Вселена (тя винаги е съществувала и винаги ще съществува). Тоест Всичко ще се разширява до един момент, в който скоростта на разширение ще стане равна на 0, след което ще се свие отново до сингулярна точка, и така до безкрай. От математическа гледна точка би било лесно да определим формата, границите и

характеристиките в геометрията на Вселената. Според Теорията на относителността, материята, времето и пространството са свързани. Материята определя геометрията на пространството. При затворена или пулсираща Вселена кривината на пространството наподобява тази на окръжност, сфера или друга затворена крива или фигура. Такава кривина е положителна. Ако кривината наподобява тази на хипербола, тя е отрицателна, каквато е на отворената, вечно разширяваща се Вселена, но както казахме, наблюденията до този момент не дават възможност еднозначно да се определи дали кривината на пространството е положителна или отрицателна. Смята се, че експериментът „Бумеранг”, направен през 2000г. доказва, че Вселената се намира точно между двете крайности, тоест, че тя е плоска равнина.



4. Геометрия на Вселената

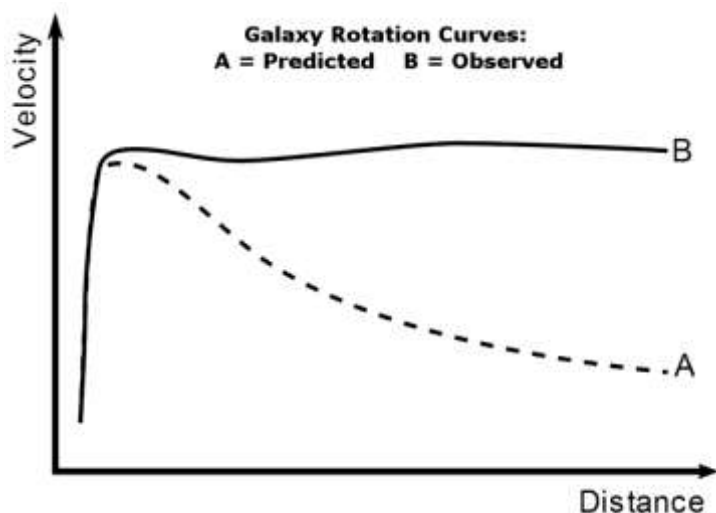
Говорейки за геометрия на Вселената и затова дали тя непрекъснато ще се разширява, трябва да си представим едно голямо кълбо вътре в нея. Неговата маса привлича телата, разположени по сферичната повърхност, ограничаваща кълбото. Останалото вещество, извън кълбото, би трябвало да го привлича еднакво от всички страни, така че поведението на телата по тази сфера ще се определя от привличането на веществото вътре в нея. То може да забави разбягването на разположените по сфера галактики и постепенно разширяването да спре. Ако това вещество е малко, това няма да стане. Масата

на кълбото е толкова по-голяма, колкото по-голяма е плътността на веществото в него. Така, че в зависимост от средната плътност на веществото във Вселената нейното разширяване може продължи неограничено дълго или да спре, след което тя ще започне да се свива. Критичната плътност е 10^{-30} g/cm^3 при по – малки стойности на плътността, разширяването няма да спре и Вселената е отворена. Вселената е затворена, когато плътността е по – голяма и разширяването ще бъде сметнато за свиване. Светещото вещество дава стойност за средна плътност на Вселената по – малка от критичната, но според някои учени голяма част от веществото не е светещо. Дали „скритата маса” в несветещото вещество е достатъчна, та средната плътност да надхвърли критичната стойност е един от неизяснените въпроси и до днес.

5. Тъмна материя.

Тъмната материя също играе централна роля в структурирането на Вселената и формирането на вещество при Големия взрив. Влияе измеримо върху анизотропията на реликтовото излъчване. Освен това, съществуването на тъмна материя решава редица проблеми в теорията на Големия взрив. Всички тези доказателства говорят, че галактиките, куповете от галактики, и цялата Вселена съдържат доста повече материя от непосредствено наблюдаваната днес - значи има и тъмна материя. Не се знае състава на тъмната материя, затова се правят всякакви предположения - възможно е да са нови елементарни частици като аксиони, обикновени и тежки неутриноти; или пък астрообекти като облаци от несветещ газ или звезди – джуджета. Първият учен, който дава доказателства и се досеща за съществуването на явление впоследствие наречено „тъмна материя“ е швейцарският астрофизик Фриц Цвики от Калифорнийския технологичен институт през 1933 г. Той приложил законите на небесната механика (Вириална теорема) към струпване от галактики и доказал, че там има невидима маса. Цвики оценил цялата маса на купа, знаейки скоростите на галактиките по периферията му. Като сравнил този резултат с резултати базирани върху общия брой галактики и общата светимост на купа се разбрало, че там има 400 пъти повече маса от очакваното. Гравитацията на видимите галактики от купа би била твърде малка за да ги удържи заедно. Така се появил т.нар. "проблем за липсващата маса". Единственото решение било да се предположи, че има невидима форма на материята, която с гравитацията си удържа галактиките от купа. Доста от информацията за тъмната материя идва от изучаването на движенията на галактиките. Много от тях изглеждат с еднородно разпределение на масата, което ни дава право да използваме някои теореми от механиката (напр. Вириална теорема). Според механиката цялата кинетична енергия на купа трябва да е равна на половината от потенциалната енергия на взаимодействие на галактиките. Експериментално, обаче, се видяло, че кинетичната енергия е доста повече от това. В частност ако

гравитацията е предизвикана само от наблюдаемата маса на купа, то галактиките далеч от центъра не би трябвало да се движат толкова бързо. Графиката, показана по – долу, разглежда ротационни криви в два случая – А е теоретично предсказана по законите на Кеплер и В е реално наблюдаваната. Само тъмната материя може да обясни разликата.

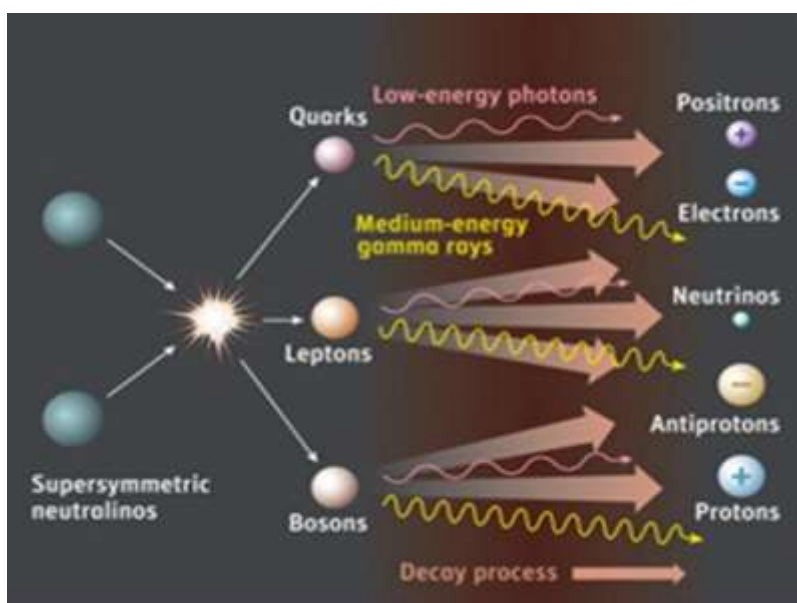


Естествено има и други доказателства за присъствието на тъмна материя във Вселената и съответно има доста други теории, които да обяснят гореспоменатите явления като Модифицирана Нютонова динамика, която променя законите на Нютон за малки ускорения или пък Теория на Модифицираната гравитация, предложена от Джон Мофат, базирана на несиметричната Гравитационна Теория. Въпреки това През август 2006 г. при наблюдения на сблъсък между две галактически струпвания(купове) учени заявиха, че дори при модифицирана гравитация, трябва да допуснем присъствието на определено количество тъмна материя. Обосновават се с това, че когато обикновената материя е "изметена" от струпването, гравитацията на тъмната материя се наблюдава (предполага се че тя не взаимодейства по никакъв начин освен гравитационно). Има изследвания, които заявяват, че TeVeS теорията би могла да обясни наблюдаваните ефекти, но и в този случай е нужно повечето маса да е под формата на тъмна материя (вероятно под формата на обикновени неутрино-та). В някои научни трудове се съобщава, че Несиметричната Гравитационна Теория пасва количествено на наблюденията без да има нужда от "екзотичната" тъмна материя. **Тъмната енергия** е вид енергия, засега по-скоро удивително и необяснено явление, което за първи път е наблюдавано в свръхнови звезди. Идеята за нея възниква през 1998 г., когато астрономи откриват, че наблюдаваните свръхнови са по-тъмни от очакваното, т.е. по-отдалечени. Изследванията върху тях разкриват, че Вселената претърпява нелинейно ускорение на разширение по закона на Хъбъл. Тя създава особен вид всеобщо „антипривличане“, в резултат на което се

появява ускореното разширение. Това е енергия, получавана от вакуума, която е свързана с космологичната константа от уравнения на Алберт Айнщайн. Наричат я тъмна по две причини. Първо, тя е невидима, т.е. не излъчва светлина, не поглъща и не отразява светлината. Второ, нейната физична природа и микроскопична структура засега са напълно неизвестни. Различни доказателства за наличието на „тъмни обекти” съществуват, но едно от основните е гравитационна леща - явлението на изкривяване траекторията на светлината при преминаване в близост до масивни астро-обекти като звезди или галактики. Изследването на гравитационната леща позволява на астрофизиците релативисти да определят разпределението на материята във вселената и да изчислят масата. Ако такива наблюдения се повторят, би било възможно да се определи кривината на пространството и с точност да се фиксира константата на Хъбъл.

6. Суперсиметрия.

Във физиката на елементарните частици **суперсиметрията** е вид симетрия, която съпоставя една частица с целочислен спин с друга частица, разликата между които е $1/2$ спин, като така съпоставените частици се наричат суперсиметрични партньори. С други думи, в суперсиметричната теория на всеки вид бозон (частица с целочислен спин) съответства вид фермион (частица с полуцислен спин) и обратно. Към 2009 година е доказано по косвен начин, че суперсиметрията съществува в природата. Но тъй като суперпартньорите на частиците в Стандартния модел все още не са наблюдавани, суперсиметрията, ако тя съществува, трябва да е нарушена симетрия, позволяваща на частиците да бъдат сравнително тежки. Ако суперсиметрията съществува, то тя ще е



близо до TeV (тераелектронволта) по енергийната скала и ще позволи да се решат два главни проблема във физиката на елементарните частици. Единият е Йерархичния проблем - въз основа на теорията е вероятно да се очакват големи (но не и задължително необходими) корекции на масите на частиците, които без прецизна нагласа ще се окажат значително по-големи, отколкото са действително по отношение на нормалните, срещани в природата. Друга възможност за потенциално развитие е обединението на слабите ядрени взаимодействия, силните ядрени взаимодействия и електромагнетизма. Друго предимство на суперсиметрията е, че суперсиметричната Квантова теория на полето може да бъде решена в някои случаи. Суперсиметрията е също характеристика и на повечето варианти на Струнната теория, макар че тя може да съществува в природата дори и струнната теория да е неправилна. Минималният суперсиметричен стандартен модел е едно от най-добре изучените кандидати за физика извън границите на стандартния модел.

7. Теория на струните

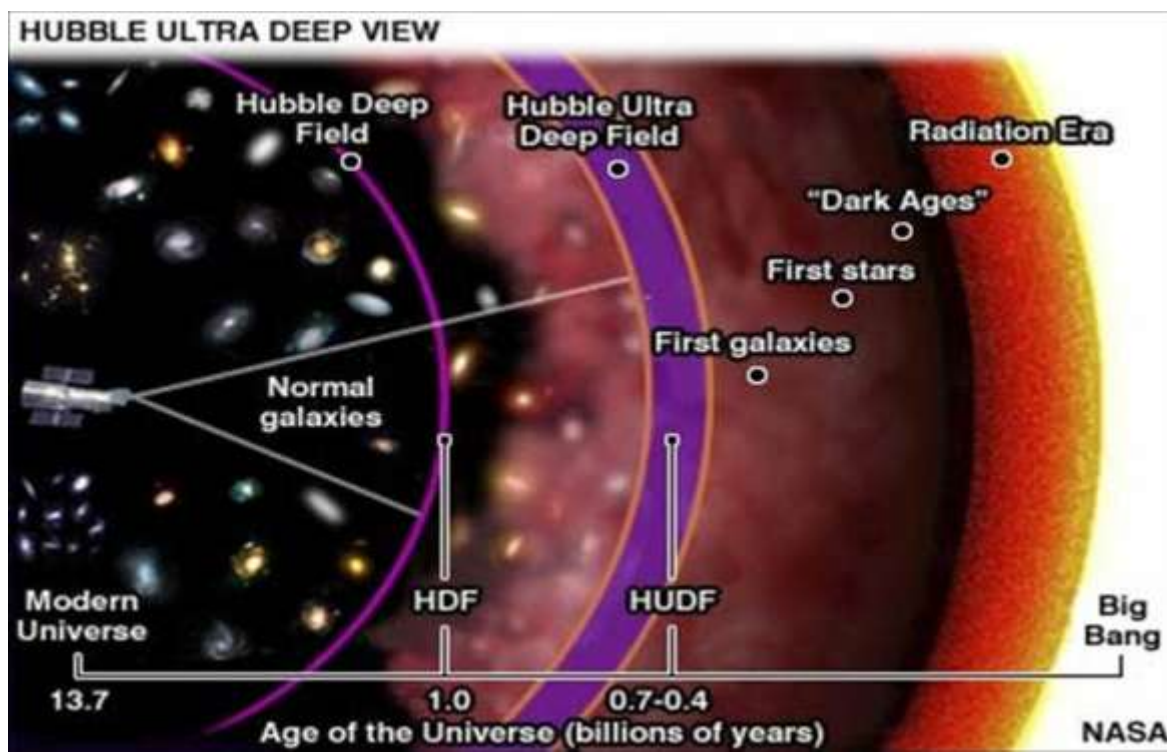
Теория на струните е модел от теоретичната физика, която се стреми да обясни всички налични в природата сили и елементарни частици. Нейни градивни елементи са едноизмерни обекти (струни) вместо безизмерни точки (частици) които са основата на стандартния модел от физика на елементарните частици. По тази причина теория на струните е в състояние да разрешава проблеми, възникващи от това, че квантовата механика разглежда елементарните частици като точковидни обекти. Очаква се струнната теория да разработи една разумна теория на квантовата гравитация. Нещо повече, предполага се че струнната теория ще може да унифицира известните ни в природата сили: гравитационна, електромагнитна, силно ядрено взаимодействие и слабо ядрено взаимодействие, като ги опише с един набор от уравнения. Теория на струните разглежда не само едноизмерни струни, но и многоизмерни обекти. Тя предполага съществуването на 10 или 11 измерения на пространство - времето, в противовес на класическите 4 измерения (пространствени – x , y и z , и време t). Основната идея на всички струнни теории е, че основните градивни частици на действителността представляват струни със свръхмикроскопични размери (вероятно с дължината на Планк – около 10^{-35} m), които трептят със специфични резонансни честоти. Така всяка частица трябва да се възприема като микроскопичен едноизмерен трептящ обект, вместо като точка. Този обект може да трепти в различни модове (както струните на китарата могат да възпроизвеждат различни тонове), като всеки мод се явява различна елементарна частица (електрон, фотон и др.). Струните могат да се делят и да се сливат, което е еквивалент на това частици да поглъщат или излъчват други частици, подобно на ядрените реакции между елементарни частици. Теория на струните разглежда както отворени струни,

които имат две определени крайни точки, така и затворени струни, чиито краища се съединяват. Тези два типа се държат по различен начин, генерирайки два различни спектъра. Така например в повечето струнни теории един от модовете на затворена струна се явява гравитона, а един от модовете на отворена струна е фотона. Тъй като двата края на отворена струна винаги могат да се съединят, то няма теория на струните без затворени струни. Най-ранния модел теория на струните - бозонната, включваща само бозони, описва при достатъчно ниски енергии теория на квантовата гравитация. Този модел обаче, има някои ограничения. Както самото име предполага, спектъра от частици на тази теория обхваща само бозони, частици като фотона, които грубо казано са съставляващи на радиацията (излъчването), но не и на материята, която е съставена от фермиони. Теории на струните, които включват и фермиони са познати като теории на суперструните. Съществуват няколко разновидности на тези теории, но всички те представляват гранични случаи на една по-нова теория М-теорията. Именно, според създателите на Струнната теория (в частност М – теорията) се създават нови предположения за природата на Големия взрив. Тоест явлението може да не е било спонтанно нарушаване на симетрията в сингулярната точка, а сблъсък на две паралелни вселени, чиито остатъци са създали нашата Вселена. Най – простото представяне е като книги на лавица. Паралелните вселени са подредени успоредно една до друга и в един момент нещо предизвиква сблъсъка на две от тях, съответно това може да се тълкува като нов начин за създаване на Вселаната. А Суперструнната теория от своя страна се е заела със задачата да обедини Всичко в една теория (сили, частици...). Това обаче поражда известни критики, защото в нашето физическо пространство са наблюдавани само четири големи измерения и физичната теория трябва да има това в предвид, но нищо не пречи на една теория да разглежда повече от четири измерения. В случая съгласуваността на теорията изисква пространство - времето да има според различните струнни теории 10, 11 или 26 измерения. Конфликтът между наблюдение и теория е решен предполагайки, че ненаблюдаваните измерения са т.нар. компактни измерения (те са толкова малки, че са недостъпни за наблюдение). Човешкият ум познава триизмерното пространство и трудно може да си представи дори и четвърто пространствено измерение, а още по-малко по-високи. Но дори в това състояние ние виждаме само 2+1 измерения; зрението в три измерения би позволило да се виждат едновременно всички страни (с изключение на отвътре) на обекта. Един начин за справянето с това ограничение е не опитът да се видят големите измерения като цяло, а просто да се мисли за тях като допълнителни числа в уравненията, които описват начина, по който е устроен светът. Това поставя въпроса дали тези „допълнителни числа” могат да бъдат изследвани директно в някакъв експеримент (който трябва да покаже на учените различни резултати в 1, 2 или 2+1 измерения). Някои скептици повдигат въпроса дали моделите, които се осланят на подобно абстрактно моделиране (и потенциално

невъзможно огромна експериментална апаратура), могат да бъдат разглеждани като „научни”. 6-измерните Калаби-Яу многообразия могат да дадат обяснение за допълнителните измерения изисквани от суперструнната теория.

8. Какво има отвъд видимия хоризонт

Извън тези „фантастични” и усложнение на обикновения човек неща, можем винаги да си представим какво е Вселаната, та ние дори виждаме нейното минало. Гледайки към звездите, планетите и всички други астрообекти, които ние наблюдаваме ние виждаме как те са изглеждали преди хиляди, милиони, милиарди години. Все пак светлината също има крайна скорост и няма как ние да наблюдаваме някакъв обект и същевременно да разберем как изглежда в момента. Друг начин да погледнем към своето минало е, ако успеем да минем извън хоризона на видимия космос. Там все още има необразувани галактики, има обекти, които пазят визията на първите мигове на Вселената.



9. Заключение

Та проследявайки периодите, в които хората са се опитвали да обяснят всичко около себе си, ние проследяваме и еволюцията в науката като цяло. Тази градация в начина на мислене на хората и постепенно осъзнаване колко сме малки всъщност, води до по – голямо желание да разберем отговорите на фундаментални въпроси като „Защо сме тук?”, „Откъде идваме?”, „Как е

сътворено Всичко?”, „Как всичко ще свърши?”. Подобно на нас и един велик физик на нашето време – Стивън Хокинг си задава същите въпроси. И подобно на него други физици и експериментатори са достигнали до съвременния вид на нашата Вселена. Създадени на са много теории като Теория на струните, Теория за Осцилиращата Вселена и т.н. Някой от тях са доказани, други са само теоретично изведени. Хипотетичното представяне на нещата е нормално да не ни удовлетворява, но докато наблюдаваме Космоса, ние можем да се замислим винаги за своето минало и откъде е започнало всичко, но дори и със съвременните технологии не можем да достигнем до еднозначен отговор на въпроса – как всичко ще свърши и дали въобще ще има край.

Литература

www.wikipedia.com

www.nasa.gov

www.discoverychannel.com

Списание “National Geographic”

Учебник по Астрномия (Максимов)

АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ИЗПИТ ПО ФИЗИКА I ЗА МАШИНИИ СПЕЦИАЛНОСТИ

Росица Андреева и Христо Търнев

Департамент по приложна физика, Технически университет – София, София 1000,
бул. "Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: rpavlova@tu-sofia.bg

Резюме. В доклада е направен детайлен анализ на резултатите от изпит по физика в Технически университет. Разгледани са както общите резултати, така и резултатите от усвояването на отделни теми и въпроси от учебния план. Направените изводи са не само по отношение на подготовката на студентите, но и за работата на преподавателите.

Ключови думи: доцимология, тестово изпитване, статистически методи за анализ.

1. Увод

Както е известно, проверката и оценката са неделима, органична част от цялостния учебен процес [1]. Един съвременен метод, намиращ широко приложение както в училищното, така и в университетското образование е тестовото изпитване. Благодарение на своята обективност, тестовете са много подходящи за анализ на резултатите от обучението.

В доклада са представени резултати от изпит по физика I проведен на 21.01.2011 г. в четвърти поток МТФ и МФ на Технически университет. На изпита са били дадени два варианта от стандартния набор от тестове, разработени от Департамента по приложна физика, еднакви за всички машинни специалности. В тестовете са застъпени въпроси и теми от Механика, Термодинамика и Електричество, като броят на въпросите е пропорционален на броя часове, отделяни за всяка тема по учебна програма: Механика – 9 въпроса, Термодинамика – 5, Електричество – 6. От двадесетте въпроса на теста, шестнадесет са със свободен отговор, четири са с избираем отговор.

Десет от въпросите, оценявани с 2 точки, изискват познаване на дефиниции на физични величини и закони, осем задачи, за решението на които е необходимо да се използва един от изучените закони, са оценявани с 2 точки, един въпрос – извод на основна зависимост, е оценяван с 4 точки и една задача, за решението на която се използват два закона, е оценявана с 4 точки. Максимален брой точки – 44.

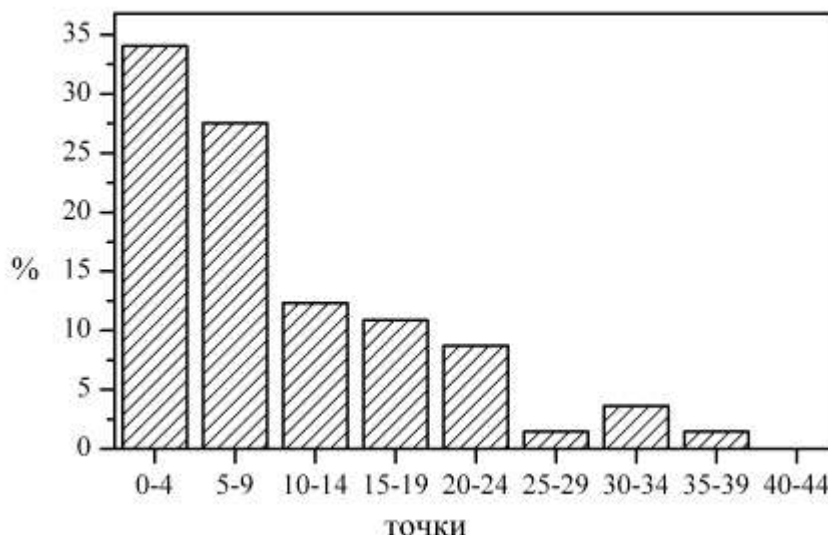
2. Общи резултати

В таблица 1 е показан средният успех по групи и общо за потока – 10,1 точки.

Таблица 1. Среден успех по групи.

група	точки
21	10,8
22	8,7
23	16,5
24	8,4
25	3,7
26	8,5
общо	10,1

На фигура 1 се вижда процентът на студентите, чиито резултати попадат в различни интервали от точки. Точките са обособени в девет групи по пет. Вижда се, че около 1/3 от явилите се 138 студента са получили под 10% от максималния брой точки. При случайно задраскване на избираеми отговори, средният резултат би бил 2 точки, така че може да се каже, че тези студенти нямат никакви знания.



Фиг. 1 Процент на студентите, чиито резултати попадат в различни интервали от точки.

Тенденцията се запазва и при отделните групи – максимумът отново е в първия интервал от точки (между 0 и 4), с изключение на най-силната 23-та група, за която максимумът е отместен във втората група от точки (от 5 до 9).

В таблица 2 е показано сравнение на резултатите от двата изпитни варианта. Въпреки положените усилия за изравняване на сложността на вариантите се вижда, че студентите от всички групи, решавали вариант 4 имат по-висок резултат, от тези решавали вариант 3. Все пак, като се има предвид, че средният резултат на потока е 10,1 точки, става ясно, че отклоненията са в рамките на $\pm 10\%$. Относно ниския резултат на 25-та група трябва да се знае, че в сравнение с останалите групи групата е маломерна и резултатите не са достатъчно представителни.

Таблица 2. Резултати на групите по варианти.

група	21	22	23	24	25	26	общо
вариант 3	9,41	8,41	15,29	7,19	3,56	7,63	9,09
вариант 4	12,40	9,10	17,41	9,44	3,78	9,50	11,04

В таблица 3 са показани резултатите по вид на въпросите. Показано е какъв процент от студентите са дали грешен, частично верен или напълно верен отговор на различните видове въпроси. Над 90% са посочили отговор на въпросите с избираем отговор, 40% са дали някакъв отговор на теоретични въпроси, задачи и извод на основна зависимост. Задачата, оценявана с 4 точки са се опитали да решат под 20% от студентите.

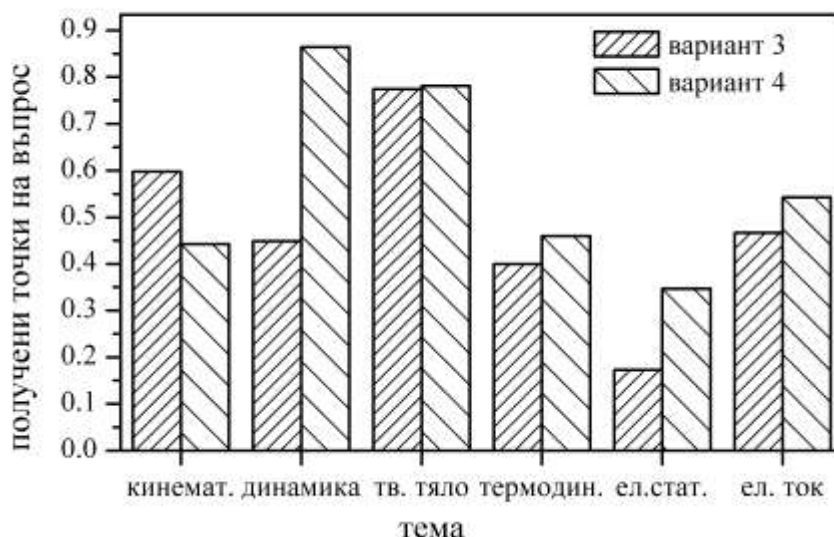
Отново най-голям процент верни отговори имаме при въпросите с избираем отговор. На въпросите с избираем отговор, теоретични въпроси, задачи и извод около половината от посочилите отговор са дали грешен отговор. При въпросите с извод на основна зависимост и задача от 4 точки процентът на отговорилите вярно е много малък. Все пак частично верен извод са направили 20%. Малко изненадващ е резултатът на теория и задачи. Напълно верните отговори на задачи са повече, отколкото на теоретичните въпроси, въпреки очакванията, че студентите по-добре се справят с чисто теоретичните въпроси.

Таблица 3. Процент на студентите, дали даден отговор на различните типове въпроси.

	без отговор	грешен отговор	частично верен	напълно верен
избираем	7,1	49,5	0,0	43,5
теория	58,5	17,8	9,8	14,0
задачи	54,7	19,2	7,6	18,5
извод	58,0	20,3	21,0	0,7
задача 4т.	82,6	8,7	5,8	2,9

3. Резултати по теми и въпроси

В този раздел ще разгледаме резултатите по теми от учебната програма. На фигура 2 е показана средният брой точки, получени от един студент на една задача от дадена тема. Вижда се, че резултатите в механиката са най-добри, докато в електростатиката са най-слаби. Малко изненадващ е фактът, че резултатите в механика на твърдо тяло са много високи, тъй като се смята, че този раздел е малко по-труден от кинематиката и динамиката. Може би високият резултат се дължи на това, че и в двата варианта има въпроси с избираем отговор от механика на твърдо тяло. Тук може би става ясно, защо имаме разлика във вариант 3 и 4. Едната задача от динамика за вариант 4 е много по-лесна от другите задачи и процентът на успешно решените я е много по-висок.



Фиг. 2 Среден брой точки, получени от един студент на една задача от дадена тема.

Сега ще се спрем вниманието си на познаването и прилагането на някои фундаментални закони и важни дефиниции. За всеки от вариантите са избрани по три въпроса, съдържащи важна дефиниция или основен закон.

За вариант 3 това са:

3.2 Дайте дефиниция за величината моментно ускорение и запишете нейната мерна единица.

3.13 Какво гласи първият принцип на термодинамиката? Напишете съответната формула и пояснете участващите величини и техните мерни единици.

3.20 Електродвижещо напрежение наричаме работата, извършена от: (избираем отговор)

Вижда се (таблица 4), че около 2/3 (66%) от студентите не са отговорили или са отговорили грешно. Едва 21% (1/5) от студентите са дали напълно верен отговор.

Във вариант 4 избраните основни дефиниции и закони са:

4.2 *Формулирайте закона за запазване на пълната механична енергия.*

4.3 *Тяло с маса 500 g получава ускорение 200 m/s² под действие на сила. Определете големината на действащата сила.*

4.18 *Формулирайте закона на Кулон за електростатичното взаимодействие на точкови електрични заряди, като поясните участващите величини и техните мерни единици.*

Отново средно около 60% не са отговорили или са дали грешен отговор. Средния процент на студентите дали верен отговор на някои от тези въпроси е 31%, като това се дължи основно на високия процент (53%) на студентите, решили вярно задачата със закона на Нютон. Все пак този резултат е твърде нерадостен, показвайки, че едва всеки втори студент може успешно на решава задачи, изискващи директно приложение на II принцип на механиката.

Таблица 4. Процент на студентите, дали даден отговор на въпроси, свързани с основни дефиниции и закони.

въпрос	3.2	3.13	3.20	средно
неотговорили	21	65	4	30
грешен отговор	26	18	65	36
частично верен	34	4	0	13
напълно верен	19	13	31	21

въпрос	4.2	4.3	4.18	средно
неотговорили	49	30	67	49
грешен отговор	14	7	7	10
частично верен	21	10	0	10
напълно верен	16	53	26	31

По-долу са изредени въпросите, на които са постигнати най-добри и най – слаби резултати. Дадени са и точките, получени средно от един студент на всеки от тези въпроси.

Средната енергия $\bar{\varepsilon}$ на топлинното движение на частиците на равновесна термодинамична система с температура T се дава с (i е броят на степените на свобода на частица от системата, k – константа на Болцман, R – универсална газова константа): (среден резултат 1,26 точки)

$$\bullet \quad \bar{\varepsilon} = \frac{i}{2} RT \quad \bullet \quad \bar{\varepsilon} = \frac{i}{2} kT \quad \bullet \quad \bar{\varepsilon} = \frac{1}{2} kT \quad \bullet \quad \bar{\varepsilon} = \frac{3+i}{2} RT$$

Коя от формулировките на основното уравнение на динамиката на въртливо движение НЕ е вярна? (M – момент на сила, I – инерчен момент, ε – ъглово ускорение, ω – ъглова скорост, L – момент на импулса) (*среден резултат 0,91 точки*)

$$\bullet \quad \vec{M} = I\vec{\varepsilon} \qquad \bullet \quad \vec{M} = I\vec{\omega} \qquad \bullet \quad \vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} \qquad \bullet \quad \vec{M} = I \frac{d\omega}{dt}$$

Колко е интензитетът на полето на точков заряд с големина $5 \mu\text{C}$ на разстояние 12 mm от заряда? (*среден резултат 0,13 точки*)

Как се дефинира физичната величина потенциал на електростатичното поле в дадена точка? (*среден резултат 0,07 точки*)

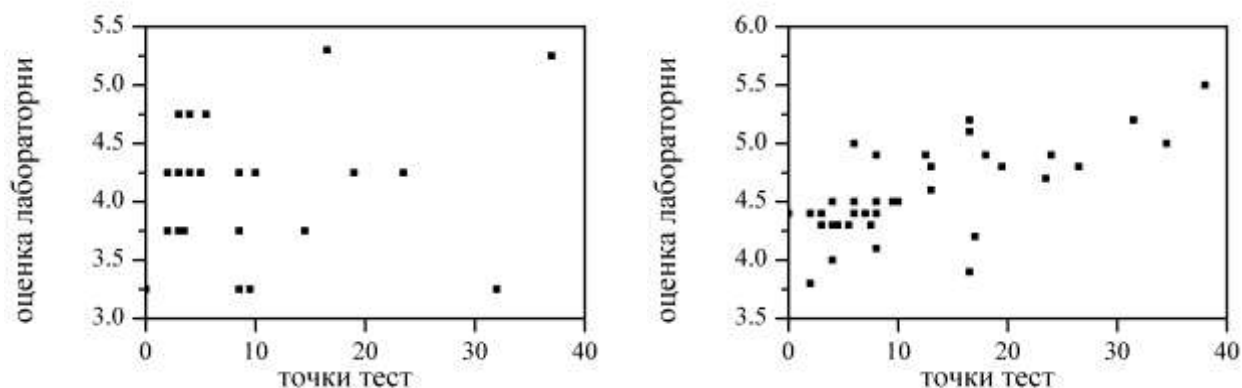
Както беше споменато и по-рано, най-добрите резултати са на въпроси с избираем отговор. Единият въпрос е от механика на идеално твърдо тяло, вторият въпрос от термодинамика и статистическа физика. Най-слаби са резултатите на въпроси от електростатика, като изненадващо и двата въпроса от електростатика на пръв поглед не са особено трудни.

4. Връзка с лабораторни и семинарни упражнения и подбора на студентите

При изследването на факторите, влияещи върху резултатите от изпита сме използвали статистическата величина коефициент на корелация. Коефициентът на корелация между две величини x, y се изчислява по следната формула [2]:

$$\rho_{xy} = \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{\sqrt{\left[N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2 \right] \left[N \sum_{i=1}^N y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N y_i \right)^2 \right]}}$$

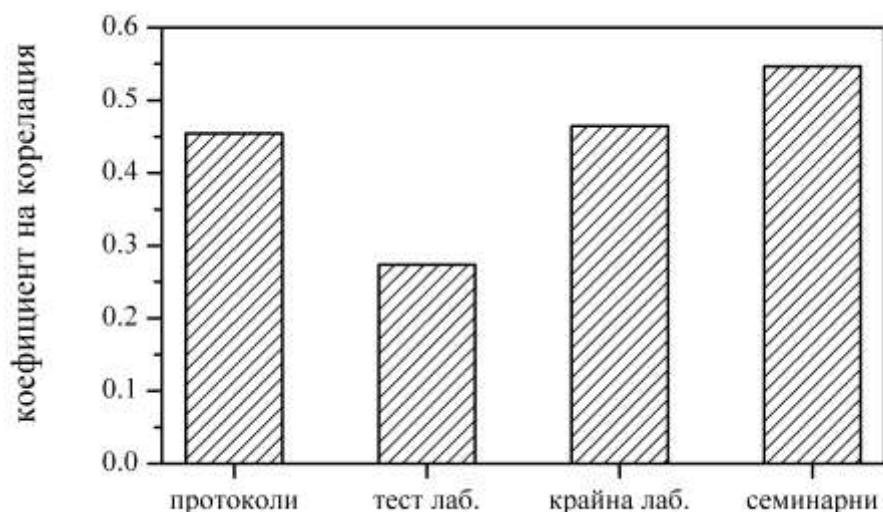
Ако двете величини са независими, коефициентът на корелация е нула, ако са линейно зависими – коефициентът на корелация е 1. Колкото по-близък до единица е коефициентът на корелация между изследваните от нас величини, толкова по-силна е връзката между тях. Има различни тълкувания на стойността на коефициента. Едно от тях е: $0 \div 0,2$ слаба корелация; $0,2 \div 0,4$ умерена; $0,4 \div 0,6$ значителна; $0,6 \div 0,8$ висока; $0,8 \div 1,0$ много висока.



Фиг. 3 Връзка между оценката от лабораторни упражнения и точките, получени на изпитния тест. Коефициент на корелация 0,16 (ляво) и 0,56 (дясно).

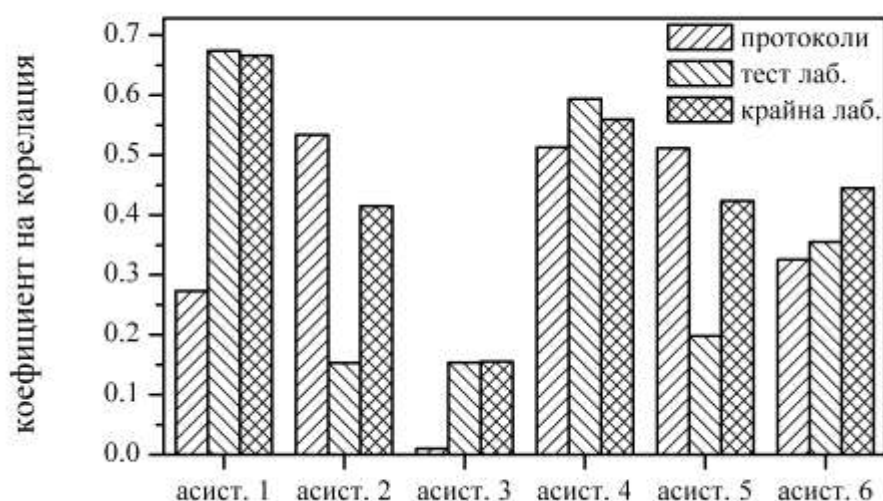
Като пример ще разгледаме коефициента на корелация между двете величини – точки, получени на теста и оценката от лабораторните упражнения при двама асистенти. На лявата фигура е показан случай на слаба корелация. Тук се вижда, че една и съща оценка – 4,25 на лабораторни упражнения са получили студенти имащи много различен брой точки на изпитния тест. Също така двамата студенти, получили най-високи оценки на изпитния тест имат твърде различни оценки на лабораторни упражнения. Поради това коефициентът на корелация е нисък. Във втория случай връзката между двете величини е по-силна и коефициентът на корелация е по-висок, корелацията е значителна.

На фигура 4 са показани коефициентите на корелация на точките от теста с оценката на протоколи, тест – лабораторни упражнения, крайна оценка на лабораторни упражнения и оценката от семинарни упражнения. Вижда се, че оценката, поставена от асистентите на протоколите, която считаме, че до голяма степен е субективна, корелира по-добре с оценките от теста, отколкото резултатите от теста на лабораторни упражнения. Това навежда на мисълта, че са необходими някакви подобрения на тестовете на лабораторни упражнения. Най-висок е коефициентът на корелация с оценката на семинарни упражнения. Може да се предположи, че това се дължи на сходните изисквания на семинарните упражнения и на изпитния тест: и в двата случая се изисква решаване на физични задачи. Все пак тук трябва да бъдем предпазливи, тъй като оценките на семинарни упражнения се закръглят с точност до единица, много по-грубо от точките на изпитния тест и затова може да има някакви съмнения относно приложимостта на метода в този случай.



Фиг. 4 Коефициенти на корелация на точките от теста с оценката на протоколи, тест – лабораторни упражнения, крайна оценка на лабораторни упражнения и оценката от семинарни упражнения.

На фигура 5 са показани същите резултати, но за различните асистенти. Вижда се, че има големи разлики. Ниските коефициенти на корелация говорят, че студенти, имащи твърде различни оценки на изпитния тест, имат приблизително еднакви оценки на протоколите. При тестовите на лабораторни упражнения ниският коефициент на корелация показва, че не са били подбрани по добър начин въпросите за съответните лабораторни тестове. Друго възможно обяснение е, че тестът не затруднява особено студентите, тъй като отговорите не са достатъчно сложни и близки по смисъл. Студентите успяват да се ориентират кой е верния отговор, въпреки че нямат необходимите знания.



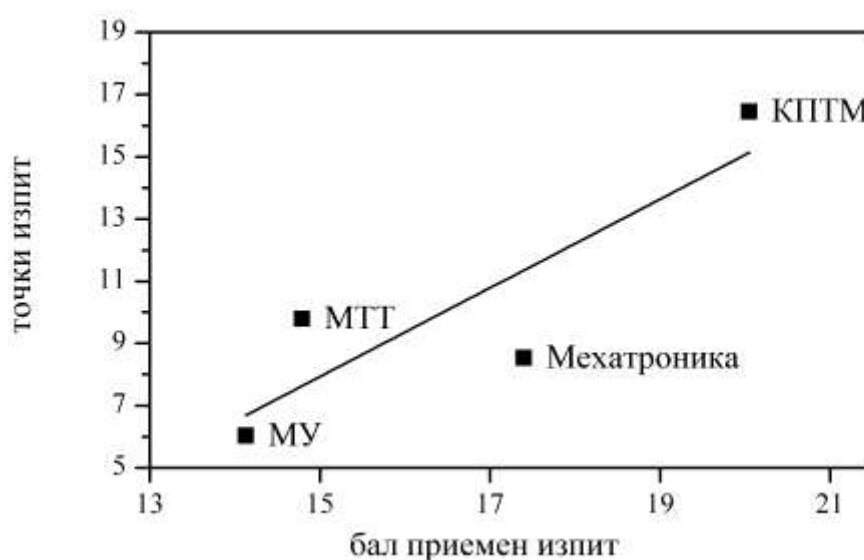
Фиг. 5 Коефициенти на корелация на точките от теста с оценката на протоколи, тест – лабораторни упражнения, крайна оценка на лабораторни упражнения за различни асистенти.

Връзката между лабораторните упражнения и изпитния тест е анализирана чрез резултатите от отговори на шест въпроса от теста, които са свързани с три от лабораторните упражнения, правени от студентите в семестъра преди изпита. Това са упражненията „Определяне на инерчен момент на маховик”, „Определяне на отношението по метода на Клемант и Дезорм”, „Определяне на среден свободен пробег и ефективен диаметър на въздушни молекули”. Около 2/3 от студентите не са отговорили на въпросите, 16% са отговорили грешно и едва 14% са дали напълно верен отговор.

Недостатъчно добрата връзка между лабораторните упражнения и изпитния тест се вижда и от таблица 5. От общо 40 въпроса за двата варианта само 2 въпроса са пряко свързани с лабораторните упражнения, а 9 са частично свързани. Средният брой точки, получени от един студент на пряко свързан въпрос е 0,32 точки/въпрос, а на въпросите частично свързани с лабораторни упражнения е 0,59 точки/въпрос, при средно за всички въпроси 0,50 точки/въпрос. Изводът, който може да се направи е че въпросите, свързани с лабораторни упражнения не се знаят по-добре от останалите въпроси от теста.

Таблица 5. Връзка между лабораторните упражнения и изпитния тест.

	въпроси, пряко свързани с лаб.	въпроси, частично свързани с лаб.	общо за 2-та варианта
брой въпроси	2	9	40
среден брой точки, получени на въпрос	0,32	0,59	0,50



Фиг. 6 Връзка между бала от приемния изпит и точките от теста.

На фигура 6 е показана връзка между минималният бал от приемния изпит за дадена специалност и точките получени от изпитния тест. Както може да се очаква, студентите, приети с по-висок бал постигат и по-високи резултати на изпита. При това коефициентът на корелация е 0,87, много по-висок от коефициентите на корелация със семинарни и лабораторни упражнения. Следователно може да се каже, че подборът на студентите е фактор най-силно влияещ върху резултатите от изпитния тест. Едно възможно обяснение за променения ред за две специалности – Мехатроника и Машиностроителна техника и технологии е, че данните, с които разполагаме са за минималния бал, с който са влезли студентите, а не за средния бал.

4. Заключение

В заключение може да се каже, че направеният анализ дава ценна информация на преподавателя за проблемите и трудностите, които срещат студентите при усвояването на различни теми и въпроси от учебната програма. Могат да се направят и изводи за необходимостта от промени в начина на провеждане на лабораторните упражнения към лекционния курс. Също така използваните методи позволяват да се оценят силните и слабите страни в работата на асистентите при подготовката на студентите за изпита по физика.

Литература

[1] П. Петров, Дидактика, Университетско издателство “Св. Климент Охридски”, София, 1992.

[2] Б. Димитров и Н. Янев, Вероятности и статистика, Университетско издателство “Климент Охридски”, София, 1990.

ИЗПИТЪТ ПО ФИЗИКА – ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВО КЪМ СТУДЕНТИТЕ

Невена Кожухарова

¹Департамент по приложна физика, Технически Университет – София, София 1000,
бул. "Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: nkojouharova@abv.bg

Резюме. През последните няколко десетилетия все по-често се използват тестовите като форма на проверка на знанията на различни групи обучавани. Това е факт и в България през последните десетина години и се прилага като форма на контрол и в ТУ-София и по специално в ДПФ, което е една от причините за настоящото представяне.

През последните няколко години проверката на знанията по физика на студентите в ТУ-София изцяло премина на тестова система. Провежданите тестове са в края на семестрите – зимен и летен, на първата година от обучението и са за оценка на работата от лабораторни и семинарни упражнения, както и краен тест на изпита по физика 1 и 2. Тестовите за оценка на работата от лабораторни упражнения се използват в ДПФ от по-дълго време. Проверката на знанията и уменията с използването на тестове има своите предимства, както и своите недостатъци, но широкото използване на този метод във всички степени на обучение, както и в повечето страни по света, дава превес на предимствата. През споменатия 4-5 годишен период на оценяване изцяло с тестова система са натрупани достатъчно данни за успеваемостта на студентите от различните специалности и факултети, които могат да бъдат представени и анализирани. Идеята за настоящото представяне, обаче, не беше тази. Идеята е по-скоро да се направи опит за сравнителен анализ на тестовите, използвани при оценяването на знанията и уменията по „Физика и астрономия“ в средното образование и по време на обучението по физика в ТУ (като част от базовото обучение във висшето образование) като една от причините за срещаните трудности при подготовката и успешното представяне на студентите от първи и втори курс по физика.

На първо място, може би, трябва да се кажат няколко изречения за същността на тестовите и тяхната приложимост в различни области. Разбира се, тук ще стане въпрос само за онази част от тестовите, които се наричат дидактични, т.е. служат за оценка на постигнатите резултати по време на даден процес на обучение (този тип тестове не включват например психологическите тестове).

Към предимствата на тестовите като начин на проверка на знания и умения, които правят тестовите толкова предпочитани и широко използвани могат да се изброят следните:

1. Обхващат целия преподаван материал (или неговата по- голяма част)
2. Те са обективни, надежни и валидни
3. Създават се по строго определена методика и теория и това повишава доверието от резултатите от изследването.

В дидактичните тестове се използват различни видове тестови въпроси, най-често използвани са (по една от широкоприетите класификации - класификация на Рютер):

а) Открити въпроси и задачи – за тълкуване и за асоциация, срещат се по-често в тестовете за езикова подготовка.

б) Полуоткрити въпроси и задачи : със свободен отговор, със сумарен асоциативен отговор, за допълване или заместване

в) Закрити въпроси и задачи: за асоциативни изборни отговори, за идентификация и допълване, за заместване и съотнасяне.

Закритите въпроси се наричат още и въпроси със структуриран отговор. Верният отговор е един (в много редки случаи се използват два, но единият от тях не е пълен, така че пак има един правилен отговор на поставения въпрос).

Един от най-важните етапи при проверката на знанията е формирането на крайната оценка, като при тестовата проверка се процедира по следния начин: първичните резултати (брой точки от теста) формират тестовия бал, който се преобразува в други скали и оценки, които се наричат „тестова норма“ (това е формираната оценка в шестобалната система). При условие, че не е поставен минимален праг за формиране на тестовата норма има проста формула за получаване на оценката в шестобална система:

$$\text{Оценка} = 2 + (\text{брой точки}/4)$$

В този случай не се взема под внимание вероятността от налучкване на верния отговор. Има по- добър начин на формиране на оценката, при който се отчита такава вероятност от налучкване и при нея се използва формулата:

$$Q = R - \frac{W}{n-1},$$

където Q е коригираната (крайната) оценка, R –броят на верните отговори, W-броят на грешните отговори и n – броят на възможните отговори на един въпрос.

При този метод не се отчитат въпросите, на които не е даден отговор и е по- добре при несигурност от страна на тествания да не се попълва отговор.

В много повече случаи се използва друг метод за ограничаване на вероятността от налучкване на отговорите като:

1. Броят на възможните отговори е по-голям (например в стандартните тестове броят на възможните отговори е 3, а при 4 или 5 отговора възможността да се налучка правилния отговор намалява от 33% на 20-25%)

2. Поставя се минимален праг на верни отговори, за да се счита теста за издържан.

Това се прави при формирането на крайната оценка, както е при изпита по физика в ТУ – броят на правилните отговори е $\geq 40\%$ от общия (максимален) брой точки от теста.

В тестовете за лабораторни упражнения не се прилага такъв минимален праг и всеки верен отговор се отчита при формиране на оценката. Това е донякъде определено и от вида на провеждания контрол – за поставяне на текуща или крайна оценка.

Преобразуването на тестовия бал в тестова оценка може да се извършва по равномерни или неравномерни скали, като са дадени реални примери за всяка една от тях:

➤ Равномерна скала: *Среден* – от 17 до 23т, *Добър* – от 24 до 30т., *Много добър* – от 31 до 37т. и *Отличен* – от 38 до 44т.

➤ Неравномерна скала: *Среден* – от 9 до 12т, *Добър* – от 13 до 16т., *Много добър* – от 17 до 18т. и *Отличен* – от 19 до 20т.

(Първият пример е за преобразуване на резултатите на изпит по физика 1, а вторият е от изпит по математика)

Какви са приликите и разликите на тестовете по физика в средното училище и в университета? Ще се спрем на няколко основни точки:

1. *Вида на въпросите*

В повечето тестове в средното училище, независимо от етапа на обучение – прогимназиален или гимназиален, както и в Техническия университет, се използват въпроси със затворен отговор и няма съществена разлика в това отношение. Този факт, обаче не изключва изискването да се укажат основните стъпки при решаването на дадения проблем за получаване на максимален брой точки за дадения въпрос. Един от съществените пропуски на студентите при решаване на такъв тип въпроси в ТУ е, че тази стъпка липсва в работата им и това води до намаляване на получените точки. В тестовете в училище за текущ контрол се указва това изискване изрично в условието на поставения въпрос или задача или не се дава набор от отговори на задачата, което води до недооценяване на тази стъпка при решаването на подобен тип въпроси в тестовете по Физика 1 и 2 част. През последните две-три години след въвеждането на ДЗИ (матурите) има повече студенти, които се справят добре на този тип въпроси и това донякъде е обусловено от изискванията при явяване на

ДЗИ по физика. Трябва да отбележим, че броят на зрелостниците, явили се на ДЗИ по физика е много малък.

2. Скалата на оценяване

Скалата на оценяване е равномерна във всички използвани тестове по физика в ТУ, независимо от това дали има или няма минимален праг. В повечето случаи това е така и в училищните тестове. Има разлика във формиране на оценката – преимуществено в средното училище поставянето на минимален праг и определянето на мястото му в точковата скала е след получаване на резултатите на тестваните и след анализ на въпросите, на които всички са дали правилен или грешен отговор (включително и на ДЗИ – това е начин да се отстранят най-лесните и най- трудните въпроси), докато в ТУ има отначало поставен праг за тестовите на изпита (40% от общия брой точки), което е една съществена разлика.

3. Отчитане на вероятност от налучкване.

Вероятността от налучкване се намалява с по-голям брой на възможните отговори от една страна и чрез отчитане на стъпките при решаване на поставената задача (не се дава максималния брой точки, ако не е указан в работата начина на получаване на правилния отговор, дори да е даден той в бланката с отговорите).

И накрая, но не на последно място по важност - какви препоръки може да се дадат за успешно представяне на тестовите по физика в ТУ:

- Подготовката за теста трябва да е систематична и да продължава през целия семестър, а не да се фокусира в последните дни преди изпита. Това е много важно условие по две причини. Първата е свързана с начина на проверка на знанията в училище и в университета (в първия случай се поставя оценка на много по- малък обем от материала за дадената година или даден етап на образование, докато във втория – обемът е много по-голям и при повърхностно усвояване се получава объркване и в крайна сметка – провал на теста). Втората причина е свързана с подготовката на останалите елементи при обучението, в случая лабораторни и семинарни упражнения като неразделна част от курса по физика, но в същото време подценяван от голяма част от студентите, особено от първокурсниците.
- Важно условие за успешното представяне на самия тест е да се обърне необходимото внимание на условията на поставените въпроси и след това да се изключат неверните отговори, дори само от съображения за размерност, симетрия и др. Това може да улесни сериозно работата по голяма част от въпросите в теста.
- Да се пристъпи първо към отговор на въпросите, за които след предварителна подготовка времето за отговор е по-кратко и вероятността

да се достигне до правилния отговор е най-голяма и да се оставят за края онези въпроси, на които не се знае правилния отговор или начините за достигането му са неясни.

- И не на последно място е добре да се избягва отговарянето на въпроси чрез налучкване.

И нека вместо заключение да подчертаем отново, че идеален метод за проверка на знанията не съществува в момента, но тестовете са много предпочитани и широко използвани поради факта, че предимствата им пред другите форми на проверка са много повече от недостатъците. Само едно от предимствата ще подчертаем, но може би най-важното – тестовете са обективни и надежни и изключват субективния фактор при проверката на знания и умения.

Литература:

[1] Бижков Г., „Теория и методика на дидактичните тестове“, Просвета, София, 1996

[2] <http://phys.tu-sofia.bg> – ДПФ, примерни изпитни материали

МОДИФИКАЦИЯ НА Si ПОВЪРХНОСТ ЧРЕЗ N^+ ИМПЛАНТАЦИЯ И ФОРМИРАНЕ НА SiO_xN_y СЛОЕВЕ

Сашка Александрова¹, Елена Халова¹ и Димитър Димитров²

¹Департамент по приложна физика, Технически Университет – София,
e-mail: salex@tu-sofia.bg, ehalova@tu-sofia.bg

²ФаГИОПМ, Технически Университет – София
София 1000, бул. "Кл. Охридски" 8, България,

Резюме. Изследвани са тънки SiO_xN_y ,формирани слоеве в Si, модифициран чрез плазмено-имерсионна имплантация на азотни йони. Слоеви са синтезирани при последващо високо-температурно отгряване на Si подложки в O_2 среда. Анализът на инфрачервените спектри показва, че получените наноразмерни SiO_xN_y слоеве са обогатени със силиций и са със сравнително ниско съдържание на N. Показателят на пречупване на слоевете се увеличава с йонната доза до 1.52, което показва повишаване на степента на нитридиране на слоевете. Резултати са в съгласие с проведеното симулиране на разпределенията на йоните и дифузията им в Si подложки.

Ключови думи: имплантация, SiO_xN_y , тънки слоеве

1. Увод

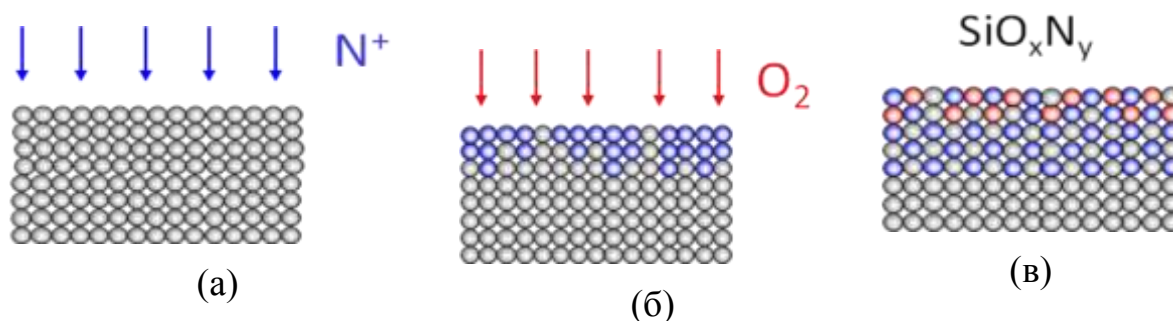
Изследването на силициевии материали в настоящия момент е предпоставка за едно направление в развитието на наноелектрониката и микрофотониката на базата на съществуващите микроелектронни технологии. Обещаващ материал е силициевият оксинитрид SiO_xN_y . Разработването на методи за регулиране на структурата и показателя на пречупване на SiO_xN_y , осигурява възможност за гъвкавост при производството на активни и пасивни устройства върху Si подложка. Доказано е [1], че свойствата на SiO_xN_y слоеве силно зависи от степента на нитридиране.

Традиционният метод за получаване на тънки SiO_xN_y слоеве е чрез отлагане от газова фаза. Алтернативен метод при производство на висококачествени наноструктури на основата на Si е синтез при повишени температури след модификация на Si подложка с азот чрез йонна имплантация. Имплантационните методи дават възможност за лесно контролиране на параметрите на слоевете. В настоящата работа е използвана плазмено-имерсионна имплантация за обогатяване на Si повърхност с азот N. Известно е, че слоеве, получени посредством 3 keV азотна имплантация, показват отлични електрически характеристики [2].

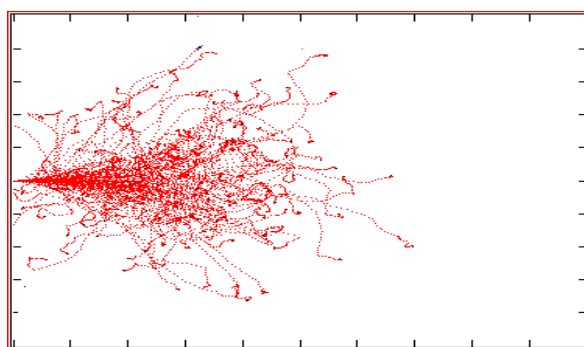
В доклада са представени резултатите от изследване на синтезирани SiO_xN_y слоеве чрез термично отгряване в кислородна среда на наноразмерена Si повърхност, модифицирана чрез 4 keV плазмено-имерсионна имплантация с различни дози азотни йони.

2. Материали и методи

Опитите са извършени върху Cz силициеви подложки от (100)p- и (111)n-тип, със специфично съпротивление 5-8 Ohm.cm. Първоначално Si повърхности бяха подложени на плазмено-имерсионна имплантация с азотни йони с енергия 4 keV (фиг. 1а). Общата имплантационна доза бе в интервала от 10^{16} до 10^{18} cm^{-2} . В процеса на имплантация навлизащите в подложката йони генерират дефекти: ваканции, отместени атоми и атоми на заместване (фиг. 2). Трябва да се има предвид и факта, че поради използването на плазмена среда се имплантират два вида частици N^+ и N_2^+ . След имплантацията евентуални замърсявания на повърхността бяха отстранявани от Si повърхност чрез стандартно химическо ецване в разрежена HF. Следващият етап бе отгряване на имплантираните Si подложки във високотемпературна пещ при температурата 1050°C за време от 10 до 20 мин. в сух кислород O_2 при атмосферно налягане (фиг. 1б). Основната цел бе да се синтезират ултратънки SiO_xN_y слоеве (фиг. 1в), като при високотемпературния процес настъпва и отгряване на дефектите.



Фиг. 1 Етапи при синтезиране на SiO_xN_y слоеве.



Фиг. 2 Имплантация на азотни йони в Si подложка.

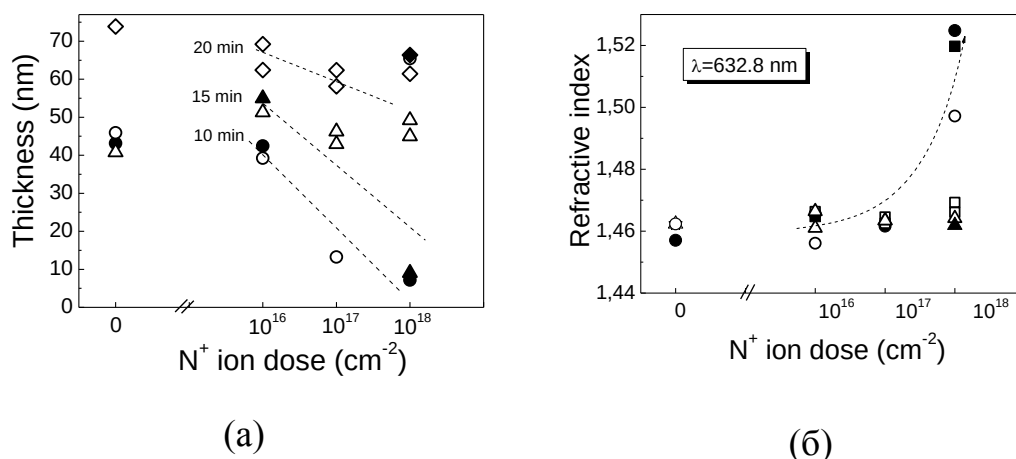
За подробно изследване на оптичните и структурните свойства на SiO_xN_y слоеве бяха приложени два метода: спектрална елипсометрия (СЕ) и инфрачервена спектроскопия (ИЧ). Елипсометричните измервания бяха извършени в диапазона 190 - 1700 nm при ъгъл на падане 70° с помощта на многоъглов спектрален елипсометър J. A. Woollam. Инфрачервените спектри бяха снети с Perkin-Elmer 1430 инфрачервен спектрометър в режим на пропускане при стайна температура в спектрална област от 400 до 4000 cm^{-1} с разделителна способност от 4 cm^{-1} .

Определени бяха показателя на пречупване и дебелината на образувания слой за различни имплантационни дози. От анализа на инфрачервените спектри и от данните получени от СЕ на синтезираните слоеве, бяха установени съществуващите химически връзки и състав на повърхностния слой.

Дълбочинният профил на имплантираните йони и на дефектите бе анализиран чрез SRIM (The Stopping and Range of Ions in Matter) симулация въз основа на метода на Монте-Карло [3].

3. Резултати и дискусия

На фиг. 3а са показани дебелините на синтезираните слоеве върху подложки от n-Si (пълтни символи) и p-Si (празни символи), имплантирани с различни дози и отгрявани с различна продължителност. На фиг. 3б са представени резултатите за показателя на пречупване при дължината на вълната 632,8 nm.

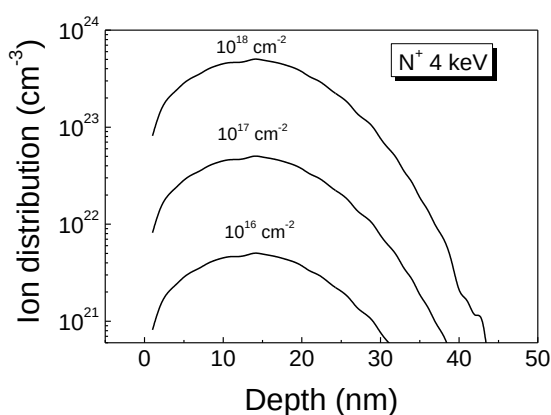


Фиг. 3 Дебелина (а) и показател на пречупване (б) на синтезираните слоеве в зависимост от йонната доза.

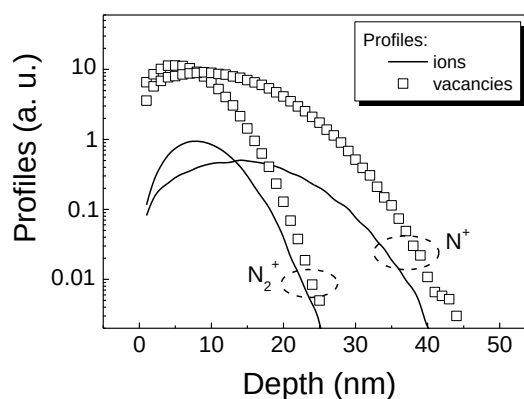
Известно е, че включването на N в състава на Si забавя кинетиката на окисление [4], което се вижда и от фиг. 3. Дебелината и показателят на пречупване на получените слоеве при най-малката доза, са много близки до тези, получени за неимплантиран Si, което показва, че формираният слой най-вероятно съдържа ниска концентрация на N. С повишаване на дозата, скоростта

на образуване слоя намалява поради забавящото действие на азотните атоми [5]. При доза от 10^{18} cm^{-2} , скоростта на окисление нараства, което може да се обясни с генерираните допълнителни дефекти по повърхността на Si по време на имплантацията, които улесняват дифузията на кислорода и образуването на оксиден слой.

Стойностите за показателя на пречупване, представени на фиг. 3б, за по-ниските дози са близки до 1,462 - стойността на стехиометричния силициев диоксид SiO_2 , което е индикация за SiO_xN_y слоеве с ниско съдържание на N, т.е. голяма стойност на отношението x/y . Най-високият показател на пречупване 1.52, показва нарастване на x/y с дозата и съответно повишаване на степента на нитридиране на слоевете.



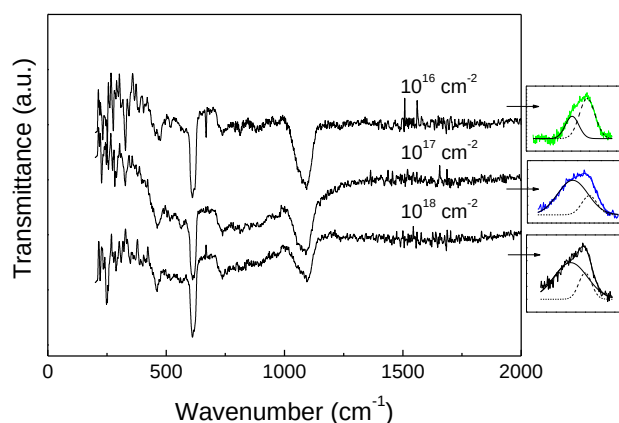
Фиг. 4 Профил на имплантация при 4 keV енергия и различна йонна доза.



Фиг. 5 Профили на йони и дефекти за N^+ и N_2^+ имплантиращи частици.

За синтеза на SiO_xN_y слоеве от съществено значение са концентрациите в профилите на имплантираните йони и създадените вакансии. Резултатите от SRIM моделирането, дадени в фиг. 4, показват дълбочината на проникване на азотните йони, като максималната концентрация на азота се намира на 14.4 nm под повърхността Si. Както се вижда от фиг. 4, до определена дълбочина на профилите, концентрация на азота е близка до стойност $5,8 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$, характерна за съдържанието на азот в стехиометричния силициев нитрид Si_3N_4 [6]. На фиг. 5 са представени, за сравнение, профилите на разпределение на двата вида имплантирани частици N^+ и N_2^+ . Концентрацията на дефектите е много по-висока от концентрацията на имплантираните азотни атоми. Имплантираните N атоми ще заемат главно кислородните вакансии, формирайки Si-N връзки, което се потвърждава от резултатите по ИЧ спектроскопия, както е дискутирано по-нататък. Очевидно е, че по време на синтезирането SiO_xN_y слой се разполага изцяло в имплантираната област.

Експериментално потвърждение на симулацията на йонния профил са измерените инфрачервени спектри ИЧ, представени на фиг. 6. Анализът на спектрите не показва наличие на връзки от вида Si–H (2170 cm^{-1}), N–H (3350 cm^{-1}) или O–H (3640 cm^{-1}). Освен това основните връзки, характерни за SiO_xN_y , са под 1400 cm^{-1} [7], затова на фигурата са начертани ИЧ спектри само до 2000 cm^{-1} .



Фиг. 6 ИЧ спектри на синтезирани SiO_xN_y слоевете, в имплантиран Si с различни дози азот.

Доказателство за формиран SiO_xN_y е широката лента в интервала от 650 до 1000 cm^{-1} , която се наблюдава във спектрите и се дължи на Si–N валентни трептения. Връзката, която се свързва със Si–N връзката в силициевия нитрид, се появява в интервала от 800 до 900 cm^{-1} и зависи от съотношението x/y в Si_xN_y . Наблюдавана е и голяма абсорбционна ивица между 650 и 1350 cm^{-1} за която се съобщава в [8] и която е характерна за силициев оксинитриден материал. Най-интензивна е спектралната ивица при 1080 cm^{-1} и отговаря на асиметрични валентни трептения на Si–O–Si. Тази ивица може да бъде разложена на две ивици по Гаус, както е показано на допълнителните графики на фиг. 6. Ивицата при 1060 cm^{-1} съответства на валентни трептения на Si–O–Si връзки в SiO_x , а ивицата при 1096 cm^{-1} се поражда от асиметрично валентно трептене на Si–O–Si връзки в съгласие с подобни стойности, характерни за стехиометричния SiO_2 [9]. Интензитетът на ивицата при 1060 cm^{-1} се увеличава с увеличаване на N доза за сметка на 1096 cm^{-1} ивица, поради увеличаването на концентрацията на имплантационните дефекти и интензивното формиране на SiO_x [9, 10]. Намерената ивица при 460 cm^{-1} съответства на махални трептения на Si–O–Si връзки, за които е известно, че не се влияят от структурни промени [9]. Деформационното трептене при 800 cm^{-1} се припокрива с ивицата отговаряща на Si–N връзка. Доказателство за наличието на Si–Si клъстери е ивицата при 614 cm^{-1} . Различните конфигурации за Si–N в мрежата на Si, като $\text{Si}_3 \equiv \text{N}$, $\text{Si}_2\text{O} \equiv \text{N}$ и $\text{O}_3 \equiv \text{N}$, са теоретично анализирани, като последната е по-

малко стабилна [11]. Това обяснява отсъствието на тази конфигурация в конкретния ИЧ спектър.

Резултатите от изследването на получените азотно-имплантирани слоеве в Si подложки показват възможността за синтезиране на наноразмерни SiO_xN_y слоеве, обогатени със силиций и със сравнително ниско съдържание на N (т.е. високо съотношение x/y). Направеното заключение се подкрепя от предишни изследвания чрез фотоелектронна спектроскопия [12]. Конфигурациите на химичните връзки бяха идентифицирани като $\text{N}(-\text{Si})_3$, което е показател, че N атоми главно се свързват със Si, а не с O атоми.

4. Заключение

Бяха формирани тънки слоеве в Si, модифициран чрез плазмено-имерсионна имплантация на азотни йони. При високо-температурно отгряване на Si подложки в O_2 среда са синтезирани SiO_xN_y слоеве. Анализът на инфрачервените спектри показва наличието на широка лента от 650 до 1000 cm^{-1} , свързана с асиметричен мод на връзката Si-N. Ивицата при 1080 cm^{-1} , съответстващ на Si-O връзка, доказва наличието на смес от SiO_2 и SiO_x . Големината и позицията на абсорбционните ивици зависят от дозата на имплантация. Бяха определени дебелината и показателят на пречупване на слоевете. Константирано бе, че показателят на пречупване на слоевете се увеличава с йоннизационната доза до 1.52, което показва повишаване на степента на нитридиране на слоевете.

Литература

- [1] M. Abu El-Oyoun, T. Inokuma, Y. Kurata, S. Hasegawa, Temperature dependence of the structural properties of amorphous silicon oxynitride layers, *Solid-St. Electron.* 47 (2003) 1669–1676.
- [2] E. Kapetanakis, D. Skarlatos, C. Tsamis, P. Normand, D. Tsoukalas, Influence of implantation energy on the electrical properties of ultrathin gate oxides grown on nitrogen implanted Si substrates, *Appl. Phys. Lett.* 82 (2003) 4764-4764.
- [3] J. F. Ziegler, J. Biersack and U. Littmark, *The Stopping and Range of Ions in Matter*, Pergamon Press, New York, 1985.
- [4] D. Skarlatos, C. Tsamis, D. Tsoukalas, *J. Appl. Phys.*, **93**, 1832-1838 (2003).
- [5] In-Ho Nam, *Ultra-Thin Gate Oxide Grown on Nitrogen Implanted Silicon*, School of Electrical Engineering, Seoul National University, SMDL Annual Report 2000.
- [6] V.I. Bachurin, A.B. Churilov, E.V. Potapov, V.K. Smirnov, V.V. Makarov, A.B. Danilin, Formation of thin silicon nitride layers on Si by low energy N_2^+ ion bombardment, *Nucl. Instrum. Meth. B* 147 (1999) 316-319.

[7] S.H. Mohamed, FTIR and spectroscopic ellipsometry investigations of the electron beam evaporated silicon oxynitride thin films, *Physica B* 406 (2011) 211–215.

[8] F. Rebib, E. Tomasella, E. Bêche, J. Cellier, M. Jacquet, FTIR and XPS investigations of a-SiO_xN_y thin films structure, *J. Phys.: Conference Series* 100 (2008) 082034.

[9] P. Lange, U. Schnakenberg, S. Ullerich, H.-J. Schliwinski, Disorder in vitreous SiO₂: The effect of thermal annealing on structural properties, *J. Appl. Phys.* 68 (1990) 3532 – 3537.

[10] Y. Rui, D. Chen, J. Xu, W. Li, Zh.Cen, X. Huang, K. Chen, Effects of hydrogen plasma annealing on the luminescence from a-Si:H/SiO₂ and nc-Si/SiO₂ multilayers, *App. Surf. Sci.* 253 (2007) 8647–8651.

[11] C. Kaneta, T. Yamasaki, Y. Kosaka, Nano-Scale Simulation for Advanced Gate Dielectrics, *Fujitsu Sci. Techn. J.* 39 (2003) 106-118.

[12] T. Chevolleau, A. Szekeres, S. Alexandrova, Oxidation of N⁺ implanted silicon: optical and structural properties, *Surf. Coat. Technol.* 151 – 152 (2002) 281–284.

ЕФЕКТ НА РОБИНС-МАГНУС – ОПИТ ЗА ПЪЛНО ОБЯСНЕНИЕ

Емил Маринчев¹, Деян Гешев², Иван Димитров²,
Стоил Донеv³, Ивайло Недялков¹

¹Департамент по приложна физика, ТУ - София, България,
e-mail: emar@tu-sofia.bg, ivonvn@gmail.com

²Катедра въздушен транспорт, ТУ - София, България,
e-mail: dgeshev@aero.tu-sofia.bg, idimitrov@aero.tu-sofia.bg

³ИЯИЯЕ, БАН, София, България,
e-mail: sdonev@inrne.bas.bg

Резюме. Направен е анализ на експерименталните данни и е представено универсално обяснение на ефекта на Робинс-Магнус, като частен случай на реактивно движение при взаимодействие на въртящ се цилиндър с напречен въздушен поток. Обяснени са защо и при какви условия се наблюдава максимум на ефекта и обратен ефект на Робинс-Магнус. Получените резултати са точни и валидни за реален 3-мерен флуид.

Ключови думи: ефект на Робинс-Магнус.

1. Увод

За явлението възникване на подемна сила при напречно обтичане на въртящи се тела има натрупани много експериментални резултати. Теорията изостава в обяснението на тези резултати.

И тук, както в [1], са използвани 2 теореми от механиката:

- ✓ Импулсът на механична система $\mathbf{p}$ е равен на импулса на масовия център на системата $\mathbf{p}_c$.

$$\mathbf{p} = \mathbf{p}_c = m\mathbf{v}_c$$

- ✓ Реактивната сила $\mathbf{R}$ се определя от реакцията (противодействието) на импулсния поток

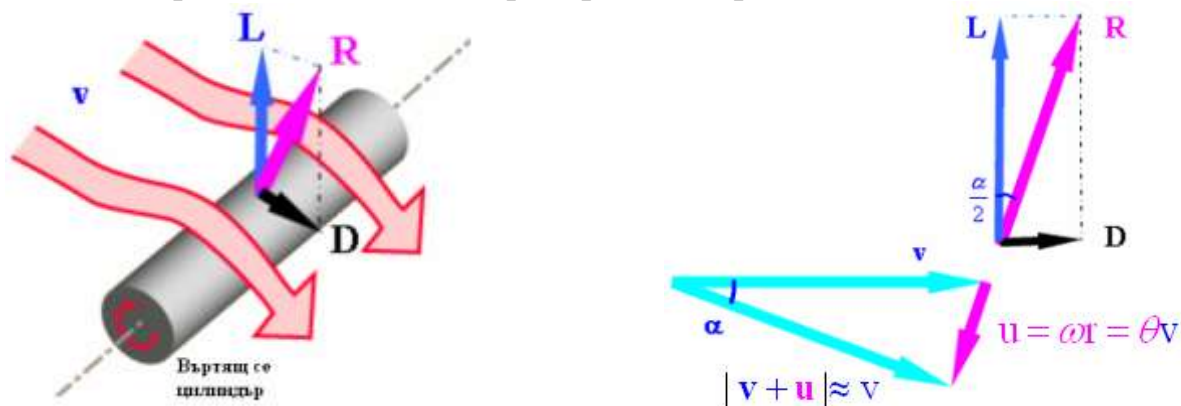
$$\mathbf{R} = \dot{m}\mathbf{u}$$

където $|\dot{m}|$ е масовият поток и $\mathbf{u}$ е промяната на скоростта му.

2. Ефект на Робинс-Магнус [2, 3]

При (напречно) обтичане на въртящи се тела с ротационна ос на симетрия (цилиндър, кълбо и др.) възниква подемна сила - фиг. 1. Ефектът е с различно

проявление в зависимост от това дали има, или няма откъсване на въздушен поток от повърхността на цилиндъра - фиг. 2a и фиг. 2b.



Фиг. 1, [1, 4]

α - ефективен ъгъл на отклонение, u - изменение на скоростта на въздушния масов център v_c . Ако се пренебрегнат загубите на енергия, за реален флуид с малък вискозитет: $v + u \approx v$ и $u = \omega r = \theta v$.

2.1 Ефект на Робинс-Магнус без откъсване на въздушен поток за реален флуид (фиг. 1 за реален флуид, фиг. 2a за идеален флуид).

Въздушният поток, взаимодействащ с въртящ се цилиндър с относителна ъглова скорост $\theta = \omega r / v$, се отклонява на ефективен ъгъл $\alpha = 2\arcsin(\theta / 2)$, като изменението на скоростта на центъра на масите v_c на въздушния поток е $u = \omega r = \theta v$, фиг. 1. Масовият поток $|\dot{m}|$, взаимодействащ с повърхността на цилиндъра, е пропорционален на обтекаемата площ S_c , масовата плътност на въздуха ρ и скоростта на потока v , $|\dot{m}| \sim \rho v S_c = \rho v 2\pi r l$. Ако S_c се изрази чрез площта на цилиндъра в план $S = 2rl$, се получава $|\dot{m}| \sim \pi \rho v S$. От експеримента $|\dot{m}| = \pi \rho v S$ за $l \gg r$, т.е. константата на пропорционалност е равна на 1. Възникващата пълна аеродинамична сила $\mathbf{R}$ е резултат от въздействието на присъединяващия се и отделящия се импулсен поток, т.е. $\mathbf{R} = -|\dot{m}|\mathbf{v} + |\dot{m}|(\mathbf{v} + \mathbf{u}) = |\dot{m}|\mathbf{u}$.

$$R = |\dot{m}| u = \pi \rho v S \cdot \omega r = 2\pi \theta \cdot S \frac{\rho v^2}{2} \quad (1)$$

С $-\dot{m} > 0$ е означен присъединяващият се масов поток, а с $\dot{m} < 0$ - отделящият се. За безразмерните коефициентите C_R, C_L и C_D на пълната аеродинамична, подемната и съпротивителната сили се получава:

$$\begin{aligned}
 C_R &= \frac{R}{S\rho v^2/2} = 2\pi\theta \\
 C_L &= \frac{L}{S\rho v^2/2} = 2\pi\theta \cos \frac{\alpha}{2} \\
 C_D &= \frac{D}{S\rho v^2/2} = 2\pi\theta \sin \frac{\alpha}{2}
 \end{aligned} \tag{2}$$

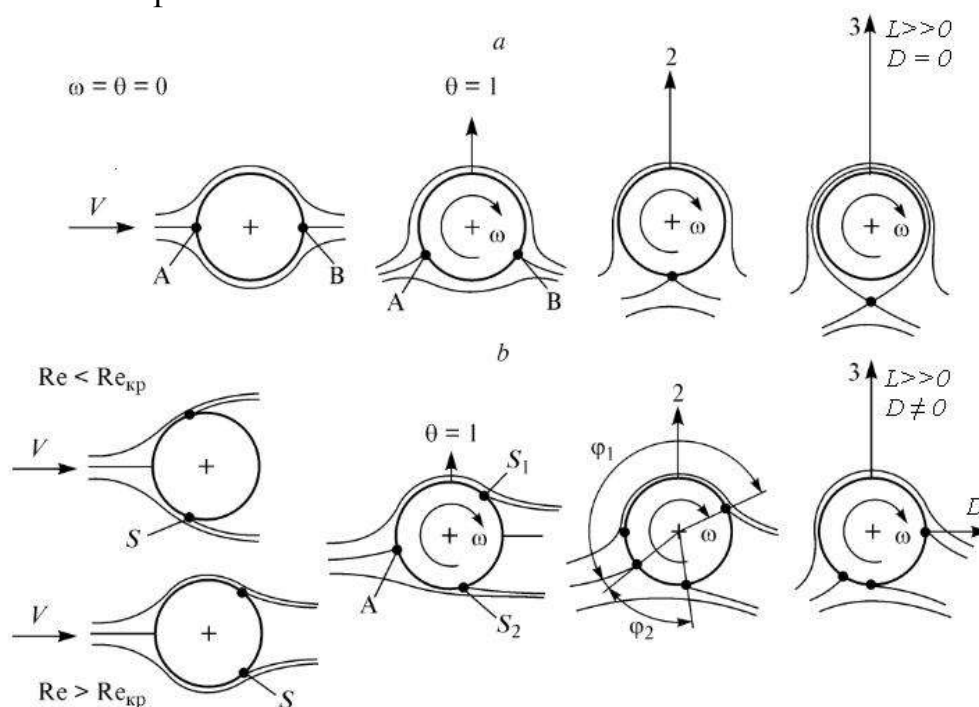
Максимумът на подемната сила е при $\alpha_m = \pi/2$, тогава $\theta_m = \sqrt{2}$ (фиг. 3а):

$$C_{R_m} = 2\pi\sqrt{2}, \quad C_{L_m} = C_{D_m} = \frac{\sqrt{2}}{2} C_{R_m} = 2\pi \tag{3}$$

$\theta_m = \sqrt{2}$ е нов резултат за реален флуид, а за идеален флуид $\theta_m = 2$ според Прандтл [5] - фиг. 2а. За реален флуид максимумът се постига по-лесно.

2.2 Ефект на Робинс-Магнус с откъсване на въздушен поток - фиг. 2b.

При откъсване на въздушен поток намалява обтекаемата площ S_C и се наблюдава съществена промяна в обтичането на цилиндъра и следните факти се оказват значими - фиг. 2b:



Фиг. 2 [6] **а** - за идеален флуид без откъсване на поток; **б** - за реален флуид с откъсване на поток между S_1 и S_2

1. Намалява масовият поток $|\dot{m}|$ с множител приблизително в границите от $2/3$ до $3/4$.
2. Отклонението на въздушния поток надолу се извършва от задната част на цилиндъра и поради откъсване на въздушен поток в тази част, възможността за максимално отклонение намалява с фактор $0,424$ ($\approx 1/2$).

3. Максимумът на подезната сила се редуцира на

$$C'_{L_m} = \frac{\sqrt{2}}{2} \left(\frac{2}{3} \div \frac{3}{4} \right) 2\pi\theta'_m = (0,47 \div 0,53) 2\pi\theta'_m$$

За да се достигне при $\alpha_m = \frac{\pi}{2}$ е необходимо да се увеличи реципрочно относителната скорост на въртене на цилиндъра в границите $(\frac{4}{3} \div \frac{3}{2})/0,424$, т.е.

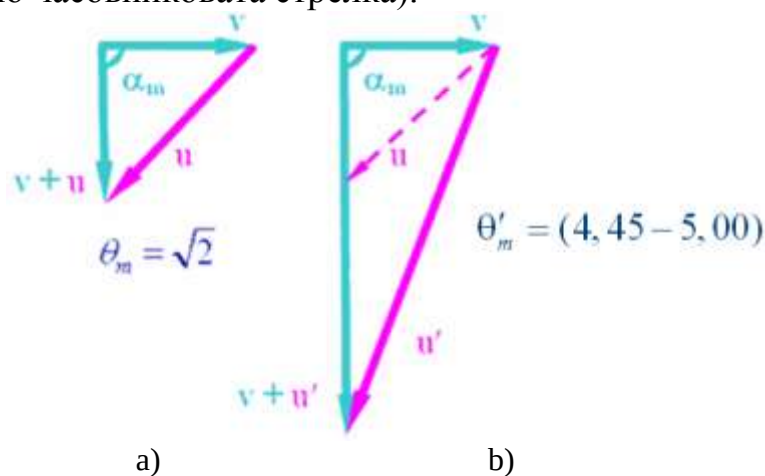
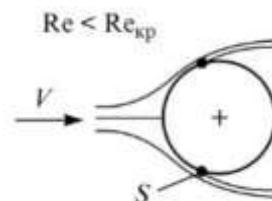
$$\theta'_m = \frac{1}{0,424} \left(\frac{4}{3} \div \frac{3}{2} \right) \theta_m \approx (4,45 \div 5,00), \text{ фиг. 3b и фиг. 4.}$$

Максимумът на челното съпротивление се редуцира на

$$C'_{D_m} = 0,424 \left(\frac{3}{4} \div \frac{2}{3} \right) 2\pi = (2,00 \div 1,78).$$

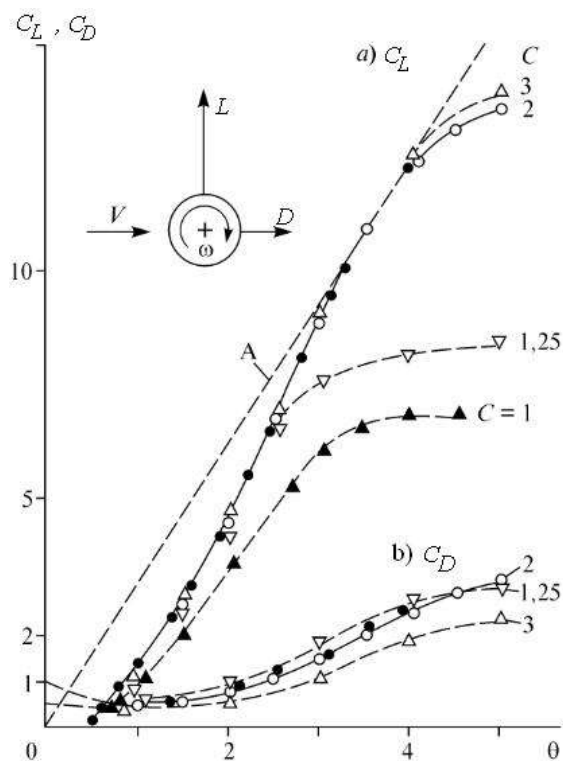
4. С откъсването на въздушен поток от повърхността на цилиндъра се появява възможност за допълнително прехвърляне на енергия от въртящия се цилиндър към отклонения въздушен поток, като се увеличава максимумът на коефициента на подезната сила $C'_{L_m} = \pi\theta'_m = (13,98 \div 15,71)$ - фиг. 3b и фиг. 4.

5. При подкритични стойности на числото на Рейнолдс $Re < Re_{кр}$ и малка относителна скорост на въртене θ , въздушният поток се откъсва още от предната част на цилиндъра с принос в отклонение на въздушния поток нагоре – фиг. 2b, задната част не участва в отклонението и това е основната причина за възникване на обратен ефект на Робинс-Магнус (двете точки на откъсване на въздушния поток S са завъртяни по часовниковата стрелка).

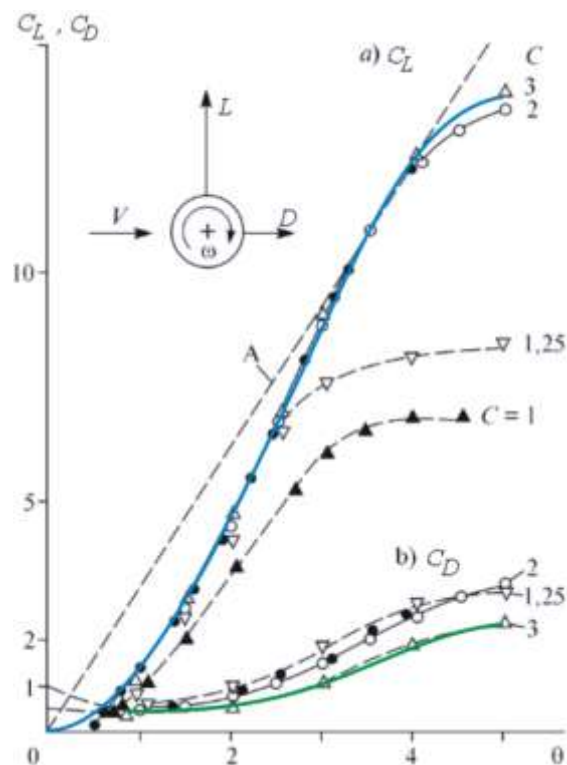


Фиг. 3a - без откъсване на въздушен поток, **3b** - с откъсване на въздушен поток

Фигури 4 и 5 - експериментални стойности на C_L и C_D от θ за въртящ се цилиндър при относително удължение $AR = \frac{l^2}{S} = \frac{l}{d} = 8$ по различни автори - $\blacktriangle$, $\bullet$, ∇ , $\circ$, Δ . $C = d'/d = 1 \div 3$, d' - диаметър на шайбите в края на цилиндъра, A - асимптота $C'_L = \pi\theta$.



Фиг. 4. [6]



Фиг. 5

2.3 Определяне на функционалните зависимости $C'_L(\theta)$ и $C'_D(\theta)$ за реален флуид с откъсване на въздушен поток.

В 2.1 за реален флуид с откъсване на флуиден поток, са получени приблизително максимумите на коефициентите на подемната сила и челното съпротивление. Истинско предизвикателство е да се получат функционалните зависимости $C'_L(\theta)$ и $C'_D(\theta)$. Теоретично за идеален флуид с откъсване на флуиден поток $C'_L(\theta) = \pi\theta$. Експериментът не потвърждава тази линейна зависимост – фиг. 4. Функционалните зависимости $C'_L(\theta)$ и $C'_D(\theta)$ се получават доста по-трудно. От (2) за реален флуид без откъсване на поток $C_L = 2\pi\theta \cos \frac{\alpha}{2} = 2\pi \sin \alpha$, т.к. $\theta = 2 \sin \frac{\alpha}{2}$. За реален флуид с откъсване на поток е необходимо допълнително комбиниране на линейна и синусова зависимости - $C'_L = \pi\theta \sin \alpha$, фиг. 5, т.к. с нарастването на θ расте приблизително линейно повърхността в задната част на цилиндъра с принос в отклонението на флуидния поток надолу – фиг. 2b.

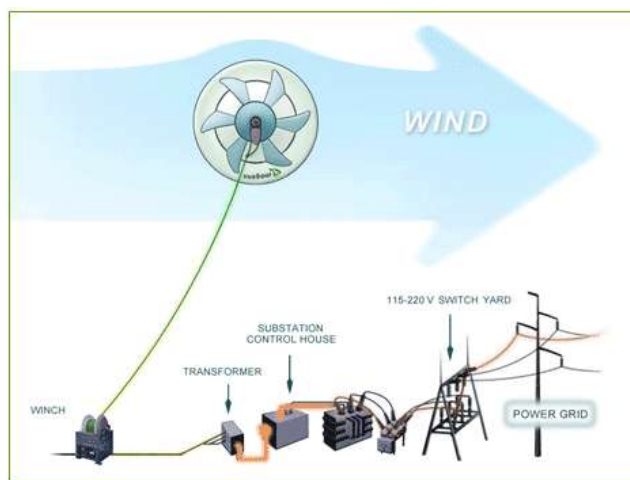
Функционалната зависимост $C'_D(\theta)$ може да се получи от (2) ($C_D = 2\pi\theta\sin\frac{\alpha}{2}$) с малки корекции: $C'_D = 0,424(\frac{3}{4} \div \frac{2}{3})2\pi\theta\sin\frac{\alpha}{2} = (0,64 \div 0,57)\pi\sin^2\frac{\alpha}{2}$, т.к. $\theta = 2\sin\frac{\alpha}{2}$. Трябва допълнително да се отчете профилното съпротивление на цилиндъра чрез преместване началото на тази графика в минимума на експерименталните данни и да се комбинира с линейна зависимост, както по-горе при $C'_L(\theta)$, $C'_D = 0,6\pi\frac{\theta}{4}\sin^2\frac{\alpha}{2}$. Много добро съвпадение между теория и експеримент се получава при следния избор на функционалните зависимости: $C'_L = \pi\theta\sin(\pi\theta/a)$ и $C'_D = 0,6\pi\frac{\theta}{4}\sin^2(\pi\theta/a)$ с допълнителен избор на параметъра $a = 7,7$, така че максимумът на функцията $C'_L(\theta)$ да съвпадне с експерименталните данни ($\theta_m = 5$, $C'_{L_m} = 14$). Въпреки постигнатите добри резултати, необходимо е да се поработи още за по-прецизното извеждане на тези функции.

3. Приложения

Magenn Power Air Rotor System е нов тип ветрогенератор комбиниращ аеростатичен ефект и ефект на Робинс-Магнус – фиг. 6 и фиг. 7.



Фиг. 6 [7]



Фиг. 7 [7]



Фиг. 8 [8]

При FanWing, фиг. 8, се постига няколкократно по-голям коефициент на подъемна сила. Няма теоретични ограничения в предаването на енергия към отклонения поток надолу и получаването на по-голяма подъемна сила с възможно вертикално излитане.

4. Заключение

Какво е постигнато?

1. Определен е максимумът на подъемната сила за реален флуид с и без откъсване на въздушен поток.
2. Едновременно са получени и обяснени функционалните зависимости на подъемната сила и челното съпротивление от относителната скорост на въртене.
3. Обяснен е и обратният ефект на Робинс-Магнус.
4. Получено е много добро съвпадение на теорията с експеримента.
5. При максимума са възможни флуктуации, т.к. тук е и границата за среща на налитания с отклонения флуиден поток [9].

Литература

- [1] Marinchev E., D. Geshev, I. Dimitrov, S. Donev, I. Nedyalkov, ON THE PHYSICS OF FLIGHT, <http://www.lulu.com/content/569164>
- [2] Robins, B., New Principles of Gunnery Containing the Determination of the Force of Gunpowder and Investigation of the Difference in the Resisting Power of the Air to Swift and Slow Motion, 1742.
- [3] Magnus G., Uber die Abweichung der Geschosse. Abh. d. Kgl. Ak. d. Wiss. zu Berlin. 1852: Pogg. Ann. 88, 1, 1853.
- [4] Hyperphysics: Kutta-Joukowski Lift Theorem, 2006, <http://hyperphysics.phyastr.gsu.edu/hbase/fluids/kutta.html#c1>

[5] Прандтль Л., Эффект Магнуса и ветряной корабль, Успехи физических наук, том V, вып. 1-2., 1925

[6] Бычков Н., Ветродвигатель с эффектом Магнуса. Характеристики вращающегося цилиндра, Теплофизика и аэромеханика, 2005, том 12, № 1

[7] <http://www.magenn.com>

[8] <http://funwing.com>

[9] Tapan K. Sengupta and Srikanth B. Talla, Robins–Magnus effect: A continuing saga, CURRENT SCIENCE, VOL. 86, NO. 7, 10 APRIL 2004

ОТНОСНО ФИЗИКАТА НА ПОЛЕТА

Емил Маринчев¹, Деян Гешев², Иван Димитров²,
Стоил Донеv³, Ивайло Недялков¹

¹Департамент по приложна физика, ТУ - София, България,
e-mail: emar@tu-sofia.bg, ivonvn@gmail.com

²Катедра въздушен транспорт, ТУ - София, България,
e-mail: dgeshev@aero.tu-sofia.bg, idimitrov@aero.tu-sofia.bg

³ИЯИЯЕ, БАН, София, България,
e-mail: sdonev@inrne.bas.bg

Резюме. Представено е универсално обяснение на физиката на полета, като частен случай на реактивно движение, при взаимодействие на въздушен поток с летящ обект. Получените резултати са точни и са валидни за всички видове летящи обекти в реален 3-мерен флуид. В допълнение е получено обобщение на теоремата на Жуковски-Кутта за реален флуид с малък вискозитет.

Ключови думи: физика на полета, закони за запазване, подемна сила, челно съпротивление, теорема на Жуковски-Кутта, ефект на Робинс-Магнус.

1. Увод

Повече от 100 години теоремата на Жуковски-Кутта с много голям успех се ползва от авиоинженерите за дозвукови скорости на полета [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Основен недостатък в ползването на тази теорема е, че валидна само за идеален флуид, докато всеки полет се извършва в реален флуид. Основната цел на тази работа е да се преосмисли самата физика на полета в реален флуид ползвайки предимно законите за запазване .

Използвани са следните 2 теореми от механиката:

- ✓ Импулсът на механична система $\mathbf{p}$ е равен на импулса на масовия център на системата $\mathbf{p}_c$.

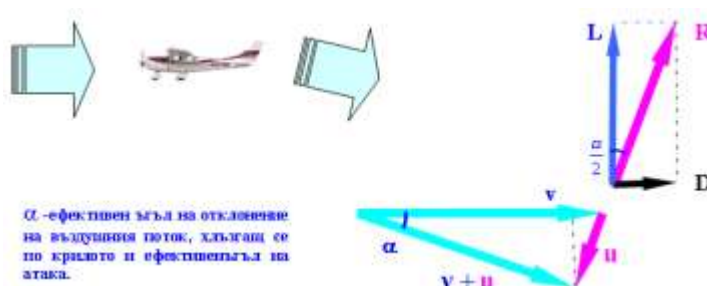
$$\mathbf{p} = \mathbf{p}_c = m\mathbf{v}_c$$

- ✓ Реактивната сила $\mathbf{R}$ се определя от реакцията (противодействието) на импулсния поток

$$\mathbf{R} = \dot{m}\mathbf{u}$$

където , $|\dot{m}|$ е масовият поток и $\mathbf{u}$ е промяната на скоростта му.

2. Физика на полета



Фиг. 1

Въздушният поток, взаимодействащ с крилото, се отклонява на ефективен ъгъл α , равен на ефективния ъгъл на атака за цялото крило [7, 8, 9, 10, 11, 12].

Масовият поток, взаимодействащ с летящия обект, е означен с $|\dot{m}|$. Отделящият се от крилото отклонен масов поток е $\dot{m} < 0$, а присъединяващият се поток е $-\dot{m} > 0$. Тъй като въздушният поток взаимодейства с повърхността на крилото и следва формата (кривината) му, масовият поток $|\dot{m}|$ е пропорционален на обтекаемата площ на крилото S_w , скоростта на потока v ($v = v_c$) и масовата плътност на въздуха ρ , $|\dot{m}| \sim \rho v S_w$. Ако S_w се изрази чрез площта на крилото в план S , се получава $|\dot{m}| = C \rho v S$, където C е коефициент на пропорционалност.

Възникващата върху крилото пълна аеродинамична сила $\mathbf{R}$ е резултат от действието на присъединяващия се и отклонения импулсен поток, т.е. от противодействието на импулсия поток.

$$\mathbf{R} = -\dot{m}\mathbf{v} + \dot{m}(\mathbf{v} + \mathbf{u}) = \dot{m}\mathbf{u} \quad (1)$$

При полет с постоянна скорост и пренебрегване на загубите на енергия, за реален флуид с малък вискозитет - $|\mathbf{v} + \mathbf{u}| \approx v$, а $u = 2v \sin(\alpha/2)$, (фиг. 1). Тогава от израза (1) следва

$$R = C \rho v S 2v \sin(\alpha/2) = 4C \sin(\alpha/2) \cdot S \frac{\rho v^2}{2} \quad (2)$$

Векторът $\mathbf{u}$ се представя с перпендикулярна и успоредна на присъединяващия се поток компоненти

$$u_{\perp} = v \sin \alpha$$

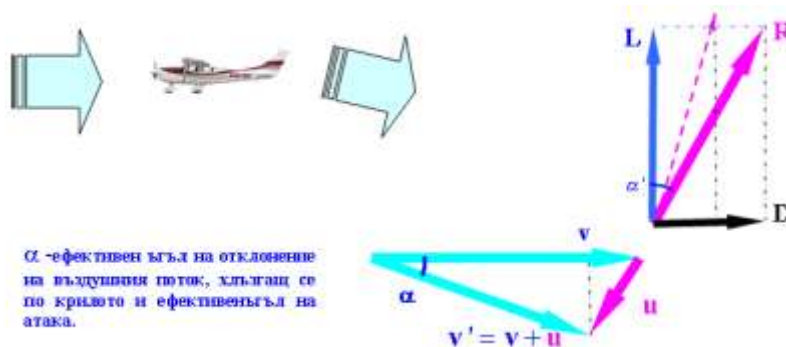
$$u_{\parallel} = v - v \cos \alpha$$

$$= v(1 - \cos \alpha) = 2v \sin^2 \frac{\alpha}{2} \approx \frac{v}{2} \alpha^2$$

За подъемната сила L и силата на челно съпротивление D (фиг. 1) и техните безразмерни коефициенти C_L и C_D се получава

$$L = \dot{m} u_{\perp} = 2C \sin \alpha \cdot S \frac{\rho v^2}{2} \quad C_L = \frac{L}{S \rho v^2 / 2} = 2C \sin \alpha$$

$$D = \dot{m} u_{\parallel} \approx C \alpha^2 \cdot S \frac{\rho v^2}{2} \quad C_D = \frac{D}{S \rho v^2 / 2} \approx C \alpha^2 \quad (2')$$



Фиг. 2

С отчитане на загубите на енергия (фиг.2), $v' = |\mathbf{v} + \mathbf{u}| < v$, а ъгълът между $\mathbf{R}$ и $\mathbf{L}$ расте ($\alpha' > \alpha/2$):

$$v' = |\mathbf{v} + \mathbf{u}| = (1 - \varepsilon) \cdot v$$

$$u_{\perp} = v' \sin \alpha = (1 - \varepsilon) \cdot v \sin \alpha$$

$$u_{\parallel} = v - v' \cos \alpha = v[1 - (1 - \varepsilon) \cos \alpha]$$

$$\approx v[1 - (1 - \varepsilon)(1 - \alpha^2 / 2)]$$

$$\approx \varepsilon v + v(1 - \varepsilon) \alpha^2 / 2$$

$$L = \dot{m} u_{\perp} = 2C(1 - \varepsilon) \sin \alpha \cdot S \frac{\rho v^2}{2}$$

$$D = \dot{m} u_{\parallel} \approx [2\varepsilon C + C(1 - \varepsilon) \alpha^2] S \frac{\rho v^2}{2} \quad (3)$$

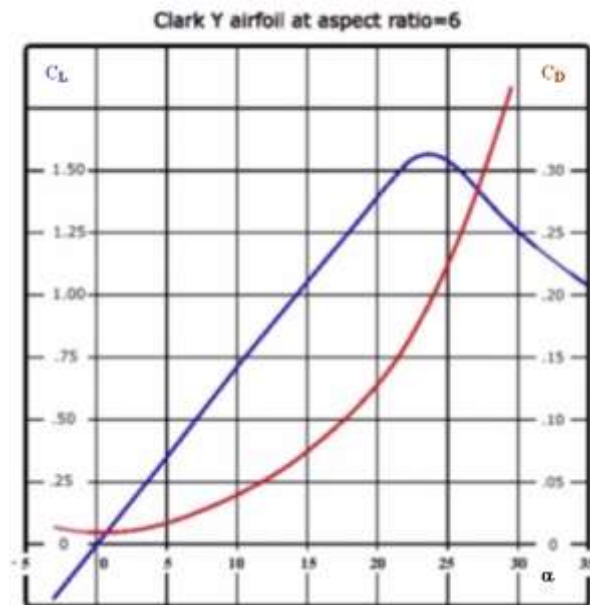
$$C_{pr} = 2\varepsilon C$$

С C_{pr} е означено профилното съпротивление, а с ε – модула от относителното изменение на скоростта по големината: $\varepsilon = |\Delta v| / v = |v' - v| / v$.

$$C_L = 2C(1 - \varepsilon) \sin \alpha$$

$$C_D \approx C_{pr} + C(1 - \varepsilon) \alpha^2 \quad (3')$$

Зависимостите на C_L и C_D от ефективния ъгъл на атака се потвърждават от експеримента, а C зависи от разпереността на крилото ($AR = l^2/S$) - фиг. 3.



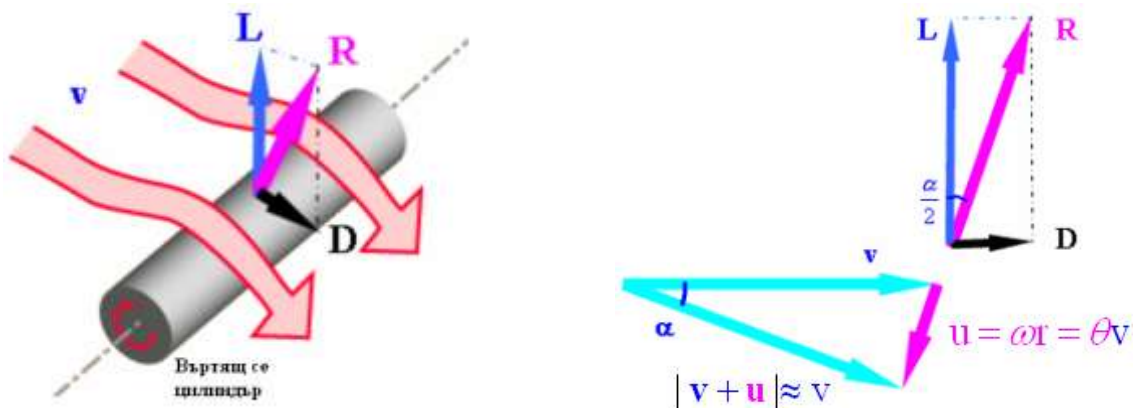
Фиг. 3 [13]

2.1 Ефект на Робинс - Магнус [14, 15]

При (напречно) обтичане на въртящи се тела с ротационна ос на симетрия (цилиндър, кълбо и др.) възниква подемна сила - фиг. 4. При въртене на цилиндъра с ъглова скорост ω , изменението на скоростта на въздушния поток е $u = \omega r$, а α е ефективният ъгъл на отклонението му:

$$\alpha = 2 \arcsin(u / 2v) = 2 \arcsin(\omega r / 2v)$$

$$\alpha \approx u / v = \omega r / v$$
(4)



Фиг. 4

Пълната аеродинамична сила, действаща на цилиндъра е

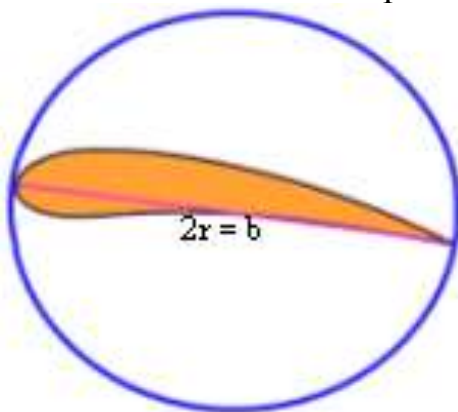
$$\mathbf{R} = \dot{m} \mathbf{u}, \quad |\dot{m}| \sim \rho v S_C = \rho v 2\pi r l, \quad u = \omega r$$

$$R = |\dot{m} \mathbf{u}| = 2\pi r^2 \rho v \omega l = 2\pi S \rho v \omega r / 2, \quad S = 2rl$$
(5)

Тук S_C е околната повърхност на цилиндъра, а l - дължината му. Получените резултати се потвърждават от експеримента и константата на пропорционалност е точно равна на 1, т.е. $|\dot{m}| = \rho v S_C = \rho v 2\pi r l$ за $l \gg r$. Това е аналог на условието на Кутта-Жуковски и съгласува теорията с експеримента.

2.2 Теорема на Жуковски-Кутта

При пренебрегване на профилното съпротивление, обтичането на крилото може да се замени с еквивалентно обтичане на въртящ се цилиндър – фиг.5.



Фиг. 5

$$\omega = u / r = 2 \frac{v}{r} \sin \alpha / 2 \quad (6)$$

$$R = |\dot{m} u| = 2\pi S \rho v \omega r / 2 = 4\pi \sin(\alpha / 2) \cdot S \rho v^2 / 2$$

От сравнението на (2) и (6) за константата C на крило с голямо удължение AR се получава $C = \pi$.

От установеното взаимно еднозначно съответствие между обтичането на крило и въртящ се цилиндър за циркулацията на скоростта се получава:

$$\Gamma = 2\pi r \omega r = 2\pi r u = 4\pi r v \sin \alpha / 2, \quad (7)$$

валидно и за двете обтичани тела. От (6) и (7) следва

$$R = \rho v \Gamma l \quad (8)$$

Този резултат е **обобщение на теоремата на Жуковски – Кутта**, при обтичане на крило с реален флуид с малък вискозитет. Подобен резултат е получен и в [16].

Подемната сила е

$$L = R \cos(\alpha / 2) = \rho v 4\pi r v \sin(\alpha / 2) \cos(\alpha / 2).l$$

$$= 2\pi 2rl \frac{\rho v^2}{2} \sin \alpha = 2\pi S \frac{\rho v^2}{2} \sin \alpha, \quad 2r = b,$$

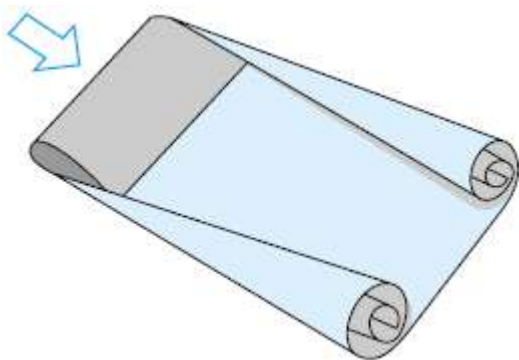
където b е хордата на крилото.

2.3 Теория и експеримент

При обтичане на крилото, в двата му края възникват противоположни вихри (фиг.6 и 7), намаляващи отклонения масов поток и коефициента C . За крило с голямо удължение $C = \pi$, а с нулево удължение $C = 0$. От получената зависимост на C_L от удължението [3, 5, 6] се получава:

$$C_L = \frac{2\pi}{1 + 2/AR} \sin \alpha$$

$$C = \frac{\pi}{1 + 2/AR}. \quad (9)$$



Фиг. 6 [6]



Фиг. 7 [5]

За коефициента на челно съпротивление C_D също се въвежда корекция κ , поради допълнителните загуби на енергия за завихряне [3, 5, 6]:

$$C_D \approx C_{pr} + \kappa C \alpha^2, \quad \kappa = 4C/\pi AR \quad (10)$$

3. Заключение.

Жуковски относно физиката на полета:

".... движейки се под малък ъгъл спрямо хоризонта с голяма хоризонтална скорост, наклонената плоскост отклонява огромно количество от последователно прилягащи към нея въздушни маси с малка скорост надолу и развива голяма подемна сила нагоре, при



незначителни загуби на енергия за хоризонтално преместване" [17].

Какво е постигнато?

- Едновременно са получени зависимостите на подъемната сила и челното съпротивление от ефективния ъгъл на атака за реален флуид.
- Представен е ясен 3D физически модел илюстриращ и обясняващ теоремата на Жуковски-Кута.
- Получено е и обобщение на теоремата на Жуковски – Кутта, при обтичане на крило от реален 3D флуид с малък вискозитет.

Литература

- [1] Жуковский, Н. Е.: О присоединенных вихрях, собр. соч. том V, 1906
- [2] Лойцянский, Л. Г.: Механика жидкости и газа, Москва, 1950
- [3] Auld, D.J.; and Srinivas, K.: Aerodynamics for Students, USYD, © 1995-2006, [<http://www.aeromech.usyd.edu.au/aero/aerodyn.html>].
- [4] Devenport, W.: Joukowski Mapping, AOE, 2005, [<http://www.aoe.vt.edu/~devenpor/aoe5104/contents.html>].
- [5] Gerritsma and Van Oudheusden: Incompressible Flow over Finite Wings, TU Delft, 2006, [http://www.aero.lr.tudelft.nl/~bvo/aerob/aero-B_ch5.ppt].
- [6] White, F. M.: Fluid Mechanics, 4th Ed [McGraw Hill], pages 523-534.
- [7] Anderson, D.; and Eberhardt, S.: Understanding Flight, McGraw-Hill, 2001.
- [8] Anderson, D.; and Eberhardt, S.: A Physical Description of Flight, 2006, [<http://www.aa.washington.edu/faculty/eberhardt/lift.htm>].
- [9] Hyperphysics: Kutta-Joukowski Lift Theorem, 2006 [<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/fluids/kutta.html#c1>].
- [10] Marinchev, E.: Universality, arXiv: physics/0211106, [http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2002physics..11106M].
- [11] NASA, Lift, 2006, [<http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/lift1.html>].
- [12] Raskin, J.: Coanda Effect: Understanding Why Wings Work, © 2002-2005, [http://jef.raskincenter.org/published/coanda_effect.html].
- [13] Wikipedia, Airfoil, 2006, [<http://en.wikipedia.org/wiki/Airfoil>].
- [14] Robins, B., New Principles of Gunnery Containing the Determination of the Force of Gunpowder and Investigation of the Difference in the Resisting Power of the Air to Swift and Slow Motion, 1742.
- [15] Magnus G., Uber die Abweichung der Geschosse. Abh. d. Kgl. Ak. d. Wiss. zu Berlin. 1852: Pogg. Ann. 88, 1, 1853.
- [16] Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика, часть 2 ФМЛ, 1963, стр. 523-534.
- [17] Козьмин, В. В.; и Кротов, И. В.: Дельтапланы, Москва 1989, стр. 57.

СРАВНЕНИЕ НА ДВА ЧИСЛЕНИ МЕТОДА ЗА АНАЛИЗ НА РАМАНОВО САМОРАЗСЕЙВАНЕ В ОПТИЧНИ ВЛАКНА

Тодор Арабаджиев, Иван Узунов

Департамент по приложна физика, Технически университет – София, София 1000,
бул. "Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: tna@tu-sofia.bg

Резюме. В настоящата работа е сравнена точността на методите „fourth-order Runge-Kutta in the interaction picture“ (RK4IP) и „Blow-Wood method with fourth-order Runge-Kutta“ (BWRK4) за моделиране на явлението Раманово саморазсейване (IRS) в оптични влакна и свързаните с него разпад на многосвързани солитонни състояния и солитонно самотместване във времевата и честотната области (SSFS).

Ключови думи: RK4IP, BWRK4, IRS.

1. Въведение

За решаването някои основни уравнения в нелинейната оптика, като например нелинейно уравнение на Шрьодингер (NSE), през 70-те години на миналия век беше използван Фурие метода за разделяне по физични фактори (Split-Step Fourier Method - SSFM) [1-5]. Поради използването на бързото Фурие преобразование той се оказа много по-бърз от предхождащите го методи с крайни разлики. Усъвършенстването на SSFM доведе до разработването на варианта на Blow и Wood в който се елиминира глобалната грешка от разделянето (split-step error) до 3-ти порядък (грешката от разделянето се изчислява чрез формулата на Бейкър-Хаусдорф). Методът SSFM запази позицията си на един от най-точните и бързи методи при решаване на NSE повече от десетилетие, докато в серията статии [6-8] беше представен нов метод използващ математични концепции и преобразования присъщи на квантовата механика и по специално т.нар. „картина на взаимодействие“ („interaction picture“). Благодарение на тази математична концепция след трансформирането на операторите в “interaction picture” за решаването на NSE е възможно да се използва алгоритъма за решаване на обикновени диференциални уравнения известен като Рунге-Кута от 4-ти ред. Новият метод е отбелязан с абревиатурата RK4IP (Runge-Kutta 4 in the interaction picture) [6-8]. Сравнението на този нов метод с най-добрите варианти на SSFM като варианта на Blow и Wood подобрен чрез използването на метода на Рунге –Кута от 4-ти порядък за решаването на нелинейната стъпка (BWRK4), показват че двата метода са напълно еквивалентни при моделирането на двусолитонни гранични състояния [7] (случай в който можем да сравняваме с точните солитонни решения на NSE). При излизане от областа с известни точни решения на NSE,

т.е когато в уравнението са отчетени допълнителни нелинейни ефекти като Рамановото разсейване например в [7] е намерено че RK4IP е по-точният метод.

В настоящата работа е моделирано наблюдавано при разпространение на фемтосекундни и субпикосекундни импулси явление Раманово саморазсейване в оптични влакна отговорно за наблюдаваните ефекти на солитонно самоотместване и разпад на многосвързаните солитонни състояния [9-11], което за разлика от по-пълния модел използван в [7] е въведено във форма удобна за приложение на различни аналитични пертурбационни методи и прилагане на метода на линиите при численото изследване на модифицираното NSE.

2. Модел, подход, метод

Базовото уравнение (модифицирано NSE) което решаваме описва разпространението на импулси в оптично влакно с отчитане на дисперсията на груповите скорости, фазовата самомодулация и Рамановото саморазсейване:

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

където безразмерните променливи са въведени както следва: $x = z/L_D$, $t = T/T_0$, $U = (\gamma L_D)^{1/2} A$. Тук z и t са реалните надлъжни координати във влакното и времето, $T = t' - z/v_g = t' - \beta_1 z$, v_g е груповата скорост, $A(z, T)$ е бавно изменящата се амплитуда, $L_D = T_0^2 / |\beta_2|$ е дисперсионната дължина, T_0 е ширината на импулса, β_2 представя груповата скорост. $\gamma = \frac{n_2 \omega_0}{c A_{eff}}$ е нелинейният параметър,

n_2 е нелинейният показател на пречупване, ω_0 е носещата честота на оптичния импулс, A_{eff} е ефективната площ на сърцевината, c е скоростта на светлината във вакуум. Последният член от дясната страна на уравнение (1) е пропорционален на $\gamma = T_R/T_0$, където T_R е първият момент в функцията описваща нелинейният отговор (наклона на спектъра на Рамановото усилване). Този член е свързан със забавения Раманов отклик, описва явлението Раманово саморазсейване (IRS) при субпикосекундни и фемтосекундни импулси и е отговорен за т.нар. солитонно самоотместване във времевата и честотната област (SSFS).

Описание на метода на Blow и Wood с Рунге-Кута 4 (BWRK4)

Метода е използван за първи път в [5] за решаване на NSE. В [3] е изследвана неговата точност като са направени сравнения с други SSFM методи а в [7] е сравнен с RK4IP в случая на 2-солитонно гранично състояние и Раманово разсейване. Основата на метода е разделяне на стъпката на разпространение във влакното по физични фактори, като за дадена половина се

изчисляват самостоятелно действието на дисперсията (оператора $\hat{D}$) и на фазовата саомодуляция (нелинейност) (оператора $\hat{N}$):

$$\begin{aligned}\partial U / \partial x &= (\hat{D} + \hat{N})U \\ \hat{D} &= -(i/2 + \beta)\partial^2 / \partial t^2; \quad \hat{N} = -i|U|^2 + i\gamma \frac{\partial}{\partial t}(|U|^2) \\ U(x + \Delta x, T) &\cong \exp[\Delta x \hat{D} / 2] \exp[\Delta x \hat{N}(X)] X, \quad X = \exp[\Delta x \hat{D} / 2] U(x, T)\end{aligned}\quad (2)$$

Особеното тук е, че комбинирането на двата фактора за всяка стъпка става по метод известен в [3] като Reduced SSFM (2). Елиминирането на глобалната грешка от разделянето до 3-ти порядък включително става с прилагането на следната процедура при изчисляването на амплитудата:

$$U(x + 6\Delta x, T) \cong [U(x + \Delta x, t)]^4 [U(x - 2\Delta x, t)] [U(x + \Delta x, t)]^4 \quad (3)$$

Описание на RK4IP

В квантовата механика концепцията известна като „картина на взаимодействие“ („interaction picture“, IP) се използва в случаите когато хамилтонианът има времезависима компонента.

В конкретния случай за решаване на NSE определяме еволюцията на амплитудата $j\partial U^I / \partial x$ определяйки собствените стойности чрез оператора: $N^I = \exp(-(x - x_0)\hat{D})\hat{N}\exp((x - x_0)\hat{D})$, където $\hat{D} = (j/2)\partial^2 / \partial t^2$ е оператор отчитащ дисперсията а нелинейния оператор $\hat{N} = j|U|^2$ отчита фазовата саомодуляция. Тогава NSE се преобразува от вида (1) във вида: $j\partial U^I / \partial x + N^I U^I = 0$, където горният индекс I означава, че съответният оператор е трансформиран в IP. Както се вижда, NSE в новия му вид може да се реши числено чрез използване на метода на Рунге-Кута от 4-ти ред, описан подробно в [6-8].

Членът в (1) отчитащ IRS, се изчислява чрез използване на метода на крайните разлики или чрез включването му в нелинейния оператор и съответно в RK4IP.

Интересно качество при RK4IP метода е, че грешката от разделяне присъща на методите с разделяне на стъпката е напълно елиминирана.

Усреднена относителна грешка.

При изследването на методите по-нататък ще използваме методиката приложена в [7], свързана с изчисляване на усреднената относителна грешка за фиксирано разстояние по формулата:

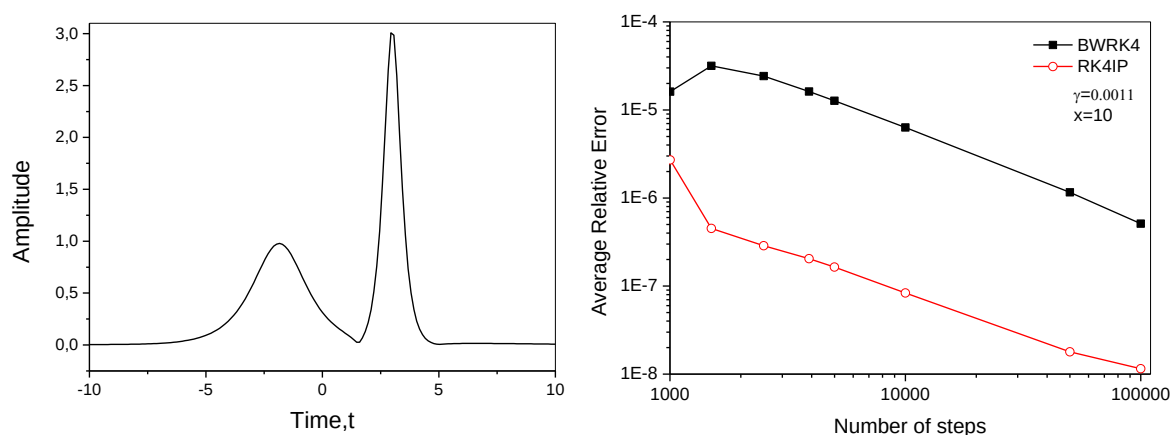
$$\varepsilon = \sum_{i=1}^N \left| |U_i^{NUM}|^2 - |U_i^{TRUE}|^2 \right| / \max(|U_i^{TRUE}|^2) \quad (4)$$

Където U_i^N е числено пресметнатата амплитуда за всяка дискрета по напречната координата (времето t). U_i^{TRUE} е истинската стойност на амплитудата на всяка дискрета по развивката на амплитудата (времето t). Обикновено U_i^{TRUE} е

известно в случаите когато съществува аналитично (точно) решение на NSE. При наличие на IRS обаче такова решение на NSE не съществува и U_i^{TRUE} е числено решение но взето при условия позволяващи постигането на по-голяма точност – например използването на по-малка стъпка. При изчисляването на U_i^{TRUE} в тази статия фиксираното разстояние на пресмятане е разделено на 300 000 стъпки докато U_i^N се изчислява за фиксиран брой стъпки в интервала 1000 до 100000 за фиксираното разстояние на пресмятане.

3. Резултати и обсъждане

Използвайки последователно RKIP4 и BWRK4 ще изследваме точността на методите при моделиране на разпада на начален 2-солитонен оптичен импулс с форма $2\text{sech}(t)$ под влияние на IRS [10,11]. Теоретично началния двусолитонен импулс трябва да се разпадне на двата съставлящи го солитонни импулса с нормализирани амплитуди 1 и 3 в съответствие с [10]. Стойността на параметъра описващ Рамановото саморазсейване е $\gamma = 0.0011$, което съответства на начална ширина на импулса от порядъка на λ_{ps} . Нормираното разстояние на пресмятане е фиксирано на $x=10$. Стойностите параметрите са избрани така, че да съответстват използваните в [9].



Фиг. 1(а) (ляво) Разпадане на началното двусолитонно състояние $2\text{sech}(t)$ в присъствието на IRS, $\gamma = 0.0011$, $x = 10$, кривите от RK4IP и BWRK4 съвпадат, амплитудите на съставлящите солитони съвпадат с теоретичните стойности с точност до хилядните.

Фиг. 1(б) (дясно) Оценка на усреднената относителна грешка за двата метода в зависимост от броя на стъпките при пресмятане за фиксирано разстояние $x = 10$.

Резултатите на фиг. 1(а) са в пълно съответствие с резултатите от фиг. 1 в [9], което е доказателство за правилността при пресмятането и реализацията на числените алгоритми. На фигурата ясно се вижда разпада на началния

двусолитонен импулс в следствие от IRS на два импулса с амплитуди съответстващи на очакваните [10]. Вижда се солитонното самоотместване в резултат от IRS, като стойностите на солитонното самоотместване на двата импулса съвпадат с тези от фиг. 1 в [9].

На фиг. 1(б) е показана точността на пресмятането по всеки от двата изследвани метода при равен брой стъпки на фиксираното разстояние. Вижда се превъзходството по точност на RK4IP пред BWRK4. Резултатът е в съответствие с [7].

4. Заключение

Доказана е валидността на проведените премятия и е тествана успешно създадената програмна реализация на сравняваните методи чрез полученото добро съответствие с [9]. Представеното сравнение на усреднената относителна грешка на BWRK4 и RK4IP при моделиране на раманово саморазсейване в оптични влакна чрез базовото уравнение (1) показва ясно изразено превъзходство на RK4IP, което е в съответствие с аналогичен резултат при моделиране на Раманово разсейване в [7] с по-сложен модел.

Литература

- [1] Hardin, Tapert, "Application of the split step Fourier method to the numerical solution of nonlinear and variable coefficient wave equation.", SIAM Rev. Cronicle, 15,423, 1973
- [2] G. Agrawal, "Nonlinear Fiber Optics", Acad. Press, 2001
- [3] T. Hohage, F. Schmidt, "On the Numerical Solution of Nonlinear Schrodinger Type Equations in Fiber Optics", Konrad-Zuze-Zentrum fur Informationstechnik Berlin, ZIB-Report 02-04, 2002
- [4] M. Potasek, G. Agrawal S. Pinault, "Analytic and numerical study of pulse broadening in nonlinear dispersive fibers", JOSA B, 3 (2), p. 205-211, 1986
- [5] K. Blow, D. Wood, "Theoretical Description of Transient Stimulated Raman Scattering in Optical Fibers", 25 (12), p. 2665-2673, 1989
- [6] B.M. Caradoc-Davies, "Vortex Dynamics in Bose-Einstein Condensates", PhD thesis, University of Otago, Dunedin, New Zealand, (2000)
- [7] J. Hult, "A Fourth-Order Runge-Kutta in the Interaction Picture Method for Simulating Supercontinuum Generation in Optical Fibers", J. Lightwave Technology, 25, 3770-3775, (2007)
- [8] Zhongxi Zhang, Liang Chen, Xiaoyi Bao, "A fourth-order Runge-Kutta in the interaction picture method for numerically solving the coupled nonlinear Schrödinger equation", Optics Express, Vol. 18, Issue 8, pp. 8261-8276 (2010)
- [9] K. Tai, A. Hasegawa, and N. Bekki, "Fission of optical solitons induced by stimulated Raman effect", Opt. Letters, vol. 13, 392-394, (1988).

[10] J. Satsuma, N. Yajima, "Initial value problems of one dimensional self-modulation of nonlinear waves in dispersive media", Supplement of the Progress of Theoretical Physics, 55, p. 284-306, (1974)

[11] M. Goles, I. Uzunov, F. Lederer, "Break up of N-soliton bound states due to intrapulse Raman scattering and third order dispersion-an eigenvalue analysis", Phys. Letters A, p. 195-200, (1997)

ТЕОРИЯ НА КУЛОНОВА ДВОЙКА

Василь Васьківський

Департамент по приложна физика, Технически университет – София, София 1000,
бул. "Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: socyst@yandex.ru

В този доклад се разглежда модификация на пряк алгебраичен метод за определяне на корелационни функции, предложен в [1]. За целта се използват уравнения на движението за операторите на раждане и унищожение. Ще разгледаме система от две частици с електростатично взаимодействие помежду им. Гамилтониан [2] на системата в представяне на вторинно квантуване

$$H = H_1 + H_2 + H_{12} \quad ,$$

където

$$H_i = \sum_p \varepsilon_{ip} a_{ip}^+ a_{ip}$$

е хамилтонианът на свободните частици, а

$$H_{12} = \sum_{p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2} U_{p'_1 p'_2 p_2 p_1} a_{1p'_1}^+ a_{2p'_2}^+ a_{2p_2} a_{1p_1} -$$

хамилтонианът на взаимодействието. Тук ε_{ip} — кинетичната енергия, a_{ip}^+ — операторите на раждането и a_{ip} — операторите на унищожението, $p = (s_z, \vec{p})$, $\vec{p} = (p_x, p_y, p_z)$ — индекси, означаващи проекцията на спина и импулса на частиците. $U_{p'_1 p'_2 p_2 p_1}$ е потенциалната енергия на взаимодействието в импулсно представяне.

От хамилтониана получаваме следните уравнения на движението, които са в основата на метода:

$$\begin{aligned} [a_{jq}, H] &= K_{11q}^{(j)} a_{jq} + K_{12q}^{(j)} b_{jq} \\ [b_{jq}, H] &= K_{21q}^{(j)} a_{jq} + K_{22q}^{(j)} b_{jq} \\ [a_{jq}^+, H] &= -K_{11q}^{(j)} a_{jq}^+ - K_{12q}^{(j)} b_{jq}^+ \\ [b_{jq}^+, H] &= -K_{21q}^{(j)} a_{jq}^+ - K_{22q}^{(j)} b_{jq}^+ . \end{aligned}$$

Тук

$$b_{jq} = \frac{1}{K_{12q}^{(j)}} \sum_{p_1+p_2=p'_1+p'_2} U_{p'_1 p'_2 p_2 p_1} (\delta_{2j} \delta_{p'_2} a_{1p'_1}^+ + \delta_{1j} \delta_{p'_1 q} a_{2p'_2}^+) a_{2p_2} a_{1p_1},$$

$$b_{jq}^+ = \frac{1}{K_{12q}^{(j)}} \sum_{p_1+p_2=p'_1+p'_2} U_{p'_1 p'_2 p_2 p_1} a_{1p'_1}^+ a_{2p'_2}^+ (a_{2p_2} \delta_{1j} \delta_{p_1 q} + a_{1p_1} \delta_{2j} \delta_{p_2 q}).$$

$K_{11q}^{(j)} = \varepsilon_{iq}$, $K_{12q}^{(j)} = 1$, а $K_{21q}^{(j)}$ и $K_{22q}^{(j)}$ са неизвестните функции, които трябва да бъдат намерени. С $[\cdot, \cdot]$ се обозначава комутатор. Основен момент на прекия алгебраичен метод е разлагане на операторите в двуоператорен базис, което е аналогично на разлагане на векторите. В нашия случай операторите се разлагат в базис (a_{ip}, b_{jq}) , а ермитово спрегнатите оператори — в базис (a_{ip}^+, b_{jq}^+) .

За всеки оператор A могат да бъдат въведени следните оператори:

$$\tilde{A} = \rho^{-1} A \rho \quad \text{и} \quad \hat{A} = \rho A \rho^{-1},$$

където ρ е статистическият оператор на системата. Тогава могат да бъдат използвани следните разложения:

$$\begin{aligned} \langle \tilde{a}_{ip} \rangle &= F_{11p}^{(i)} \langle a_{ip} \rangle + F_{12p}^{(i)} \langle b_{ip} \rangle, & \langle \tilde{b}_{ip} \rangle &= F_{21p}^{(i)} \langle a_{ip} \rangle + F_{22p}^{(i)} \langle b_{ip} \rangle \\ \langle \hat{a}_{ip} \rangle &= G_{11p}^{(i)} \langle a_{ip} \rangle + G_{12p}^{(i)} \langle b_{ip} \rangle, & \langle \hat{b}_{ip} \rangle &= G_{21p}^{(i)} \langle a_{ip} \rangle + G_{22p}^{(i)} \langle b_{ip} \rangle, \end{aligned}$$

които играят съществена роля в по-нататъшното прилагане на метода. Тук е въведено следното обозначение за средната стойност на операторите:

$$\langle A \rangle = Sp(\rho A)$$

е следата на оператора A . Прилагайки съотношението

$$Sp(AB) = Sp(BA),$$

получаваме:

$$\begin{aligned} \langle \tilde{a}_{ip} \rangle &= F_{11p}^{(i)} \langle a_{ip} \rangle + F_{12p}^{(i)} \langle b_{ip} \rangle = \langle a_{ip} \rangle, & \langle \tilde{b}_{ip} \rangle &= F_{21p}^{(i)} \langle a_{ip} \rangle + F_{22p}^{(i)} \langle b_{ip} \rangle = \langle b_{ip} \rangle, \\ \langle \hat{a}_{ip} \rangle &= G_{11p}^{(i)} \langle a_{ip} \rangle + G_{12p}^{(i)} \langle b_{ip} \rangle = \langle a_{ip} \rangle, & \langle \hat{b}_{ip} \rangle &= G_{21p}^{(i)} \langle a_{ip} \rangle + G_{22p}^{(i)} \langle b_{ip} \rangle = \langle b_{ip} \rangle. \end{aligned}$$

Оттук веднага намираме, че

$$\langle b_{ip} \rangle = \frac{1 - F_{11p}^{(i)}}{F_{12p}^{(i)}} \langle a_{ip} \rangle = \frac{1 - G_{11p}^{(i)}}{G_{12p}^{(i)}} \langle a_{ip} \rangle$$

при следните условия за търсените матрици:

$$\det \hat{F} = Sp \hat{F} - 1,$$

$$\det \hat{G} = Sp \hat{G} - 1,$$

$$\frac{1 - F_{11p}^{(i)}}{F_{12p}^{(i)}} = \frac{1 - G_{11p}^{(i)}}{G_{12p}^{(i)}},$$

$$\frac{1 - F_{22p}^{(i)}}{F_{21p}^{(i)}} = \frac{1 - G_{22p}^{(i)}}{G_{21p}^{(i)}}.$$

За ермитово спрегнатите оператори получаваме:

$$\langle b_{ip}^+ \rangle = \frac{1 - F_{11p}^{+(i)}}{F_{12p}^{+(i)}} \langle a_{ip}^+ \rangle = \frac{1 - G_{11p}^{+(i)}}{G_{12p}^{+(i)}} \langle a_{ip}^+ \rangle$$

и

$$\det \hat{F}^+ = Sp \hat{F}^+ - 1, \quad \det \hat{G}^+ = Sp \hat{G}^+ - 1,$$

$$\frac{1 - F_{11p}^{+(i)}}{F_{12p}^{+(i)}} = \frac{1 - G_{11p}^{+(i)}}{G_{12p}^{+(i)}}, \quad \frac{1 - F_{22p}^{+(i)}}{F_{21p}^{+(i)}} = \frac{1 - G_{22p}^{+(i)}}{G_{21p}^{+(i)}}.$$

Аналогично могат да бъдат получени следните съотношения за произведение на два оператора:

$$\langle BA \rangle = \langle \hat{A}\hat{B} \rangle = \langle \check{A}\check{B} \rangle,$$

$$\langle \check{A}\check{B} \rangle = \langle \hat{B}\hat{A} \rangle = \langle B\check{A} \rangle,$$

$$\langle \hat{A}\hat{B} \rangle = \langle AB \rangle \quad \text{и}$$

$$\langle \check{A}\check{B} \rangle = \langle AB \rangle,$$

от които се получават необходимите уравнения за намиране на корелационните функции и на елементите на матриците $\hat{F}$ и $\hat{G}$. Например, за случая $i = j$ имаме:

$$-\langle a_p a_q \rangle = \langle a_q a_p \rangle = F_{11p} \langle a_p a_q \rangle + F_{12p} \langle b_p a_q \rangle = G_{11q} \langle a_p a_q \rangle + G_{12q} \langle a_p b_q \rangle,$$

откъдето получаваме:

$$\langle b_p a_q \rangle = -\frac{1 + F_{11p}}{F_{12p}} \langle a_p a_q \rangle,$$

$$\langle a_p b_q \rangle = -\frac{1 + G_{11q}}{G_{12q}} \langle a_p a_q \rangle.$$

Използвайки останалите съотношения, намираме:

$$\langle b_p b_q \rangle = \frac{1 - Sp\hat{F} - F_{22p} + G_{11q}(1 + F_{11p})}{F_{12p}G_{12q}} \langle a_p a_q \rangle.$$

Ето още някои от получените съотношения:

$$Sp\hat{F} = Sp\hat{G} = Sp\hat{F}^+ = Sp\hat{G}^+ = 2,$$

$$\begin{aligned} G_{12} = -F_{12}, \quad -G_{12}^+ = F_{12}^+, \quad G_{21} = -F_{21}, \quad -G_{21}^+ = F_{21}^+, \\ G_{11} = F_{22}, \quad G_{22}^+ = F_{11}^+, \quad G_{22} = F_{11}, \quad G_{11}^+ = F_{22}^+ \end{aligned} \quad \text{и}$$

$$\langle a_p^+ a_q \rangle = \frac{G_{12p}(1 + F_{22p}^+) - F_{12p}^+(1 + G_{22p})}{4(G_{12p} - F_{12p}^+)} \delta_{pq} = \frac{f}{g} \delta_{pq},$$

$$\frac{f}{g} = \frac{f_1}{g_1} = \frac{f_2}{g_2} = \frac{f_3}{g_3},$$

където

$$f_1 = (2K_{21p}G_{12p} + (K_{22p} - K_{11p})(1 + G_{22p}))F_{12p}^+ + (K_{22p} - K_{11p})(1 + F_{22p}^+)G_{12p} + 2(1 + G_{11p} - (1 + G_{22p})F_{22p}^+)$$

$$\begin{aligned} g_1 = 2(2(K_{22p} - K_{11p}) - K_{21p}G_{12p})F_{12p}^+ + (K_{22p} - K_{11p})(1 + F_{11p}^+)G_{12p} + \\ + 2(1 - G_{11p}G_{22p})(1 + F_{11p}^+) + 2(G_{11p}(1 + F_{11p}^+) - 1 - F_{22p}^+)(1 + G_{22p}) \end{aligned}$$

$$f_2 = (K_{22p} - K_{11p})F_{12p}^+ + K_{12p}(G_{11p} - F_{22p}^+),$$

$$g_2 = (K_{22p} - K_{11p})F_{12p}^+(1 + G_{11p}) - K_{21p}G_{12p}F_{12p}^+ + K_{12p}(G_{11p}(1 + F_{11p}^+) - 1 - F_{22p}^+),$$

$$f_3 = K_{21p}F_{12p}^+G_{12p} + ((K_{22p} - K_{11p})G_{11p} - K_{12p}G_{21p})G_{12p} + ((K_{22p} - K_{11p})G_{12p} - K_{12p}G_{22p})(F_{22p}^+ - G_{11p})$$

$$\begin{aligned} g_3 = K_{21p}F_{12p}^+G_{12p} + ((K_{22p} - K_{11p})G_{11p} - K_{12p}G_{21p})(1 + F_{11p}^+)G_{12p} + \\ + ((K_{22p} - K_{11p})G_{12p} - K_{12p}G_{22p})(1 + F_{22p}^+ - (1 + F_{11p}^+)G_{11p}) \end{aligned}$$

Литература:

[1] М.Ф.Сарры, УФН, т.161, №11, стр.47

[2] Н. Н. Боголюбов, Н. Н. Боголюбов (мл.), Введение в квантовую статистическую механику, Москва, «Наука», 1984г.

ПАРАМЕТРИ И ПРАВИЛА НА ПОДОБИЕ НА ЦИЛИНДРИЧНА ЙОНИЗАЦИОННА КАМЕРА

Димитър Стоянов

ИПФ-Сливен към ТУ-София, Сливен, 8800, бул. Бургаско шосе, 59,
email: dgstoyanov_ipf@abv.bg

Резюме. Анализиран е аналитичния израз за волт-амперна характеристика на цилиндрична йонизационна камера. Получени са изразите за параметрите на йонизационната камера като функция от геометричните размери, плътността на газа и интензитета на радиоактивното лъчение.

Ключови думи: йонизационна камера, волт-амперна характеристика.

1. Увод

Цилиндричната йонизационна камера представлява обем с газ, в който има два коаксиални цилиндрични метални електрода. Преминаващото през обема на камерата радиоактивно лъчение предизвиква частична йонизация на молекулите или атомите на газа и генерира заредени частици в обема. Между металните електроди се създава отвън разлика в електрическите потенциали, което предизвиква насочване на движението на заредените частици и през газовия обем протича електричен ток. Токоносителите се явяват продуктите на йонизация. Токът зависи от вида на лъчението, параметрите на газа, геометричните размери и потенциалната разлика между двата електрода.

В работата [1] се анализира баланса на частиците и зарядите в обема на газа и е получено диференциално уравнение, описващо разпределението на плътностите на тока в обема на йонизационната камера. В резултат на решаване на диференциалното уравнение е получена в аналитичен вид волт-амперната характеристика (ВАХ) на цилиндрична йонизационна камера.

Цел на настоящата работа е анализиране на аналитичния вид на ВАХ на цилиндрична йонизационна камера и определяне на параметрите, характеризиращи камерата. Това позволява да се формулират и правилата за подобие за такава камера.

2. Модел на йонизационната камера

Тук накратко ще представим модела на цилиндрична йонизационна камера [1]. В него се пренебрегват процесите на дифузия на заредените частици и се

предполага, че обемния заряд на тези частици не влияе на полето вътре в обема на газа.

2.1 Елементарни процеси

При разпространение на радиоактивно лъчение (с интензитет R) през газовия обем протича процес на йонизация на молекулите и атомите на газа (с плътност N), при който в обема равномерно се генерират положителни йони на газа и електрони с честота v_i в единица обем и за единица време.

$$v_i = k_i \cdot N \cdot R \quad (1)$$

Наличните заредени частици могат да се загубят основно по два механизма:

- неутрализация на металните електроди - когато заредените частици попаднат на повърхността на металните електроди. Неутрализацията на заредените частици върху металните електроди е механизма за затваряне на тока на външната електрическа верига през газовия обем;

- двучастична обемна рекомбинация - при взаимодействие на положителен йон (с концентрация n_+) и електрон (с концентрация n_e) в обема на газа те могат да се неутрализират помежду си с честота v_r в единица обем и за единица време:

$$v_r = \beta \cdot n_+ \cdot n_e \quad (2)$$

където: β - коефициент на двучастична рекомбинация.

Ако между металните електроди се създаде потенциална разлика, в обема се появява електрично поле, което формира насочени потоци заредени частици - електричен ток на електроните и положителните йони с плътности:

$$\vec{j}_e = -q \cdot n_e \cdot \vec{V}_{de} = -q \cdot n_e \cdot \mu_e \cdot \vec{E}, \quad (3)$$

$$\vec{j}_+ = q \cdot n_+ \cdot \vec{V}_{d+} = q \cdot n_+ \cdot \mu_+ \cdot \vec{E}, \quad (4)$$

където: - $\vec{V}_{de}$ - дрейфова скорост на електроните в газа;

- $\vec{V}_{d+}$ - дрейфова скорост на положителните йони в газа;

- μ_e - подвижност на електроните в газа;

- μ_+ - подвижност на положителните йони в газа;

- $q = 1.603 \times 10^{-19} \text{ C}$ - квант на електричния заряд.

2.2 Баланси на заредените частици

За баланса на концентрациите на заредените частици (закон за запазване на броя на частиците) пишем [1]:

$$\frac{\partial n_e}{\partial t} + \nabla \cdot \left(\frac{\vec{j}_e}{-q} \right) = v_i - \beta \cdot n_e \cdot n_+, \quad (5)$$

$$\frac{\partial n_+}{\partial t} + \nabla \cdot \left(\frac{\vec{j}_+}{q} \right) = v_i - \beta \cdot n_e \cdot n_+. \quad (6)$$

За плътността на електричния заряд k и неговият поток $\vec{j}$, са валидни следните връзки:

$$k = -q \cdot n_e + q \cdot n_+, \quad (7)$$

$$\vec{j} = \vec{j}_e + \vec{j}_+, \quad (8)$$

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{j} = 0. \quad (9)$$

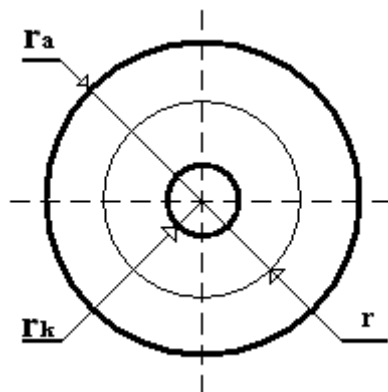
Това са основните елементарни процеси с участие на заредените частици и балансите на концентрациите на частиците и на електричния заряд.

Към тази система от уравнения е необходимо да добавим и теоремата на Гаус-Остроградский за интензитета на електричното поле:

$$\nabla \cdot \vec{E} = 0. \quad (10)$$

2.3 Пространствена симетрия

Нататък ще разглеждаме цилиндричен случай на йонизационна камера, работеща в стационарен режим. Електродите са коаксиални цилиндри с радиуси на катода r_k и анода r_a ($r_k < r_a$) и дължина L .



Фиг.1 Напречно сечение на цилиндрична йонизационна камера

Това означава, че екипотенциалните повърхности на електричното поле (виж Фиг.1) и формата на електродите (които също са екипотенциални повърхности) притежават цилиндрична симетрия. Приемаме, че електрическото поле е съсредоточено само в обема между електродите и се подчинява на (10).

За описание на пространствените координати избираме цилиндрична координатна система, като радиалния единичен вектор насочваме перпендикулярно на екипотенциалните повърхности на електричното поле и на металните електроди, с посока от катода към анода (от вътре - навън).

При така избраната координатна система, векторите на интензитета на електричното поле и скоростите на движение на заредените частици ще имат посоки, успоредни на радиалния единичен вектор. Откъдето следва, че в оператора на дивергенция, присъстващ в изразите по-горе ще останат само радиалните частни производни. Векторът на интензитета на електричното поле е насочен от анода към катода. Електроните се движат в посока от катода към анода и се поглъщат от анода. Положителните йони се движат в посока от анода към катода и се неутрализират от катода.

Ако изразим концентрациите на заредените частици чрез техните токове и подвижности от (3) и (4), от баланса на концентрациите на заредените частици (5), (6) и (9) можем да получим

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot j_e) = q \cdot v_i - \beta \cdot \frac{j_e}{\mu_e \cdot E} \cdot \frac{j - j_e}{q \cdot \mu_+ \cdot E} \quad (11)$$

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot j) = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} [r \cdot (j_e + j_+)] = 0 \quad (12)$$

От (10) следва, че:

$$e = r \cdot E = \text{const}_1 \quad (13)$$

Това е величина, пропорционална на потенциалната разлика (напрежението) между анода и катода на йонизационната камера.

От (12) следва, че:

$$i = r \cdot j = \text{const}_2 \quad (14)$$

Това е величина, пропорционална на тока, който тече през йонизационната камера. Нака имаме безкрайно малък "обем":

$$dV = r \cdot dr \cdot \quad (15)$$

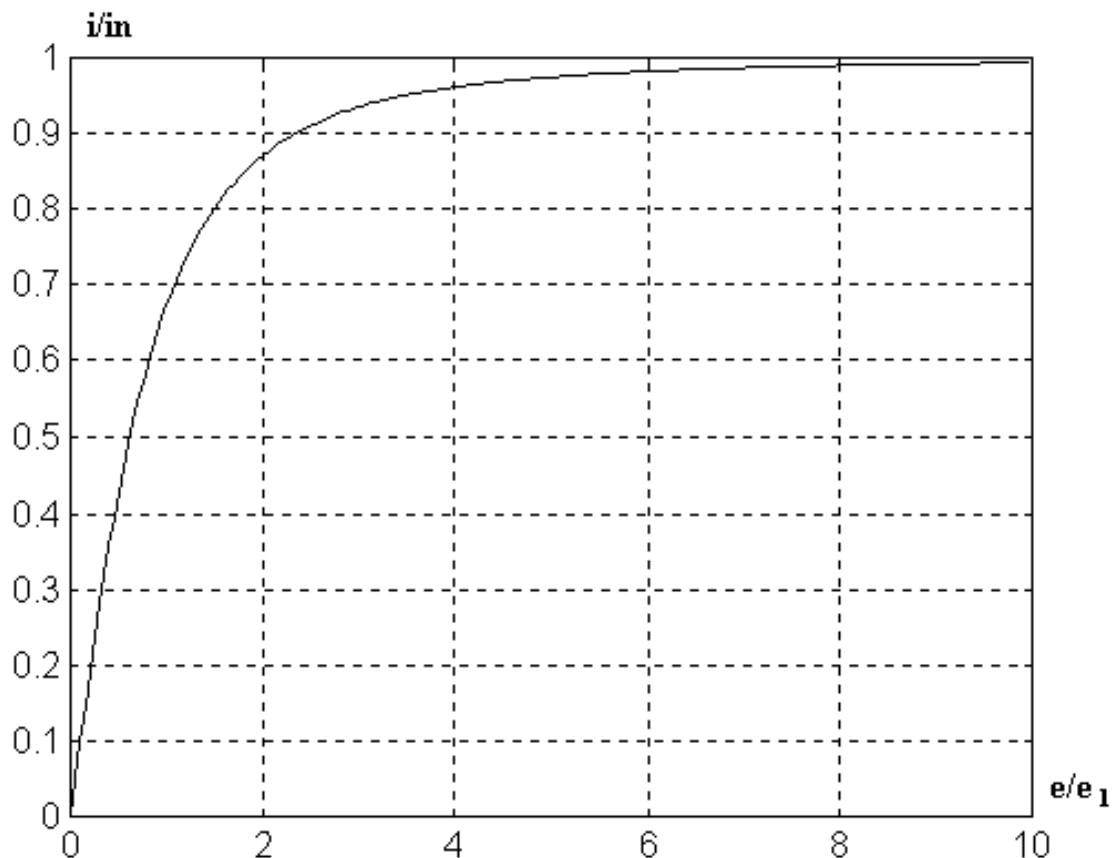
Тогава за "обема" между катода и анода ще получим:

$$V_1 = \int_{r_k}^{r_a} r \cdot dr = \frac{r_a^2 - r_k^2}{2} \quad (16)$$

2.4 Аналитично решение

В резултат на решаване на (11), с отчитане на граничните условия върху електродите и след известни преобразования получаваме следното уравнение за цилиндричната йонизационна камера [1]:

$$\sqrt{\frac{\frac{e^2}{e_1^2} - \frac{i^2}{in^2}}{\frac{i^2}{in^2}}} \cdot \operatorname{tg} \left[\frac{\sqrt{\frac{e^2}{e_1^2} - \frac{i^2}{in^2}}}{\frac{e^2}{e_1^2}} \right] = 1 \quad (17)$$



Фиг. 2 Волт-амперна характеристика на цилиндрична йонизационна камера

В уравнение (17) като характеристични стойности на тока и напрежението присъстват:

а) При много високо напрежение всички, генерирани в обема на камерата заряди са насочени към електродите и достигат до тях. Поради това, токът който ще тече в този режим ще е максимален и се нарича **ток на насищане i_n** .

$$i_n = q \cdot v_i \cdot V_1 \quad (18)$$

б) характеристично напрежение

$$4 \cdot e_1^2 = \frac{\beta \cdot V_1 \cdot i_n}{q \cdot \mu_e \cdot \mu_+} \quad (19)$$

Така полученото уравнение (17) представлява едно трансцендентно уравнение за връзка между i и e , и в случая играе роля на аналитична форма на ВАХ на йонизационната камера.

Графиката на тази зависимост е дадена на Фиг. 2.

3. Анализ на полученото решение

3.1 Параметри на цилиндрична йонизационна камера

Токът който тече през йонизационната камера е

$$I = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot i \quad (20)$$

Токът на насищане на йонизационната камера е

$$I_n = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot i_n = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot q \cdot v_i \cdot V_1 \quad (21)$$

Замествайки (1) и (16) в (21) ще получим

$$I_n = \pi \cdot q \cdot k_i \cdot L \cdot (r_a^2 - r_k^2) \cdot N \cdot R \quad (22)$$

В (22) е дадена подробно зависимостта на тока на насищане на йонизационната камера от параметрите на газа, геометричните размери на камерата и интензитета на радиоактивното лъчение.

Ползвайки (13) можем да определим разпределението на потенциала в обема на камерата и да получим връзката между e и напрежението между анода и катода на камерата U

$$U = e \cdot \ln \left(\frac{r_a}{r_k} \right) \quad (23)$$

$$E(r) = \frac{U}{\ln\left(\frac{r_a}{r_k}\right)} \cdot \frac{1}{r} \quad (24)$$

Ползвайки (23) и (19) можем да получим

$$4.U_1^2 = 4.e_1^2 \cdot \ln^2\left(\frac{r_a}{r_k}\right) \quad (25)$$

$$4.U_1^2 = \frac{\beta.k_i}{4.q.M_e.M_+} \cdot (r_a^2 - r_k^2)^2 \cdot \ln^2\left(\frac{r_a}{r_k}\right) \cdot N^3 \cdot R \quad (26)$$

При получаването на (26) е отчетено, че за зависимостта на подвижността на токоносителите от температурата T , налягането p и плътността N на газа е валидна връзката [2]

$$\mu_\alpha(T, p) \cdot N = M_\alpha(T) \quad (27)$$

3.2 Правила на подобие за цилиндрична йонизационна камера

За цилиндричните йонизационни камери е валидно някакво правило на подобие. Смисълът на това твърдение е, че съществува универсална функция Y с аргумент приведения параметър X

$$Y = Y(X) \quad (28)$$

за която при една и съща стойност на приведения аргумент X (при камери с различни геометрични размери, при различен интензитет на радиоактивното лъчение и различна плътност на газа, но при един и същ газ и при една и съща температура) ще регистрираме една и съща стойност на функцията Y .

В случая за цилиндрична йонизационната камера приведеният аргумент X , съгласно (23) и (26), ще бъде

$$X = \frac{2.U}{(r_a^2 - r_k^2) \cdot \ln\left(\frac{r_a}{r_k}\right) \cdot N^{3/2} \cdot \sqrt{R}} \quad (29)$$

А функцията Y , съгласно (20) и (22), ще бъде

$$Y = \frac{I}{\pi \cdot (r_a^2 - r_k^2) \cdot L \cdot N \cdot R} \quad (30)$$

Тук те са изписани в най-общ вид, който може да се приложи.

3.3 Асимптотично съответствие на полученият резултат

Тук ще покажем, че има асимптотично съответствие на получените по-горе резултати и правилата на подобие на плоска йонизационна камера при граничен преход $\mathbf{r}_a \rightarrow \mathbf{r}_k$.

Нека

$$\Delta \mathbf{r} = (\mathbf{r}_a - \mathbf{r}_k) \ll \mathbf{r}_a, \mathbf{r}_k \quad (31)$$

Тогава

$$(\mathbf{r}_a^2 - \mathbf{r}_k^2) = (\mathbf{r}_a + \mathbf{r}_k) \cdot (\mathbf{r}_a - \mathbf{r}_k) \approx 2 \cdot \mathbf{r}_k \cdot \Delta \mathbf{r} \quad (32)$$

$$\ln\left(\frac{\mathbf{r}_a}{\mathbf{r}_k}\right) = \ln\left(1 + \frac{\mathbf{r}_a - \mathbf{r}_k}{\mathbf{r}_k}\right) \approx \frac{\Delta \mathbf{r}}{\mathbf{r}_k} \quad (33)$$

Замествайки (32) и (33) в (29) и (30), ще получим

$$X = \frac{U}{\Delta \mathbf{r}^2 \cdot N^{3/2} \cdot \sqrt{R}} \quad (34)$$

$$Y = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \mathbf{r}_k \cdot L \cdot \Delta \mathbf{r} \cdot N \cdot R} = \frac{I}{S_k \cdot \Delta \mathbf{r} \cdot N \cdot R} \quad (35)$$

Получените резултати са в пълно съответствие на правилата на подобие на плоска йонизационна камера [3]

$$X = \frac{U}{d^2 \cdot N^{3/2} \cdot \sqrt{R}} \quad (36)$$

$$Y = \frac{I}{S \cdot d \cdot N \cdot R} \quad (37)$$

където S е площта на плочите на плоска йонизационна камера, а d е разстоянието между тях.

4. Заключение

Анализиран е аналитичния израз за волт-амперна характеристика на цилиндрична йонизационна камера [1]. Получени са изразите за параметрите на йонизационната камера като функция от геометричните размери, плътността на газа и интензитета на радиоактивното лъчение. Формулирани са правилата на

подобие на цилиндрична йонизационна камера. Доказано е асимптотичното съответствие с правилата на подобие на плоска йонизационна камера.

Литература

[1] Стоянов Д.Г. / *Аналитичен вид на волт-амперната характеристика на цилиндрична и сферична йонизационна камери* / Известия на ТУ-Сливен, № 4, стр. 3- 8. (2006)

[2] Ю. П. Райзер, *Физика газового разряда*, Москва, Изд. "Наука", 1987.

[3] Стоянов Д.Г. / *Правила на подобие за плоска йонизационна камера. Сравнение с експеримента* / ЮБИЛЕЙНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ "20 години ИПФ-Сливен", 20-21 октомври 2006 г., Сливен, Докладите са публикувани в Известия на Съюза на Учените - Сливен, Том 11, кн. 4, стр. 25-27. (2006)

BINARY PRECESSION SOLUTIONS BASED ON SYNCHRONIZED FIELD COUPLINGS

Jamahl Peavey

Department of Science, Arlington School, 115-Mill Street, Belmont MA 02478, U.S.A.,

e-mail: arlingtonpeavey@yahoo.com

Abstract. A classical wave function is presented as an interface between a gravitational and an electromagnetic field. Binary star precessions are calculated as a best test for the most important interface in physics. Among the ten most difficult systems tested are DI Herculis, V541 Cygni and AS Camelopardalis. These systems have observed precessions which are not consistent with theoretical predictions. The precession results based on the classical wave function prove there is a fundamental relationship between Newtonian mechanics, general relativity and quantum mechanics.

Keywords: Wave functions, binary stars, double slit experiment, precession, dark matter.

1. Introduction

The classical wave function or harmonic space is constructed from structures consistent with the wave function $\psi(x,t)$, the fine structure constant α , the principle quantum number η and electron orbital dynamics. These four structures are associated with atomic systems. A generalized equivalence for each structure is produced to construct a classical wave function that is consistent with Newtonian mechanics and general relativity. The classical wave function synchronizes a binary star system's violent gravitational and electromagnetic field, thereby producing what is detected as precession or apsidal motion.

2. Method

Synchronization exists between harmonic systems coupled with a varying space. Pendulums with varying frequencies will remain varied on a fixed platform. If the platform is allowed to vibrate horizontally, the pendulums will obtain the same frequency or synchronize. If a gravitational field and an electromagnetic field are treated as pendulums on a vibrating platform, then both fields will synchronize or move in phase.

The generalized orbit

Newton's universal law of gravitation must be true for three classical constraints on space: Mass cannot exist at a point; Resistance to mass superposition is volume displacement; a system boundary must be established to apply the laws of conservation. Consider, placing a system boundary on a spherical surface. A point on the surface produces a gravitational acceleration independent of the point's mass. This violates the first constraint and giving the point volume, violates the second constraint unless volume is displaced. If volume is displaced, then the system boundary cannot be maintained at the spherical surface. The only system boundary that can support these spatial constraints and Newton's universal law of gravitation is an orbit. The three general functions for orbits: Orbits delocalize three dimensional objects to prevent singularities; orbits represent objects harmonically extended and in phase with a sinusoidal wave; orbits regionalize space into an interior space (enclosed by the orbit) and into an exterior space (outside the orbit). Unlike, the electron orbit's standing waves, these sinusoidal waves are coplanar with the orbit. The coplanar configuration means that the object's path is transitionally continuous and deterministic.

The generalized principle quantum number

Hydrogen spectral lines are described by Eqn. 1. The principle quantum numbers n_i and n_f support in phase field harmonics, not continuous motion. A generalized principle quantum number must support in phase field harmonics and the object's continuous motion. The generalized structure is deduced by analyzing the hydrogen spectrum.

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \quad (1)$$

The spectral pattern appears to support natural numbers and a converging geometric series $g = \frac{1}{(1-k)}$ such that $\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{g_f^2} \right)$ is true. Observation shows that each principle quantum number is a series of converging wavelengths.

The classical wave function

The classical wave function is an interface between an interior and an exterior space. Each space has a spin characteristic which supports the in phase condition for a field. The spin characteristic is precession. The interior spatial spin which produces an in phase interior is described by Eqn. 2 and theta inverse function is described by Eqn. 3. The in phase interior space has a hydrogen spectral configuration.

$$\tan(\theta) = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{g^2} \right) \right]} \quad (2)$$

$$\theta^{-1} = \text{Tan} \left(\frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{g^2} \right) \right]} \right) \quad (3)$$

The exterior spatial spin which produces an in phase exterior is described by Eqn. 4 and theta inverse function is described by Eqn. 5. The term g_o means the geometric series is on the exterior space.

$$\text{Cos}(\theta) = g_o - 1 \quad (4)$$

$$\theta^{-1} = \text{Cos}(g_o - 1) \quad (5)$$

The precession is $\Delta\theta = (90^\circ - \theta)$ for Eqn. 2 and 4. Eqn. 2 is confirmed by calculating the deflection of light passing the sun and Eqn. 4 is confirmed by calculating Mercury's precession. The system precession or interface between the interior and exterior spatial spin is described by eqn. 6 and the inverse is described by Eqn. 7. The amplitude A , shape factor $(1-e)$ and size factor $(1+0.25\varepsilon)$ completes the most general interface or classical wave function. Eqn. 6 and 7 are the frequency forms for the interface. Eqn. 7 describes the inverse function for the frequency form.

The classical wave functions & precession relationship

$$\Delta\omega(R) = \text{Sin}^{-1} \left(\frac{[g_o - 1]}{A \left[1 - \left(\frac{1}{g^2} \right) \right]} \right) (1-e)(1+0.25\varepsilon) / \text{cycle} \quad (6)$$

$$\Delta\omega^{-1}(R) = A \text{Sin} \left(\frac{[g_o - 1]}{\left[1 - \left(\frac{1}{g^2} \right) \right]} \right) (1-e)(1+0.25\varepsilon) / \text{cycle} \quad (7)$$

Let R represent the initial position. If $R = R_p$ then the system is expanding or $\varepsilon = \varepsilon_+ = \frac{(R_a - R_p)}{R_p}$. If $R = R_a$ then the system is contracting or $\varepsilon = \varepsilon_- = \frac{(R_p - R_a)}{R_a}$. The perihelion distance is R_p or the closest orbital position, and the aphelion distance R_a is the farthest orbital position. The eccentricity or e is the orbital shape and a cycle is one year. The amplitude A is conditionally based on the coupling position. Eqn. 6 and 7 are confirmed by calculating binary star precessions.

The gravitational couplings

The classical wave function's geometry describes precession and coupled to that geometry are forces. The common ratio k for a converging geometric series has the form $\left(\frac{v}{c} \right)^2$. The object's velocity v to light speed c is a fundamental ratio in special and general relativity. An interaction's strength or coupling is measured by this ratio. The gravitational field has three coupling configurations. Let

M_p and M_s represent the primary and secondary mass respectively, while G is the universal gravitational constant, and R is the distance from the source.

1. Escape velocity's squared coupling form $\beta_{es}^2 = \frac{2GM_p}{c^2 R}$ is the equivalence between the secondary mass kinetic energy and the gravitational potential energy between both masses.
2. Orbital velocity's squared coupling form $\beta_o^2 = \frac{GM_p}{c^2 R}$ is the equivalence between the secondary mass centrifugal force and the gravitational force between both masses. Detached binary systems have this coupling.
3. Collapse velocity's squared coupling form $\beta_{col}^2 = \frac{2G(M_p + M_s)}{c^2 R}$ is the equivalence between both masses kinetic energy and the gravitational potential energy between total mass. Contact and semi-detached binary systems have this coupling.

Interior configuration test

The sun acts as an orbit such that R is the sun's radius and M_p is the sun's mass. The interior space has escape velocity coupling. Calculate $g = \frac{1}{1-\beta_{es}^2}$ and substitute it into Eqn. 2. The precession is $\Delta\theta = (90^\circ - \theta) = 1.748$ arc sec. Starlight is deflected 1.75 arc sec as it passes the sun. This value is predicted by general relativity.

Exterior configuration test

The sun acts as an orbit such that R is the sun's radius and M_p is the sun's mass. Any object within this region experiences orbital velocity coupling just outside the sun. Calculate $g_o = \frac{1}{1-\beta_o^2}$ and substitute it into Eqn. 4. The precession is $\Delta\theta = (90^\circ - \theta) = 0.437$ arc sec/cycle. This means there are 43.7 arc sec/100 years. Mercury's observed precession is 43.1 arc sec/100 years because it orbits the sun at $R_p = 45.9 \times 10^6$ km. The precession drop at perihelion is $\Delta\theta_{drop} = (90^\circ - \theta_p) = 0.660$ arc sec/100 years. Mercury's observed precession is approximately equal to $\Delta\theta - \Delta\theta_{drop}$. This value is also predicted by general relativity. The precession drop proves Mercury's orbit is extending the sun's interior space and is reducing the exterior space. Both tests confirm the first, second and third function for orbits. These configuration tests prove the classical wave function's structure is consistent with Newtonian mechanics, general relativity and quantum mechanical structures.

Electromagnetic coupling

The fine structure constant $\alpha = \frac{1}{137}$ measures the strength for the electromagnetic interaction or electromagnetic coupling. The fine structure constant

has more than one accepted form. The original form is $\alpha = v_e/c$ such that v_e is the electron's hydrogen ground state velocity. The squared coupling form α^2 is the common ratio k for a converging geometric series.

Gravitation & electromagnetic interface:

If field A is coupled to the interior space and field B is coupled to the exterior space, then the classical wave function synchronizes both fields as a classical unification. If α^2 is coupled to one space, then β^2 is coupled to the other space. This conditional statement produces the four possible configurations described by eqn. 8, 9, 10 and 11. The amplitude magnitude is based on coupling location.

Gravitation & electromagnetic interface conditions:

If $g_o = 1/(1-\beta^2)$ and $g = 1/(1-\alpha^2)$ then $A=1$ for a variation 1 system to exist.

$$\Delta\omega(R) = \sin^{-1} \left(\frac{[g_o - 1]}{A \left[1 - \left(\frac{1}{g^2} \right) \right]} \right) (1-e)(1+0.25\epsilon) / \text{cycle} \quad (8)$$

If $g_o = 1/(1-\alpha^2)$ and $g = 1/(1-\beta^2)$ then $A \geq 10$ for a variation 2 system to exist.

$$\Delta\omega(R) = \sin^{-1} \left(\frac{[g_o - 1]}{A \left[1 - \left(\frac{1}{g^2} \right) \right]} \right) (1-e)(1+0.25\epsilon) / \text{cycle} \quad (9)$$

If $g_o = 1/(1-\beta^2)$ and $g = 1/(1-\alpha^2)$ then $A \geq 10$ for a Variation 3 system to exist. Eqn. 9 and 10 are inverses because field couplings have changed regions.

$$\Delta\omega^{-1}(R) = A \sin \left(\frac{[g_o - 1]}{\left[1 - \left(\frac{1}{g^2} \right) \right]} \right) (1-e)(1+0.25\epsilon) / \text{cycle} \quad (10)$$

If $g_o = 1/(1-\alpha^2)$ and $g = 1/(1-\beta^2)$ then $A=1$ for a Variation 4 system to exist. Eqn. 8 and 11 are inverses because field couplings have changed regions.

$$\Delta\omega^{-1}(R) = A \sin \left(\frac{[g_o - 1]}{\left[1 - \left(\frac{1}{g^2} \right) \right]} \right) (1-e)(1+0.25\epsilon) / \text{cycle} \quad (11)$$

The $A_{\min} = 10^n$, $A_{\max} = A_{\min} (1+0.25\epsilon)$ and n supports whole numbers. The V1 and V4 systems exist at $n=0$ while the V2 and V3 systems exist over a $n \geq 1$ range. Wave function interference has statistical form, so precessions must also have statistical

form. The average and normalized precessions are described by Eqn. 12 and 13 respectively.

$$\Delta\omega(R)_{avg} = \frac{[\Delta\omega(R)_{min} + \Delta\omega(R)_{max}]}{2} \quad (12)$$

$$\Delta\omega(R)_{norm} = \Delta\omega(R)_{min} \pm 0.10\Delta\omega(R)_{min} \quad (13)$$

The average precession is V2 and V3 based. The normalized precession is V1 and V4 based.

Table 1. Observed precessions.

BINARY STARS	Form	M_p	$M_p + M_s$	e	a_o	$\Delta\omega(R)_{observed}$
PSR B1913+16	Contact	1.441M	2.828M	0.617	2.80R	4.2° / yr
PSR B1534+12	Semi-Detached		2.678M	0.274	3.73R	1.756° / yr
PSR B2127+11C	Semi-Detached		2.712M	0.681	2.52R	4.457° / yr
PSR J1756-2251	Semi-Detached		2.574M	0.1805	2.756R	2.585° / yr
PSR JO737-3039A	Contact	1.338M	2.587M	0.0877	1.415R	16.89° / yr
PSR J1518+4904	Contact		2.62M	0.249	20.04R	0.0111° / yr
PSR B2303+46	Contact		2.60M	0.658	32.69R	0.010° / yr
V541 Cygni	Detached	2.24M	4.48M	0.479	1.88R	0.60° / 100yr 0.90° / 100yr
DI Herculis	Detached	5.185M	8.719M	0.489	2.68R	1° / 100yr 1.4° / 100yr
AS Camelopardalis	Detached	3.3M	5.8M	0.1695	2.57R	15±5.8° / 100yr

3. Results and Discussion

Table 1 referenced data contains approximate values. The terms M and R represent the sun's mass and radius respectively. The projected semi-major axis a_o is always taken from the primary mass orbit. The PSR B1534+12, PSR B2127+11C, PSR J1518+4904 and PSR B2303+46 systems data is from [1] (Nice *et al.*, 1996). The PSR B1913+16 system data is from [2] (Johnston (2004)). The PSR J1756-2251 system data is from [3] (Burgay *et al.*, 2005). The PSR JO737-3039A system data is from [4] (Burgay *et al.*, 2006). The V541 Cygni system data is from [5] (Claud & Sandberg, 1998). The DI Herculis system data is from [6] (Claret, 1998). The AS Camelopardalis system data is from [7] (Guinan *et al.*, 1991). The V2 system has maximum precession at minimum amplitude and the reverse is true. The V3 and V4 systems minimum precessions refer to $\Delta\omega^{-1}(R)_{min}$ while the V3 system's maximum precession refers to $\Delta\omega^{-1}(R)_{max}$. The V1 semi-detached systems have the same structure as the V1 contact system (Table 2).

Table 2. Calculated precessions.

BINARY STARS	Type	n	$R_p = a_o(1-e)$ $R_a = a_o(1+e)$	ε	$A_{\min}$ $A_{\max}$	$\Delta\omega(R)_{\min}$ $\Delta\omega(R)_{\max}$
PSR B1913+16	V1	0	$R_p = 746,600km$ $R_a = 3,153,600km$	3.223	1	$4.133^\circ / yr$
PSR B1534+12	V1	0	$R_p = 1,884,754km$ $R_a = 3,307,406km$	0.755	1	$1.944 \pm 0.1944^\circ / yr$
PSR B2127+11C	V1	0	$R_p = 559,500km$ $R_a = 2,948,339km$	4.269	1	$5.081 \pm 0.5081^\circ / yr$
PSR J1756-2251	V1	0	$R_p = 1,571,945km$ $R_a = 2,264,406km$	0.4405	1	$2.362 \pm 0.2362^\circ / yr$
PSR J0737-3039A	V2	1	$R_p = 898,469km$ $R_a = 1,071,210km$	0.1925	10 10.481	$17.49^\circ / yr$ $16.66^\circ / yr$
PSR J1518+4904	V3	2	$R_p = 10,474,828km$ $R_a = 17,420,852km$	0.6631	100 116.57	$0.01056^\circ / yr$ $0.01232^\circ / yr$
PSR B2303+46	V3	2	$R_p = 7,781,266km$ $R_a = 37,723,214km$	3.847	100 196.19	$0.0108^\circ / yr$ $0.0212^\circ / yr$
V541 Cygni	V3	1	$R_p = 681,718km$ $R_a = 1,935,242km$	1.838	10 14.596	$0.603^\circ / 100yr$ $0.881^\circ / 100yr$
DI Herculis	V3	1	$R_p = 953,158km$ $R_a = 2,777,402km$	1.913	10 14.782	$0.992^\circ / 100yr$ $1.46^\circ / 100yr$
AS Camelopardalis	V4	0	$R_p = 1,485,532km$ $R_a = 2,091,908km$	-0.289	1	$15.3^\circ / 100yr$

The V1 semi-detached systems logically started as contact systems and separated. The separation caused normalization about the contact precession. The statistics associated with normalized and average precession superposition are similar to the double slit experiment's statistics for wave function interference. The standard deviation $\sigma = \pm 0.10\Delta\omega(R)_{\min}$ is not uncertainty but a fundamental feature associated with harmonic space. Multiple outcomes are associated with one condition and multiple measurements simply reproduce the statistical distribution of acceptable outcomes. The PSR J0737-3039A and PSR J1518+4904 systems have measurable average precessions. PSR B2303+46's minimum precession is measurable. The V541 Cygni and DI Herculis systems have measurable minimum and maximum

precessions. Therefore, both precessions are valid. Measurement cannot determine the actual state because celestial measurement methods cannot stop a binary system's precession whereby collapsing its associated wave function. Subatomic precessions are measurement based because photons can stop precession, collapse the wave function and identify the system's actual state at that moment. The AS Camelopardalis system's contracted state may indicate reversibility for all systems.

4. Conclusion

The classical wave function is the most general form for $\psi(x,t)$ and the binary stars tested prove the structure and its statistical features are real. The classical wave function describes the motion of two stars. Therefore, its features must exist within galaxies and galaxy clusters. Dark matter is the galactic feature for $A \geq 10$. Dark to normal matter ratio is supported by $A_{\min} = 10^n$ and $A_{\max} = A_{\min} (1 + 0.25\epsilon)$ which means dark matter is harmonic space intensity. Dark energy and dark flow are the galactic equivalence for the classical wave function's expansive and contracted states respectively. These dynamic states evolve without energy because wave functions do not carry energy. Galaxy clusters and stars within galaxies are entangled because binary stars are described by a wave function. The gravitational and electromagnetic couplings are symmetric within the classical wave function. Therefore, gravity is an ordinary force and the classical wave function description of a harmonic space is Einstein's space-time. The symmetry also proves the electron is a particle moving through this harmonic space.

References

- [1] Nice, D. J, Taylor, J. H. and Sayer, R. W. The Astrophysical Journal, vol. 446, L87-L90. (1996)
- [2] Johnston, R. (2004) Johnston's archive. Binary pulsar PSR B1913+16. Retrieved (May 01, 2006) from <http://www.johnstonsarchive.net/relativity/binpulsar.html>
- [3] Burgay M, Camilo F, D'Amico N, Faulkner A. J, Hobbs G, Kramer M, Lorimer D. R, Lyne, A. G, Manchester R. N, McLaughlin M. A, Possenti, A. and Stairs, I. H. The Astrophysical Journal, vol. 618, L119–L122. (2005)
- [4] Burgay, M, Camilo, F, D'Amico, N, Ferdman, R. D, Freire, P. C. C, Hobbs, G. B, Kramer, M, Lorimer, D. R, Lyne, A. G, Manchester, R. N, McLaughlin M. A, Possenti A, Reynolds J. E, Sarkissian J. M. and Stairs I. H. Science Express, vol. 314 (5796), 97-102.(2006)
- [5] Claud, H. and Sandberg, L. The Astrophys. J., vol. 115, 801-808. (1998)
- [6] Claret, A. Astronomy and Astrophysics, vol. 330, 533-540. (1998)
- [7] Guinan E. F, Maloney F. P. and Mukherjee, J. Astronomical Journal, vol. 102, 256-261. (1991)

TSUNAMIGENIC POTENTIAL AND GPS MOVEMENTS OF THE RECENT GREAT SUBDUCTION EARTHQUAKES

Boyko Rangelov

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

Abstract. The comparative analysis about three recent strong subduction earthquakes (Sumatra M9.1, 26th Dec.2004; Chile M8.8, 27th Feb.2010 and Japan M9.0, 11th March, 2011) is made concerning their seismogenic and tsunamigenic potential. In the frame of the recent geotectonics, epicenter and hypocenter positions, depths of the seismic events, rupture process and some other parameters considered, the explanation about the tsunami generation process is outlined. The recent GPS measurements show great displacements of huge volumes of the Earth's crust. To know why these similar in power events generated (or did not generate) huge tsunamis, appears of essential importance about the threaten territories and population.

Ключови думи: great earthquakes, tsunamis generation, GPS.

1. Introduction

Three recent very strong earthquakes are under investigations – the Sumatra one (on 26th December 2004, $M_y \sim 9.1$), the Chile one (February 27th 2010, $M_w \sim 8.8$) and the Japan one (March 11th 2011, $M_w \sim 9.0$) and their tsunamigenic potential. Why similar in their magnitudes and other dynamic parameters these very strong seismic events, generated different tsunamis? The first dangerous event (a couple of earthquake and tsunami) had heavy consequences of more than 200 000 fatalities. The second one – with relatively small tsunamis with no victims, produced about 1 500 deaths as a consequence mainly due to the earthquake effects to the buildings of the Chile coastal area. The third one had about 20 000 victims due to the tsunami effects. What could be the physical explanations about such different effects?

2. Tectonics, past earthquakes and tsunamis

The region where the great earthquake occurred on 26th December 2004, marks the seismic boundary formed by the movement of the Indo-Australian plate as it collides with the Burma subplate, which is part of the Eurasian plate. However, the Indo-Australian tectonic plate may not be as coherent as previously believed. According to recent studies it appears that the two plates have separated many million years ago and that the Australian plate is rotating in a counterclockwise direction, putting stress in the southern segment of the India plate. For millions of years the India tectonic plate has drifted and moved in a north/northeast direction, colliding with the Eurasian tectonic plate and forming the Himalayan Mountains. As a result of such migration and collision with both the Eurasian and the Australian tectonic plates, the Indian plate's eastern boundary is a diffuse zone of active

seismicity and deformation, characterized by extensive faulting and numerous large earthquakes [1, 2, 3].

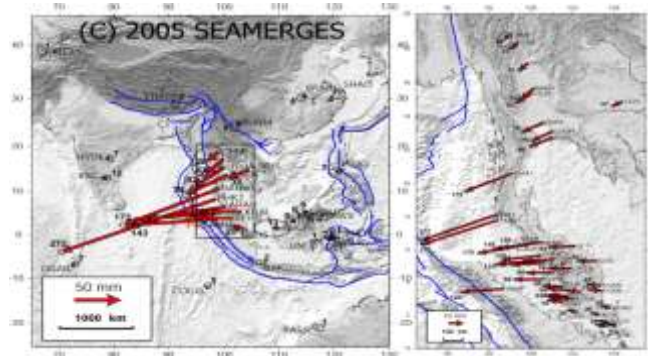
The epicenter of the 26 December 2004 earthquake was near the triple point junction of three tectonic plates where major earthquakes and tsunamis have occurred in the past. Previous major earthquakes have occurred further north, in the Andaman Sea and further South along the Sumatra, Java and Sunda sections of one of the earth's greatest fault zones, a subduction zone known as the Sunda Trench. The great Sunda trench extends for about 3,400 miles (5,500 km) from Myanmar (Burma) south past Sumatra and Java and east toward Australia and the Lesser Sunda Islands, ending up near Timor. Slippage and plate subduction make this region highly seismic. The volcanoes of Krakatau, Tambora and Toba, well known for their violent eruptions, are byproducts of such tectonic interactions. In addition to the Sunda Trench, the Sumatra fault is responsible for seismic activity on the Island of Sumatra. This is a strike-slip type of fault which extends along the entire length of the island. The Burma plate encompasses the northwest portion of the island of Sumatra as well as the Andaman and the Nicobar Islands, which separate the Andaman Sea from the Indian Ocean. Further to the east, a divergent boundary separates the Burma plate from the Sunda plate. More specifically, in the region off the west coast of northern Sumatra, the India plate is moving in a northeastward direction at about 5 to 5.5 cm per year relative to the Burma plate. These data have been inferred by the GPS measurements and observations [4].

The Chile 27 January 2010 great seismic event is located over the edge of the subduction zone of Nazca plate subducted under the South America continental plate at the approximately mid location of the Chile Andes. The subduction in the area started several million years ago and the low destruction of the oceanic crust succeed to subduct in more than 3-400 km. inland reaching one of the known most deep parts of the mantle. The deepest earthquakes of this plate are expressed down to 600-700 km. thus producing great events like Bolivian one of 9th June, 1994 year ($M_w \sim 8.0$) felt from Antarctica to New York. The GPS measured horizontal velocities of the South American plate move to the west are measured of about 6-7 cm. (It is better to say that the subducted Nazca plate has such velocity of east movement). The Peru-Chile trench is the frontal boundary of the subduction and it is confirmed by the hypocenters location of the earthquakes in the area. The subduction zone of Chile produced $M_w 9.5$ earthquake in 1964. The last appeared to be the strongest seismic event ever registered on Earth by the recent world seismograph network [5, 6].

The great Japan earthquake from 11th March, 2011 occurred again in the triple junction plates' convergence. On east – Great Pacific plate subducted westward the Japanese subplate. To the south – the Philippine plate goes under the subducted area of the Pacific and Eurasia plates. The earthquake ($M_w 9.0$) generated huge tsunami and local uplift about 25 meters. The GPS measured displacements of the Japan islands reached 5-7 meters with clear expressed nonlinear space position. Nobody was expected such strong event in this area. The only early warning systems (together

about earthquakes and tsunamis) in the world worked perfectly, but weren't able to reach the significant preventive effect.

3. Observations, modeling and comparative analysis



The GPS measurements in case of Sumatra earthquake. Due to the sparse distribution of the measuring devices (mainly located on the islands) the greatest displacements reached 2.7 meters [7].

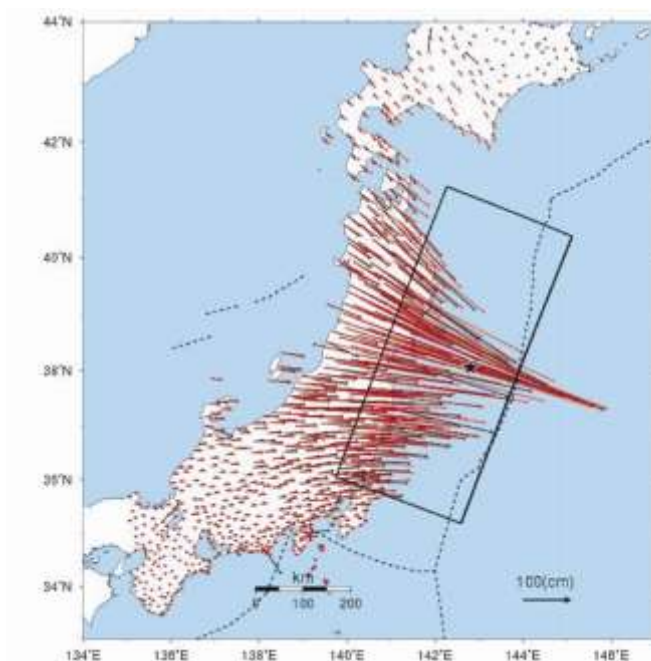


The GPS measurements about the Chile earthquake displacements reach more than 3.7 meters. The whole south part of the continent was moved by the elastic rebound [8].

The comparative table about all three great earthquakes – parameters observed, calculated and modelled [2, 3, 4].

Date	M	H [km]	H _{water} [m]	Earthquake mechanism	H _{max} [m]	Location	Rupture length [km]	Rupture width [km]	Displaced water [km ³]	Energy released [J]
26.XII. 2004	9,1	30 (10-33)	500-750	Thrust type	37	3,316°N; 95,854°E	1200-1300	270	210938	3.35x10 ¹⁸
27.II. 2010	8,8	30	250-300	Thrust type	3.7	35.89 S ; 73.04 W	650-700	100	20719	1.21x10 ¹⁸
11.III. 2011	9,0	25	600-1000	Thrust type	15	38.29 N ; 142.48 E	600-650	500	307190	2.73x10 ¹⁸

M is magnitude; H – depth of the hypocenter; H_{water} – water depth; H_{max} - maximum observed height of the tsunami.



The GPS measurements due to the dense network in Japan show clear nonlinear space behaviour of the moved earth crust.

The results and the comparative analysis of the table and figures show that the main reason about the lowest tsunami height in Chile case is due to the relatively shallow water it occurred and the lowest volume of water displaced. The great energy release and the depth (resp. volume) of the water over the epicenter area are the key parameters determining the tsunamigenic potential of the subduction earthquakes.

4. Results and conclusions

The main results of this investigation could be summarized as follows:

- the last decade is characterized with an increased number of very strong earthquakes – three with magnitudes over 8.5 for the last 6-7 years. All of

- them located in the areas of oceanic subduction zones near different continental plates with the trust type of earthquake mechanism.
- the earthquakes near Sumatra and Japan with energies between $2.5-3.5 \times 10^{18}$ [J], produced huge tsunamis with heights over 30 (Sumatra) and 15 (Japan) meters. The only exception is the Chile earthquake with 3-4 meters maximum height. The realistic physical explanation about such a behavior is the low water depth in the Chile case and larger in two other cases.
 - the GPS displacements in all cases follow clear nonlinear behaviour in the space domain. The clearest documented movements are related to the Japan earthquake due to the dense GPS network. The elastic rebound follows exponential distribution on the earth's surface. Such huge displacements could be indicators about similar very strong seismic events occurred during the past geological times and might be tracked by other geological methods of measurements. It can help a lot the reconstruction of the past geological history around supposed past and/or recent subduction areas.
 - the tsunamigenic potential of the subduction earthquakes is the greatest one on the Earth due to the internal geodynamic processes and can generate huge tsunamis – global threat to the coastal infrastructure and the population living there.

References

- [1] Murty, T., Seismic sea waves tsunami., Ottawa, 434 pp. 1977.
- [2] Milusheva D., Ranguelov B., The comparison between the strong earthquakes near Sumatra (26th December 2004 and 28th March 2005) and their tsunamigenic potential. Ann. M&G University, vol.49, part I, Geology and Geophysics, p. 183-187. 2006.
- [3] Ranguelov B., The comparative analysis about the strong earthquakes near Sumatra (2004) and Chile (2010) tsunamigenic potential and geodesy displacements. Proc. Int. Symp. GEODESY'2010, 23–24 Sept., Varna, Albena Resort., pp. 23-32. 2010.
- [4] Ranguelov B. The seismogenic potential of the subduction zones – the two great earthquakes CHILE (Mw8.8, 2010) and SUMATRA (Mw9.1, 2004) – indicators about sudden plate movements. Ann. of M&G University, Vol. 53, Part I, Geology and Geophysics., p. 201-206. 2010.
- [5] Ranguelov B., Natural hazards – nonlinearities and assessment. Acad. Publ. House Prof. M.Drinov. S, 236 pp. 2011
- [6] Tinti S. Tsunamis in the world. Kluwer, 333 pp. 1993.
- [7] <http://earthquake.usgs.gov>
- [8] <http://www.emsc-csem.org/>
- [9] <http://www.drgeorgepc.com/>

ФАКТОРЕН И РЕГРЕСИОНЕН АНАЛИЗ НА CuBr ЛАЗЕР

Илийчо Илиев

Факултет по машиностроене и уредостроене, Технически университет –София,
Филиал Пловдив, e-mail: iliev55@abv.bg

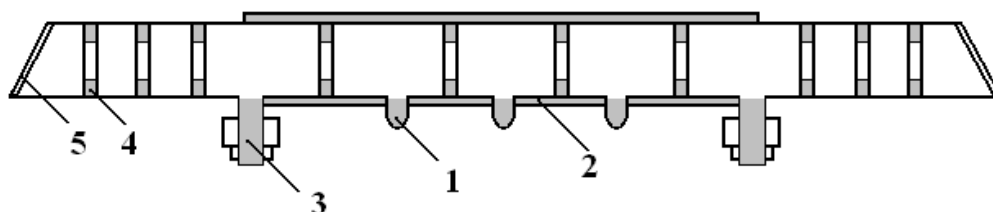
Резюме. На основата на факторен и регресионен анализ е направена оценка на състоянието и е извършено предсказване на поведението на лазерен източник с пари на меден бромид.

Ключови думи: факторен анализ, регресионен анализ, лазер с пари на меден бромид.

1. Увод

Обект на изследване е лазер с пари на меден бромид, който е подобрен вариант на лазер с пари на чиста мед. Той е най-мощният и ефективен лазер във видимата зона (с дължини на вълните 510.6 nm 578.2 nm), с висока кохерентност и сходимост на лазерния лъч. Ние изследваме варианти на този лазер, изобретени в Лабораторията по лазери с метални пари, Институт по физика на твърдото тяло «Академик Георги Наджаков», БАН, София. Първият патент, свързан с този тип лазер е N. V. Sabotinov, et al., Bulg. patent No.:28674, 1975. Лазерът с пари на меден бромид е сред 12-те лазерни източника, които имат широко приложение и са от комерсиален интерес.

Схема на лазерната тръба е показана на Фиг.1.



Фиг. 1. Схема на конструкцията на лазерната тръба на лазер с пари на меден бромид: 1 – резервоари с меден бромид, 2 – топлинна изолация в областта на активния обем, 3 – медни електроди, 4 – вътрешни диафрагми, 5 – изходни прозорци.

2. Факторен анализ (ФА)

ФА е статистическа техника, предназначена за преобразуване на множество от корелиращи данни в ново множество с некорелиращи изкуствени променливи или фактори, които обясняват възможно по-голяма част от общата вариация на изходните данни. С тази техника се постига редуциране на броя на

началните променливи, чрез групирането на тези, които корелират помежду си в общ фактор и разделянето на некорелиращите в различни фактори. Математически това се постига с намаляване размерността на първоначалното пространство чрез установяване на нов базис от променливи (фактори).

Ще разгледаме само най-разпространения метод на извличане на факторите -метода на главните елементи (МГЕ) (PCA – Principal Component Analysis).

Ще зададем следните независими (входни) величини на лазерния източник: D – вътрешен диаметър на лазерната тръба, d_r – вътрешен диаметър на пръстените, L – разстояние между електродите (дължина на активната зона), P_{in} – входна мощност, P_{H2} – налягане на водорода, P_L – специфична мощност на единица дължина, P_{rf} – честота на повторение на импулсите, P_{Ne} – налягане на неона, C – еквивалентен капацитет на кондензаторната батерия, T_r – температура на резервоара с меден бромид.

Зависима изходна величина ще бъде P_{out} – изходна лазерна мощност (лазерна генерация).

2. 1. Параметричен линеен модел на P_{out} на базата на подобрена извадка

Основната част от изложените в този параграф резултати са публикувани в работи [123,124].

Изхожда се от всичките налични данни за лазер с пари на меден бромид. Според тяхната геометрия, разглежданите CuBr лазери могат да се разделят на три основни групи: лазери с малки размери – с вътрешен диаметър $D < 20$ mm, лазери със средни размери - $D = 20-40$ mm и лазери с големи размери - $D > 40$ mm. В този параграф, от наличните данни за около 300 експеримента за трите вида лазери е използвана случайна извадка с размер $n=109$. Тъй като над 60% от всичките данни са за лазери с малки размери, извадката е подбрана частично пропорционална, за да се намали големия дисбаланс на първоначалното множество данни.

Корелационната матрица, табл. 1 показва, че първите шест променливи корелират помежду си и всяка с P_{out} . Ако факторните тегла са по –големи от 0.5, то между величините съществува силна корелация. Ако факторните тегла са между 0.3-0.5, то корелационната зависимост е средна. При стойности по-малки от 0.3 отсъства корелационна зависимост. Получените резултати позволяват от общо 9 реални физични величини като съществени за бъдат приети следните 6 величини: D – вътрешен диаметър на лазерната тръба, d_r – вътрешен диаметър на пръстените, L – разстояние между електродите (дължина на активната зона), P_{in} – входна мощност, P_{H2} – налягане на водорода, P_L – специфична мощност на единица дължина. Останалите 4 величини не оказват съществено влияние на изходната лазерна мощност и в бъдещи експерименти могат да не се експериментират и да заемат вече установените оптимални стойности.

Correlation Matrix^a

		D	dring	L	Pin	PL	PH2	PRF	Pne	C	Tr	Pout
Correlation	D	1,000	,852	,688	,633	-,559	,257	-,056	-,244	,396	,082	,655
	dring	,852	1,000	,904	,849	-,543	,350	-,134	-,194	,341	,181	,881
	L	,688	,904	1,000	,858	-,713	,510	-,168	-,131	,217	,077	,913
	Pin	,633	,849	,858	1,000	-,330	,362	-,143	-,099	,302	,072	,954
	PL	-,559	-,543	-,713	-,330	1,000	-,444	,142	,320	-,190	,004	-,452
	PH2	,257	,350	,510	,362	-,444	1,000	-,155	-,062	-,081	-,281	,451
	PRF	-,056	-,134	-,168	-,143	,142	-,155	1,000	,491	-,083	,061	-,184
	Pne	-,244	-,194	-,131	-,099	,320	-,062	,491	1,000	-,315	,023	-,137
	C	,396	,341	,217	,302	-,190	-,081	-,083	-,315	1,000	,224	,235
	Tr	,082	,181	,077	,072	,004	-,281	,061	,023	,224	1,000	,031
	Pout	,655	,881	,913	,954	-,452	,451	-,184	-,137	,235	,031	1,000
Sig. (1-tailed)	D		,000	,000	,000	,000	,001	,247	,001	,000	,159	,000
	dring	,000		,000	,000	,000	,000	,051	,009	,000	,013	,000
	L	,000	,000		,000	,000	,000	,020	,055	,004	,174	,000
	Pin	,000	,000	,000		,000	,000	,041	,115	,000	,192	,000
	PL	,000	,000	,000	,000		,000	,041	,000	,010	,481	,000
	PH2	,001	,000	,000	,000	,000		,029	,224	,161	,000	,000
	PRF	,247	,051	,020	,041	,041	,029		,000	,155	,228	,012
	Pne	,001	,009	,055	,115	,000	,224	,000		,000	,389	,047
	C	,000	,000	,004	,000	,010	,161	,155	,000		,003	,002
	Tr	,159	,013	,174	,192	,481	,000	,228	,389	,003		,352
	Pout	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,012	,047	,002	,352	

a. Determinant = 4,96E-006

Таблица 1. Корелационна матрица

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,360	72,664	72,664	4,360	72,664	72,664	2,983	49,715	49,715
2	,756	12,602	85,266	,756	12,602	85,266	1,504	25,067	74,782
3	,609	10,146	95,413	,609	10,146	95,413	1,238	20,631	95,413
4	,182	3,027	98,439						
5	,085	1,410	99,849						
6	,009	,151	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Таблица 2. Разпределение на общата вариация между компонентите на модела.

Следваща стъпка във факторния анализ е определяне на оптималния брой фактори. С цел намаляване на броя на новите независими (входни) променливи е необходимо те да са по-малко от 6 (от броя на съществените независими физични величини). Определяне на оптималния брой става от таблица 2.

От изчислените вариации на отделните компоненти, дадени на Табл. 2 се вижда, че е най-добре шестте значими величини да бъдат групирани в три фактора които описват общо 95,41% от извадката. В десните три колони е разпределението на вариацията след въртене на факторите.

При групирането на променливите в три фактора с последващо въртене по метода Варимакс ясно се отделят следните взаимно ортогонални фактори, F1 (включващ Pin, dr, L, D), F2 (включващ PL) и F3 (включващ PH2). На табл. 3 е дадена завъртяната матрица с факторните тегла на наблюдаваните шест входни променливи, получена с помощта на МГЕ. При извадка с размер $n=109$ и ниво на достоверност статистически значими се считат факторните тегла със стойности над 0.5.

Таблица 3. Ротационна матрица на компонентите. Факторните тегла по-малки от 0.5 са пропуснати.

Rotated Component Matrix ^a			
	Component		
	1	2	3
Pin	,913		
dr	,887		
D	,807		
L	,769		
PL		-,914	
PH2			,929

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 5 iterations.

На този етап на статистическата обработка са пресметнати и факторните коефициенти, които се използват в моделите по-нататък.

С помощта на извлечените три ортогонални фактора F1, F2 и F3 и многостъпкова и линейна регресия записваме следните многомерни линейни регресионни уравнения на модела за оценка на зависимата променлива P_{out}:

$$\hat{P}_{out} = 40.598 + 29.717F_1 + 4.155F_2 + 12.941F_3 \quad (1)$$

$$\hat{P}_{out} = 0.884F_1 + 0.124F_2 + 0.385F_3 \quad (2)$$

Тези формули се отнасят за нестандартизираната и стандартизираната оценена предсказана стойност на P_{out}, съответно. Всички коефициенти, както и всички следващи оценки са получени с ниво на значимост Sig.=0.

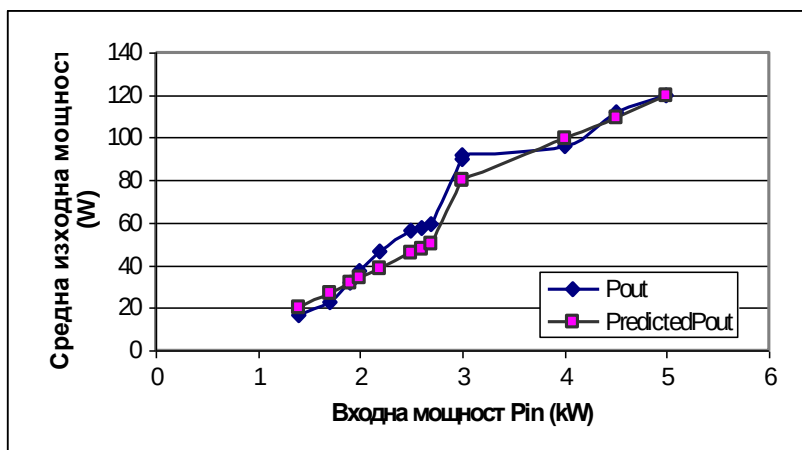
2. 2. Обсъждане на резултатите от факторния анализ

Факторният анализ определя като съществени 6 независими величини, които са групирани в табл.3. В първият фактор F_1 има 4 величини (P_{in} , dr , D и L), които имат силна корелация по между си. Положителните стойности на факторните тегла означават, че с увеличаване на съответните величини зависимата изходна величина (в случая лазерната мощност P_{out}) расте. Това означава, че в бъдещи експерименти всичките тези величини трябва да бъдат променяни едновременно по посока на тяхното увеличаване. Във втория фактор F_2 влиза само величината PL , при това с отрицателен знак. Това означава, че с увеличаване на P_{out} величината PL трябва да намалява. Факторът F_2 дава допълнителни сведения при провеждане на експериментите с величините от F_1 , а именно: едновременно увеличаване на P_{in} и L трябва да се извършва така, че функцията PL да е намаляваща. В последният фактор F_3 е само величината PH_2 - налягане на водорода като добавъчен газ. Тази важна за изходната лазерна мощност величина не корелира с нито една от останалите значими величини и може при бъдещи експерименти да бъде променяна самостоятелно, без да изисква променянето на други физически величини.

2. 3. Приложение на параметричен модел

Сега ще разгледаме по-интересния случай на лазер с пари на меден бромид с голям диаметър ($D > 40$).

Фиг. 2 показва резултатите за влиянието на входната електрическа мощност P_{in} върху средната изходна лазерна мощност P_{out} при следните фиксирани стойности: налягане на буферния газ неон $PNE = 20$ torr, $PH_2 = 0.6$ torr, $PRF = 17.5$ KHz, $C = 1.0$ и 1.3 nF. Тези данни са извлечени от подобрената обогатена извадка. Наблюдава се удовлетворителна близост на експерименталните и предсказаните с модела значения на P_{out} . За сравнение може да се използва фиг. 2 от [138].



Фиг. 2. Сравнение на експерименталните и предсказаните стойности на модела на изходната лазерна мощност P_{out} като функция на входната мощност P_{in} за лазер с пари на меден бромид с голям диаметър.

Получените резултати илюстрират доброто качество на построения статистически модел.

3. Квазилинейни регресионни модели

В този параграф ще построим модели от полиномен тип, на базата на взаимноортогоналните факторни променливи, изчислени за подобрената извадка с модела.

Получените три фактора F_1 , F_2 и F_3 по различен начин влияят на изходната лазерна мощност. Построения модел е на базата формули (1) - (2)

Основните статистики на построения полиномен модел са дадени на Табл. 4. Моделът е получен със статистическа значимост $Sig.=0$ и е проверен за валидност.

Таблица 4. Основните статистики на полиномиален регресионен модел.

Полиномен регресионен модел	R^2	$R^2_{adj.}$	Станд. грешка на оценката	Брой предиктори
Модел от първа степен (линеен модел)	0.946	0.944	7.92540	3

4. Приложение на моделите за предсказване на експеримента

В този параграф са приложени методиките за построяване на изложените в тази глава линеен полиномни регресионни модели за предсказване на минали и бъдещи експерименти. Основната цел е получаване на статистически прогнози за увеличаване на изходната лазерната мощност на лазерите с пари на меден бромид над 120W и насочване на експеримента за конструиране на нови лазерни устройства с по-висока изходна мощност.

Терминът “предсказване на бъдещ експеримент” тук се използва в следния смисъл. Избраната извадка се разширява с добавяне на един “предполагам” експеримент, съдържащ набор от стойности на независимите величини, с неизвестна стойност на зависимата величина. Построява се параметричният модел и с негова помощ се изчислява значението на P_{out} , което се нарича предсказана стойност.

Всеки вариант на “предполагам” експеримент съдържа значения на основните шест входни лазерни величини. За новополучената извадка се използва техниката на регресия с главните елементи и получаване на съответните факторни променливи. Тук ще припомним, че прилагането на ФА касае само независимите променливи, дори и при липса на някои стойности, при което се генерират стойности за всички наблюдения в извадката.

Параметрите на получените модели трябва да бъдат в рамките на съответните 95%-ни доверителни интервали, в противен случай “предполагаемият” експеримент и предсказаната за него стойност на се отхвърлят като несъстоятелни.

На Табл. 5 са дадени резултатите от предсказване на с помощта на линейни регресионни модели с три предиктора. Отделните варианти са означени съответно с V_i . За пълнота с V_0 е означен реалният експеримент с най-висока лазерна генерация $=120W$ и изчислената за него стойност $119.547W$ по модела. От таблицата се вижда, че при едновременно увеличаване на стойностите на входните променливи D , d_r , L , P_{in} , групирани във фактор, постепенно се увеличава предсказаната стойност на изходната мощност. Моделът показва стабилност във всички статистики. Получената максимална предсказана стойност е с 20% увеличение спрямо максималната експериментална стойност от $120W$.

Таблица 5. Предсказани стойности на “предполагаеми” експерименти по метода на линейна регресия с главни елементи с 3 предиктора.

опит	D	d_r	L	P_{in}	PL	PH2	R2	Pout Pred за V_i	% на увели чение
V0	58	58	200	5.00	11.250	0.60	0.946	119.547	0%
V1	58	58	200	5.05	12.625	0.60	0.945	120.215	0%
V2	60	60	210	5.10	12.143	0.62	0.944	123.602	3%
V3	65	63	215	5.15	11.977	0.65	0.944	129.408	8%
V4	68	65	220	5.20	11.818	0.67	0.943	133.502	11%
V5	70	68	225	5.25	11.667	0.69	0.942	137.612	15%
V6	75	73	230	5.30	11.520	0.70	0.942	143.673	20%

Можем да заключим, че моделът дава приемливи предсказани стойности и е важен за практическо увеличаване на изходната мощност при конструиране на нови лазерни устройства.

5. Заключение

Приложени редица многомерни статистически техники за оценка и предвиждане на експеримента. Обобщават се резултатите от реални данни, като всеки документиран експеримент е получен с цената на много средства, време и специализиран човешки труд.

Досега подобни изследвания в областта на лазерите с метални пари не са провеждани. Построените параметрични емпирични модели и резултати от тях са нови и допринасят за изясняване на зависимостите между основните входни лазерни характеристики и крайните изходни величини, което не може да се установи с други методи.

Получените резултати могат да се разглеждат като сериозно начало в статистическата обработка на натрупаните експериментални данни. Понататъшното изследване на данните предстои да се провежда с непараметрични методи, които могат да отчитат локалните промени в поведението на изследваните величини и имат по-мощни възможности за предсказване на експеримента.

Литература

[1] I.P. Iliev and S. G. Gocheva-Ilieva, On the application of the multidimensional statistical techniques for exploring copper bromide vapor laser, The 34th Conference Applications of Mathematics in Engineering and Economics (AMEE'08), June 6 - 12, 2008, Sozopol, CP1067, Melville NY: American Institute of Physics, pp. 475-482, 2008.

[2] I.P. Iliev, S. G. Gocheva-Ilieva, D. N. Astadjov, N. P. Denev and N. V. Sabotinov, Statistical approach in planning experiments with a copper bromide vapor laser, Quantum Electron., vol. 38, N 5, 436-440, 2008.

[3] I.P. Iliev, S. G. Gocheva-Ilieva, D. N. Astadjov, N. P. Denev and N. V. Sabotinov, Statistical analysis of the CuBr laser efficiency improvement, Optics and Laser Technology, vol. 40, issue 4, pp. 641-646, 2008.

[4] I.P. Iliev and S. G. Gocheva-Ilieva, Statistical techniques for examining copper bromide laser parameters, Proceedings of Int. Conf. of Numerical Analysis and Applied Mathematics, ICNAAM 2007, September 16-20, 2007, Corfu, Greece, Conference Proceedings of American Institute of Physics (AIP), vol. CP936, pp. 267-270, 2007.

[5] I.P. Iliev, S.G. Gocheva-Ilieva, N.P. Denev and N.V. Sabotinov, Statistical Study of the Copper Bromide Laser Efficiency, Proc. of AIP, USA, vol. 899 - Sixth Intern. Conf. of the Balkan Physical Union, p. 680, 2007.

[6] S. G. Gocheva-Ilieva, I. P. Iliev, K. A. Temelkov, N.K. Vuchkov, N.V. Sabotinov, Classifying the basic parameters of ultraviolet Copper Bromide laser, AMiTaNS 2009, Sozopol, 22-27 June 2009, AIP Conference Proceedings 1186, pp. 413-420, Application of Mathematics in Technical and Natural Sciences, eds. M.D.Todorov and C.I.Christov, ISBN: 978-0-7354-0752-7.

[7] S. G. Gocheva-Ilieva, I. P. Iliev, Modeling and prediction of laser generation in UV copper bromide laser via MARS, in Advanced research in physics and engineering, series "Mathematics and Computers in Science and Engineering", ed. O. Martin et al., Proceedings of 5th International Conference on Optics, Astrophysics and Astronomy (ICOAA '10), Cambridge, UK, February 20-22, 2010, ISBN:978-960-474-163-2, published by WSEAS Press, pp.166-171, 2010.

Авторски указател

Сашка Александрова, *доцент, ДПФ, Технически Университет – София*
Десислав Андреев, *студент, ФКСУ, Технически университет – София*
Росица Андреева, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Тодор Арабаджиев, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Василь Васьківський, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Георги Вълчков, *студент, ЕМФ, Технически Университет – София*
Любомир Георгиев, *физик, Технически Университет – София*
Деян Гешев, *доцент, Катедра въздушен транспорт, Технически Университет – София*
Димитър Димитров, *студент, ФаГИОПМ, Технически Университет – София*
Иван Димитров, *гл. асистент, Катедра въздушен транспорт, Технически Университет – София*
Стоил Донев, *доцент, ИЯИЯЕ, БАН*
Александрина Дянкова, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Иван Иванов, *Департамент по физика, Биофизика, Рентгенология и Радиология, Медицински факултет, Тракийски Университет-Стара Загора*
Илийчо Илиев, *доцент, Факултет по машиностроене и уредостроене, Технически университет – София, Филиал Пловдив*
Александър Карастоянов, *ДПФ, Технически Университет – София*
Невена Кожухарова, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Емил Маринчев, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Бойко Рангелов, *доцент, Геологопроучвателен Факултет, Минно-геоложки Университет, София*
Димитър Стоянов, *гл. асистент, ИПФ - Сливен към Технически Университет – София*
Валентина Танева-Тончева, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Христо Търнев, *доцент, ДПФ, Технически Университет – София*
Иван Узунов, *професор, ДПФ, Технически Университет – София*
Елена Халова, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Магдалена Христова, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Jamahl Peavey, *Department of Science, Arlington School-Belmont, U.S.A.*

ПРОГРАМА НА ДНИТЕ НА ФИЗИКАТА 2011 г.**13.04. сряда**

Доклад	Автор(-и)	Час
Откриване	проф. дфн И. Узунов	17,30
Откритията във физиката преди 100 години и съвременните представи за строежа на материята	доц. дтн С. Александрова гл. ас. Н. Кожухарова	17,45
Ускорителите на ЦЕРН	студент Н. Христова, ФОЕ	18,15
От галваничния елемент, през рентгеновите лъчи и радиоактивността до електрона и атомното ядро	ас. инж. Л. Георгиев	18,30
Демонстрации	ас. инж. Л. Георгиев	19,00

14.04. четвъртък

Япония – Апокалипсис сега (или просперитет в бъдещето?)	доц. д-р Б. Рангелов	17,30
За или против ядрената енергетика	студент Г. Вълчков, ЕМФ	18,00
Вселената – минало, настояще и бъдеще	студент Д. Андреев, ФКСУ	18,15
Тъмната материя	студент Б. Ников, ЕМФ	18,30
Изпитът по физика – предизвикателство за студентите	гл. ас. Н. Кожухарова	18,45
Демонстрации	колектив от химически факултет на СУ „Св. Кл. Охридски”	19,00

15.04. петък

Д-р Р. Райф - съдбата на един учен-откривател	гл. ас. В. Танева	14,00
Големите научни проекти	гл. ас. д-р М. Христова	14,30
Квантуване на планетните орбити	гл. ас. А. Карастоянов	15,00
Кондензация на Бозе – Айнщайн	студент С. Спасов, ЕМФ	15,15
История на календара	гл. ас. А. Дянкова	16,00
Учените от друга гледна точка	Студенти Георги Георгиев, ФТК, и Панчо Даскалов, КСТ	16,15
Демонстрации	ас. инж. Л. Георгиев	16,30

16.04. събота – научна сесия

Анализ на резултатите от изпит по физика 1 за машинни специалности	ас. Р. Андреева и доц. д-р Хр. Търнев	10,00
Параметри и правила на подобие на цилиндрична йонизационна камера	гл. ас. д-р Д. Стоянов	10,20
Tsunamigenic potential of the great subduction earthquakes	доц. д-р Б. Рангелов	10,40
Ефект на Робинс-Магнус – опит за пълно обяснение	гл. ас. Е. Маринчев и съавтори	11,00
Binary precession solutions based on synchronized field couplings (видеопрезентация)	J. Peavey, USA	11,20
Кафе-пауза		11,40
Сравнение на два числени метода за анализ на раманово саморазсейване в оптични влакна	гл. ас. д-р Т. Арабаджиев и проф. дфн И.Узунов	12,00
Модификация на Si повърхност чрез N^+ имплантация	доц. д-р С. Александрова и съавтори	12,20
Относно физиката на полета	гл. ас. Е. Маринчев и съавтори	12,40
Теория на кулонова двойка	гл. ас. В. Васковски	13,00
Факторен и регресионен анализ на CuBr лазер	доц. Ил. Илиев	13,20