



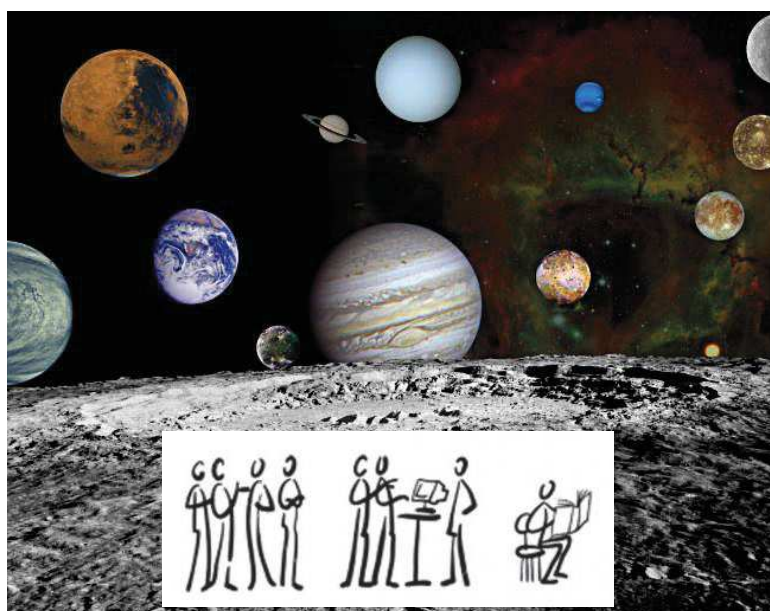
Технически университет София



Департамент по приложна физика

Сборник популярни и научни доклади

Дни на физиката 2014



София, 8 - 12 Април 2014 г.

Дни на физиката 2014
Сборник популярни и научни доклади

Редактори: Е. Халова и С. Александрова

ИЗДАТЕЛСТВО НА ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

ISSN 1313-9576

Предговор

В настоящото издание на „Сборник популярни и научни доклади“ са включени доклади, представени на традиционните „Дни на физиката“, организирани от Департамента по приложна физика към Техническия университет - София, които се състояха в периода 8-12 април 2014г. Доклади бяха представени от студенти от ТУ-София и от преподаватели по физика от ДПФ към ТУ-София, от други факултети на ТУ-София, от филиалите на ТУ-София в Пловдив и Сливен, както и от други университети, а именно от Физическия факултет на СУ „Климент Охридски“ и Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“ -София.

Докладите бяха посветени на интересни и актуални теми от различни области на физиката. Общо бяха представени 26 презентации по оригинален и увлекателен начин, разбираеми за широка аудитория. Отново и тази година с презентации и доклади участваха както студентите първокурсници, изучаващи физика в момента, така и студенти от по-горните курсове на ТУ-София и завършили бакалаври и магистри. Тази година за първи път доклад бе представен и от студент от новата специалност „Инженерна физика“ към ДПФ. Докладите на студентите бяха много добре представени на сесиите и оформени за публикуване в настоящия сборник. Мнение на студентите е, че Дните на физиката са една добра възможност да придобият опит в излагането на научни проблеми и да участват в научни дискусии.

Традиционно, от няколко години, на 12 април беше проведена и научна сесия. Представени и дискутирани бяха проблеми от широк спектър от съвременни научни области, по които работят преподавателите от споменатите по-горе университети и филиали. Радостен е фактът, че макар и съботен ден научната сесия беше посетена и от студенти. Научната сесията протече в атмосфера на научен семинар, високо оценена от участниците. Докладите от този ден също са включени в настоящия сборник.

Трябва да се отбележи, че към проявите в областта на физиката има подчертан и траен интерес. За поредна година ас. инж. Л. Георгиев предостави на вниманието на аудиторията атрактивните демонстрации на физични явления. И тази година със свои разработки участваха студенти от клуб „Роботика“. Демонстрациите на тези два колектива предизвикаха значителен интерес сред студентите и преподавателите.

Пълен списък на презентациите от Дните на физиката, са дадени в края на сборника. За съжаление някои от представените доклади, като „*SETI (търсене на извънземен разум)*“, „*METI (изпращане на съобщения до извънземен разум)*“ и „*Житните кръгове*“, на проф. Л. Филипов, ИКИ – БАН, „*Галилей – великият физик и астроном от Възраждането*“ на проф. И. Лалов, ФзФ на СУ и др. не

са включени в настоящия сборник поради голямата служебна заетост на авторите, които не успяха да ги подготвят за изданието.

Изказваме благодарност на всички участници в “Дни на физиката - 2014” - лектори и слушатели, за техния интерес към физиката и нейните приложения. Специална благодарност дължим на членовете на Организационния комитет проф. д-р И. Копринков, гл. ас. Н. Кожухарова и гл. ас. д-р Т. Арабаджиев.

Надяваме се поредното издание на сборника, насочен главно към студентската аудитория, да представлява интересно, увлекателно и информативно четиво за всички, които проявяват интерес към физиката, да допринесе за повишаване на интереса на бъдещите инженери към тази красива и винаги модерна наука, чиито приложения са в основата на съвременната техника и технологии.

Дните на физиката се организират в рамките на Дните на науката на ТУ-София. Организирането и провеждането на Дните на физиката, както и издаването на настоящия сборник са финансирани по вътрешния конкурс на ТУ-София 2014 със средства от субсидията за научна дейност. От името на Организационния комитет и на студентите изказваме благодарност за финансовата подкрепа на НИС към ТУ-София.

Доц. д-р Елена Халова
Проф. д-тн Сашка Александрова

СЪДЪРЖАНИЕ

ПРЕДГОВОР

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНИ ДОКЛАДИ

Е. Халова, С. Александрова, Н. Кожухарова, Великите български открития в науката и техниката	3
В. Танева, Р. Ташева, Изобретенията на Никола Тесла, които измениха света - част втора	16
Б. Рангелов, С. Димовски, Р. Радичев, Х. Цанков, А. Кисъов, Ц. Груев, Комплексен геофизичен подход към дълбочинните и плиткни ефекти от земетресението в Перник 2012г	26
Р. Ташева, В. Танева, Планетарни вълни на Росби ,.....	34
Д. Андреев, Вселената като холограма	42
Р. Кобиларов, Писмото от Чилбълтън (Сами ли сме във Вселената) ..	53
Й. Зинкова, Р. Велевска, Зелен лъч	59
Л. Кръстев, Физика и музика	68
С. Алексиева, Неопределеност на квантова система	73
Д. Андреев, Разлагане на Хикс-бозон	78
В. Теохаров, Развитието на информационните технологии	86

НАУЧНИ ДОКЛАДИ

М. Янкова, С. Димовски, Б. Рангелов, Корелационни взаимоотношения между потенциалните геофизични полета и сеизмичността в района на Перник свързани със земетресението от 22 Май 2012 г	95
Хр. Търнев, Индуктивни разряди с некоаксиална плоска намотка ...	105
М. Григорова, Сеизмична томография – обзор и приложения	109
Р. Кобиларов, Основа за бързо локализиране на евентуален радиологичен терористичен акт в района на курортния център Банско	117
Д. Стоянов, Определяне на ускорението на свободно падане в околността на Луната	122
И. Илиев, Температурен профил на газов разряд за CuBr лазер	128
Хр. Търнев, Монте Карло метод за детекция на резонанси в плазмени източници с периодична структура	138

С. Александрова, Е. Халова, Н. Кожухарова, Рентгенова ФЕС на наноструктурирани SiO_xN_y слоеве - химичен състав и структура.....	143
Т. Арабаджиев, RK4IP метод за моделиране на процеси в нелинейната влакнеста оптика.....	146
Й. Стойнов, Моделиране на магнито-електро-еластични материали с пукнатини с метода на граничните интегрални уравнения.....	149
Авторски указател.....	162
Програма на Дните на физиката.....	163

Великите български открития в науката и техниката

Елена Халова, Сашка Александрова и Невена Кожухарова

Департамент по приложна физика, Технически Университет-София, София 1000,
бул."Кл. Охридски" 8, България,
e-mails: ehalova@tu-sofia.bg, salex@tu-sofia.bg, nkojuharova@tu-sofia.bg

Резюме. В настоящия доклад са представени открития в областта на физиката и техническите науки, направени от български учени, изследователи и изобретатели. Постиганията им са от значение за разширяване на знанията за природата, нейните закони и приложенията им и са станали достояние в цял свят. Делата им заслужават възхищение и признание.

Ключови думи: открития, българи, наука, техника.

1. Увод

В България годишно се регистрират от 200 до 300 заявки за изобретения, като между 50 и 70% от тях получават патент - документ за правна закрила на обектите на индустриална и интелектуална собственост, че отговарят на утвърдените условия. За съжаление обаче се дава гласност на родните открития, и те остават анонимни, както и самите откриватели.

А колко имена на световно известни български учени знаем? Без много замисляне, дори без подробности, може ли всеки от нас да изброи поне три открития в световната наука, които носят имената на създателите си – български имена.

Това е поводът да представим някои велики научни открития, направени от българи, които ще ни накарат да се гордее, че сме българи.

2. Първият електронен цифров компютър

Американският физик Джон Атанасов (1903-1995), който е с български произход, заедно с Клифърд Бери (1937-1942), изобретяват първия електронен цифров компютър - специализирана изчислителна машина, която поставя началото на компютърната ера, известна като Компютър на Атанасов-Бери (**Atanasoff-Berry Computer**, съкращавано **ABC**). Въпреки че не е програмируем, е първият електронен цифров компютър, предшественик на ENIAC.

Джон Винсент Атанасов е физик, математик и електроинженер. Джон Атанасов е роден на 4 октомври 1903г. в гр. Хамилтън, щат Ню Йорк. Неговият баща Иван Атанасов, инженер по професия, е роден в село Бояджик, Ямболско,

през 1876г., когато в разгара на Априлското въстание загива баща му. През 1889г. на 13-годишна възраст Иван Атанасов заедно с чичо си емигрира в Америка. Името на майка му е Айва Атанасова, учителка по математика. През 1920г. завършва средното си образование в Мелбърн, Флорида. През 1921-1925г. е студент в щата Флорида. От 1925 до 1936г. преподава математика и физика.

В годините от 1942 до 1952г. Джон Атанасов заема редица отговорни постове във Флотската артилерийска служба на САЩ. В периода 1952-1961г. е директор на различни корпорации в областта на самолетостроенето, а от 1961 до 1980г. е президент на фирмата *Cibernetics Inc.* От 1967 до 1973г. е консултант на фирмата Хъниуъл в процеса за патента на ЕНИАК, а на 19.10.1973г. е оповестено решението на съда, с което се анулира патента на компютъра на Джон Мокли - ЕНИАК и официално се признава приоритета на Джон Атанасов и съоткривателят на компютъра ABC - Клифърд Бери. Джон Атанасов почива през 1995г. след дълъг и изключително плодотворен живот.



**Джон Винсент Атанасов
(1903-1995)**

Малко известен факт е, че Астероид, близо до Марс, носи името на Джон Атанасов. Той е открит и изследван от българи в Националната астрономическа обсерватория Рожен.

Първоидея

Ежедневната необходимост на Джон Атанасов да решава системи от линейни уравнения е причината за създаването на ABC. Самият той е работил към катедра физика на Iowa State College, където редовно му се е налагало да се справя с подобни системи. ABC е бил проектиран и създаден, така че да може едновременно да решава системи с максимум 30 уравнения (една доста сериозна изчислителна мощ за тогавашните времена!).

През септември 1939г. Джон Атанасов заедно с Клифърд Бери започват работа по проекта на компютъра на Атанасов - Бери (ABC) и през ноември 1939г. двамата демонстрират прототипа. През юли 1941г. подписват договор за патентоване на компютъра.

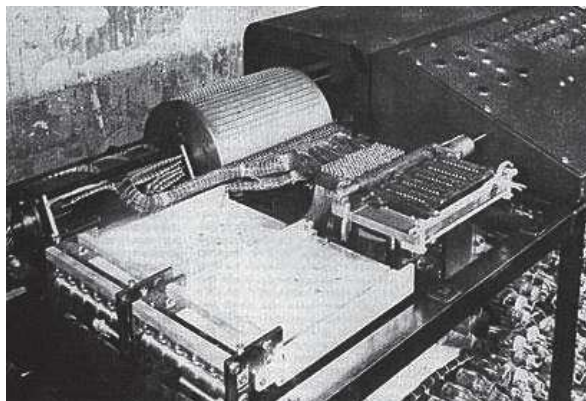
Изпълнение

В компютъра ABC изобретателят му Джон Атанасов прилага няколко нови революционни принципа, които и до днес намират приложение в компютърните технологии - изчислителните операции се осъществяват в среда от електронни компоненти, оперативната памет е осъществена с помощта на

кондензатори. Организацията на изчислителния процес е осъществена в двоична система. Компютърът има около 300 електронни лампи.



Джон Атанасов
(1903-1995)
снимка от ~1983г.



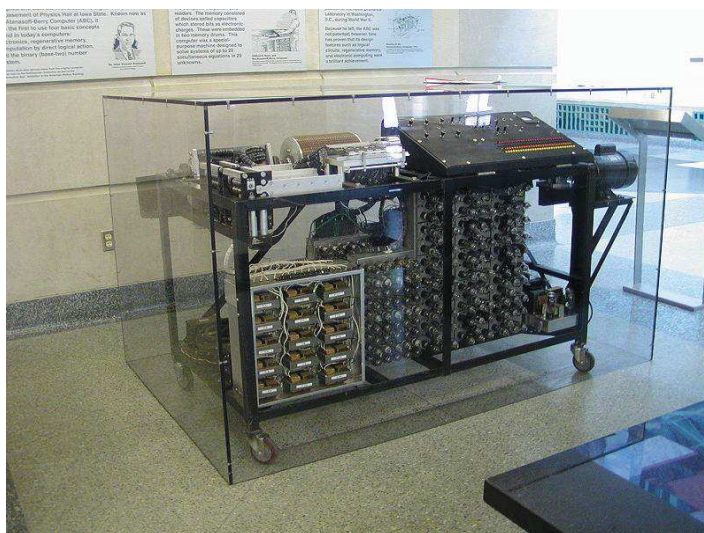
Компютърът на Атанасов - Бери
(ABC)



Клифърд Бери
(1918-1963)
снимка от 1962г.

Легенда

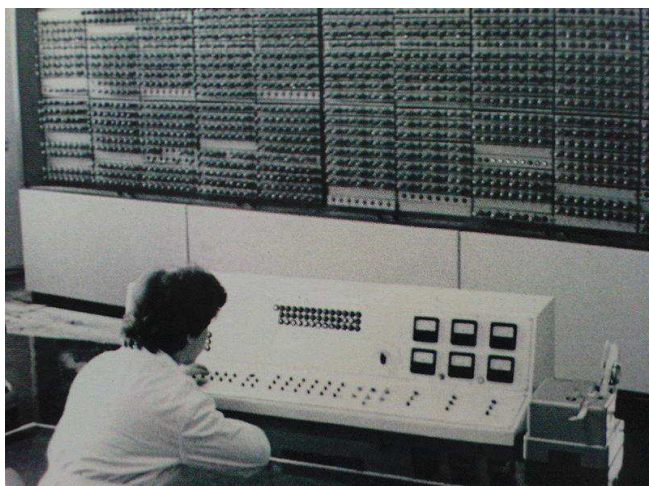
При преустройство на мазето на университета, където бил съхраняван оригиналният компютър ABC, той бил разглобен, всички негови части изхвърлени и така оригиналът бил загубен. През 1997г. екип от учени от Ames Laboratory (която се намира в Iowa State campus) завършили проект по изработването на работещо копие на компютъра на Джон Атанасов (фиг. 1). Цената на проекта била \$350,000. Това действащо копие опровергава съмненията относно способността на ABC да изпълнява задачите, за които е бил създаден. Сега копие на ABC е изложено като експонат във фоайето на Центъра за изчислителна техника и комуникации Дърмън в Щатския университет на Айова.



Фиг. 1. Реплика от 1997г. на компютъра на Атанасов-Бери

През 1960-те България разполага с компютър "Витоша" (фиг. 2). В началото на 1980-те години в България се разработва и произвежда серийно персоналният компютър „Правец“ (фиг. 3).

Водещи международни компании като Apple Inc. и Hewlett-Packard имат представителства в България. Компанията Hewlett-Packard през 2006г. създава в София център за глобална поддръжка за Европа, Близкия изток и Африка. През 2005г. компанията SAP AG установява водещи лаборатории за разработка на софтуер в София. През 2008г. IBM подписва споразумение за сътрудничество с българското правителство и научни институции.



Фиг. 2. Български компютър
"Витоша", 1960-те



Фиг. 3. Персонален компютър
„Правец“

През септември 2008г. в Държавната агенция за информационни технологии е инсталиран един от 100-те най-мощни (към 2009г.) суперкомпютри в света - Blue Gene/P., който е и най-мощният суперкомпютър в Източна Европа (вкл. Русия). Използва се от учени от Софийския университет и БАН за изчисления в областта на медицината, астрономията и математиката.

3. Първото регистрирано откритие в България

Академик Георги Наджков (1896-1981) е **един от най-известните български физици**, провеждал изследвания върху фотоелектретите.

Георги Стефанов Наджаков е роден на 8.01.1897г. в гр. Дупница. През 1905г. семейството се премества в София (фиг. 4.). Завършва в Трета мъжка гимназия средното си образование с пълно отличие, а дипломата му връчва лично министърът на просвещението на тържество в Народния театър. Взима участие в Първата световна война. През 1920г. завършва физика и математика във Физико-математическия факултет на Софийския университет и от 1921г. е назначен като асистент по физика. Специализира в Париж в лабораторията на Пол Лажвен (1925 -1926) и в Института "Радиум" в Сорбоната при Мария Склодовска - Кюри.



**Георги Стефанов
Наджаков
(1896 - 1981)**

Член-кореспондент на Гьотингенската Академия на науките (1939г.), член на Американската Асоциация за напредък на науката (1965г.). Академик Георги Наджаков е **създателят на Физическия институт при Българската академия на науките** и дълги години е негов директор. Понастоящем Институтът по физика на твърдото тяло носи неговото име. Той е един от основателите и член на Пъгуожкото движение на учените (1958г.) и на Световното движение за защита на мира, член и почетен председател на

Световния съвет на мира(1970-1980). Носител е на **златен медал на мира** - Фредерик Жолио-Кюри (1967г.).

Занимава се с изследвания по проблеми от твърдотелната физика, като фотоелектрична проводимост, външен фотоелектричен ефект при диелектрици и полупроводници (ефект на Наджаков - Андрейчин), перманентна фотоелектрична поляризация - фотоелектрети, електростатични и електрометрични измервания, фотоволтаични ефекти при диелектрици и полупроводници, Ланжвенови йони, латентен фотографски образ и др. Има



Фиг. 4. Георги Наджаков на 7г. с родителите си

приноси към развитието на лазерните технологии, както и на технологията за производство на чисти силициеви кристали.

През 1937г. Наджаков прави голямото си откритие, като установява неизвестно до този момент явление. При едновременното въздействие на електрично поле и светлина в диелектрици и полупроводници възниква постоянна поляризация, която на тъмно може да се запазва продължително време, а при осветяване се разрушава, при което протича деполяризационен ток. Наджаков нарича веществата, при които това явление може да се наблюдава, **фотоелектрети**. Откритието на Наджаков се счита за ключово при изобретяването на машина, близка до днешните скенери или

машини за копиране.

4. Първият електронен ръчен часовник и първият в света безжичен сърдечен монитор

Прототипът на електронния ръчен часовник или първия напълно нов начин да се показва времето от 500 години насам, е създаден от **български инженер** и американски изобретател **Петър Петров**.

Петър Димитров Петров е роден на 21 октомври 1919г. в село Брестовица. Много малко се знае за ранния етап от живота му. Баща му Димитър Петров е бил свещеник. Майка му се е казвала Василия. На 20-годишна възраст се записва във Френския чуждестранен легион, но е пленен от германската армия и след кратък престой в лагер се връща в България. През 1944 година заминава в Германия и учи инженерство, механика и корабостроене в Мюнхенския университет. Тогава построява и първото от своите 60 корабчета. След 9-ти



Петър Димитров Петров (1919-2003)

септември е обявен за враг и получава задочна смъртна присъда. Дипломира се в Дармщатския и Щутгартския университети с магистърска степен по електромеханично и гражданско инженерство. През 1951г. се преселва в Канада, а след това в САЩ.

След преместването си в САЩ е поканен лично от Вернер фон Браун да се присъедини към проекта „Аполо“. От 1963г. работи за НАСА по програмата Аполо и ракетата Сатурн.

През 1968г. Петров основава компанията Кеър Електрикс (Care Electrics), с която разработва първият в света безжичен сърдечен монитор, използван днес в болниците по цял свят.

Година по късно изобретява и първия цифров електронен ръчен часовник (фиг.5). Часовникът е пуснат на пазара през 1971г. с марката Пулсар (Pulsar), който се продава за 2100 щатски долара, а един от първите все още е на изложение в Смитсоновия институт. През 1975г. Петров заедно със сина си основава „Ей Ди Ес Инваярънментъл Сървисес“ (ADS Environmental Services), производител на компютъризирана апаратура за измерване на замърсявания. Компанията е основана в гаража на Петър Петров с първоначална инвестиция 13 000 щатски долара от семейни средства, но по-късно се превръща в гигант с 50 млн. щатски долара годишен доход.

Сред изобретенията на Петър Петров са и: Първата компютъризирана система за измерване на замърсявания, Телеметрични устройства за метеорологични и комуникационни сателити и др. Умира в Хънтсвил, Алабама на 27 февруари 2003г. Петър Петров се счита за **един от най-продуктивните изобретатели от втората половина на 20-ти век**. На негово име е кръстен морският нос „Петров“ на остров Брабант в Антарктика.

5. Кацане на Луната

Благодарение на българина **Иван Ночев**, участник в космическата програма „Аполо“, е било възможно първото кацане на Луната през 1969 година.

Иван (Джон) Стефанов Ночев е роден на 23 септември 1916г. в Карлово и се интересува от техника и механика от дете. Завършва училище в родния си град, след това заминава да учи в Берлин, но по време на войната се мести в Прага и Виена, където завършва и защитава докторат. Работи на летището във Виена, а в началото на 50-те години емигрира в САЩ. Занимава се с теоретични постановки и изчисления в аеродинамиката, които и до



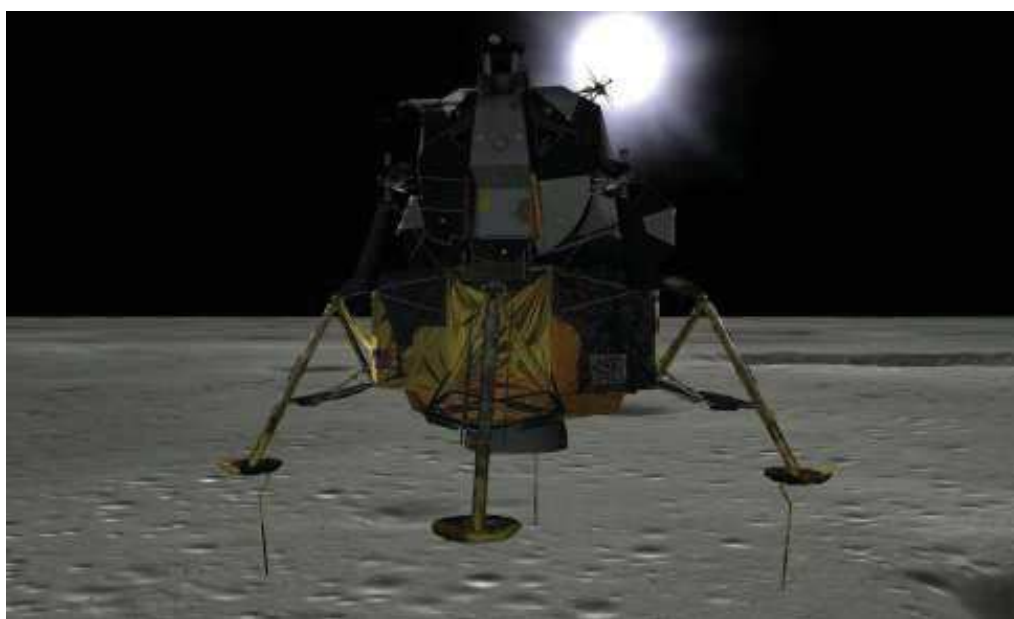
Фиг. 5. Прототип на електронния ръчен часовник



Иван Стефанов Ночев
(1916-1991)

днес се изучават в американските колежи и университети.

През 1962г. д-р инж. Ночев става американски гражданин и създава собствена инженерингова фирма в областта на аерокосмическите изследвания - Лансиа (Lansea), която е сред най-авторитетните в своята област. Именно на нея е възложено да усъвършенства реактивните двигатели на лунния модул „Орел“ (Eagle) (мисия Аполо 11), така че да се гарантира кацането му в хоризонтална позиция, както и успешното излитане и скачване с космическия кораб. Както е известно, на 16 юли 1969 г. от космодрума Кенеди стартира американският космически кораб Аполо 11. Изобретенията на Иван Начев реактивни двигатели осигуряват плавното кацане на модула „Орел“ с космонавтите Армстронг и Олдрин на Луната, а след това успешното им завръщане и скачване с очаквания ги на окололунна орбита космически кораб (фиг. 6).



Фиг. 6. *Кацане на Луната на Лунния модул „Орел“, с астронавтите Армстронг и Олдрин*

Още на 10 ноември 1989г. Иван Ночев изявява желание да се върне в България, но по здравословни причини мечтата му не се осъществява. Иван Ночев почива на 13 март 1991г. в Сан Диего, Калифорния. На погребението му присъстват трима американски президенти - Картър, Рейгън и Буш.

6. „Ефект на Кръстев“- Електромагнитна пулсация

„Ефекта на Кръстев“ носи името на откривателя си **българинът проф. Кръстьо Кръстев**.

Кръстьо Кръстев е роден на 12 юли 1900г. в град Силистра в семейството на Дафина и Иван Кръстев. След окупацията на Южна Добруджа семейството му се премества в София, където той завършва гимназия. Висшето си

образование Кръстьо Кръстев завършва в Германия, където защитава три доктората. Спогодбата за научно сътрудничество между България и Германия му дава възможност да работи с най-големите имена във физиката по онова време - Макс Планк, основателят на квантовата механика, и Айнщайн, чийто асистент е Кръстев.

На 12 август 1932г., в качеството си на професор по физика, технология и химия на мощните експлозии в софийската Военна академия, Кръстев забелязва, че контролно-измервателните уреди показват необяснимо явление и открива непознат дотогава физичен феномен при стрелба с тежко оръдие. Ученият се заема с неговото изследване и стига до заключението, че **при взривна реакция се отделят електромагнитни вълни, които се разпространяват със скоростта на светлината.** Ученият назовава новооткритото явление **„електромагнитна пулсация“.** През 1933г.



**проф. Кръстьо
Кръстев
(1900-1969)**

военното министерство го награждава със **златен медал** за създаването на **уред** въз основа на неговото изобретение, осигуряващ **точна артилерийска стрелба** (немските ракети „Фау-1“ и „Фау-2“). Същата година неговото откритие е регистрирано с осцилограф и научно потвърдено от немски физици, с което получава името „Ефект на Кръстев“. През 1944г. Кръстев емигрира и заминава за САЩ. През 1947г. д-р Кръстев предостави на Съединените щати подробно описание на физичното явление, известно като „Ефект на Кръстев“. Използвайки неговото откритие, военновъздушните сили разработват **система за регистриране на ядрени опити** навсякъде по света. На 11 септември 1962г. получава американско гражданство заедно със семейството си. Авторитетът му в армията е толкова голям, че през 1962г. получава **„Награда за изключителна служба“** - най-високото отличие на американската армия, присъждано на цивилно лице. „Ефект на Кръстев“ може да бъде видян във филма „Матрицата“ - той е в основата на оръжията на хората срещу машините. Умира на 16 септември 1969г., а три години по-късно урната с праха му е пренесена в България, изпълнявайки последната му воля.

7. Трето крило на самолет. Въздушни възглавници

Конструкторът на първия български самолет, **българският летец Асен Йорданов, за първи път в света въвежда третото крило на самолет.**

Асен Йорданов е роден през 1896г. в София. По време на Балканската война, едва 16-годишен, заминава за фронта доброволец и постъпва като механик в аеропланното отделение край Свиленград, където продължава да работи върху конструирането на първия български самолет „Експрес“, който завършва през лятото на 1915г. Постъпва в Авиационното училище в

Божурище, което завършва в кратък срок и с чин поручик заминава на фронта. След Първата световна войната, Ньойският договор забранява България да има авиация, самолетите ѝ са унищожени, личният състав е уволнен. Това силно обезкуражило летеца и конструктора Асен Йорданов и той заминава САЩ.

Асен Йорданов е член на редица конструкторски екипи като: Къртис-Райт, Локхийд, Дъглас, Пайпър, Боинг и МакДоналд. Като инженер участва в разработката и съставянето на документацията и инструкциите за поддържане и пилотиране на известни самолети, като например летящата крепост Боинг Б-17, печално известен с бомбардировките над много български градове през 1943-1944г.; изстребителите Локхийд Р-38, Лайтнинг и Къртис Хоук 81; бомбардировачите Б-24 и Б-29 и транспортния самолет Дъглас DC-3.

Неговата популярност нараства, когато открива авиационно училище. За кратко време то се превръща в най-авторитетната школа, която подготвя пилоти за гражданската авиация на САЩ.

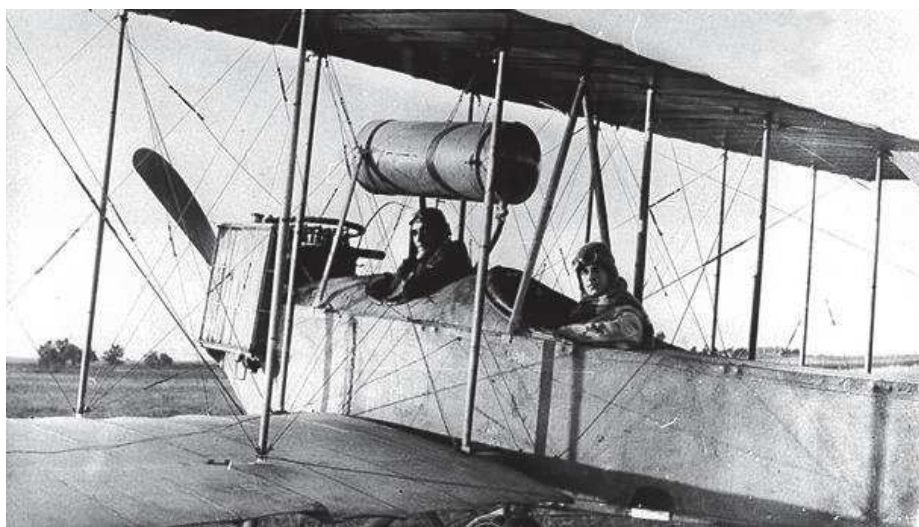
На 10 август 1915г. конструкторът, още юноша, Асен Йорданов, седнал в задната кабина на самолета „Експрес“, (фиг. 7), изпитва пред публика **първия български моторен самолет**. В този самолет той въвежда **третото крило за първи път в света**. То служи за стабилизиране на самолета при по-големи наклони от 45 градуса. Датата 10 август 1915г. се отбелязва като начало на българското самолетостроене.

Нийл Армстронг, първият човек стъпил на Луната, признава: *“От него както аз, така и всички американски пилоти сме се учили на авиация...”*.

Открива и специална съставка към авиационното гориво за работа при ниски температури.



**Асен Йорданов
(1896–1967)**



Фиг. 7. Първият български самолет „Експрес“, конструиран от Асен Йорданов, след успешния полет на 10 август 1915 г.

След Втората световна война Йорданов престава да работи в областта на авиацията и се насочва към нови области.

Катастрофите не са проблем само на нашето време. Още през 50-те години на миналия век се е търсило средство за обезопасяване на автомобилите.

През 1950г. **Асен Йорданов** започва работа по сигурността на автомобилите и става един от създателите на **въздушната възглавница - air bag** (фиг. 8).

Асен Йорданов е и един от създателите на **телефонния секретар и апарат за конферентен разговор**. Безжичният телефонен апарат **Jordanoff** (Джорданоф) е имал секретар, усилвател и възможност няколко души едновременно да разговарят помежду си или така наречения конферентен разговор (фиг. 9).



Фиг. 8. Въздушни възглавници на автомобил



Фиг. 9. Безжичният телефонен апарат *Jordanoff*

До последно е държал на табелката в дома му в САЩ да пише: **Асен Йорданов - български пилот авиатор.**

На 19 октомври 1967г. световните информационни агенции съобщават: „Асен Йорданов -пионер на авиацията, летец-изтребител, авиоконструктор на Боинг и Дъглас, почина на 71-годишна възраст“. Прахът от урната е разпръснат със самолет в небето над Америка.

На Земя Грeъм в Антарктика „**Йорданов залив**“ е наименуван на Асен Йорданов.

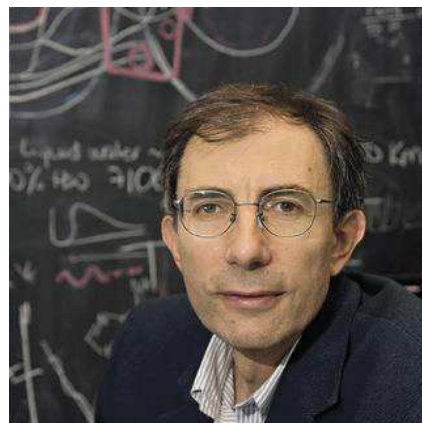
8. Най-отдалечената планета от Слънцето

Най-далечната планета, известна на астрономите, се намира на 5000 светлинни години **от Слънцето** в съзвездието Стрелец. Ръководител на екипа, направил откритието, е **българинът проф. Димитър Съселов**.

Откритието бе оповестено на конгреса на Американското дружество по астрономия в Сиатъл.

Проф. Димитър Съселов е роден в София през 1961г. Завършва прогимназия в Несебър и ГПАЕ „Гео Милев“, в Бургас. Следва във Физическия факултет на Софийски университет. Още като студент, през 1980г. негово

изследване по астрономия е публикувано в международно научно издание, което става повод да получи покана от Световната астрономическа асоциация за специализация в университета в Торонто, Канада. Съселов емигрира едва след началото на реформите в България, но и преди това работи за научната си степен в Торонто, успоредно със защитената през 1988г. кандидатска дисертация по физика. През 1998г. вече е поканен за професор в Харвард. Директор на Центъра за изучаване на прехода от химия към живот, *Origins of Life Initiative*, към елитния американски университет.

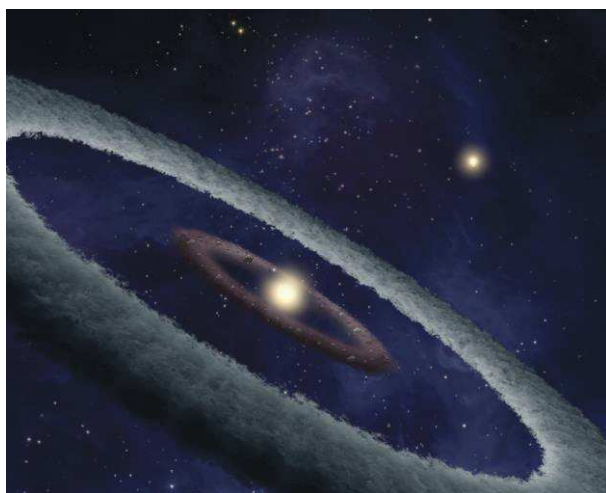


проф. Димитър Съселов

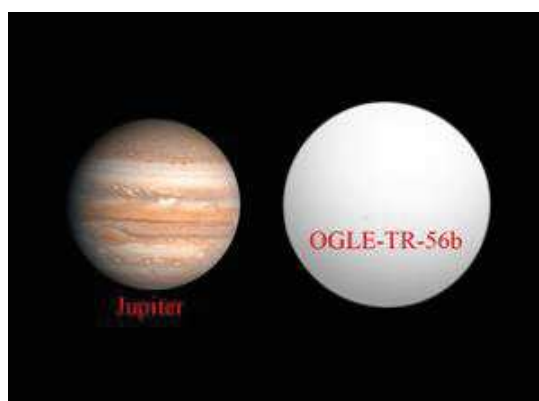
Добива международна известност с откриването на други подобни на Земята планети извън Слънчевата система, обикалящи около звезди (екзопланети).

Проф. Съселов и сътрудниците му разработват **метода на транзитното търсене**, чрез което те откриват през 2003г. най-отдалечената засега планета, известна на астрономите (фиг. 10).

Тя се намира на 5000 светлинни години от Слънцето в съвездието Стрелец и е наречена OGLE-TR-56b (фиг. 11). Новооткритата планета има суров климат - вероятно на нея вали дъжд от желязо. Голяма е приблизително колкото Юпитер и обикаля около звездата си OGLE-TR-56 за 29 часа. Намира се 14 пъти по-близо до звездата си, отколкото Меркурий до нашето Слънце. Планетата е открита, *когато астрономите измерват леко потъмняване на блясъка на звездата ѝ, докато планетата минава между нея и Земята*. Този нов **метод** се нарича **транзитно търсене** и за първи път чрез него е идентифицирана планета извън Слънчевата система.



Фиг. 10. Най-отдалечената планета от Слънцето, открита през 2003г.



Фиг. 11. Планета OGLE-TR-56b

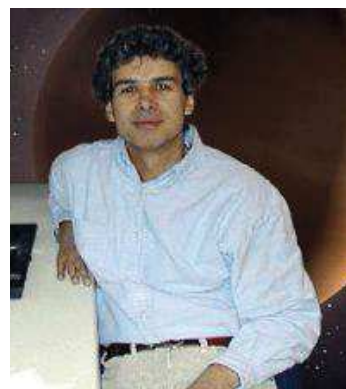
Този метод ще открие нова ера в изследването на Космоса и в откриването на нови планети и ще позволи огромно разширение на радиуса на изследванията. Досега астрономите имаха възможност да откриват планети, отдалечени най-много на 160 светлинни години от Земята. Броят на звездите, които ще могат да се изследват чрез новия метод, скача от 40 000 на 100 милиона или повече, смята проф. Съселов. Методът ще бъде използван в една от бъдещите мисии на НАСА - Кеплер, която ще търси планети с размера на Земята.

Понастоящем проф. Съселов е директор на Харвард-Смитсониън Център по астрофизика.

9. Планета извън Слънчевата система

Българският астроном д-р Георги Мандушев е сред откривателите на една от най-големите планети извън Слънчевата система, откривани досега - TrES-4.

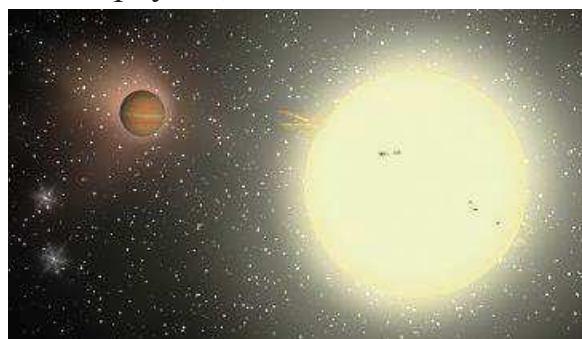
Георги Мандушев е роден във Варна през 1962г. Завършва Пета езикова гимназия, дипломира се като физик-астроном в СУ "Св. Климент Охридски" през 1989г. Възпитаник е на школата по астрономия в Националната астрономическа обсерватория с планетариум „Николай Коперник“. Специализирал е в Япония, прави докторат в университета на Британска Колумбия в Канада. Преподавал е астрономия в университета в Калифорния. Днес работи в обсерваторията Лоуел (Lowell.edu) във Флагстаф, щата Аризона.



Георги Мандушев

През август 2007г., екип от учени, водени от Мандушев, публикува статия за откритата от тях най-голяма екзопланета, позната досега: TrES-4 (фиг. 12). Името на TrES-4 е съкращение от "Transatlantic Exoplanet Survey" - мрежа от три телескопа в Аризона, Калифорния и на Канарските острови.

Екзопланетата се намира в съзвездие Херкулес, на 1435 светлинни години от Земята. Обемът на TrES-4 е със 70% по-голям от Юпитер, но като маса отстъпва доста пред нашия гигант и съответно има много по-малка плътност - $0,2 \text{ g/cm}^3$. Възрастта ѝ се оценява на 4,7 млрд. години, а разстоянието до нея - на 440 парсека. Температурата на повърхността ѝ е много висока - около 1327°C . Екзопланета е открита при преминаването си пред звездата, като я затъмнява с около 1%.



Фиг. 12. Най-голяма екзопланета, позната досега: TrES-4p

Именно благодарение на тази отслабена светлина - чрез т.нар. „транзитен метод“, астрономите установяват съществуването на новото небесно тяло.

10. Български уред в космоса

RADOM е български уред за прецизно измерване на космическата радиация, разработен от Института за космически изследвания към Българската академия на науките.

RADOM представлява 256 канален спектрометър-дозиметър за измерване на космическите лъчения. Тежи 160 g и е с размери 110x40x20 mm (фиг. 13).

Уредът е бил монтиран на индийския космически спътник Чандраян-1 (октомври 2008 - август 2009), както и на Международната космическа станция. Предполага се, че Китай също ще го използва в някои от бъдещите си космически проекти.

RADOM е от серията апарати „Люлин“, каквито има монтирани на руската космическа станция „Мир“.



Фиг. 13. Уредът RADOM

11. Заключение

В заключение следва да се отбележи, че всички тези български открития дадоха и дават съществен принос за развитието на науката и техниката. Историята на тези знаменити български открития, се надяваме, че ще ни направят малко по-горди българи. Но най-много се надяваме, че ще спомогне за вдъхновение за бъдещи открития.

Литература

1. <http://bg.wikipedia.org>
2. <http://www.znam.bg>
3. <http://www.bulblog.com>
4. <http://www.mystics.eu>
5. <http://www.politika.bg>

ИЗОБРЕТЕНИЯТА НА НИКОЛА ТЕСЛА, КОИТО ИЗМЕНИХА СВЕТА – ЧАСТ ВТОРА

Валентина ТаневаТанева – Тончева, Радостина Пенева Ташева

Департамент по приложна физика, Технически Университет-София, София 1000,
бул."Кл. Охридски" 8, България, e-mail: uraa@dir.bg, e-mail rad_tasheva@abv.bg,

Резюме: В настоящата работа се определят направленията, в които работи и прави своите открития Никола Тесла. Прави се класификация на неговите повече от 300 патентовани изобретения. Набляга се на грандиозния творчески размах на Никола Тесла, дали на света първата ВЕЦ на Ниагарския водопад, първия град в света, осветен изцяло с електродъгово осветление - Чикаго, радиото, най-зрелищните експерименти по предаване безпроводно на електрическа енергия на голямо разстояние - в Колорадо Спрингс и Лонг Айленд.

Ключови думи: Никола Тесла, патенти, изображения

Роденият през 1856 година в хърватското селце Смиляни Никола получава добро математическо образование в родината си. Още като студент във втори курс на Висшата техническа школа в Грац (Австрия) демонстрира пред своите професори идеята за двуфазен индукционен генератор на **променлив ток**, работещ прототип на който представя през 1882 година.

След завършване на образованието си, Тесла работи в Унгарската правителствена телеграфна компания в Будапеща, в която внедрява изобретения от него оригинален гласов усилвател за телефон.



1. Променлив ток – електродвигател на променлив ток

Нито променливият ток, нито електродвигателят, сами по себе си, не са открития на Никола Тесла. Но, съвместяването на двете, последством въртящото се магнитно поле е негово дело. Идеята за електродвигател на многофазен променлив ток за пръв път е докладвана на Конференция в Американския институт по електроинженерство. Първият внедрен в практиката електродвигател от този тип, изработен собственоръчно от самия Тесла, е в електростанцията на железопътната гара в Страстбург.

90-те години на деветнадесети век са белязани от непримиримата борба на две големи компании. От една страна е General Electric на Томас Едисон, която работи само с постоянен ток, а от друга - Westinghouse Electric, която дава продукция въз основа на многобройните патенти на Никола Тесла в областта на

променливия ток. Периодът влиза в историята като „Периодът на трансформаторните войни”.

Наетите от General Electric журналисти разпространяват в пресата всевъзможни небивалици за променливия ток. През 1887 година в Ню-Джърси Едисон пада толкова ниско, че прави пред публика демонстрации с умъртвяване на животни посредством 1000-волтов променлив ток, подарявайки на света първия електрически стол.

В отговор на това, на Световната експозиция в Чикаго през 1893 година, Тесла провежда пред смаяната публика физически експеримент над себе си. Той пропуска през себе си високочестотен променлив ток с напрежение два милиона волта и не само не се превръща в въглен, както Едисон по-рано заплашвал, че ще стане, а спокойно стоял със светеща в ръката си Едисонова електрическа лампа.

А всичко започва съвсем по друг начин. Американският изобретател Томас Алва Едисон среща в Париж даващия надежди млад инженер от сръбски произход Никола Тесла и му предлага работа в лабораторията си в Съединените Американски Щати.

При Томас Едисон

Никола Тесла започва работа при Едисон през 1884 година, но още първият ден поставя началото на противоборството между тях. Всичко в областта на електричеството по онова време работи с постоянен ток, поради което се налага на всеки десетина километра да се строят мощни електростанции. Тесла предлага внедряването на променлив ток като по-ефективна и по-икономична система на електроразпространение. Едисон упорства, виждайки в лицето на Тесла талантлив конкурент. После, внезапно отстъпва, предоставя му един от заводите си и му обещава 50 000 долара награда, ако електрогенераторите на променлив ток покажат някакво предимство пред постояннотоковите. Тесла монтира 24 от своите устройства и получава неочакван икономически ефект!

Трудно е да се оправдаят по-нататъшните действия на Томас Едисон, но фактите са такива - успехът на нововъведението му прави огромно впечатление, но това не го спира да уволни младия сърбин, без да изплати нито цент от обещаната награда, оправдавайки се с “традиционното американско чувство за хумор”!

Никола Тесла остава на улицата, огорчен и обиден. Тази обида остава завинаги в сърцето му, стига се до там, че отказва Нобеловата награда по физика, която трябва да раздели с Едисон през 1912 година за съвместния им принос в развитието на електричеството. Вследствие на това, Нобеловата награда по физика отива у Нилс Густав Дален - “За изобретението на автоматични регулатори в съчетание с газови акумулатори за светлинни източници и маяци”.

При Джордж Уестинхауз

В работилниците на своята компания Тесла разработва и създава цялата апаратура, необходима за експлоатация на устройства за променлив двуфазен ток - генератори, електродвигатели, трансформатори - пригодими, както за честота 60 Hz (честотата на Тесла, валидна и до сега за САЩ), но така също и за по-високи - 133 Hz, а и за по-ниски честоти - до 25 Hz. Прави заявка в Патентната комисия на САЩ и получава знаменитите патенти с номера 381968 и 382280, отнасящи се за нова система за пренасяне на електроенергия посредством **двуфазен** променлив ток. В теоретичните допълнения към тези патенти, обаче се обобщава случая за **трифазен и многофазен ток**.

Въз основа на тези два патента, на 16 май 1888 г. Тесла изнася доклад в Американския институт за електроинженери със заглавие "Нова система двигатели на променлив ток и трансформатори". Така, всички неизяснени въпроси по изобретението на Тесла за променливия ток и неговото използване, получават отговори, а авторът получава признание в цял свят.

В залата присъства милионерът Джордж Уестинхауз, самият той изобретател на хидравличната парна спирачка. Впечатлен, той предлага на Тесла договор за един милион долара за всичките му патенти плюс авторските отчисления и по един долар за всяка конска сила на генераторите и електродвигателите на двуфазен променлив ток. Тези 40 патента позволяват на Уестинхауз да създаде Westinghouse Electric и да си поставя гигантската задача - да приведе цялата промишленост на САЩ на променлив ток. Но това става възможно след построяването на първата в света ВЕЦ на Ниагарския водопад, изцяло оборудвана с двуфазните генератори на Никола Тесла.

Когато по-късно преоборудват Ниагарската ВЕЦ с по-модерните и по-съвършени трифазни генератори на Доливо-Доброволски, Тесла е далеч от проблемите на променливия ток и съпътстващите го машини.

Но това не пречи да възникнат съдебни спорове между Никола Тесла и Westinghouse Electric от една страна и Доливо-Доброволски и АЕГ - компанията, която внедрява трифазната система в Европа, от друга. Поради многобройните по-раншни патенти на Тесла, които обобщават случая за многофазна система, съдът признава трифазната система за частен случай, а компанията АЕГ е осъдена да изплати на фирмата Westinghouse Electric огромни суми. Решенията на съда около този казус доказват еднозначно приоритета на Тесла по отношение на всеки детайл на многофазната предавателна система.

Оценявайки работата на Никола Тесла в областта на многофазните токове и индукционния електродвигател, става ясно, че само те са достатъчни да обезпечат вечна слава на своя откривател. Когато обобщаваме този етап от изследователската дейност на учения, следва да посочим, че откритията му не са изникнали на празно място. Те се базират върху работата на такива известни учени като Александро Волта, Оерстед, Андре Мари Ампер, Георг Ом, Био, Савар, Майкъл Фарадей, Араго, Марсел Депре и др. Трябва да подчертаем,

обаче, заслугите на Тесла в областта на приложеното електроинженерство - той пръв се справя с грандиозната задача по пренасянето на огромни за онова време мощности - само през първата година Ниагарската ВЕЦ достига мощност 12 млн. конски сили и поставя в силно финансово затруднение Westinghouse Electric - да припомним "... и по долар на всяка конска сила мощност...". Тези неவிждани достижения се базират на откритията на Никола Тесла за генератор, електродвигател и трансформатори, работещи с въртящо се магнитно поле и обобщени за многофазни системи.

2. Високочестотен резонансен трансформатор

Завършвайки работа с Westinghouse Electric, Никола Тесла започва нов етап в изследователската си дейност - а именно, ВЧ и СВЧ токове. Първоначално разработва генератор с 348 магнитни полюса, с който получава променлив ток с честота 10 - 20 kHz, а по-късно достига до честоти от порядъка на 100 kHz - огромни за своето време, посредством отстраняване на желязната сърцевина в електромагнитите. Но великият творец не знае ограничения - Тесла мечтае за честоти поне 100 MHz. За да постигне целите си, той се обръща към откритията на свои предшественици в областта на науката. Никола Тесла обединява откритията на Джозеф Хенри и лорд Келвин за това, че електрическият разряд на кондензатора е двустранен процес на преодоляване на съпротивлението, който създава затихващо хармонично колебание с честота 100 MHz; на Антон Обербанк за резонансните явления; на Максвел за вълновата природа на електромагнитните вълни и на Хайнрих Херц - за явлението "стоящи електромагнитни вълни".

Първото упоменаване на ВЧ колебателен контур на Тесла с въздушен трансформатор може да се намери още през 1891г. в патент № 454622 под название "Система за електрическо осветление". Посредством явлението резонанс, генераторът преобразува токове с ниска честота в "ток с много висока честота и много високо напрежение", който след това захранва лампа с един единствен проводник.

Основното, което трябва да се подчертае за този трансформатор е резонансният характер на работата му. В първичната верига през искровия промеждутък възниква прехвърляне на енергията между индукционната намотка и кондензатора с честота 100 - 300 kHz. Между първичната и вторичната намотки на самия въздушен трансформатор, които са свързани индукционно, може да възникне резонанс. Това се подсигурира по два начина - от добавената към горната част на вторичната намотка котва, която позволява промяната на капацитета на вторичната LC - верига, както и от пренастройваемата индуктивност на първичната.

Когато между двете намотки настъпи резонанс, настъпва силно увеличение на напрежението във вторичната намотка (понякога много по-високо от 1 000 000 V). Високото напрежение и малката големина на тока на възбуждане се

концентрират около котвата на Трансформатора довеждат до удивителни дъгови разряди във вид на мълнии.

Трансформаторът на Тесла - Патент US, № 593138, November, 1897г. - създава мощно електрическо поле - без проводно може да запали луминесцентна лампа на разстояние до 15 m, и тъй като електрическото поле се превръща непосредствено в светлина и не използва електроди, даже изгоряла луминесцентна лампа свети.

Откритите от Тесла през 1890г. принципи за електрическа настройка на резонансния трансформатор чрез промяна капацитета на кондензатора, водещо до промяна на дължината на вълната на електромагнитните колебания, създавани от трансформатора, стават база за развитие и повишават ролята и значението на кондензаторите, капацитета и самоиндукцията за развитието на електротехниката и радиотехниката. Едновременно с това, учения решава и въпроса с изолацията при СВЧ напрежения - парафинова баня, ленено или минерално масло, използвани и до днес.

Систематичната работа със СВЧ токове и високи напрежения довеждат до спомагателно, но ценно за медицината приложение - електротерапията. Изследователят изпробва върху себе си променливи токове с различни честоти и напрежения и прави много ценни изводи: 1) влиянието на променливия ток върху нервните клетки се прекратява при честоти над 700 Hz; 2) СВЧ токове, дори при високи напрежения, са безопасни за живота; 3) топлинното действие може да се използва в медицината за лечение и разработва някои електротермични апарати и прибори за медицинско приложение.

Работата на Никола Тесла със СВЧ токове и високи напрежения откриват пред погледа му нови, широки хоризонти в областта на ЕМВ, светлината и някои нови лъчения, неизвестни дотогава.

3. Безпроводно пренасяне на електрическа енергия

Изобретяването на въздушния резонансен трансформатор, станал известен като „трансформатор на Тесла” ляга в основата на идеята за безпроводно предаване на електроенергия с висока честота. По време на лекция в Университета Франклин, Филадельфия, през 1893г. Тесла се изказва за възможността за практическо приложение на електромагнитните вълни.

Радио. Идеята му не остава за дълго нереализирана. Същата година пред Националната Асоциация по Електрическо осветление той демонстрира комплект предавател-приемник на радиосигнали. Така той става откривател на радиото.

През 1897г. Н. Тесла получава два патента за разработка на приемо-предавателна система - US 645576 и US 649621. Но през 1904г. Бюрото по патенти на САЩ отменя решението си като награждава Гулиелмо Маркони с патент за изобретение на радиото, вероятно, под влияние на финансовите покровители на Маркони, сред които са Томас Едисон и Ендрю Карнеги. Така,

между другото, правителството на САЩ си спести изплащането на суми по патентите, за които претендира Тесла. През 1943г., обаче, Върховният съд на САЩ отменя патента на Маркони, когато се доказва, че Тесла изобретява радиото години по-рано. Радиосигналите са просто още една честота, на която работи системата предавател-приемник на Тесла, продемонстрирана през 1893 година от него.

Пулт за дистанционно управление. През септември 1898 година в Медисън-Скуер-гардън (Ню-Йорк), на ежегодната електрическа изложба Тесла демонстрира дистанционно управляемо корабче, за което получава патент № 613 809. Сигнал от пулт за управление в ръцете на Тесла привеждал корабчето в движение с различна скорост, напред-назад и в други, по-сложни маневри. Електрически лампички святаха и гаснели на носа и кърмата, довеждайки зрителите до възторг.

Но предаването на ниски мощности не е от такъв голям интерес за Тесла, той не се интересува от радиото като средство за връзка, а го увеличава идеята за предаването на огромни количества електроенергия до всяка точка на планетата без проводници.

Колорадо Спрингс

През 1899г., с финансовата поддръжка на приятели, Тесла организира в планинските райони на Колорадо Спрингс научна лаборатория, в която се занимава с изучаване на мълниите. Друга негова задача е да установи има ли Земята електричен заряд. На 2000 m надморска височина Тесла строи своя резонансен трансформатор с впечатляващи размери - първичната намотка е с диаметър 15 m, вторичната била свързана с мачта, извисяваща се на 60 m над земята и обвечана най-отгоре с медна сфера с диаметър 1 m. Трансформаторът бил пренастройваем в широк честотен диапазон - от 60 до 150 000 Hz.

С тази величествена установка Тесла доказва, че: а) планетата Земя е проводящо, отрицателно заредено кълбо; б) по време на гръмотевична буря по повърхността ѝ се установяват стоящи електромагнитни вълни; в) през Земята могат да се установят стоящи вълни изкуствено.

Последното доказателство е един от най-зрелищните експерименти, проведени от Тесла. Когато захранването от близката, разположена на около десетина километра, електростанция върху трансформатора е подадено, искровите разряди откъм медната сфера достигат 40 метрова дължина. Гръмотевицата, която съпровожда разрядите се чува на около 20 km оттам, около кулата пламтяло огромно светещо кълбо, а целият град Колорадо Спрингс бил обхванат от чудовищна паника. Конете получавали електрошокови удари през подковите, между краката на хората и земята прескачали искри, всички метални предмети били обхванати от студени пламъци (огньовете на св. Елм). Не само това - изгорял генераторът на захранващата трансформатора на Тесла електростанция. Но не защото експериментът черпел много голяма енергия, а защото в намотките на

генератора (както във вторичната намотка на трансформатора на Тесла) възникнали мощни високочестотни токове, а предизвиканите от тях искри изгорили изолацията!!!

Но не сензацията и шумотевицата са целта на Тесла нещо съвсем друго - на около 40 km от кулата, точно там, където предварителни изчисления предсказват, че трябва да бъде върхът на стоящата електромагнитна вълна, генерирана от експеримента, 200 лампи, забити в земята светват!

Резултатите от експеримента в Колорадо Спрингс Тесла обобщава в дълга статия под заглавие “Проблемът за увеличаване на енергията на човечеството”. Статията произвежда небивал шум и е била преиздавана и цитирана многократно. Тук Тесла за пръв път заговарва за “Световна съобщителна система”

Световна съобщителна и предавателна система

Експериментите на Никола Тесла в Колорадо Спрингс силно впечатляват Джон Пирпонт Морган - собственик на банкерска къща “Морган” - един от най-богатите хора на онова време. По негова покана инженерът пристига в Ню-Йорк през 1900г. за осъществяване на грандиозния проект “Wardenclyffe” - световен център за безпроводникова връзка. Морган отделя 150 хил. долара и 200 акров участък на остров Лонг Айленд, където под ръководството на Никола Тесла се построява невиджана кула с височина над земята 57 m, със стоманена шахта, забита на 36 m в земята. Кулата се венчае с 55-тонен метален купол с диаметър 20 m. Пробното пускане на грандиозното съоръжение се е състояло през 1905г. и предизвиква потресаващ ефект. “Тесла запали небето над океана на хиляди мили” - писали вестниците. Това е било небивал триумф за учения. Но Морган иска именно радиовръзка с ниска консумация, а Тесла се интересува не от система за връзка, а от безпроводникова система за предаване на големи енергии до всяка точка на Земята. И Морган прекратява финансирането на проекта.

След този пръв и единствен пуск на кулата Wardenclyffe Тесла напуска сградата, изоставяйки в нея всичките си бележки, чертежи, изчисления и никога повече не се завръща нито към въпроса за енергопрехвърлянето, нито на острова.

4. Електрическо осветление

След приключване на работните отношения при Томас Едисон, година след като е пристигнал в САЩ по негова покана, Тесла изживява много тежък период от живота си. Докато през април 1887 година, с помощта на инж. Браун и приятели, не създава „Tesla Arc Light Company”. Компанията много скоро започва да се занимава с осветяването в големи мащаби на градовете на САЩ с помощта на изобретената година по-рано електродъгова лампа - патент № 335 786 от февруари 1886г. По прищявка на съдбата, настото за кантора на

компанията помещение на Пето авеню, №35 се намира недалече от Обществото на електрическото осветление на Томас Едисон. Конкуренцията между двамата изобретатели се разгаря с пълна сила, още повече, че зад гърба на Едисон е банкерската къща Морган. Но предимствата на променливия ток, използван в работата на Тесла, позволява компанията му - „Tesla Electric Company” все повече да разширява дейността си.

Освен с еднопроводната система за осветление, спомената по-горе Тесла забелязва, че при работата му с въздушния резонансен трансформатор се наблюдават внушителни електрични разряди във въздуха, дълги десетки метри. Това навежда Тесла на идеята, че получаването на светлина от електрическите лампи с нажежаема жичка, не е единствения начин да се накара материята да свети! Необичайните си открития в тази насока представя отново в Американския електроинженерен институт през 1890г., където чете лекция на тема “Опити с променлив ток с твърде високи честоти и използването им за изкуствено осветление”.

Известно време Тесла изследва електричен ток през разреждени газови среди и през 1892-1894г. получава няколко патента за нова конструкция неонов осветление, демонстрирано за пръв път на Изложението в Колумбия през 1893г. Пред Националната Асоциация по Електрическо Осветление в Сен-Луи той изнася лекция на тема „За светлината и другите явления, свързани с високите честоти” и прави демонстрации, в които във ВЧ електромагнитно поле внася както обикновени електрически лампи с нажежаема жичка, така и специално създадените от него лампи без нишка. И двата вида лампи ярко светят!

Тук за пръв път Тесла споменава възможността за безпроводно предаване на електроенергия. Твърденията му не са безпочвени фантазии, защото проведените експерименти по неоспорим начин доказват неговата теория.

Рентгенови лъчи

Последният раздел от лекцията на Никола Тесла, изнесена на 24 февруари 1893г. във Филаделфия е посветен изцяло на осветлението. Хилядите опити, посветени на изследванията на светенето на разредените газове дават неочаквани резултати. И най-важното сред тях е откритието на Тесла, че специалните лампи с огнеупорни електроди позволяват да се наблюдава три вида лъчение: видима светлина, абсолютно черно излъчване (което сега наричаме ултравиолетово лъчение) и „съвършено особени лъчи”, които дават странни отпечатащи върху металически екрани (пластинки), поставяни в картонените кутийки на лампите.

„Сенчестите изображения, предизвикани от тези „съвършено особенни лъчи”, които притежават свойството да проникват през предметите, непрозрачни за видимата светлина и абсолютно черното излъчване, ни позволяват да „видим” предметите, намиращи се в непрозрачни кутийки. На тези лъчи трябва да се обърне внимание.”

Това съобщава Тесла накрая, годината е 1893. Както се вижда, Тесла и работещият с него немски физик Ленард са на крачка от едно от най-великите открития на XIX век - лъчите на Рентген.

Когато в началото на 1896г. В. Рентген публикува резултатите от наблюденията си в списанието на Вюцбургското физико-медицинско общество, Тесла веднага реагира, като през април публикува първата от десетте си статии, посветени на възможността за медицинско приложение на X-лъчите, както започват да ги наричат, за откриване и лечение на тумори и възпаления.

Самият Рентген провежда втората група изследователски експеримент, използвайки резонансен трансформатор на Тесла за получаване на токове с високо напрежение. Между Тесла и Рентген се завързва преписка, продължаваща до 1901г.

5. Безгранична, свободно достъпна енергия

Мислите на Тесла, както преди, са заети да обмислят и създават универсална система, в която, посредством електромагнитни колебания да се обезпечи всяка точка на земното кълбо с достатъчна по количество свободно достъпна за всеки потребител електроенергия.

Тесла разглежда Земята като един гигантски кондензатор, тъй като експериментите му в Колодрадо Спрингс потвърждават неговата идея, че земното кълбо притежава отрицателен заряд. Горните, разредени атмосферни слоеве са положително заредени, а долните, които са при нормално налягане, са изолатор между тях. На базат на тази хипотеза Тесла предлага две възможности за получаване на енергия в точки от земното кълбо, където няма проводящи линии.

Първата от тях е, че между земната повърхност и йоносферата могат да се възбудят резонансо електромагнитни вълни, които ще пренесат огромно количество електроенергия до всяка точка. Достатъчно е само да се изчисли нужната за целта резонансна честота!

Второто предложение на Тесла е разработен в малко известния патент под № 685,957 от ноември 1901г. Метална лека пластина с голяма площ се изнася високо в атмосферата, където Слънчевият вятър я зарежда положително. Втора пластина се заравя в земята и се зарежда отрицателно. Двете пластини, посредством проводници зареждат плосък кондензатор, който по-нататък може да служи като източник на електроенергия, както се вижда на няколкото предложени от Тесла възможности.

Естествено, идеите на великият изобретател да даде на човечеството безплатна, безгранична енергия не се посреща с одобрение от големите компании по производство, разпространение и продажба на електричество на населението.

Но разработките на Никола Тесла привличат интереса на военните. Тесла е наясно с разрушителното действие на своята система за пренос до всяка точка

от земното кълбо на толкова голяма енергия, че да предизвика огромни, опустошителни въздействия.

Тесла заговарва за създадена от него система „Лъчи на смъртта“ в 30-те години на двадесети век, които той нарича „Teleforce“. Изобретателят утвърждава, че това оръжие може да се използва както против наземна пехота, така също и против самолети. То бива споменато в статии в Ню-Йорк-сън и Ню-Йорк-таймс от 11 юли 1934г. В основни линии системата се състои в покриване на огромни територии с купол електромагнитно лъчение с ниска мощност, което изпраща сигнал към тръбата за насочено изстрелване на „лъчи на смъртта“ и тя се включва.

През 1937г. Тесла написва трактат „Искусството на излъчване на насочени лъчи заредена бездисперсионна енергия в природни среди“ за лъчево оръжие на снопове заредени частици. Тесла написва този документ в опит да обясни техническите детайли на „супероръжието, което ще сложи край на войните“. Този трактат сега се намира в музея на Никола Тесла в Белград. Той описва вакуумна тръба с отворен край, която позволява да се излъчват частици като се зареждат до милиони волта, създавайки насочен бездисперсионен лъч. (посредством електростатическо отблъскване).

6. Заключение

С помощта на безчислени експерименти Никола Тесла създава база за ново, резонансно разбиране на електромагнетизма. Той смята, че Вселената е единна непрекъсната електромагнитна среда, а материята - една от проявите на организирани електромагнитни колебания, които могат да се опишат с математически алгоритми. Невъзможно е до край да се оцени значението на подобен ред на мислене, но е ясно, че изучаването на наследството, оставено ни от Никола Тесла, не е свързано само с историята на физиката и технологията, същността му е в общочовешкото значение на творчеството и науката.

Литература

1. www.frank.germano.com/nikolatesla.htm
2. <http://poznanie.biz/brown.htm>
3. Nikola Tesla patents
4. <http://www.hardwaberg.com/>
5. Б.Н. Ржонсницкий, “Никола Тесла”
6. Ал. Маринчич, “Никола Тесла - Дневник Колорадо Спрингс 1899-1900”

КОМПЛЕКСЕН ГЕОФИЗИЧЕН ПОДХОД КЪМ ДЪЛБОЧИННИТЕ И ПЛИТКИ ЕФЕКТИ ОТ ЗЕМЕТРЕСЕНИЕТО В ПЕРНИК (22 МАЙ, 2012 Г.)

Б. Рангелов, С. Димовски, Р. Радичев, Х. Цанков, А. Кисъов, Ц. Груев

Геологопроучвателен Факултет, Минно Геоложки Университет, София, e-mail: brangelov@gmail.com, dimovski@mgu.bg, radirad@mgu.bg, ch.tzankov@gmail.com, at.kisyov@gmail.com, cvetangruev@abv.bg

Резюме: Изследвани са ефектите от земетресението от 22 Май, 2012 г. в района на гр.Перник. Обърнато е особено внимание на комплексните геофизични методи позволяващи да се добие информация, какато за по-дълбоките хоризонти (първите километри от геоложкия разрез) „отговорни“ за сеизмогенезиса, така и на по-плитките, повърхностни геоложки условия, доминиращи разрушителните ефекти от земетресението.

Ключови думи: комплексна геофизика, земетресение Перник, ефекти.

1. Въведение

Изучаването на дълбочинните особености на всяко огнище на земетресение, изисква отчитането на редица фактори свързани със сеизмотектонските и сеизмогенерационни условия за възникване на сеизмично събитие. Успоредно с това не бива да се пренебрегват и повърхностните грунтови условия, често явяващи се източник на добавъчни ефекти към разрушителната сила на сеизмичните вълни и понякога водещи до местно усилване на сеизмичното въздействие достигащи 2-3 степени над очакваните ефекти по сравнение със стабилна скална основа.

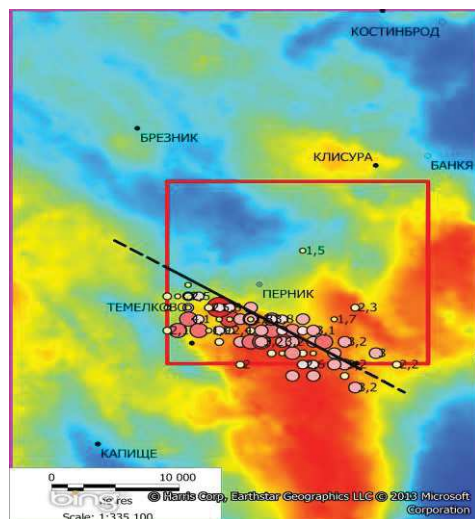
2. Дълбочинна характеристика на земетресението от 22 Май, 2012.

Дълбочинните особености в геотектонската и геодинамична обстановка в района на земетресението от 22 Май, 2012 г. в района на гр.Перник са добре изследвани и дават почти пълна представа за поцесите довели до земетресението с M5.8 [1, 2, 3] и последвалите го следтрусове. Основните фактори довели до това сеизмично събитие са – режим на екстнезия в района на труса (следващ директно от механизма на главния трус, установен от редица международни сеизмологични центрове), блоков строеж (доказан при изследванията на гравитационното и магнитно поле в района – фиг. 1 и фиг. 2.), разпределение на афтершоковата поредица след основното събитие във времето и пространството – фиг. 3. В резултат е конструиран сеизмотектонски модел (фиг. 4) доказващ асиметрично, листрично, антитетично разломяване довело до

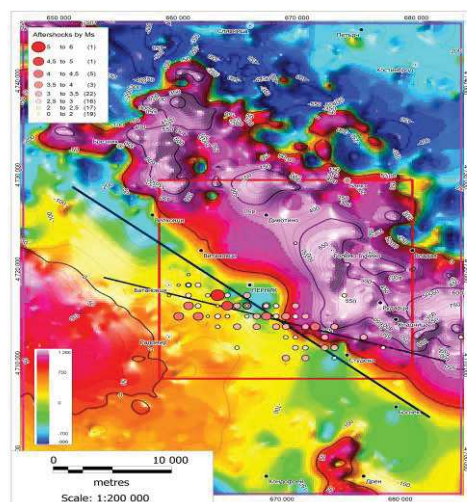
реализация на сеизмичната енергия отделена при главния трус и последвалите го афтершокове [4, 6].

Комплекси дълбочинни геофизични изследвания в района на гр.Перник

- Геология и геотектоника
- Потенциални полета – магнитно и гравитационно

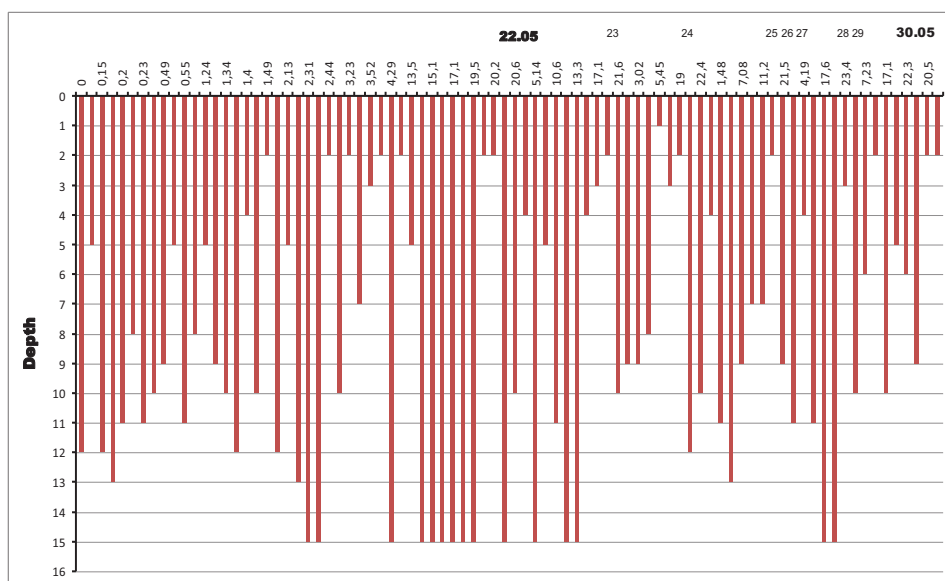


Фиг. 1. Гравитационно поле (аномалия Буге) в района на главния трус и последвалите афтершокове (кръгчетата)

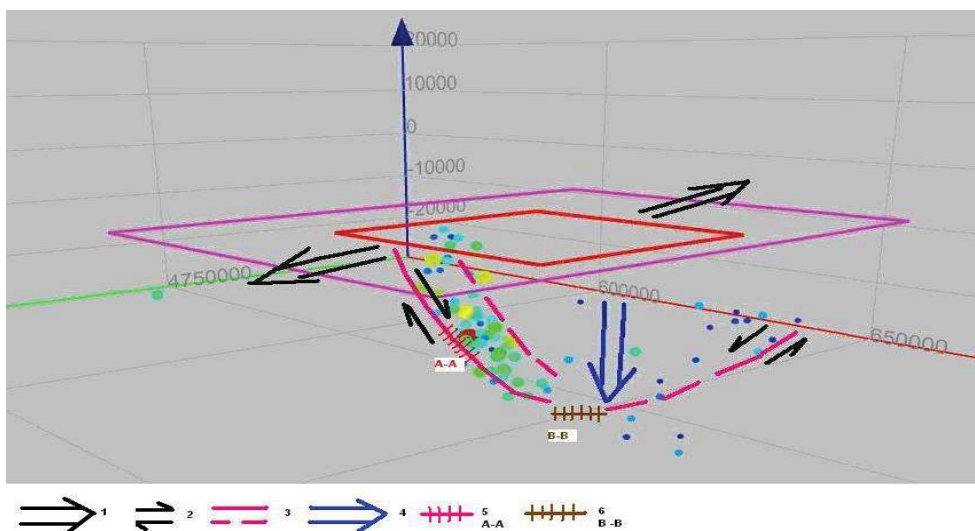


Фиг. 2. Магнитно поле (аномалия Z) в района на главния трус и последвалите афтершокове (кръгчета)

Сеизмологични изследвания - сеизмотектонски модел



Фиг. 3. Разпределение на трусовете по време и дълбочина. Вижда се, че е активизиран слой в дълбочинен интервал 0-15 км.



Фиг. 4. Сеизмотектонски модел на земетресението от 22 Май 2012 г. – асиметрично, антитетично, листрично, разломяване.

1 – сили на екстензия; 2 – посоки на движението на пропадналия блок при земетресението; 3 – линии на листричното разломяване; 4 – посока на пропадане на целия блок; 5 – зона на разрушаване на средата по време на основния трус (вероятен източник на относително по-високочестотните колебания); 6 – най-ниска зона на пропадането (вероятен източник на относително по-нискочестотните колебания) [5].

3. Изследване на причините за разрушителните ефекти от земетресението.

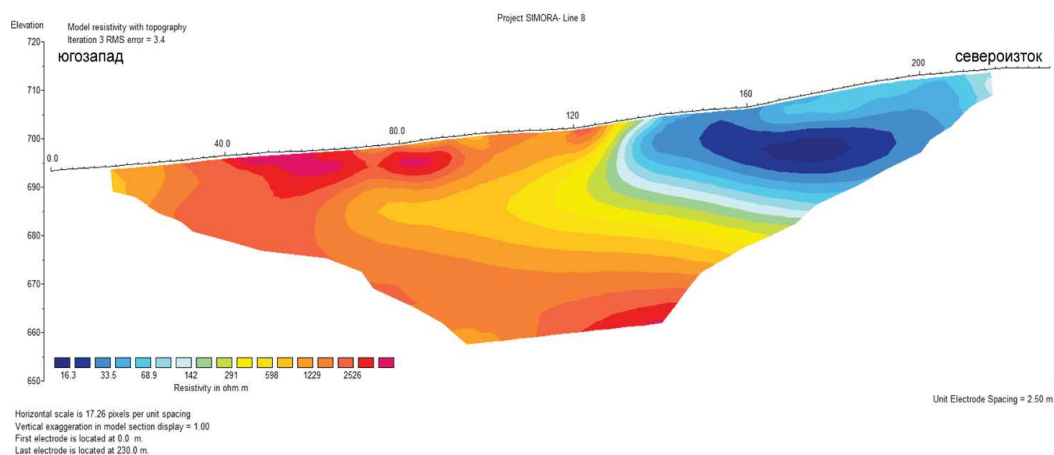
Земетреснието с магнитуд 5.8 предизвика масови ефекти от VIII степен по ЕМС. Бяха заявени поражения на над 8000 сгради, което за трус с подобна сила е повече от средното.

Поредица изследвания установяват, че най-силните поражения и разрушения са локализирани не в епицентралната зона на главния трус, а малко по на север-североизток. Причините за това могат да бъдат търсени в няколко посоки. Наличие на хоризонтални нееднородности в най-горната част на земната кора, наличие на слабо споени седименти в грабеновата структура на Пернишкия грабен и най-накрая, но не по важност – наличие на плиткозалягащи грунтови води в райони на заблатявания, речни тераси и корита и местни извори и водоизточници от различен характер.

Плитките ефекти от земетресението се обуславят на дълбочини от единици до десетки метри. За изучаването им са използвани едни от най-силните геофизични методи – Георадар и Електротомография

Електротомографски изследвания

Електротомографията е метод установяващ пространственото разпределение на електричното съпротивление по профили с поставени електроди – хранващи и приемни. Изпълнена е чрез измерване с Апаратура Terrameter SAS 1000 – която работи с изходно напрежение 450 V и максимален изходен ток 1000 mA. Един типичен електротомографски профил от района на Перник е показан на фиг. 5.

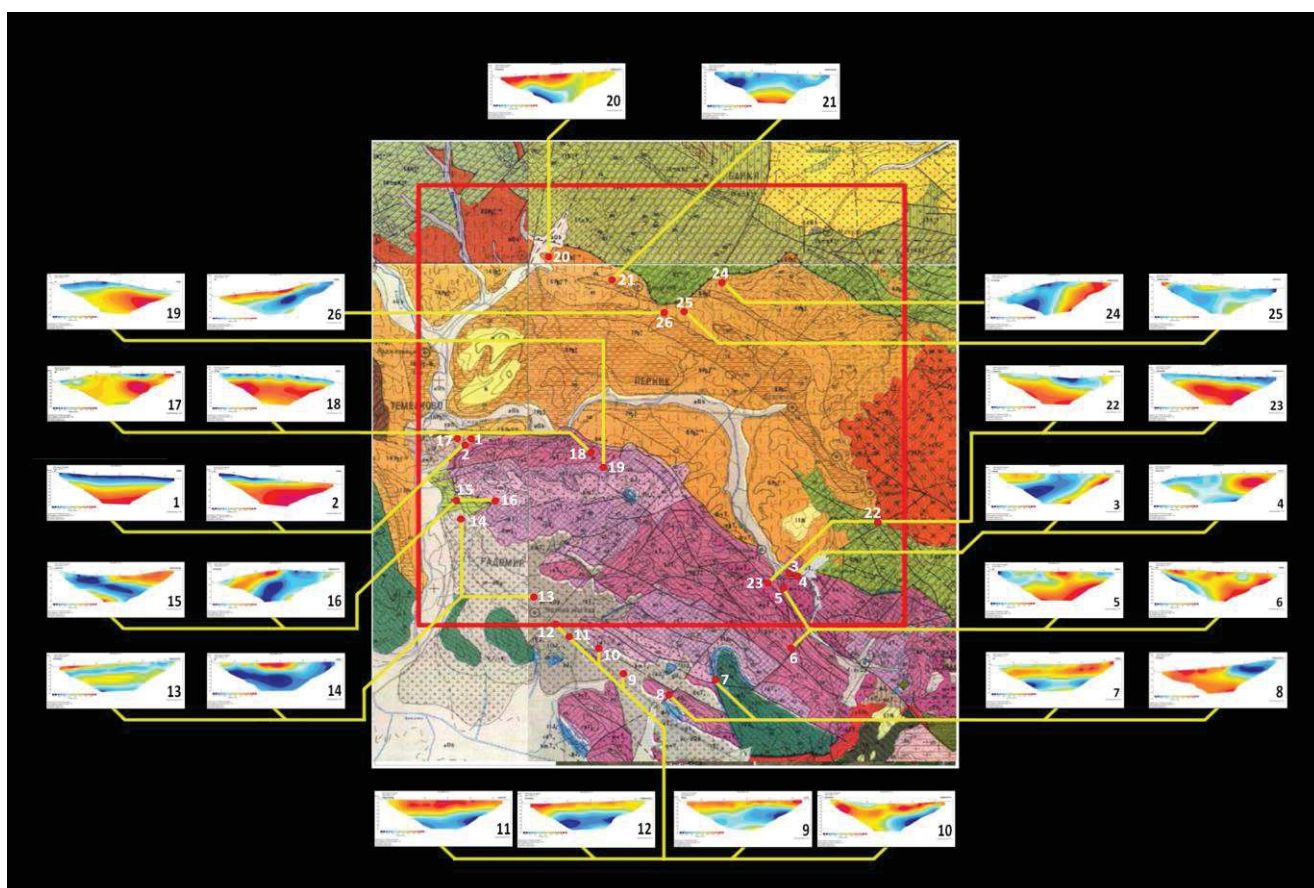


Фиг.5 Електротомографски профил от района на Перник – синият цвят показва ниски съпротивления, а червеният – високи.

Общо са прокарани 25 профила (фиг. 6) като с тях са покрити почти всички геоложки особености, наблюдавани в района - измервания са правени в Пернишкия грабен и на границите му с околните геоложки комплекси.

Сериозно внимание е обърнато на карбонатните кредни комплекси, където е главното развитие на сеизмогенерационния процес, както и в района на яз. Студена. Основните цели на измерванията са няколко:

- Да се установят възможни повърхностни ефекти на разуплътняване свързани с разломявания в горната част на геоложкия разрез. Те са типични проявления в условията на екстензионен режим.
- Да се установят зони на слабоспоени повърхностни седименти, които имат свойството да усилват сеизмичния ефект.
- Да се установят зони на плитко залягане на подземните води, които също са важно условие за повишаване на наблюдаваната интензивност на сеизмичните въздействия вследствие на преминаването на сеизмичните вълни
- Да се набележат места със стабилна земна основа за евентуалното разполагане на измервателната апаратура – акселерометри за сигнализиране на наблюдавани по време на трус ускорения.



Фиг. 6. *Пространствено разположение на електротомографските профили в района на гр.Перник и околностите му.*

Трябва да се отбележи, че извършените полеви измервания с електрическата томография, често са ограничавани от възможностите за провеждането им – залесени участъци, пресечен релеф, липса на пътища и др. Резултатите от

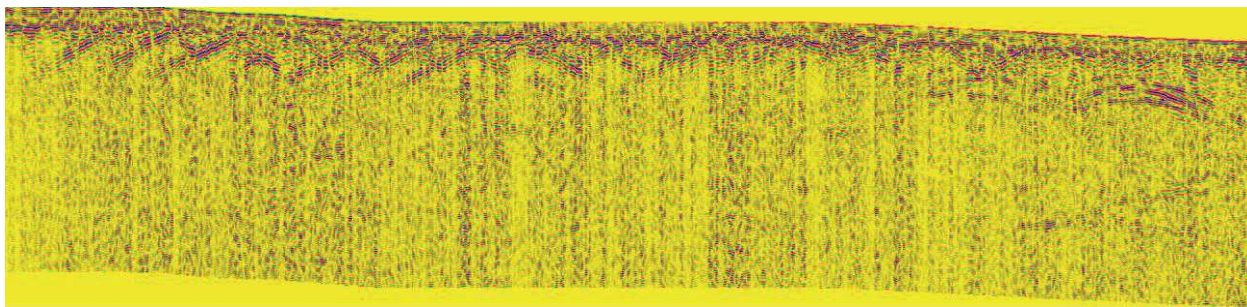
измерванията позволяват систематизация на наблюдаваните особености които могат да бъдат подредени в няколко типа. Профили с хоризонтално и субхоризонтално залягане на проводящите и съпротивителни слоеве – напр. № 1, 9, 11, 12, 13, 18, 21, 23, и др. Профили с наклонено разполагане на проводящите граници (тук идентифицирани, като пораявления на възможно субповърхностно разломяване) – напр. № 3, 8, 15, 16, 24, и профили с ривърсно разполагане на съпротивлението – напр. № 7, 13, 14, 20, 26 – тук интерпретирани като зони с плитко разполагане на подземните води. Разбира се подобни класификации изискват задълбочен анализ за всеки профил.

Георадарни измервания

Георадарните измервания са проведени с апаратура *Георадар (модел SIR-3000)* и съответната му антена – фиг. 7. Доколкото георадарът е устройство излъчващо електромагнитни вълни с висока честота, неговата дълбочинност е силно ограничена. Най-добра разделителна способност и контрастност се получава на малки дълбочини от 0 до 10-15 метра (фиг.8). Методът е високо ефективен при търсене и проучване на силно проводящи и силно изолаторни среди, затова е използван за уточняване на проводящи (съпротивителни) нееднородности в най-горната част на геоложкия разрез. Почти всички профили са разположени върху или успоредно на геотомографските измервания. Направени са и опитно-методични работи за измервания от автомобил – където това е възможно - например в банката на (не)асфалтиран път. Получените резултати силно се влияят от повърхностните почвени условия, влажност, плътност, така че тези пречещи фактори не могат да бъдат избегнати.

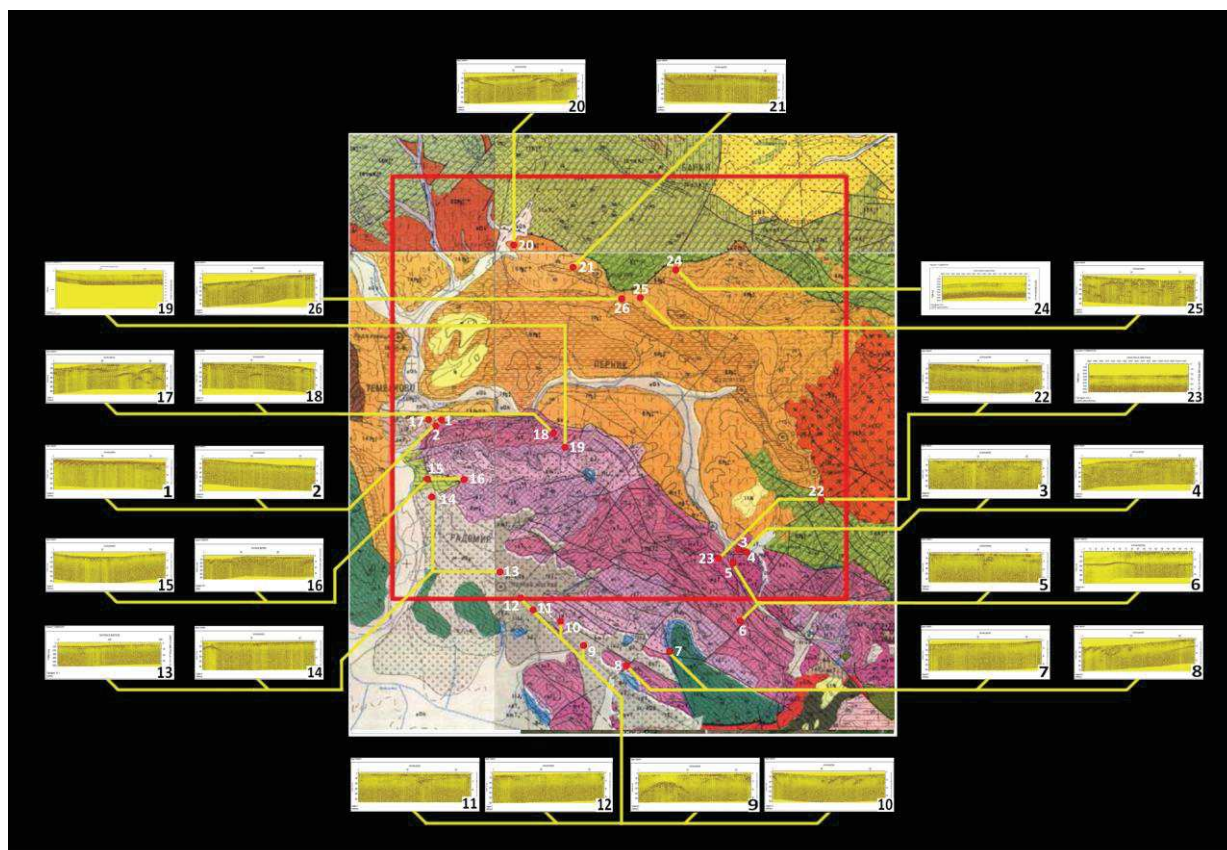


Фиг.7. Георадар с антена.



Фиг. 8. Типичен георадарен профил – дълбочина на проникване с добра разделителна способност - около 10 м.

На фиг. 9 е показано пространственото разположение на георадарните профили върху геоложката основа на района. Детайлната корелация на наблюдаваните аномалии с електротомографските профили предстои с отчетане на валежните условия по време на измерванията.



Фиг.9. Географско разположение на георадарните профили върху геоложката основа.

4. Изводи и заключение

- Геофизичният комплекс от дълбочинни методи (гравитационно и магнитно поле и сеизмологични обобщения) дава възможности за изучаване на дълбочинния разрез в огнището на земетресението от 22 Май, 2012 – Перник в дълбочинен интервал 3-4 – 15-20 км.
- Геофизичният комплекс от повърхностни методи (георадар и електротомография дава възможности за изучаване на приповърхностния разрез в огнището на земетресението от 22 Май, 2012 – Перник на дълбочини от няколко до няколко десетки метри.
- Установените закономерности позволяват уверено да се правят обосновани изводи за геотектонския модел на земетръсното огнище.
- Повърхностните условия са важен фактор за наблюдаваните ефекти от земетресението – специфично разпределение на полето на интензивностите (установени по наблюдаваните разрушения на сгради и съоръжения).

Благодарности: Тази разработка е подкрепена от Проект СИМОРА (ДФНИ Т01/0003)

Литература

[1] Рангелов Б. и др., 2013. Комплексни геофизични изследвания в района на Перник., XIII межд.н.конф. ВСУ, 2013. VI-7 - VI-11.

[2] Рангелов Б., И. Паскалева., Огнището на земетресението и моделиране на сеизмични ефекти в района на Перник., XIII межд.н.конф. ВСУ, 2013. VIII-20 - VIII-24.

[3] Rangelov B., 2013., Pernik earthquake of 21st May, 2012 and SIMORA Project., Сб.Докл. „Дни на физиката – ТУ, 16-20 Април, 2013“, София. 141-146.

[4] Rangelov B., Paskaleva I, Radichev R, Dimovsky S, Tzankov Ch, Kisiov A, Yanakieva M., Iliev T., Margarita V., 2013 Complex geophysical investigation for development of seismic monitoring and quasi EWS around Pernik city., Proc. 7th BalkanGeophysical Congress., Tirana, 7-10th October, 2013.

[5] Рангелов Б., Р. Радичев, С. Димовски, И. Паскалева, Хр. Цанков, А. Кисъов, М. Янкова, Т. Илиев, М. Василева., 2013., Комплексни геофизични изследвания – основа за построяване на геодинамичен модел и изграждане на система за сеизмичен мониторинг в района на град Перник – Проект Симора., Ann. of M&G University, Vol. 56, Part I, Geology and Geophysics., p. 150-157.

[6] Rangelov B., 2013. pSeismological And Geodynamic Investigations in the area of Pernik and surroundings., XXIII International Symposium “Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields., November 7 – 8, 2013, Sofia.

ПЛАНЕТАРНИ ВЪЛНИ НА РОСБИ

Радостина Ташева и Валентина Танева-Тончева

Департамент по приложна физика, Технически Университет-София, София 1000,
бул."Кл. Охридски" 8, България, e-mail rad_tasheva@abv.bg, e-mail uraa@dir.bg

Резюме. Разглеждат се причините на възникване, характеристиките и развитието на планетарните вълни на Росби - дълги вълни възникващи в движещи се флуиди. Обръща се внимание на значението им за прогнозиране на времето.

Ключови думи: планетарни вълни, завихреност, блокинг ефект

1. Увод

При наблюдението на ежедневните карти на високата барична топография се забелязва интересна подробност - вълнообразна структура, която винаги е налице, независимо от представяните данни. Тя е най-добре изразена в средната и горната тропосфера и в областите на сгъстяване на изохипсите (линиите на еднакъв геопотенциал). От друга страна, главните струйни течения, въпреки че запазват основната си посока, имат свойството да се отклоняват периодично ту наляво, ту надясно, като че ли заобикалят препятствия поставени на почти еднакви дистанции.

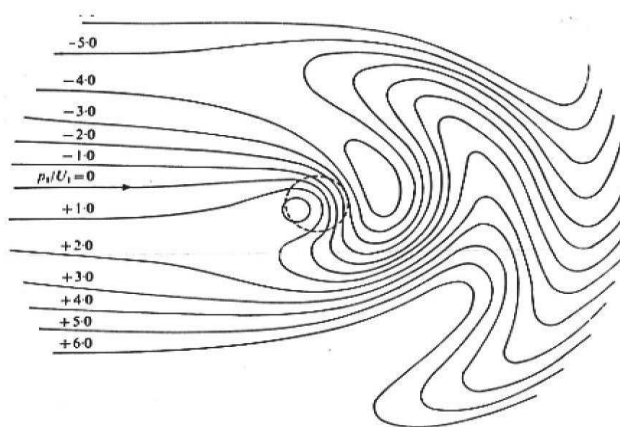
Наличието на тези вълнообразни линии може да се интерпретира като наслагване на вълнови смущения върху основния поток на умерените ширини. Тези изменения от голям мащаб на иначе западната посока на преобладаващата посока са известни като „**вълни на Росби**“ или „**планетарни вълни**“. Наречени са на името на шведския учен Карл Густав Росби, представил първото експериментално доказателство за тяхното съществуване приблизително в средата на 20 век (1939г.). Причината за тяхното възникване е въртенето на Земята около оста ѝ и нейната сферична форма. Сферичността на земята предизвиква изменение на кориолисовата сила в зависимост от географската ширина, а тя от своя страна води до изменение в посоката на вятъра.

2. Характеристики на планетарните вълни

Вълните на Росби са от типа на хоризонтално-напречни вълни т.е. дължината на вълната и амплитудата им са от порядъка на няколко хиляди километра и съществено превишават вертикалните им размери. Пресмятанията показват, например, че ако западен вятър със скорост от порядъка на 30 m/s обтича изолирана планина на географска ширина 40° , това води до вълна с дължина около 8200 km. Причината за тази особеност се корени във факта, че

синоптичното време и общата циркулация на атмосферата имат хоризонтални мащаби от 100 до 1000 пъти по-големи от дебелината на тропосферата, в чиито рамки, обикновено, са ограничени. Това води до много по-силни хоризонтални в сравнение с вертикалните ветрове, особено ако слой е с устойчива стратификация (затрудняваща вертикалните движения) и ма големи вариации в плътността (усилващи хоризонталните движения). Като резултат са възможни почти чисто хоризонтални вълнови процеси различаващи се съществено от вертикално напречните водни вълни или пък светлинните вълни.

Ако се върнем към нашия модел на изолирана планина [1], който представлява цилиндър с крайна височина (фиг.1), токовите линии (съвпадащи с изобарите) точно зад него показват циклонална област на ниско налягане (сгъстените линии), а пред него – на високо налягане (раздалечените токови линии). Този модел отговаря на въпроса какво представляват вълните на Росби - те са отговора на Земята насочен в западна посока на натиска на въздушните маси движещи се от запад на изток.

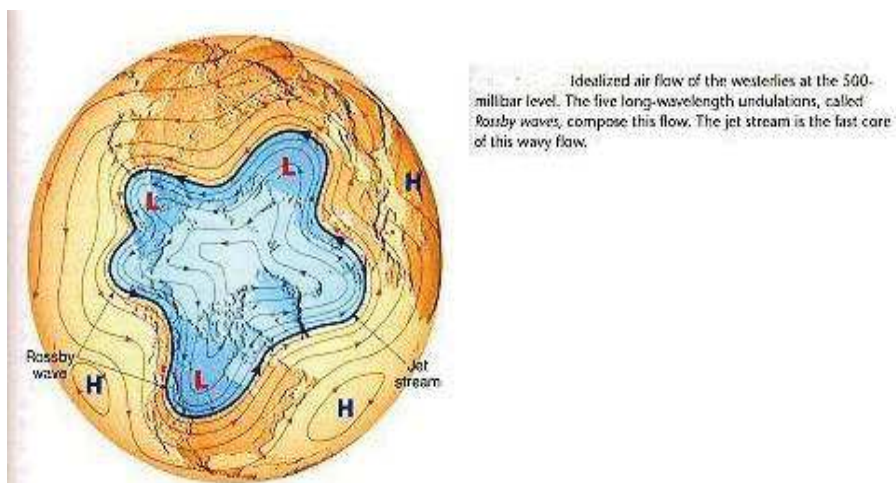


Фиг. 1. Вълни на Росби в западен поток при обтичане на идеализирана планина (кръгов цилиндър с крайни размери).

3. Защо са важни вълните на Росби

Във всяка от техните най-обобщени форми вълните на Росби имат много съществено значение за времето и общата циркулация на атмосферата и океаните. Те присъстват в движението на флуиди от всякакъв тип - например в ураганите, и спомагат за придвижване на студения въздух към екватора, а на топлия въздух - към полюсите, намалявайки радиационния дисбаланс предизвикан от неравномерното им нагряване.

На практика, общата атмосферна циркулация има форма наложена ѝ от вълните на Росби - например, полярните струйни течения са сърцевината (най-бързата част) на вълните на Росби. (фиг.2). Струйните течения представляват ветрове, духащи обикновено точно под тропопаузата, със скорости превишаващи 60 възела (30m/s). Те възникват в зоните с големи хоризонтални температурни градиенти.



Фиг. 2. Полярните струйни течения представляват сърцевината на вълните на Росби.

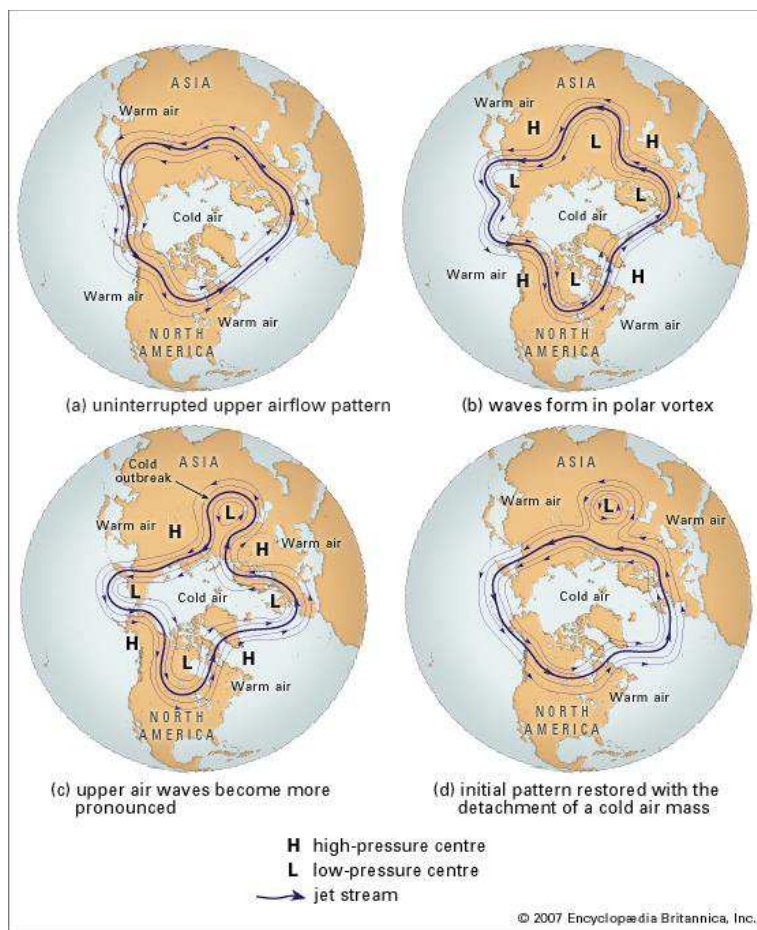
Развитието на вълните на Росби е свързано с пренос на топлина и преобразуване на енергия в големи мащаби. Тъй като планетарните вълни влияят върху периодичните промени в общата атмосферна циркулация и интензитета на зоналния пренос, в крайна сметка, те до голяма степен определят зараждането и развитието на извънтропичните циклони, а оттам - на времето над големи области от умерените ширини. С тях са свързани например, долините на студ, гребените на топлина и семействата циклони. Планетарните вълни се преместват в западна или източна посока, но обикновено с малка скорост, така че те определят какво ще бъде времето на дадено място за няколко дни, в рамките дори на седмица. През зимата обикновено в атмосферата присъстват 4-5 вълни на Росби едновременно.

Възникването на циклоните и антициклоните зависи от устойчивостта на планетарните вълни и тяхното взаимодействие с основния поток на перноса на въздуха. Устойчивостта на планетарните вълни е свързано с вълновото им число m наречено широтинно вълново число

$$m = L / \lambda \quad (1)$$

Числото m показва колко пъти дължината на съответната вълна λ се нанася на дължината на дадения паралел L . Опитите показват, че най-устойчиви са най-дългите и най-късите вълни, докато тези с междинни размери (4-5) са най-неустойчиви.

Неустойчивостта предизвиква намаляване дължината на вълната, увеличаване на амплитудата на вълните в основния западен пренос и, в крайна сметка, води до преобразуване на вълновата форма на движение във вихрова - образуват се затворени циклони и антициклони (фиг. 3). Образованията са проследяват във всички части на тропосферата, даже и ниската тропосфера и съществуват дълго време, влияейки съществено върху времето.



Фиг. 3. *Образуване на долина на студ при развитието на вълните на Росби.*

Зоните, в които тези образувания стават бавно подвижни и се заседяват дълго се наричат **синоптични центрове на действие**. В някои случаи обаче, когато баричните системи се наблюдават почти целогодишно и се виждат добре върху картите, отразяващи многогодишното разпределение на атмосферното налягане, те се наричат климатични центрове на действие. Такива за Северното полукълбо са Исландския и Азорския антициклони в атлантическия океан, както и Хавайския антициклон. За Южното полукълбо такива са Южноатлантическия, Южноиндийския и Южнотихоокеанския субтропични антициклони. Някои такива центрове се активират сезонно - например Сибирския и северноамериканския зимни антициклони, Южноазиатския летен циклон.

4. Възникване на планетарните вълни

Възникването на планетарните вълни може да се обясни с понятието **завихреност** (vorticity). То характеризира тенденцията към завъртане около определена ос, най-често оста Z. Положителна е завихреността, обратна на часовниковата стрелка.

Всяка въздушна частица има такава завихреност, поради въртенето на Земята около оста ѝ и увеличането на въздушните частици в него. Мярка на завихреността е параметъра на Кориолис

$$f = 2\omega \sin\varphi, \quad (2)$$

където е ω ъгловата скорост на въртене на Земята около оста ѝ, а φ е географската ширина. За Северното полукуълбо $\varphi > 0$ и $f > 0$, а за Южното $\varphi < 0$ и съответно $f < 0$.

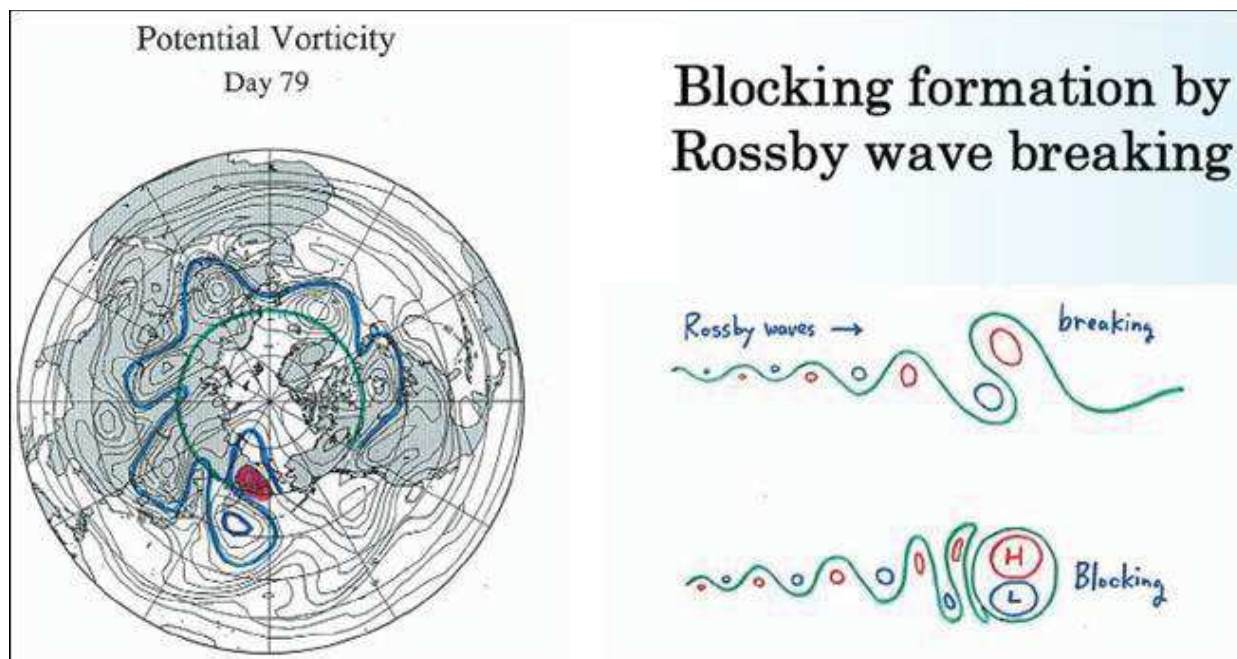
Въздушните частици могат да имат и завихреност, свързана с движението им спрямо Земята - например, положителна завихреност за циклоните в Северното полукуълбо и отрицателна за антициклоните. Тя се нарича относителна завихреност ζ . При планетарни практически хоризонтални движения без триене

$$\zeta + f = \text{const} = \zeta_a \quad (3)$$

където ζ_a се нарича **абсолютна завихреност**.

Като следствие от това уравнение може да се обясни произхода на планетарните вълни и семействата циклони и антициклони свързани с тях. Да предположим, че западен поток в Северното полукуълбо $f > 0$ се отклони от планина на север. Тогава f расте защото φ расте и, за да остане **абсолютната завихреност** ζ_a постоянна, трябва **относителната завихреност** $\zeta < 0$, т.е. да възникне антициклонална завихреност. Това означава да се породи тенденция за въртене по часовниковата стрелка и да се обърне потока **на юг**. Тогава обаче f ще намалее, защото географската ширина φ намалява и за да остане отново абсолютната завихреност ζ_a константа, трябва относителната завихреност $\zeta > 0$, т.е. да възникне циклонална завихреност и движението да е отново на север. Като резултат от тези два вида движение потока ще се колебае около средното си положение, създавайки вълни с голяма дължина - вълни на Росби.

Ако няма зонален поток, моделите на динамичната метеорология [3] предсказват, че тези вълни биха се разпространявали от изток на запад обратно на посоката на въртене на Земята около оста ѝ. Ако има зонален поток, както е най-често в реалната атмосфера, той ще е насрещен и ще връща вълните на изток. Обикновено, зоналният поток и вълните на Росби взаимно се балансират и вълните в реалната атмосфера стават неподвижни – стационарни вълни на Росби. Именно създаването на такива вълни води до образуване на центровете на действие в атмосферата - областите, в които съществуват неподвижни циклони и антициклони (фиг. 4). Такава картина е възпроизведена за пръв път в лабораторни условия от Росби през 1939г. чрез два концентрични въртящи се цилиндъра, като вътрешния се охлажда (имитира полюса), а външния се нагрява (имитира екватора).



Фиг. 4. Теоретична връзка между вълните на Росби за високата тропосфера - плътната вълнообразна линия с баричните системи в ниската тропосфера - циклони и антициклони (образуванията със затворени изобари). Показан е и ефектът на блокиране (*blocking effect*) - виж по-долу.

5. Експериментални доказателства за съществуването на вълни на Росби в атмосферата

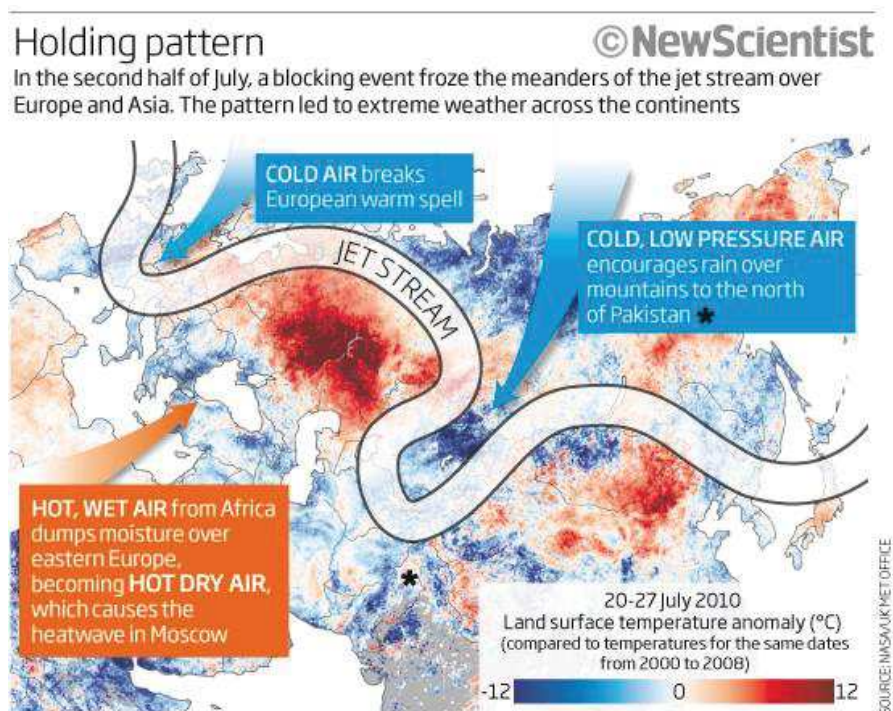
В реалната атмосфера вълните на Росби водят до редуване на области на високи и на ниско налягане със струйно течение, което се вие между тях от запад на изток (фиг. 5.). Наблюдават се два вида вълни на Росби - голям и с малък зонален индекс. Вълните с голям зонален индекс се движат с по-висока скорост, имат малки амплитуда и поради това не позволяват значително смесване на топъл и студен въздух. Вълните с малък зонален индекс имат големи амплитуди и предизвикват интензивен обмен на топъл и студен въздух, проливни валежи с голяма интензивност по линията на струйните течения и сухо устойчиво време в гребена.

Когато вълните на Росби се разкъсват, ефектът върху времето е познат като **блокиране** (фиг. 4). В този случай, турбулентния поток се доминира от антициклонална област, откъсната от своя източник в субтропиците. Тази област на високо налягане блокира нормалното преминаване на струйните течения и се установява режим на сухо и безоблачно време.

Когато това се случи **през зимата**, се наблюдава много студено ясно време, защото сравнително по-топлите западни ветрове са заместени от студен континентален въздух от изток. През зимата над Европа, например, е изключително силно влиянието на Сибирския антициклон, който пренася студен континентален полярен въздух предимно над Източна Европа,

причинявайки понижение на температурите до -10 и дори до -20°C , придружени от гъсти мъгли, които могат да се задържат от 4 до 10 дни.

През лятото ефектът на блокиране води до сухи ветрове и високи температури, като тези които подпалиха торфените блата край Москва през 2010г. (фиг. 5). В същото време, останалата част тази разкъсана вълна на Росби, взаимодействайки със системата на мусоните, причини наводнения в Пакистан.



Фиг. 5. Ефект на блокиране на вълните на Росби през юли 2010, който доведе до гореща вълна над Русия и наводнения в Пакистан

Необичайно студената зима в Северна Америка и Япония в началото на 2014 година също е резултат от възникването на вълни на Росби [4] - такива с големи амплитуди и малки дължини на вълните, движещи се изключително бавно. Това забавяне в движението е резултат от малката температурна разлика между арктическият и полярния въздух, което всъщност е горивото „подхранващо“ планетарните вълни и струйните течения. Големите амплитуди доведоха до спускане на арктически въздух до по-ниски географски ширини, които иначе не са изложени на това влияние. Като например, отбелязаните през тази зима температури в Аляска се оказаха по-високи от тези във Флорида за същия интервал време.

Съществува и пряка зависимост между големините на озоновите дупки около полюсите и развитието на вълните на Росби. Вълните с голям зонален индекс (слабите вълни) ограничават озона в областта около полюса. Хлорфлуорводородите, резултат от промишлената дейност на човечеството, се отделят от кристалите в които се намират и реагират с озона превръщайки го в кислород. Така те намаляват дебелина му. Вълните с малък зонален индекс

(силните вълни с големи амплитуди) позволяват интензивно смесване на озона с останалите компоненти на въздуха и ограничават взаимодействието му с веществата причиняващи неговото разпадане. По този начин те запазват относително постоянна неговата концентрация в озоновия слой.

6. Заключение

Вълните на Росби са обект на изключителен научен интерес поради тяхното голямо значение за изучаването на атмосферната динамика и по-специално глобалната атмосферна циркулация. Особено важни за редица сфери на човешката дейност са приложните аспекти на тези изследвания.

Изследването на струйните течения като част от вълните на Росби е от първостепенно значение за безопасната и ефективна експлоатация на съвременната авиация.

Прогнозирането на времето се извършва в пряка връзка с цикличното развитие на вълните на Росби, като ефективната прогноза свързана с тях е до 10 дни.

Особен интерес представлява влиянието на вълните на Росби върху големините на озоновите дупки, което също има цикличен характер.

Литература

- [1] Rhines P. B (2003), *Encyclopedia of Atmospheric science*, Elsevier. p. 1923
- [2] Андреев, В. ,(2005).Авиационна метеорология, София
- [3] Holton, J. R. (2004). *Dynamic Meteorology*. Elsevier. p. 347.
- [4] Jamess, Daily Kos (2014),Polar Vortex, Jet Streams, Stratospheric Warming events, Rossby Waves, and Arctic Blasts

ВСЕЛЕНАТА КАТО ХОЛОГРАМА

Десислав Андреев

ФКСУ, Технически Университет-София, София 1000, бул."Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: d_andreev@tu-sofia.bg

Резюме. Въпросите за структурата на Вселената, нейния начин на действие, нейните размери, външен вид – ако въобще може да говорим за такъв, и подобни датират от векове, но в последните десетилетия, поради големия брой научни открития, се пораждат различни теории, които се опитват да отговорят на тези въпроси. Една от тези теории е именно теорията за Холограмния принцип, която е част от теорията на струните. Разглеждайки структурата и природата на черната дупка, ние можем да достигнем до дълбоки заключения, които да са валидни за всичко в нашата Вселена. Бекенщайн открива и дефинира различни математически постулати, с които ние обобщаваме това, което научаваме за природата на космическите хоризонти. Основен е принципът, че 2D хоризонт е отражение на 3D съдържанието зад него.

Ключови думи: Вселена, холограма, теория на струните, Бекенщайн, ентропия, информация, черна дупка

1. Увод

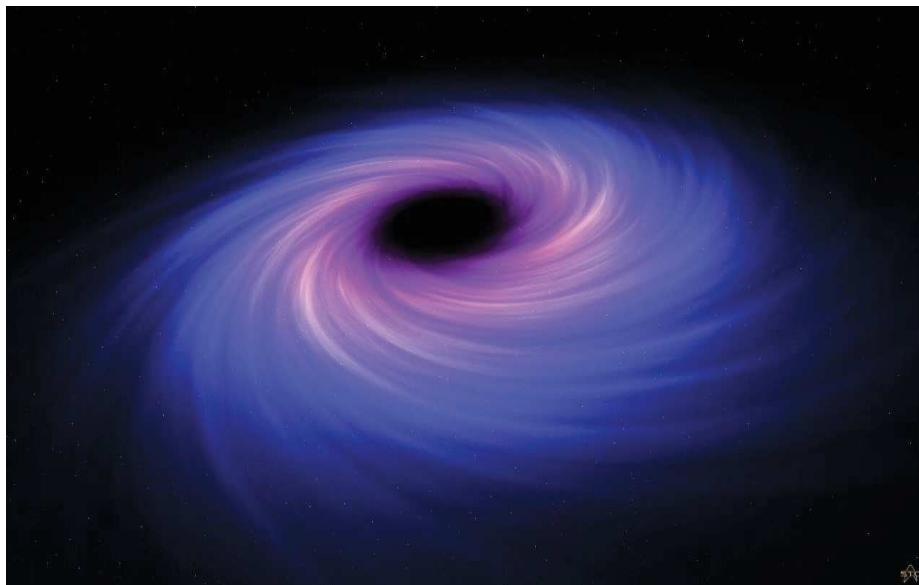
За да дефинираме Холограмния принцип, ние първо трябва да нахвърлим определен брой дефиниции и да разгледаме различни обекти от света на космологията и квантовата физика. Тези анализи ще спомогнат за свеждането на различни физични и математични понятия до генерален извод, важащ за природата на целия Космос. Все пак трябва да отбележим, че до този принцип не се достига просто от някаква странна и подхвърлена идея, а след като биват изключени много други теории и предложения. Изключвайки всички възможни и остане само една, то колкото и да е налудничева, тя ще бъде вярната. Това всъщност е и аргументът, който използват физиците, занимаващи се с теорията на струните, за да обяснят усилията си в посока, доказваща Холограмния принцип. Можем да кажем, че той е доказан вече на ниво математика, като неговото изучаване започва индиректно още от първите открития на Бекенщайн за черните дупки, т. е. от 70-те години на 20-ти век. Фактът, че информацията не се губи и теорията, че черната дупка има скрита информация в себе си, която не може да бъде наблюдавана, карат физиците да се замислят. Причината е, че Стивън Хокинг се опитва да докаже именно това, че в черната дупка се губи и информацията.

В този доклад ние ще дефинираме първоначално термини и ще дадем физично обяснение за дадени изрази. След това ще комбинираме тези знания до

генерални заключения и така ще обясним теоретично какво представлява въпросният принцип.

2. Черни дупки

Тук ще бъдем съвсем кратки: черната дупка, показана на фиг. 1, е област в пространство - времето, която не може да бъде напусната от нищо, дори от светлината. Общата теория на относителността предвижда, че достатъчно компактна маса би могла да деформира пространство - времето до такава степен, че да се образува черна дупка^[1].



Фиг. 1.

Защо разглеждаме черните дупки? Идеята е, че черната дупка има „хоризонт на събитията“, където всяка доближила се материя изчезва безвъзвратно. Проблемът е, както споменахме по-горе, че тази черна дупка изчезва след определено време, а материята никога не бива видяна отново. Освен това ние искаме да знаем какво бихме видели, ако погледнем падащ предмет в черната дупка. Запазва ли се информацията, която знаем за него и можем ли да я възстановим. Преди да си отговорим на тези въпроси, нека разгледаме термина „информация“.

3. Информация

„Това е пример за информация!“ - въпросното изречение е добър начин да опишем информацията. Това което нас ни вълнува като физици е това изречение от какви и колко на брой символи е съставено. Ние не търсим неговото значение, нито смисъла или дори идеята на текста. Ние виждаме, че този текст е съставен от букви и тези букви биха могли да бъдат разбрани и различени като такива от всеки, използващ кирилицата. Ако ние искаме да

направим това изречение достъпно за повече хора, използвайки едни и същи символи, които са независими от езика, то Морзовият код би бил добра идея.

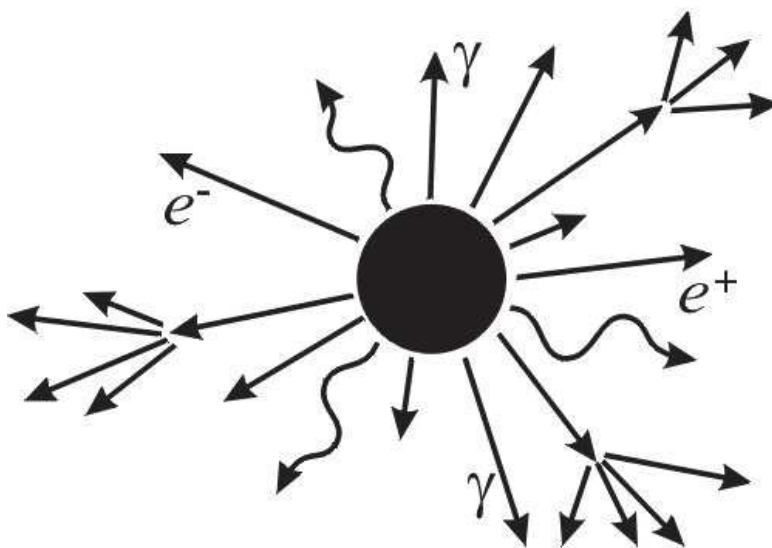
Базирайки се на книгата на Ленърд Съскинд „Космическият пейзаж“^[2], ние можем да твърдим, че всяка информация може да бъде разбита на битове информация. Гореспоменатият Морзов код е съставен от два символа - черта и точка, а компютрите, с които работим днес, използват набор от нули и единици.

Битовете, от каквато и да е природа, са неразрушими и са най-малката градивна единица на информацията. Всеки бит, дори и този в компютъра, може да бъде изтрит, но не и изгубен. Изтритата информация от твърдия диск оставя магнитни следи, които помагат за нейното възстановяване. Работата на транзисторите отделя топлина в атмосферата, тоест изразходва енергия, а разпространената енергия е информация. Това, че ние не знаем как да я тълкуваме и как да я прочетем, не я отрича като такава!

Ако се върнем обратно на черните дупки, ние ще видим едно противоречие. От една страна твърдим, че всичко, което попадне в черната дупка се руши необратимо и се губи завинаги, а от друга страна казваме, че информацията никога не изчезва, защото нейните съставни единици са неразрушими. И оттук идва така нареченият „Информационен парадокс“.

4. Информационен парадокс

Можем да кажем, че този парадокс е възникнал „по вина“ на Стивън Хокинг, тъй като неговата научна работа, свързана с черните дупки показва именно загубата на информация в тях. Той обаче открива и друго - черната дупка с времето става все по-малка и изчезва завинаги. Извършвайки тези изследвания, той достига до откритието, че черните дупки излъчват енергия - представено на фиг. 2, а самото явление е наречено „Лъчението на Хокинг“.



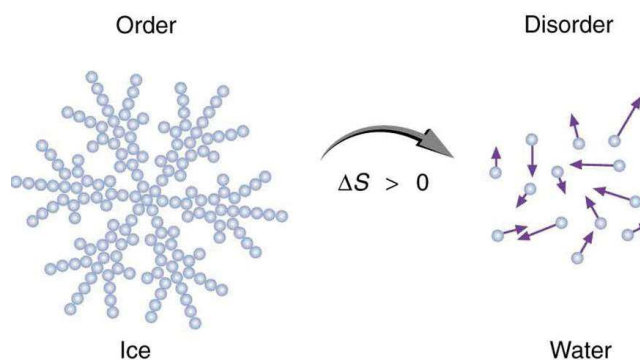
Фиг. 2.

Защо не можем да изследваме и наблюдаваме информацията от черната дупка? Отговорът е много прост - даден бит информация трябва да превиши скоростта на светлината, за да напусне черната дупка, но тогава какво се случва зад „хоризонта на събитията“?

5. Ентропия

Говорейки за информация, няма как да не споменем и ентропията. Нека да разгледаме една затворена система – например чаша с вода. Ние можем да намерим информация за нея, чисто експериментално или чрез прости наблюдения. Тоест, дали в чашата има достатъчно вода като обем, за да утоли жаждата ни и от друга страна, дали температурата на водата я прави подходяща за пиене. Но това далеч не е цялата информация, която ние можем да съберем за тази чаша.

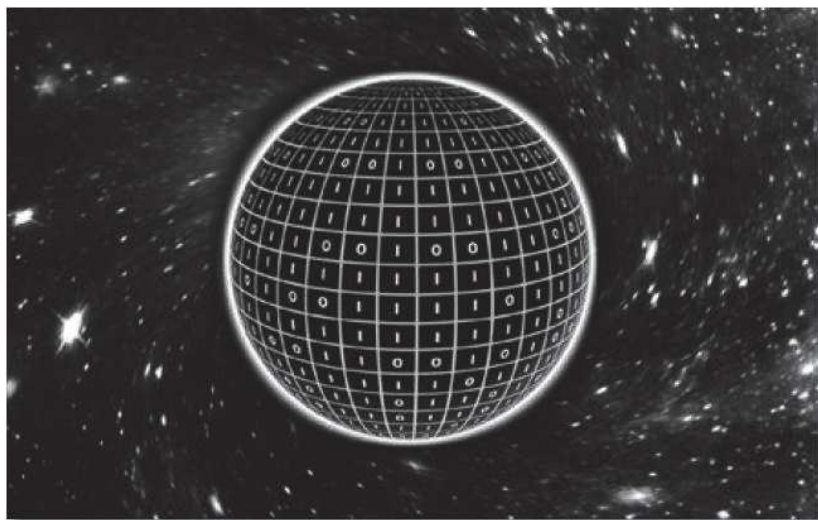
На атомно ниво ние можем да видим, че има атоми и молекули, които извършват дадени движения, имат определени координати, скорости и т.н., което всъщност е информацията, която ги определя. Проблемът е, че тази информация остава скрита за нас, тъй като ние не можем да наблюдаваме такъв огромен брой толкова малки частици и съответно да следим едновременно поведението на всички. Заради големите степени на свобода ние наричаме тази информация „скрита“. Скрытата информация (фиг. 3) ние ще наречем ентропия.



Фиг. 3.

6. Откритията на Бекенщайн

Още като студент Бекенщайн започва да се занимава с ентропията и чрез различни математически способности достига до извода, че в черната дупка има ентропия (1972 г.)^[3]. По друг начин казано, става видно, че в черната дупка има скрита информация. Това не е изненадващо, защото черната дупка по своя характер е голямо количество информация, събрано в силно ограничено пространство. Въпросът, който вълнува физиците, е колко точно информация има скрита в черната дупка и по-точно какво количество битове (фиг. 4) има скрито зад „хоризонта на събитията“.



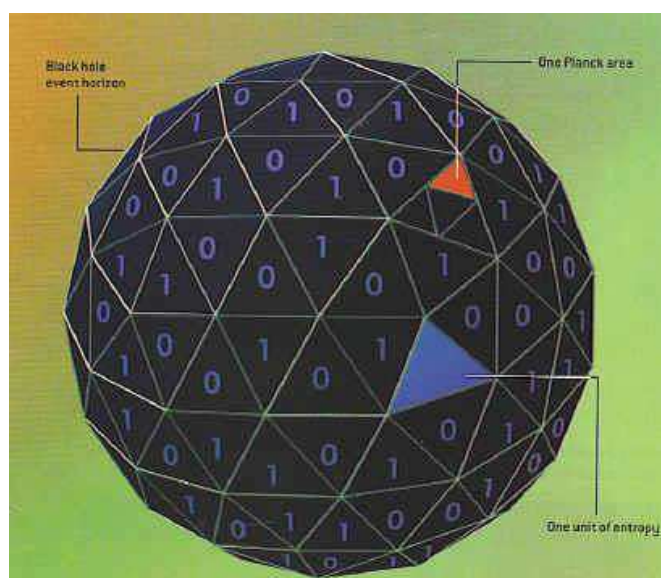
Фиг. 4.

Нека си поставим следната задача - колко бита информация трябва изстреляме в черната дупка, за да увеличи тя своя размер? Ако разгледаме една миниатюрна черна дупка и започнем да я обстрелваме с елементарни частици, например фотони, то всеки бит - елементарна частица, би увеличил нейната енергия и съответно нейната маса. Така продължаваме неколkokратно, докато не достигнем желанния размер. Съответно преброяваме колко бита са били необходимо за това.

Достигахме до доста изненадващ извод^[3] - количеството битове, изстреляно в черната дупка, не е правопрпорционално на нейния обем. Броят битове скрита информация е равен на площта на „хоризона на събитията“, представен в Планкови единици (фиг. 5).

$$\text{Единица Планкова площ} = G/hc^3 = 10^{-66} \text{ cm}^2,$$

където G е гравитационната константа, h е константата на Планк, а c е скоростта на светлината във вакуум.

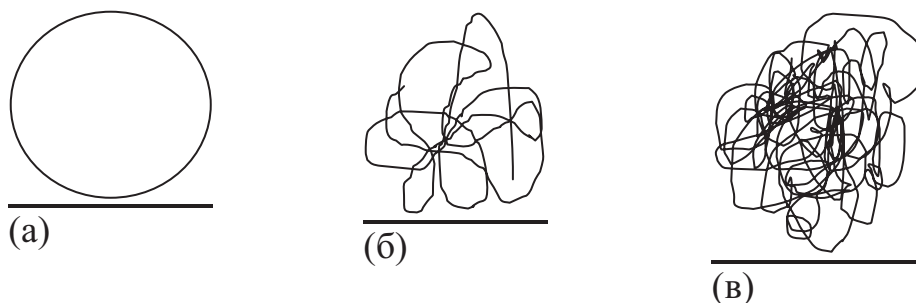


Фиг. 5.

7. Теория на струните

Теорията на струните се е наложила като алтернатива за решенията на голям брой казуси във физиката. Освен това тя дава основа на цял нов начин на мислене и съответно няма как да не вземе страна в разглеждането на подобен парадокс и съответно в обяснението на подобно откритие. Единственото, което трябва да добавим тук е, че според тази теория, елементарните частици са струни, като според честотата им на трептене, проявяват различни физични свойства. Нека да разгледаме един пример^[1], именно от тази теория:

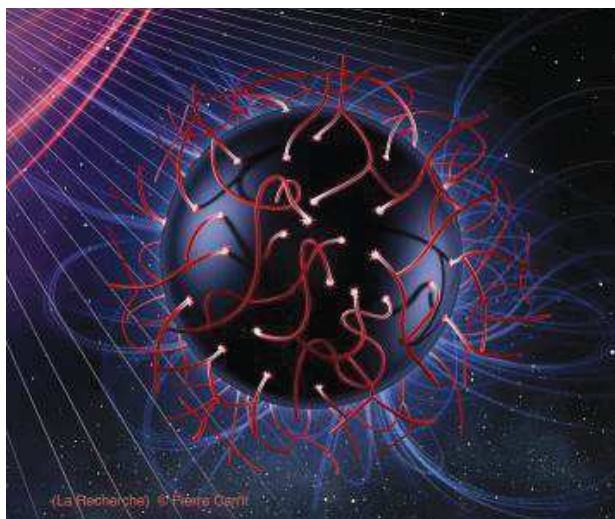
Нека имаме една елементарна струна (фиг. 6а)



Фиг. 6.

Нека да добавим в нея някаква енергия, било чрез разклащане, обстрелване с елементарни частици или друго (фиг. 6б). Виждаме, че струната започва да променя своята визия, тя променя състоянието си и съответно в нея се проявява ентропията. Нека добавим още енергия в нея (фиг. 6в).

Тук достигнахме до извода, че с добавянето на енергия, ние увеличаваме ентропията на дадената струна. Тази енергия увеличава масата на струната, а по-голямата маса кара струната в даден момент да се свие и съответно да образува черна дупка (фиг. 7).



Фиг. 7.

Това което се наблюдава на нейната повърхност, ще бъдат всъщност някакви квантови заплитания и съответно така ще докажем, че там има количество информация.

8. Хоризонт на събитията

И така достигахме до съществуването на първоначалния експеримент и съответно до въпроса за информацията зад хоризонта. Първо трябва да отбележим, че температурата в известна близост до черната дупка, е 10^{33} градуса. Въпреки това нас ни вълнува въпросът дали даден предмет бива унищожен, преминавайки през хоризонта или минава безопасно и бива непокътнат, докато не достигне точката на сингулярност. Освен това зададохме и въпроса „Какво виждаме ние?“. Не е нужно да казваме, че ако хвърлим каквото и да е тяло в толкова горещо пространство, то то несъмнено ще бъде разрушено моментално. Проблемът е това, че ние не можем да наблюдаваме това тяло, защото да го наблюдаваме в такъв момент, означава да изстреляме мощна електромагнитна енергия от свръх-къси вълни, което поради своята природа би унищожило самото тяло. Тоест, самото провеждане на експеримента прави един от резултатите, който очакваме и ние си отговаряме какво би се случило. Такава ситуация е напълно типична за квантовата физика.

Проблемът е това, че щом ние не можем да разгледаме тялото, то най-вероятно можем да напишем сложна математика, която да обясни случващото се в този момент. След значителни сметки физиците достигат до извода, че и двете твърдения – тялото се унищожава и тялото остава непокътнато, са верни^[3]. Дори и математически погледнато, няма как да не се зачудим защо тези две неща са верни едновременно, след като са напълно противоположни.

9. Компресиране на информацията

Единственото логично обяснение е, че ние можем да наблюдаваме едно и също нещо в две различни представяния (фиг. 8).



Фиг. 8.

Подобен пример е картината. Ние можем да се загледаме в един портрет и той да ни изглежда значително достоверен и да създава илюзията за триизмерен свят, но фактът е, че картината е двуизмерен образ. Тоест ние не можем да видим какво има зад дадения образ.

Казахме, че информацията може да се кодира дискретно. Значи ли това, че повърхността на черната дупка е 2D и 3D едновременно? Точно такова явление се получава при холограмите. Ако ние компресираме даден триизмерен обект на двуизмерна повърхност, точно като холограма, то образът след обработката ще бъде хаотичен и нелогичен. Но ако ние знаем алгоритъма за неговото възстановяване или необходимите инструменти за неговата употреба така, че да ни даде нужната информация, то ние няма защо да се притесняваме. Пример за холограма е представен на фиг. 9.



Фиг. 9.

Ако разгледаме холограмата в реалния свят, ние ще можем да погледнем от всичките ѝ страни и така да разберем какво има зад образа. Единственото нещо, което трябва да направим, е да облъчим разхвърляната повърхност на холограмата (самия предмет) с фотони. От другата при облъчване, подобно на ядрено-магнитен резонанс, ние ще успеем да изградим и вътрешността на дадения 3D обект. Тоест ако имаме глава на човек като холограма, ние ще можем да визуализираме нейния мозък, съдове, мускули и т.н.

С други думи ние намерихме метод да представим един обект по два различни начина. Оттук нататък физиците доказват математически, че повърхността на черната дупка е всъщност 2D образ на нейното 3D съдържание.

10. Измерване на информацията

А може ли черната дупка да не е единственото тяло в Космоса, което да има такова свойство. Отговорът е, че може! Всеки къс от пространството, всяка затворена 3D крива от него или най-общо казано – цялата Вселена, имат такова свойство.

За да обясним това явление, ще проведем следния експеримент (фиг. 10).



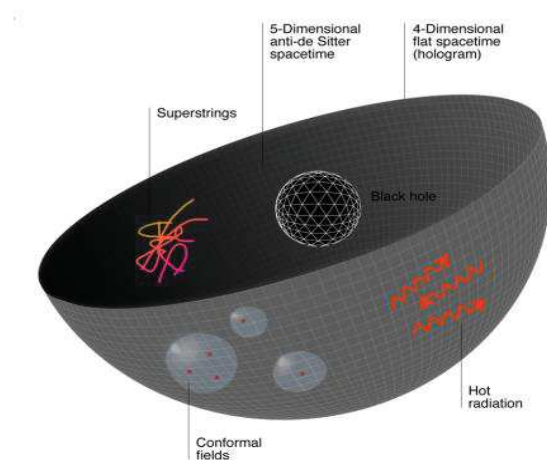
Фиг. 10.

Искаме да разберем дадено количество информация, в какво пространство може да се събере - или най-просто казано „За дадена материя, колкото пространство е нужно?“^[3]

Нека обградим тази материя с по-голяма обвивка от пространството. След това започваме да свиваме тази обвивка и постепенно достигахме първоначалната повърхност. Когато това се случи, ние ще получим черна дупка. Става видно, че максималното количество информация, което може да се съдържа в дадена част от пространството е правопрпорционално на повърхността на това пространство.

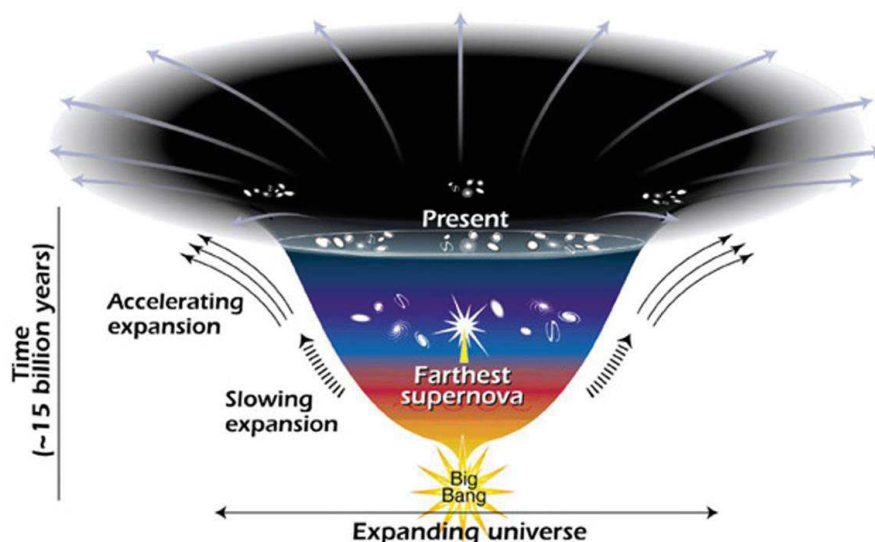
11. Вселената

Оттук нататък остава да заключим, че щом можем да затворим даден регион зад хоризонт, то съответно този хоризонт може да бъде също холограма (фиг. 11).



Фиг. 11.

Щом от гледна точка на Космологията „хоризонтът на събитията“ не е единственият хоризонт във Вселената, то можем да дефинираме^[3], че самата Вселена е затворена зад такъв и там, където е тази граница има също точка, от която няма връщане (point of no return). Когато материята я достигне, тя изчезва завинаги и никога повече ние няма да можем да получим обратно информация от нея - също като при черната дупка. Разликата е, че материята няма да попадне в някакво пространство, а ще „избяга“ в по-голямо такова. Доказателство за това е всъщност законът на Хъбл, представен на фиг. 12.



Фиг. 12.

Ние имаме нагледно доказателство, че нова материя идва отнякъде (центъра на Вселената) и отива нанякъде (извън границите на нашия хоризонт). Освен това, разширявайките се, Вселената започва да го прави все по-бързо. Ние наблюдаваме самото явление, бидейки вътре в пространството, а какво има на границата на нашия хоризонт, това надали ще разберем.

Така достигаме до въпроса, че след като Вселената е поне хиляда пъти по-голяма, отколкото тази, която ние можем да наблюдаваме^[3], то какво значение би имала за нас именно тази допълнителна материя. Не само какво би било нейното значение, а именно нейн образ ли е това, което можем да наблюдаваме с телескопи. Освен това няма как да не се запитаме и как можем да наблюдаваме това чрез експеримент, тоест да потвърдим, че нашият хоризонт е 2D образ на съдържанието в него. Тези въпроси все още нямат отговор и физиците, може би и философите, ще продължават да мислят по тях дълго време.

12. Заключение

След всичко, което казахме дотук, разбрахме, че математически можем да обясним не само какво се случва на повърхността на черната дупка, а и как би изглеждала нашата Вселена отвън. Стана ясно и че всичко в нашето пространство остава завинаги в него и неговите съставни битове са неунищожими. Все пак природата на пространството е такава, че тези битове някога ще напуснат безвъзвратно границите на Вселената или ще попаднат зад хоризонта на черната дупка, което значи, че ние ще изгубим тяхната информация.

Колкото и философски да звучи, всичко, което се случва в нашето пространство, би било видимо от границите на Вселената и всъщност там

буквално стои отражението на нашия живот, дори и да е представено в 2D образ.

Литература

[1] [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BLACK_HOLE](http://en.wikipedia.org/wiki/Black_hole)

[2] „КОСМИЧЕСКИЯТ ПЕЙЗАЖ“ - LEONARD SUSSKIND (ИнфоДар 2012)

[3] ЛЕКЦИЯ НА LEONARD SUSSKIND:

[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=2DIL3HfH9tY](https://www.youtube.com/watch?v=2DIL3HfH9tY)

[4] [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/HOLOGRAPHIC_PRINCIPLE](http://en.wikipedia.org/wiki/Holographic_principle)

ПИСМОТО ОТ ЧИЛБЪЛТЪН (САМИ ЛИ СМЕ ВЪВ ВСЕЛЕНАТА?)

Румен Кобиларов

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

Резюме. В доклада е представен един възможен опит на извънземна цивилизация за контакт с населението на Земята. Формациите в житните посеви в близост до обсерваторията Чилбълтън (Великобритания) се интерпретира като отговор на посланието SETI, излъчено от радиотелескопа Аресибо през 1974г. като част от проекта за търсене на извънземен разум. Дали това е истината?

Ключови думи: програма SETI, интерпретация на житни кръгове, извънземен разум.

Проф. Л. Филипов - Извънземните са сред нас - контролират ни, помагат ни, но няма да ни унищожат. Пазят ни да не правим големи грешки - неслучайно във военни бази са блокирани изстрелвания на ракети по страни причини...

Във вторник, 21 Август 2001, е съобщено за две нови формации в житните посеви в близост до радио телескопа Чилбълтън в Хемпшир, Великобритания (фиг. 1). И двете били много впечатляващи и се състояли от голям брой малки "пиксели", които, когато се гледат от въздуха образуват разпознаваема форма - за разлика от много други формации в житни посеви. Едната формация представлявала "човешко лице", а другата била подобна на изпратеното от радиотелескопа Аресибо през 1974г. радио послание от групата SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence).

Посланието SETI. Arecibo е най-големият радиотелескоп в света с диаметър 1000 фута (305 метра). Радиотелескопът има три предавателя с мощности 20 TW на честота 2,38 GHz, 2,5 TW (импулсен пик) на честота 430 MHz и 300 MW на честота 47 MHz.

На 16 ноември 1974г. като част от програмата SETI бил излъчен радио сигнал с честота 2,38 GHz, предназначен за връзка с евентуална извънземна форма на живот (посланието SETI). Сигналят бил насочен към кълбовидния звезден куп M13 в съзвездие Херкулес, намиращ се на около 25 000 светлинни години от Земята. Съобщението към извънземните, кодирано в сигнала се състои от 1679 импулса в двоичен код.

Защо двоичен код? Тъй като ние търсим връзка с интелигентни същества, за които не знаем нищо (те могат да се различават по структура и външен вид

от нас), то трябва да използваме универсални конструкции. Такава проста и универсална конструкция е двоичната бройна система (двоичен код). За разлика от използваната от нас десетичната система, в двоичната бройна система се използват само две цифри 0 и 1, като отделните числа се записват като числото 2 повдигнато на съответната степен.



Фиг. 1. *Формации в житните посеви в близост до радио телескопа Чилбълтън, Великобритания.*

Защо 1679 импулса? Това е произведението на две прости числа 23 и 73. Следователно сигнала от 1679 импулса може да се организира по един единствен начин - в матрица от 23 колони с 73 реда (фиг. 2). Това е единствения начин за визуализиране на съобщението. Всяка друга организация на сигнала няма смисъл. На фигурата се вижда графичния модел, изобразен от цифрите 1 и 0 от сигнала.

По-ясна картина се получава, ако фигурата се преобразува в матрица от квадратчета и единиците се изобразят чрез черни квадратчета, а нулите – чрез бели квадратчета (фиг. 3).

Освен мълчаливия поздрав "Здравейте, ние сме тук", на фигурата са представени и научните послания, както следва:

- (1) Числата от 1 до 10 в двоичен код;
- (2) Атомните номера на 5 химични елемента, преобладаващи в изграждането на живота на Земята;

```

000000101010100000000000
00101000001010000000100
10001000100010010110010
101010101010100100100
000000000000000000000000
000000000011000000000
000000000110100000000
0000000001010100000000
0000000001010100000000
000000000111100000000
000000000000000000000000
11000011100011000011000
1000000000000110010000
1101000110001110011010
11110111101111011111
000000000000000000000000
00010000000000000000010
000000000000000000000000
000010000000000000000001
111110000000000000001111
000000000000000000000000
11000011000011100011000
10000000100000000010000
11010000110001110011010
1111101111011110111111
000000000000000000000000
00010000001100000000010
000000000011000000000000
000010000011000000000001
11111000001100000011111
000000000110000000000000
001000000011000000000000
000000000011000000000000
000010000011000000010000
00001100001100000010000
00000011000100001100000
00001100001100000010000
00010000010000000010000
001000000110000000001000
01000000001100000000100
01000000001000000010000
00100000001000000010000
00001000000000001100000
00001100000000110000000
001000111010110000000000
001000000010000000000000
001000001111100000000000
00100001011101001011011
00000010011100100111111
10111000011100000110111
00000000010100000111011
00100000010100000111111
00100000010100000110000
001000011011000000000000
000000000000000000000000
001110000010000000000000
00111010100010101010101
00111000000000101010100
00000000000000101000000
00000000111110000000000
00000011111111000000000
00001110000000110000000
00011000000000011000000
0011010000000010110000
01100110000000110011000
01000101000001010001000
01000100100010010001000
00000100010100010000000
00001000010000100000000
00000100000000100000000
00000001001010000000000
0111100111101001111000

```

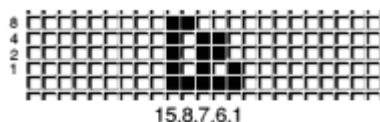
Fig.2

How to decypher the message

Original 1974 message

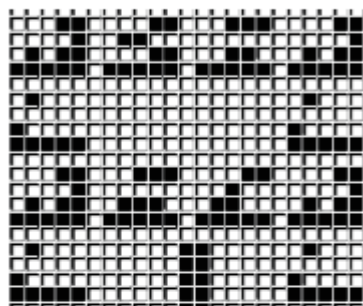


Showing decimal numbers 1-10

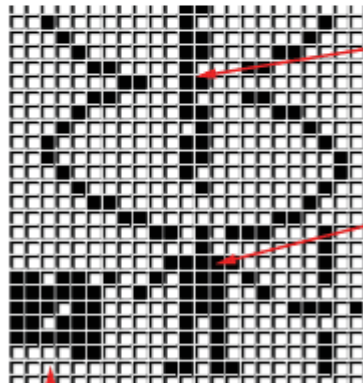


Atomic Numbers for
 1 = Hydrogen 8 = Oxygen
 6 = Carbon 15 = Phosphorus
 7 = Nitrogen

15,8,7,6,1



Formulas for Sugars and
 Bases in Nucleotides of DNA



Number of Nucleotides
 in DNA

DNA Double Helix

Human

Height of Human
 = $14 \times 12.6 \text{ cm} = 176.4 \text{ cm} \approx 5'9''$

Population of Earth 110110
 111111
 111011
 110111
 111111
 11

The Solar System
 (highlighting the third planet)

The Arecibo Telescope

Diameter of telescope
 (2,430 wavelength units)

Фиг. 2.

Фиг. 3. Посланието Аресибо, визуализирано чрез бели и черни квадратчета.

(3) Формулите на захарта и четерите ароматно-въглеродородни “бази” на ДНК;

(4) Общия брой на нуклеотидите, намерени в ДНК на човека (ДНК се състои от два дълги полимера, съставени от своя страна от прости единици, наричани нуклеотиди);

(5) Визуално представяне на спиралната форма на разположението на нуклеотидите в ДНК;

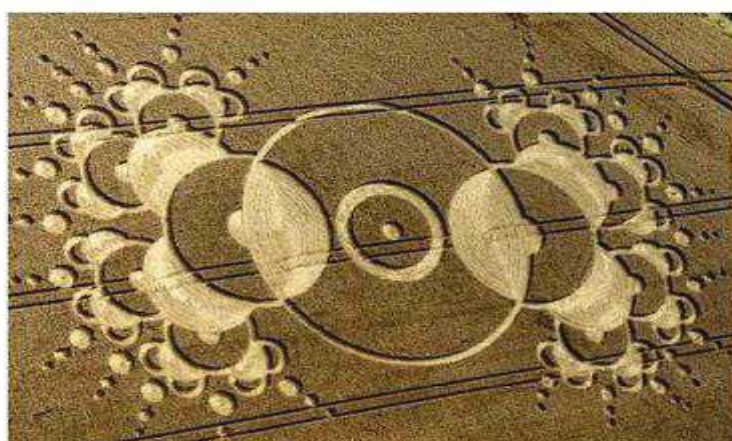
(6) Схематично изображение на човек с малка глава и голямо тяло;

(7) Височината на човека. Ще отбележим, че височината е представена чрез честотата на излъчения сигнал - 2380 MHz. Ако разделим скоростта на светлината ($3 \cdot 10^8$ m/s) на честотата на сигнала получаваме 0,126 m или 12,6 cm. От кода за височината на човека, можем да видим, че стойността е 1110 в двоичен код или 14 в десетичен код. Като умножим 14 с 12,6 cm се получава 176,4 cm - средната височина на човека;

(8) Броя на населението на Земята през ноември 1974г. в двоичен код, приблизително 4,3 милиарда;

(9) Графично изображение на Слънчевата система като третата планетата (Земята), на която се намират хората е подчертана;

(10) Графично изображение на радиотелескопа Аресибо, от който е излъчен сигнала и неговия диаметър, също представен чрез честотата на излъчения сигнал.

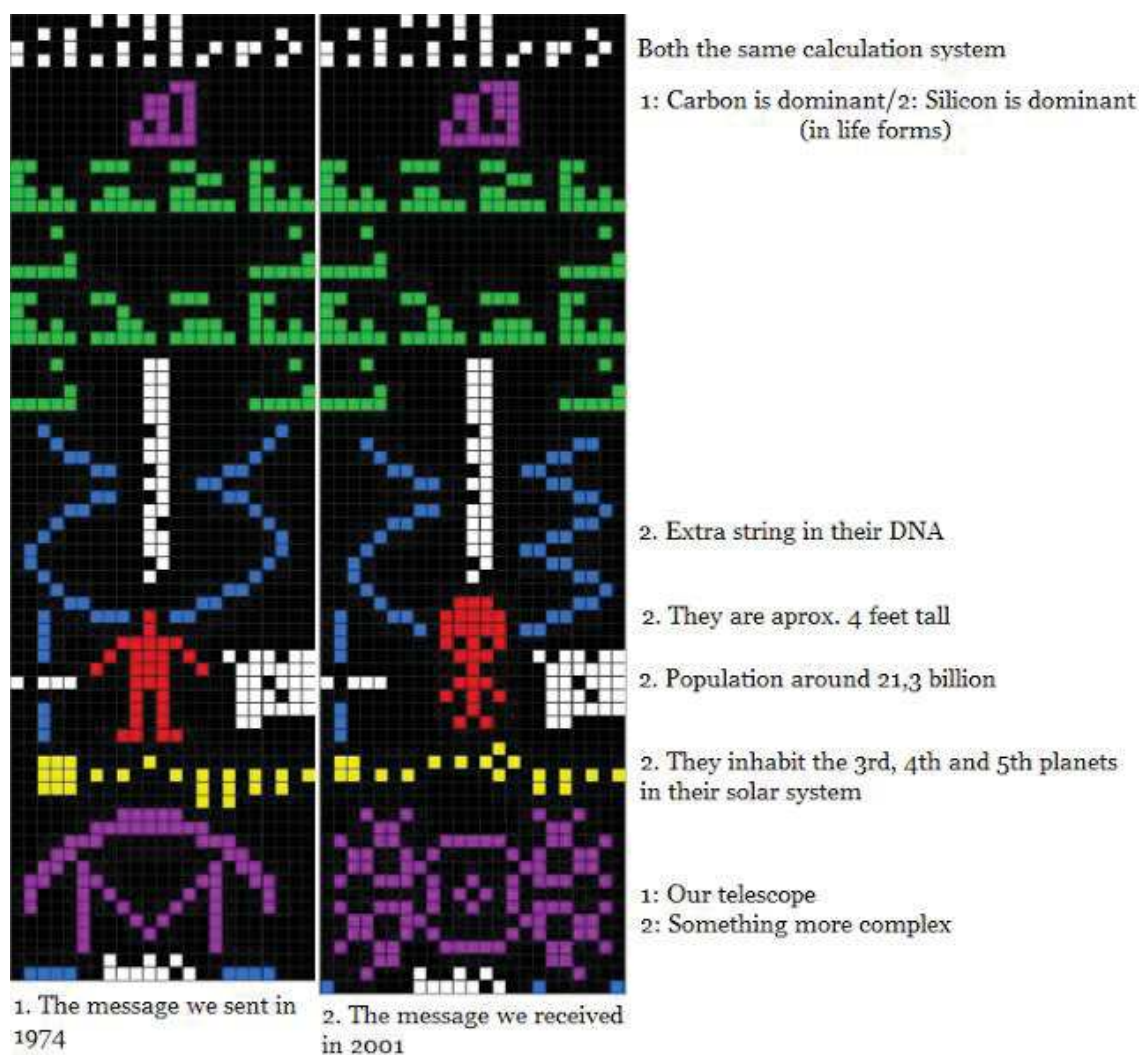


Фиг. 4. Формация в житата в близост до обсерваторията Чилбълтън от август 2000г.

Двадесет и пет години по-късно (през 1999г.) същото послание е излъчено отново от радиотелескопа Йевпатория RT-70 в Украйна на честота 5010 MHz. Една година след това, през август 2000г. е съобщено за интересна формация в житните посеви в непосредствена близост до обсерваторията в Чилбълтън в Англия (фиг. 4).

Интерпретацията на тази формация, свързана с формациите, наблюдавани през 2001г. (фиг. 1) е, че тя съдържа визуално представяне на извънземно средство за комуникация.

Да сравним формацията, наблюдавани през 2001г. с посланието SETI, излъчено през 1974 година. От ляво е изпратеното от Земята, а от дясно е полученото през 2001г. послания (фиг. 5).



Фиг. 5. Сравнение на двете послания.

Сравнението показва, че:

- 1) цифрите от 1 до 10 са едни и същи и в двете съобщения;
- 2) освен атомните номера на петте елемента в оригиналното съобщение има добавен още един елемент и то на точното място - между кислорода с атомен

номер 8 и фосфора с атомен номер 15. Това е елемента с атомен номер 14 - силиций;

3) формулите на захарта и четерите ароматно-въглеродородни “бази” на ДНК са еднакви, но в петото послание има съществена разлика - допълнителна лента от лявата страна на двойната ДНК-спирала;

4) Друга, по-малко очевидна разлика е в двоично кодираното число на броя на нуклеотидите в ДНК;

5) Има значителна разлика във формата на хуманоида - с голяма глава и малко тяло. Височината на хуманоида в двоичен код е 1000, т.е. 8 в десетичен код. Ако умножим това число с 12,6 cm се получава височина приблизително 101 cm. Следователно височината на хуманоидите е по-малка от тази на човека;

6) Има разлика и в броя на населението. В десетичен код съобщението от Чилбълтън показва население от почти 21,3 милиарда, което е приблизително пет пъти повече от това на Земята;

7) Разликите в изображението на планетната система също са големи. На първо място се вижда, че третата планета не е единствената подчертана планета. На писмото от Чилбълтън подчертани са и четвъртата и петата планети, като петата е по-силно подчертана (с допълнителни пиксели). Какво може да означава това?

8) На мястото на схематичното изображение на радиотелескопа Аресибо е поставен друг предавател с различен размер. Интригуващо в случая е, че това е схематичното изображение на формацията в житните посеви от август 2000г. (фиг. 4).

Дали това е действително послание отговор от извънземна цивилизация или поредна фалшификация оставяме всеки да реши сам?

ЗЕЛЕН ЛЪЧ

Йовелина Зинкова и Радостина Велевска

ФКСУ, Технически Университет-София, София 1000, бул."Кл. Охридски" 8, България,
e-mails: jonelina@abv.bg, rvelevska@yahoo.com

Резюме. В настоящия доклад е разгледано подробно явлението рефракция и резултатите от него. Обърнато е внимание на атмосферните явления свързани със Слънцето, като по-специално място е отделено на явлението Зелен лъч. В доклада са включени и направени от авторите фотографии.

1. Увод

Атмосферните явления са проблем, който вълнува учените по целия свят. Целта на този доклад е, както да разкрие причините са пораждаването на тези явления и да постави акцент върху най-впечатляващите от тях, така и да насърчи все повече хора да се стремят да ги наблюдават.

2. Теория на рефракцията

Зеленият лъч, е може би, най-впечатляващият, но не и единственият феномен, който свързваме със явлението рефракция.

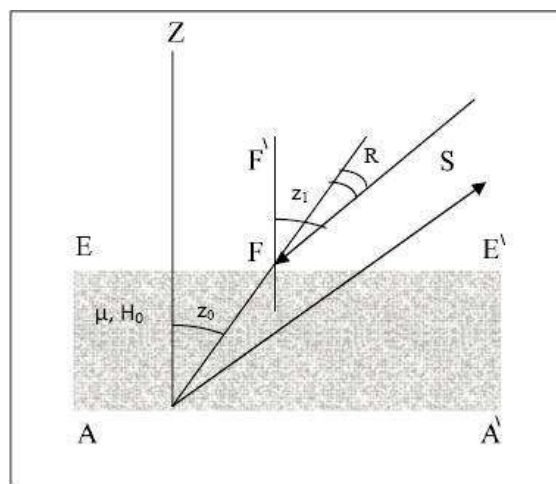
Когато наблюдаваме и правим редица измервания на позицията на телата по небесната сфера, можем да забележим, че получените данни се различават от реалните координати на обектите. Това се дължи на съществуването на земната атмосфера, денонощното движение на Земята, движението ѝ около Слънцето и разположението на наблюдателя по земната повърхност. Накрая, но не и на последно място това, което трябва да знаем е, че Небесният екватор, Еклиптиката и другите „големи кръгове” на небето, които използваме, за измерване на координатите на обектите променят своите собствени координати с течение на времето. Поради всички тези характеристики е нужно да се създаде обобщена система, която ще улесни работата с тях, но за нейното усъвършенстване е нужно да вземем в предвид редуциите, най-важните от които са: рефракция, денонощен и годишен паралакс, аберация, прецесия и нутация.

Всеки един от нас е виждал промените в големите небесни тела (Слънцето и Луната) когато са близо до хоризонта, без значение дали изгряват или залязват. Видимите изменения и тези, които могат да бъдат единствено измерени, се дължат на атмосферната рефракция.

Нека приемем, че Земята е плоска, атмосферата ѝ е хомогенна и плътността ѝ е константа. Ако вземем лъч светлина, независимо дали източникът му е Слънцето, звезда отдалечена на светлинни години от нас или планета от Слънчевата система, лъчът се разпространява първоначално във вакуум със скоростта на светлината. Когато навлезе в земната атмосфера - оптически различна и по-плътна среда, лъчът се „среща” с различен коефициент на пречупване, този на земната атмосфера - μ_0 . На границата на междупланетното пространство и земната атмосфера лъчът се пречупва.

Между продължението на пречупения лъч и лъчът на падане се намира ъгълът на рефракция (R) (фиг. 1).

Приемаме AA' за Земната повърхност, а EE' за границата на атмосферата. Лъчът от обекта S се пречупва в точка F и заедно с перпендикуляра определят ъгъла z_0 - зенитното отстояние, а ъгълът z_1 е ъгъл на падане. От фиг.1 можем ясно да видим, че $R = z_1 - z_0$, и когато използваме закона на Снелиус за този ъгъл получаваме следното:



Фиг. 1. Теория на рефракцията

$$\frac{\sin(z_0 + R)}{\sin z_0} = \mu_0 \quad (1)$$

След известни преобразувания получаване, че така наречената константа на пречупване е:

$$\alpha = \frac{\mu_0 - 1}{\text{arc}1''} \quad (2)$$

Тази формула може да бъде използвана за ъгли до $z_0 \approx 45^\circ$. При изчисляването на ъгъла на рефракция оказват влияние: атмосферното налягане, температурата и най-вече зенитното отстояние на наблюдавания обект.

1. Ако небесното тяло се намира на височина над хоризонта по-голяма от 15° , то тогава за пресмятане на ъгъла на рефракция се използва следната формула:

$$R = 0^\circ.00452 P / ((273 + T) \text{tg } \alpha)$$

2. Ако небесното тяло се намира на височина над хоризонта по-малка от 15° , ъгълът на рефракция се изчислява по следната формула:

$$R = P (0.1594 + 0.0196\alpha + 0.00002\alpha^2) / [(273+T)(1 + 0.505\alpha + 0.0845\alpha^2)]$$

Във формулата P е налягане, което се измерва в милибари, T е температура, която се измерва в градуси по Целзий и a е височина на светилото над хоризонта – измерва се в градуси. Ъгълът на рефракция (R) също се получава в градуси.

3. Резултати от рефракцията

Нека разгледаме резултатите от рефракцията. Това е единствената редукция, която дава видими за невъоръженото човешко око промени в небесните обекти. Рефракцията е нулева, когато обекта се наблюдава в зенит. Когато небесните тела са на хоризонта, където ъгълът на рефракция (R) е значително по-голям от видимия диаметър на слънчевия диск, той се появява над линията, която разделя видимата от невидимата част на небесната сфера, но ако Земята не притежаваше атмосфера, никаква част от Слънцето нямаше да е видима за наблюдателя в този момент. Поради наличието на този ефект, а и също така промените в атмосферните показатели всеки ден влияят върху часа, в който изгряват и залязват небесните тела, за това е трудно да се дадат точни данни за тези часове. Заедно с това рефракцията променя и продължителността на деня - това е причината на Екватора никога да не се наблюдава равноденствие, защото денят винаги е със същата продължителност като нощта. На средните ширини този ефект се наблюдава на датите на равноденствията - те не са точно на 21^{ви} март и 23^{ти} септември.

Резултат от така наречената диференциална рефракция, също е видимото положение на обектите спрямо друг обект. Този ефект лесно се наблюдава на дигитална фотография.

Ако наблюдаваме изгрев или залез на Слънцето няма как да пропуснем, че когато то е близо до хоризонта неговият диск изглежда „сплеснат“ – елиптичен (фиг. 2). Вертикалният му диаметър намалява до $6'$. Това също се дължи на диференциалната рефракция. Ефектът е най-ясно изразен в долната част на диска.

Блещукането на звездите също се дължи на рефракцията. Когато лъчите навлезнат в атмосферата настъпват резки промени в техния интензитет и спектрален клас. Трептенето, от друга страна, се дължи на колебанията в изображението. С тези две отличителни черти успяваме да различим звездите на небето от планетите – първите блещят и трептят, а вторите - не.



Фиг. 2. „Сплескване“ на диска на Слънцето, заснето от ученици от Астрономическа обсерватория, Младежки център, град Хасково

Почервяването на Слънцето и Луната (фиг. 3 и фиг. 4) се дължат на разсейването на електромагнитните вълни от молекулите в атмосферата, наречено разсейване на Релей. Тези молекули са твърде малки по размери в сравнение с дължината на вълната, поради което виолетовата светлина (400 nm) се разсейва до 7 пъти повече от червената светлина (650 nm).



Фиг. 3. Почервяване на Слънцето, заснето от ученици от Астрономическа обсерватория, Младежки център, град Хасково



Фиг. 4. Почервяване на Слънцето, заснето от ученици от Астрономическа обсерватория, Младежки център, град Хасково по време на частичното слънчево затъмнение на 31 май 2003 г.

4. Зелен лъч

В много култури Зеленият лъч е бил част от различни митове и легенди. С него са били свързвани някои от свръхестествените явления, интересували хората по Земята. В съвременната наука представите за феномена са много по-реалистични. Съществуването му е доказано научно, но въпреки това то не престава да буди възхищение у човека.

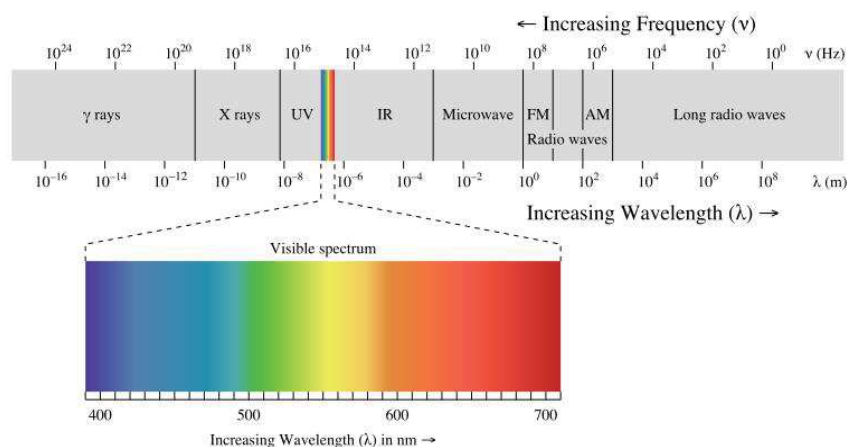


Фиг. 5. През 1869 година Джеймс Прескот Джаул получава признание за своето обяснение на явлението Зелен лъч. Английският физик представя своите резултати чрез писмо до Манчестърското литературно и философско дружество.

Небесното тяло, което свързваме с този феномен е Слънцето. Само един поглед към нощното небе ни разкрива огромния брой на звездите във Вселената. Слънцето притежава физически характеристики подобни на много

други звезди, но фактът, че то е най-близката до нас звезда, го прави по-значимо за човечеството отколкото всички останали взети заедно. Това ни дава възможност детайлно да изследваме неговата структура, да наблюдаваме активните образувания по неговата повърхност и да проследим еволюцията му.

Електромагнитен спектър - обхватът на цялото електромагнитно излъчване, който даден астрономически обект (например Слънцето) абсорбира, пропуска и отразява. Слънцето излъчва във всички области на електромагнитния спектър, но една много малка част от него, с дължина на вълната от 380 до 750 nm, може да бъде възприета от човешкото око. Най-силни са излъчванията в зелената област на спектъра, което е предпоставка за по-доброто възприемане на зеления цвят от зрителния ни орган. Тъй нареченият видим спектър се състои от познатите на всички 6 основни цвята - виолетов, син, зелен, жълт, оранжев и червен – подредени в низходящ ред спрямо честотата им (фиг. 6).

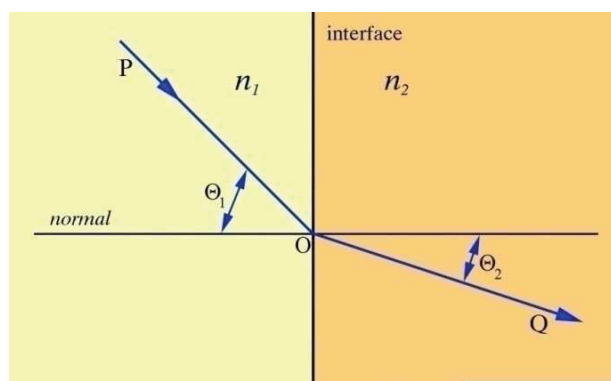


Фиг. 6. Електромагнитният спектър

Тези цветове се наричат чисти материални или монохроматични. Излъчените вълни се разпространяват в пространството със скоростта на светлината във вакуум, притежаваща стойността 300 000 000 m/s. Но не във всички среди скоростта на електромагнитните вълни е постоянна величина, например при навлизането им в земната атмосфера, те биват повлияни от промяната на плътността ѝ и се пречупват, отразяват, поглъщат или разсейват.

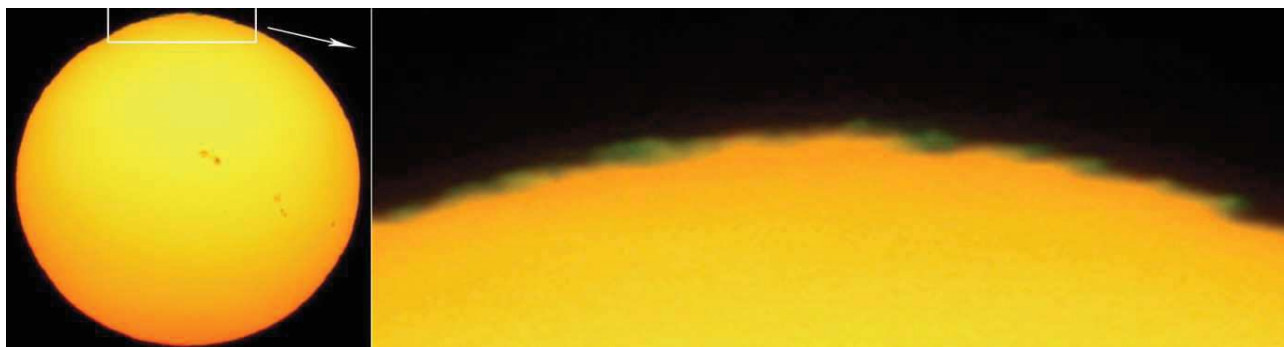
Оптическото явление Зелен лъч се наблюдава малко преди залеза или изгрева на Слънцето, Луната и някои ярки планети.

Видимият диск на Слънцето е съставен от всички цветове участващи в оптичния регистър. Нека си представим, че атмосферата на Земята представлява една голяма призма. Преминаващата светлина през нея навлиза от среда с един коефициент на пречупване в среда с друг, поради което се наблюдава намаляване на скоростта на разпространение на вълните и тяхната траектория (фиг. 7).



Фиг. 7. Преминване на лъч през среди с различна плътност.
(n_1 и n_2 са коефициенти на пречупване на двете среди, θ_1 и θ_2 са ъглите на падане и пречупване)

Вълните от видимия спектър с различна честота се пречупват до различна степен и по такъв начин образуват изображение на Слънцето, което се състои от няколко по-малки диска в различните цветове, които не са точно насложени един върху друг. Дисперсията на светлината се наблюдава най-ясно в последния момент на залеза, при което би трябвало да се забележи виолетов или син отблясък. Тези два цвята се разсейват силно от земната атмосфера за разлика от зеления, който остава най-малко повлиян и това води до появата на Зелен лъч. Друга причина е, че човешкото око е най-чувствително към зелената част от видимия спектър. На базата на разгледаните явления се проявява феноменът Зелен лъч (фиг. 8 и фиг. 9). В по-редки случаи може да се наблюдава и Син лъч.



Фиг. 8. Зелен лъч заснет от НАО Рожен, България. CanonEOS 1DsMarkII, ISO 50, exp. 1/5000 with Lenses 300mm f/2.8 + 2x Canon EF Extender II.



Фиг. 9. Зелен лъч заснет от Хасково, България. на 03.06.2012 г., с CanonEOS 350D, ISO 100, exp. 1/30 и рефрактор 63/840 в директния фокус

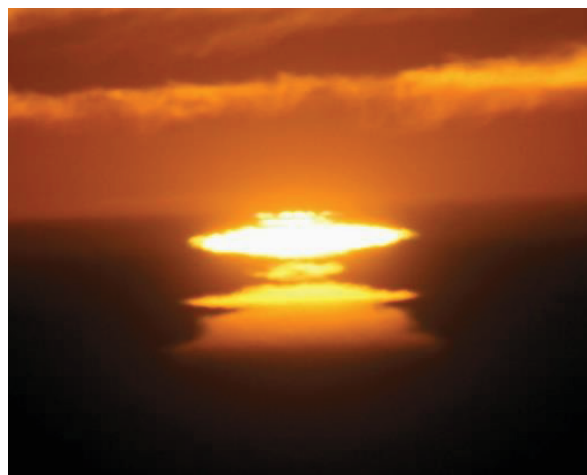
За да се наблюдава Зелен лъч, хоризонтът трябва да е чист и метеорологичните условия да са много добри. Най-подходящите места за фотографиране на явлениято са пустините и области близки до морското равнище, където тънкият приземен слой е определящ за висока степен на дисперсия.

5. Видове зелен лъч

Inferior-mirage flash (фиг. 10) - този вид мираж може да се наблюдава на места близки до морското равнище. *Inferior - mirage flash* се получава, когато точно над повърхността на водата има слой горещ въздух и температурата рязко се изменя с покачването на височината и горещият слой трябва да се намира под нивото на наблюдателя. Когато истинското слънце се движи надолу, а неговият мираж нагоре, те се сливат в образ наречен Етруска ваза. В момента, в който двете слънца са под хоризонта разстоянието между червения и зеления лъч е най-голямо и Зеленият проблясък става видим.



Фиг. 10. *Inferior-mirage flash* (Етруска ваза), Мила Зинкова, Хавай

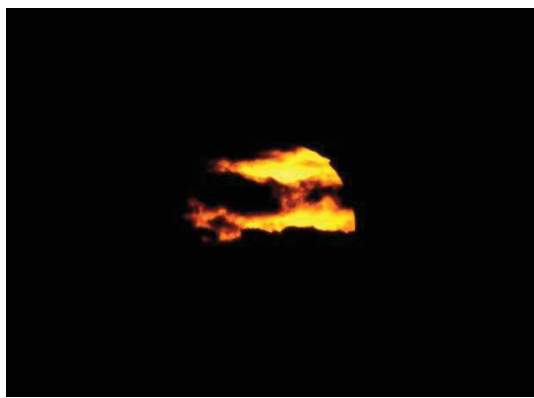


Фиг. 11. *Mock - mirage flash*, Мила Зинкова, Сан Франциско

Mock-mirage flash (фиг. 11, фиг. 12 и фиг. 13) - местата, от които най-добре може да се заснеме *Mock-mirage flash* са тези с голяма надморска височина. За наблюдението на такъв мираж е нужно да се намирате над студен слой въздух и наличие на температурна инверсия - с увеличаване на надморската височина се увеличава и температурата. Докато *Inferior-mirage flash* създава само 1 допълнително изображение, то при *Mock-mirage* могат да се наблюдават множество образи, които непредвидено се променят във времето. Такива често срещани форми са триъгълници, четириъгълници, „палачинки” и т.н. Зеленият проблясък се наблюдава, когато слънчевият диск наруши целостта си.

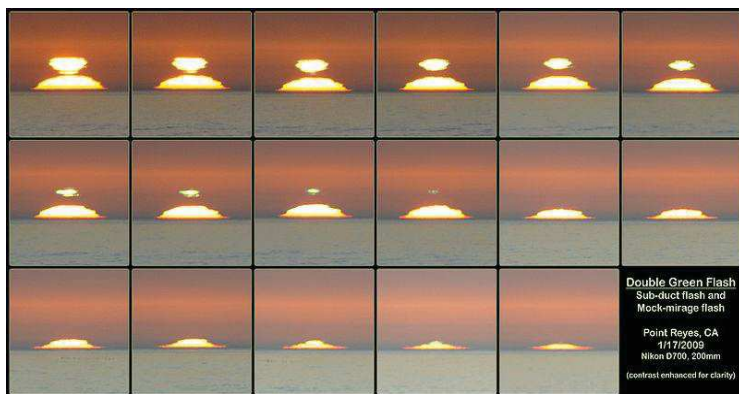


Фиг. 12. *Mock-mirage flash*
заснет от ученици от
Астрономическа обсерватория,
Младежки център, град
Хасково



Фиг. 13. *Mock - mirage flash*,
НАО Рожен, Canon EOS 1Ds
Mark II, ISO-50, exp. 1/1600, f/18,
Canon 300 f/2.8 + 2x extender
lenses.

Sub-duct flash (фиг. 14) - явлението може да се наблюдава на всяка надморска височина при условие, че наблюдателят се намира под въздушен слой със силна температурна инверсия. Слънчевият диск има формата на пясъчен часовник, като горната му част се превръща в Зелен отблясък за около 15 секунди.



Фиг.14. *Sub-duct flash*, Калифорния



Фиг. 15. *Green ray flash*

Green ray - този вид Зелен отблясък се наблюдава най-добре на морското равнище, при наличието на запрашен въздух и ясно очертан хоризонт. Появява се точно в момента на скриване на слънчевия диск под хоризонта, обикновено е голям няколко градуса и трае няколко секунди (фиг. 15).

3. Заключение

Рефракцията е първата редукция, която трябва да отбележим, когато правим задълбочени анализи и изчисления за положението на светилата. Това показва важноста ѝ за астрономите и физиците. Въпреки, че е едно от най-сложните

явления, рефракцията ни дава възможността да наблюдаваме едни от най-красивите феномени.

Литература

1. Бакулин, П. И., Кононович, Е. В., Мороз, В. И., „Курс Общей Астрономии”, “Наука”, Москва, 1983.
2. Дагаев, М. М., Демин, В. Г., Климишин, И. А., Чаругин, В. М., „Астрономия”, “Просвещение”, Москва, 1983.
3. Николов, Н., Калинков, М., „Астрономия”, “Св. Климент Охридски”, 1998
4. Панчев, Ст., „Физика на атмосферата”, “Народна просвета”, София, 1988.
5. <http://www.atoptics.co.uk/atoptics/gf1.htm>
6. <http://www.atoptics.co.uk/atoptics/sunmir.htm>
7. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/atmos/redsun.html>
8. <http://www.star.ucl.ac.uk/~mmd/greenfla.html>
9. http://www.weatherscapes.com/album.php?cat=optics&subcat=green_flash
10. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Joule_James_Jeans_engraving.jpg
11. http://en.wikipedia.org/wiki/File:EM_spectrum.svg
12. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sunset_inferio_mirage.jpg
13. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sunset_mirage_111505.jpg
14. <http://en.wikipedia.org/wiki/File:DoubleGreenFlash-Composite.jpg>
15. <http://www.gdargaud.net/Photo/640/GreenRay.jpg>

ФИЗИКА И МУЗИКА

Любомир Кръстев

ФТК, Технически Университет-София, София 1000, бул."Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: warrock@start.bg

Резюме. В настоящия доклад е представена базисно връзката между физиката и музиката. Казано по-конкретно - създаването и физичната природа на звука и неговото възприемане от живите същества.

Ключови думи: звук, честота, обертон, връзка

1. Увод

В следващите редове сами ще се убедите колко много са свързани Физиката, Животът около нас и Музиката.

Както всички знаем в днешно време технологиите се развиват изключително бързо, като намират място не само в областта на точните науки, но и в областта на хуманитарните дисциплини и изкуството.

Музиката, като едно изключително мощно средство за комуникация, забавление, отдих и дори терапия, търпи постоянна креативност. Имам предвид, че се откриват и въвеждат нови стилове в музиката; ново звучене; обновяват се музикалните инструменти и още много други с цел подобряване на нейното качество, компактност и възприемане. Тези нововъведения се дължат главно на научно-технологичния прогрес в областта на акустиката и материалознанието.

В труда се засяга главно връзката между звука и човека, който от своя страна го възприема.

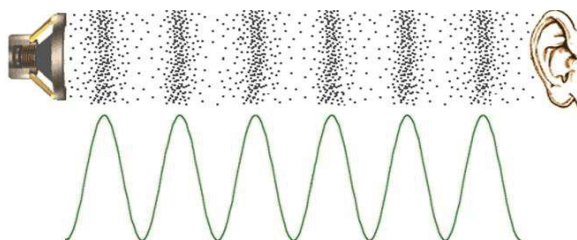
2. Общи сведения за звука

Връзката между физиката и музиката е наистина реална и това ще си проличи още от отговора на въпроса ЗАЩО ЧУВАМЕ?

Всъщност ние, живите същества, чуваме ЗВУЦИ благодарение на слуховите си сетива. Това е абсолютно вярно от биологична гледна точка, но всъщност звукът е физично явление, което представлява трептене на дадена материя, която, докато трепти образува около себе си звукови вълни, и съответно тези звукови вълни се улавят от тъпанчето на ухото, като прилагат върху него съответно налягане (фиг.1). Колкото по-силно е налягането, толкова по-силен е звукът.

По естество самите вълни се дължат на частиците на въздуха, които в

близост до източника на звука започват да трептят (фиг. 1). Трептенето започва да се предава на съседните частици, като по този начин се образуват области на сгъстяване и разреждане.



Фиг. 1. Звукова вълна

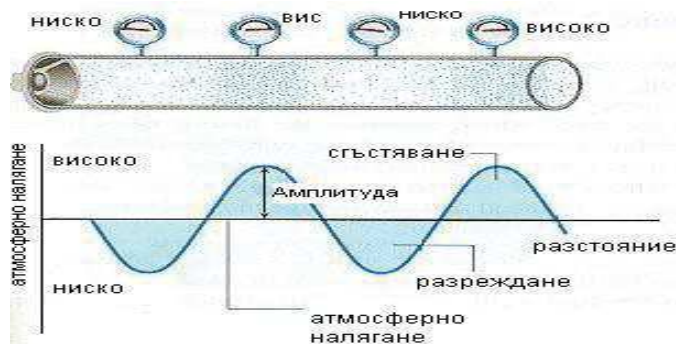
Като цяло звуковата вълна освен във въздух се разпространява в течности и твърди тела.

Интересен факт е, че най-доброто твърдо тяло за разпространение на звуковите вълни е МАХАГОНЪТ. От това дърво се правят най-висококачествените музикални инструменти и дървените материали в оперните зали и театрите.

Знаете ли, че съществува място на пълна тишина?

ВАКУУМЪТ. Така че не знам как Валя Балканска се е чула в космоса..., но вярвам в човешкия потенциал ☺.

а) характеристики на звуковата вълна - както всяка вълна, така и звуковата, притежава основните за вълните характеристики (параметри): амплитуда, дължина, скорост, интензитет, посока.



Фиг. 2. Характеристики на вълната

Както беше споменато по-горе, силата на звука се определя от налягането, което частиците оказват на тъпанчето, но ако пред нас е диаграмата на една звукова вълна и ние разполагаме само с тази информация за състоянието на звука, силата съответно на звуковата вълна се определя от големината на **амплитудата**. Дължината се определя от разстоянието, което заема вълната за един период. Във въздушна среда скоростта на звука е: $v = 1255 \text{ km/h}$.

Интензитетът на механичната вълна се определя от следната формула:

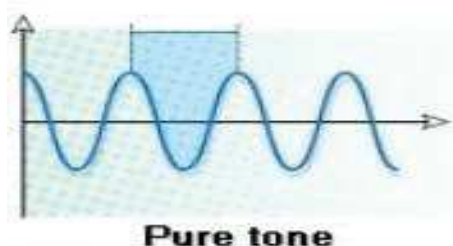
$$I = E/t.S,$$

където **I** е интензитетът на звуковата вълна, W/m^2 ; **E** - енергията, **J**; **t** - времето, за което е пренесена енергията, **s**; **S** - повърхността, m^2 .

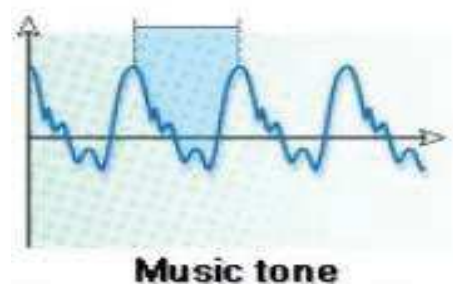
3. Видове звук

Звукът има две разновидности: тон и шум.

Тонът представлява постоянна вълна с една честота.



(a)



(б)



(в)

Фиг. 3.

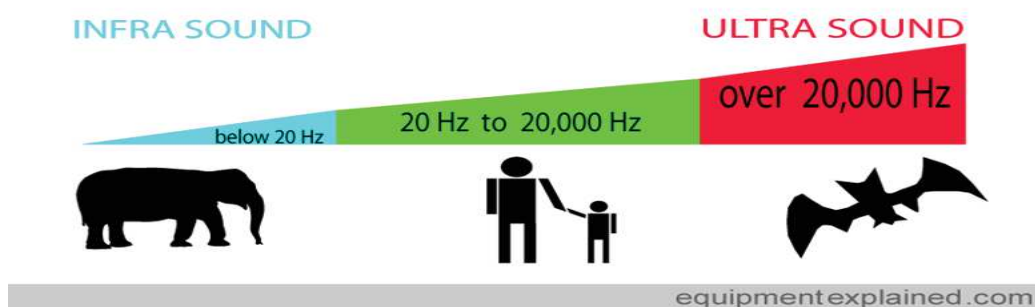
На фиг. 3а и 3б са показани съответно вариант на идеален тон и на реалистичен тон съответно.

Шумът от своя страна представлява смесица от трептения с постоянен и неопределен брой (фиг. 3в).

Звуковата вълна под формата на шум я срещане непрекъснато. Като например: когато говорим, самите ние възпроизвеждаме такава смесица от трептения; когато чуваме движението на колите, звукът на тръбите при пускането на водата... и милиони още примери.

4. Честоти на звука

Теоретично човешкото ухо възприема звукови вълни с честота от 20 до 20 000 Hz, но на практика такъв диапазон на честотна чувствителност не притежаваме. Причината е, че човек с течение на годините, още от малка възраст, започва да възприема голямо количество шум, а шумът влияе не добре на слуховите сетива и поради тази причина колкото повече остаряваме, толкова повече започваме да не чуваме честоти, които по принцип трябва да можем.



Фиг. 4.

Някои животни като прилепите до такава степен са опитомили звуците, че тяхното съществуване е базирано изцяло и абсолютно именно на тях.

Нивото под 20 Hz се нарича ниво на инфразвуците. Нивото от 20 Hz до 20 000 Hz се нарича ниво на акустичните трептения и нивото над 20 000 Hz - на ултразвуците (фиг.4).

5. Честоти в музиката

Както беше споменато, звуците се разделят на тонове и шумове. Звуците при пеене /по- точно в класическото/ и музикалните инструменти са тип тонове.

Като цяло тонът има четири компоненти - височина, трайност, сила и тембър.

Височината представлява броят трептения в една секунда.

Трайността - зависи от времето, през което източникът на звука трепти.

Силата - зависи от големината на амплитудата на звуковата вълна.

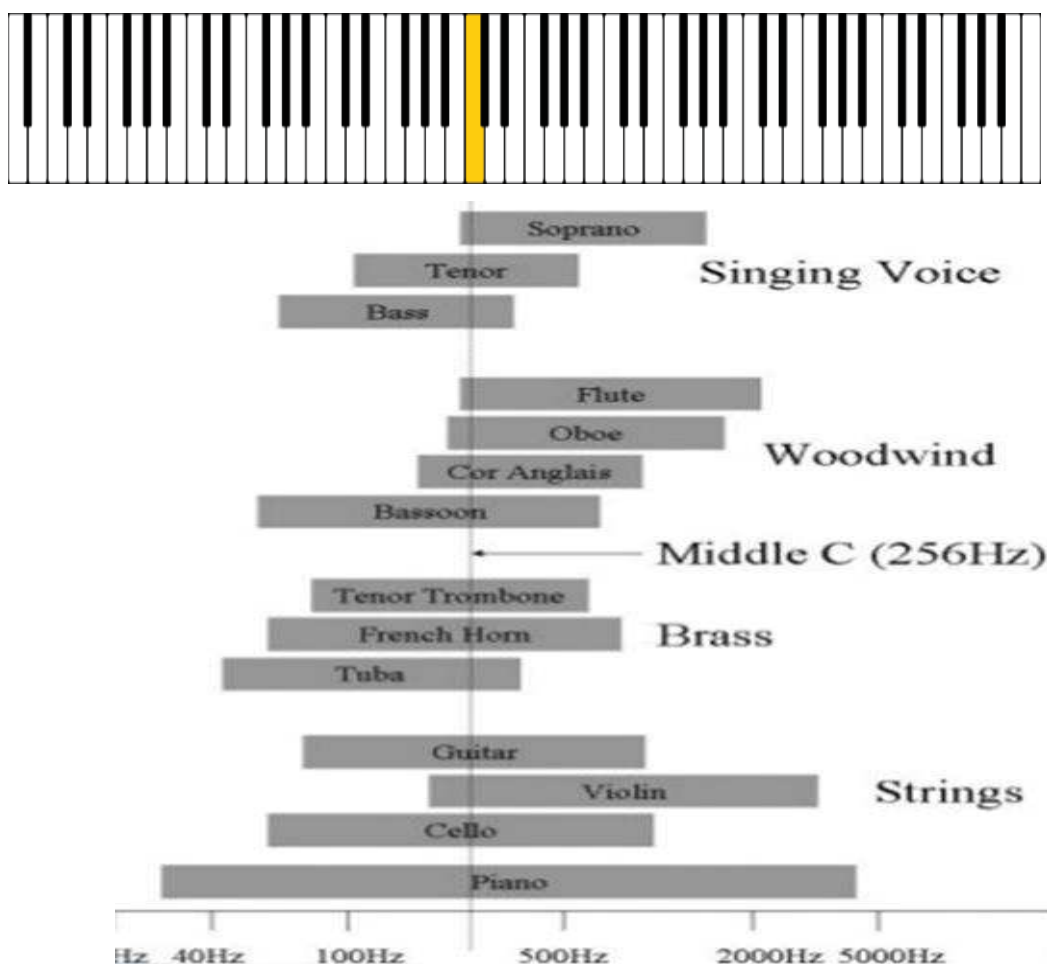
Тембърът

С този компонент на тона се различава всеки един певчески глас или музикален инструмент. Например, ако обой и китара изсвирят една и съща нота, те ще звучат по различен начин (фиг. 5). Това, което ги различава е хармонията/обертоновете/. **Думите хармония, обертон и тембър са синоними.** Обертоновете изразени математически са тонове, чиито честоти са интегрално кратни числа на основната честота на тона.

На фиг. 5 клавишът, оцветен в жълто, е средната нота ДО от първата октава при 88-клавишна клавиатура. Чрез тази нота се настройват музикалните инструменти.

Тази уникална компонента се дължи преди всичко на това с какви части е конструиран даденият музикален инструмент. От музикална гледна точка обертоновете са няколко пъти по-високи от основния, звучат с по-малка сила и не се възприемат отделно от слуха.

Съвременните инструменти, особено синтезаторите, използват серии от обертонове, чиито амплитуди могат да бъдат настройвани.



Фиг. 5.

6. Професия акордьор

Съществува професия, занимаваща се с механиката и настройването на музикалните инструменти. Хората, които я извършват, се наричат акордьори.

7. Заключение

“Музиката е скрита аритметична дейност на душата, която не осъзнава извършваните математически изчисления.”

Готфрид Лайбниц

Литература

[1] Р. Конова, В. Ангелска, сп. „Светът на физиката“, Физиката и животът около нас, 2010, стр.78.

[2] <http://pmg-silistra.my.contact.bg/>.

[3] Цанко Колев, Елена Стоянова, Справочник по музика за ученици, глава - Основни термини и понятия в музикалното изкуство (1976).

[4] <http://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B2%D1%83%D0%BA> .

НЕОПРЕДЕЛЕНОСТ НА КВАНТОВА СИСТЕМА

Стефанка Алексиева

Факултет по Телекомуникации, Технически Университет - София, бул. "Кл. Охридски" 8,
1000 София, e-mail: st.aleksieva_93@tu-sofia.bg

Резюме. В доклада е разгледана темата за квантова система и нейните състояния.

Ключови думи: неопределеност, Шрьодингер, суперпозиция, двоен процеп, Хайзенберг.

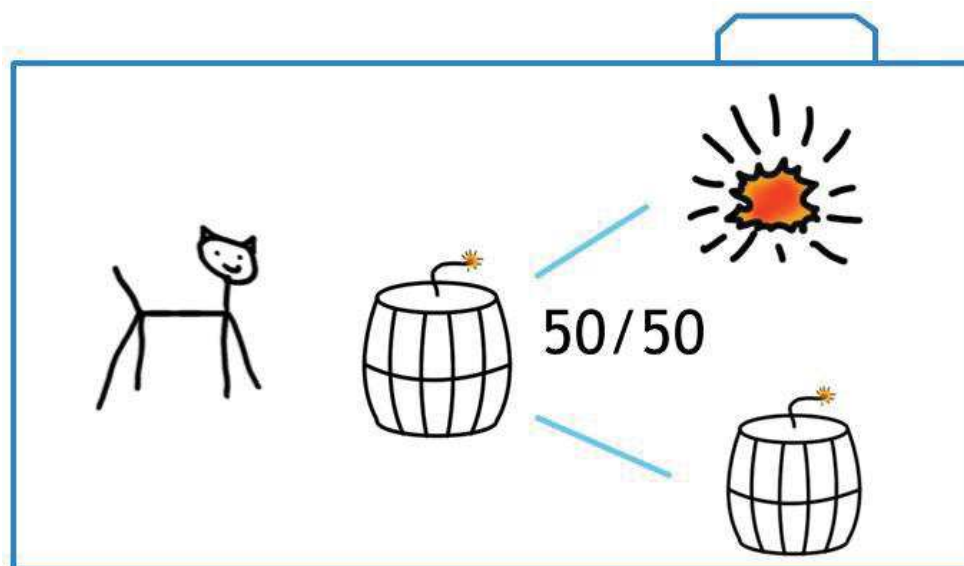
1. Увод

Днес познаваме света по един определен начин. Ако пуснем някой предмет, той ще падне право надолу, точно където очакваме. Ако ритнем топка тя ще опише парабола и стига да имаме достатъчно информация, във всеки един момент можем да пресметнем точно къде се намира топката и накъде се движи. Имаме ясна картина за това как и защо околната среда е такава каквато е и благодарение на всички физични закони, които знаем, можем да предсказваме какво ще се случи с изключителна точност. За разлика от класическата физика, където всичко е определено, в квантовата физика, описваща явленията в микросвета, събитията имат вероятностен смисъл.

2. „Котка на Шрьодингер“

През 1935 година, австрийският физик Ервин Шрьодингер предложил следния мислен експеримент. Той се нарича така, защото ние можем само да си мислим за него, но не и да го изпълним и да получим обективен резултат. Ето една версия на експеримента: в бункер слагаме котка и експлозив (фиг. 1). Експлозивът е такъв, че в следващия един час има 50% възможност да експлодира и 50% възможност да не експлодира. Затваряме бункера.

След един час ще знаем, че или е имало експлозия и котката е умряла, или не е имало експлозия и котката е жива. Единственият начин да разберем кое от двете се е случило, е да отворим бункера и да погледнем вътре. Но нека се замислим за състоянието на котката в момента точно преди да отворим бункера – тя е или умряла или жива, но не и двете едновременно.



Фиг. 1. „Котка на Шрьодингер“

3. „Квантова суперпозиция“

Това се нарича суперпозиция на две състояния. В този момент котката е частично във всичките си възможни състояния. Преди да сме отворили бункера, приемаме, че тя е и в двете състояния и чак в момента на наблюдение (отваряне на бункера), котката попада в едно от двете си състояния (фиг. 2).



Фиг. 2. „Квантова суперпозиция“

Това е версията на Айнщайн, оригиналната версия е с малко количество радиоактивно вещество и отрова, но идеята е същата. По този начин Шрьодингер показва неопределеността на една система по начин, което всеки може да разбере.

4. „Уравнение на Шрьодингер“

В основата на квантовата физика стои уравнението на Шрьодингер, формулирано през 1925та година. То е частно диференциално уравнение и описва вълновата функция на една система. Във вълновата функция се съдържа пълната информация за системата, а уравнението описва как вълната се променя с времето, т.е. - вълновата функция е решение на това уравнение.

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi = \hat{H} \Psi$$

Физичен смисъл има не самата вълнова функция Ψ , а квадратът на нейния модул $|\Psi|^2$. Той показва вероятността да намерим микрочастицата в определена област на пространството.

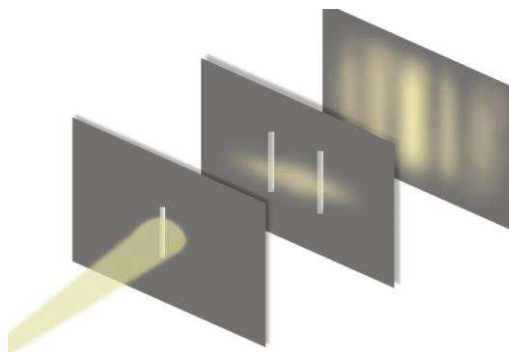
Отляво на уравнението виждаме i - имагинерната единица; $\hbar$ - редуцираната константа на Планк, $\hbar = h/2\pi$; $\partial\Psi/\partial t$ - частна производна на Ψ спрямо t . От дясно виждаме $\hat{H}$ - хамилтоновия оператор, съответстващ на тоталната енергия на системата, описана чрез вълновата функция Ψ . Решенията на това уравнение изглеждат по следния начин (фиг. 3).



Фиг. 3.

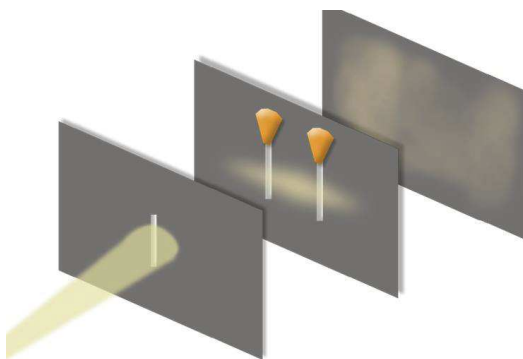
5. „Експеримент с двойния процеп“

Нека разгледаме един друг експеримент, който всеки може да опита и най-вероятно всеки е виждал или чувал за него. Нарича се „експеримент с двойния процеп“ (double-slit experiment). За него са нужни 3 екрана. На един от тях има един процеп, който трябва да е много малък, по-малък от един милиметър. На втория екран има 2 процепа, също толкова малки. Третият екран няма процеп. Когато осветим първия екран, част от светлината минава през процепа, след това преминава през другите два процепа и накрая попада на третия екран, върху който получаваме светли и тъмни ивици (фиг. 4).



Фиг. 4.

През 1924 година, френският физик Луи Дьо-Бройл изказва хипотеза, пряко свързана с експеримента, гласяща „Не само фотоните, но и електроните, протоните и кои да е други частици притежават и вълнови свойства“, тоест на всеки микрообект се приписват от една страна - енергия и импулс, а от друга - честота и дължина на вълната. Според нея можем да разглеждаме същия експеримент, както със светлина (фотони), така и с електрони. По този начин, учените, през 20-те години на 20-ти век, виждат как електроните имат свойства на вълна, въпреки че знаят, че електрона е частица. Опитвайки се да изяснят проблема, учените поставят по един детектор на всеки от отворите на втория екран. По този начин те ще разберат през кой от двата процепа е преминал електронът, но колкото и пъти да опитват, когато използват детектор в експеримента, интерференчната картина на третия екран се разваля (фиг. 5).



Фиг. 5.

6. „Принцип на Хайзенберг“

Оказва се, че можем да разглеждаме интерференчната картина на третия екран, като че ли електроните са вълни, или да наблюдаваме през кой от двата отвора минава електронът, като че ли е частица, но не и двете едновременно. В момента, в който проверим през кой отвор е преминал електронът, разваляме интерференчната картина, а пък ако не наблюдаваме откъде минава, то няма да разберем къде се намира и каква е всъщност траекторията на електрона. Това се нарича „Принцип на неопределеност“ (uncertainty principle) или „Отношение на неопределеност“. Той гласи, че в нито един момент не можем да знаем прекалено много за една частица. В случая можем да я разглеждаме или само като частица, или само като вълна, но не и като двете едновременно. През 1927г. немският физик Вернер Хайзенберг, формулира неравенство което гласи, че ако наблюдаваме една частица, можем да знаем с определена точност или само къде се намира, или само накъде се движи, но не и двете.

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

В неравенството Δx е несигурността в това къде се намира частицата, а пък Δp е несигурността в това накъде се движи частицата, а от другата страна стои константата на Макс Планк, която е много малко число ($h \approx 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$). Този феномен не е в резултат на липсата на креативност или нужните инструменти за измерването, а е заложено в природата на заобикалящата ни среда.

7. „Дебат между Бор и Айнщайн“

Спор на подобна тема е възникнал между двама гениални физици, които са измежду основателите на квантовата теория - Нилс Бор и Алберт Айнщайн. Този спор е неразрешим, защото когато Айнщайн изказва своето твърдение, че състоянието на една частица е предопределено и може да бъде предсказано, Бор пита „Как?“. Тогава Алберт му отговаря „Давай, погледни частицата и ще разбереш състоянието ѝ.“ Но това е противоречие - самият акт на наблюдение кара частицата да попадне в това състояние, според теорията на Бор, която е, че „всяка частица се намира в нейната суперпозиция и акта на наблюдение я кара да попадне в едно от възможните състояния.“.

8. Заключение

Въпреки цялата тази неопределеност и несигурност, квантовата физика ни позволява да правим невероятни неща, които по друг начин биха били невъзможни - транзистори, компютърни процесори, ултра прецизни часовници и термометри и много други неща, които правят живота ни много по-различен.

Литература

- [1] Кирил Йовчев – Физика 2 - Книга 6 - елементи на атомната и квантовата физика
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Uncertainty_principle
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_superposition
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Schr%C3%B6dinger_equation
- [5] https://www.youtube.com/watch?v=Nv1_YB1IedE
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=CrxqTtiWxs4>
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=a8FTr2qMutA>
- [8] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/Wave_packet_%28dispersion%29.gif
- [9] <http://upload.wikimedia.org/math/e/2/9/e29ddfcef18d182110adc56344a17967.png>

РАЗГАДАВАНЕ НА ХИГС-БОЗОН

Десислав Андреев

ФКСУ, Технически Университет-София, София 1000, бул."Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: d_andreev@tu-sofia.bg

Резюме: Въпросът за съществуването на бозона "Higgs" е доста стар (преди 30 години). Още след първите стъпки в квантовата механика се появяват частици, изведени теоретично, и голяма част от тях биват открити експериментално. Най-скъпият опит в историята на човечеството е сблъскът на протони в CERN. Именно резултатът от това може да създаде експериментално така интересния Хигс-бозон и да позволи неговото изучаване. Обяснението на важността на тази частица включва изясняване понятията кондензат, диаграми на Файнман, получаване на маса, както и разглеждане поведението на някои видове частици. След което може да се обясни и самата функция на LHC и да се разчетат резултатите от нея.

Ключови думи: кондензат, частици, Хигс-бозон, Файнман, CERN, маса, поле

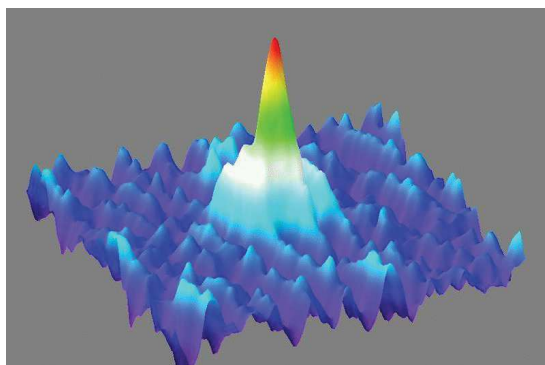
1. Увод

Макар че въпросът за бозона Хигс не е от днес или вчера, голяма част от населението на Земята се вълнува съвсем от скоро за неговото откритие. Самият експеримент в CERN е изключително скъп и неизбежно предизвиква голям интерес за всички. От феновете на фантастиката до обикновените хора се намират такива, които са изключително впечатлени и вярват, че това е ключът към бъдещето на човечеството. Въпреки че почти всички вече са запознати с основната част на опита в LHC, е хубаво да се обърне внимание на самата природа на елементарните частици като цяло, техният начин за намиране, как се получава масата, що е кондензат и движението на частица в дадено поле. Това е с цел да се придобие по-пълна представа за събитията на ниво кварк и за по научно-популярното обяснение на нуждата за Хигс-бозон.

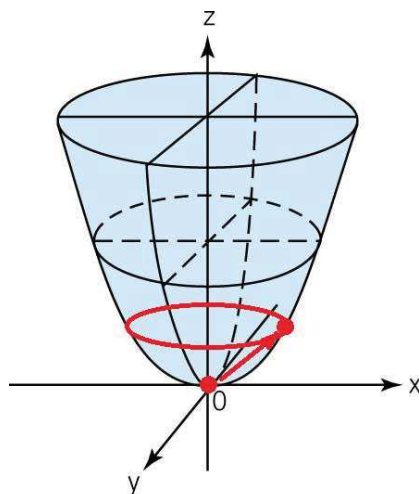
2. Кондензат (condensate)

Кондензацията на Бозе-Айнщайн е агрегатно състояние на физична система от бозони с температура много близка до абсолютната нула. Така свръх-охладените атоми изпадат в квантово състояние, много близко до основното, при което квантовите ефекти стават видими на макроскопично ниво (фиг. 1). Причината да разглеждаме това явление е, че в природата съществува такова поле - кондензат (condensate), при което не е необходимо да се подава енергия на дадена частица, за да напусне тя равновесното си положение и да започне да

осцилира. В нормално състояние на поле е логично да е необходима енергия за изваждането на частица от началното ѝ състояние. След което е необходима още енергия за предизвикването на осцилация по определен начин (фиг. 2).



Фиг. 1. Кондензат на Бозе-Айнщайн от калциеви атоми (ФТИ, Германия)



Фиг. 2. Осцилация на частица по окръжност на параболоид

На фиг. 2 се вижда ясно, че частицата напуска точката с координати $(0, 0, 0)$ и започва движение по произволна окръжност. При събитието, което нас ни вълнува, подобно поле не е достатъчно. Трябва да се създаде такова, при което имаме начално движение и движение на окръжност без добавена външна енергия (фиг. 3). Такава теория е успешно създадена през 1962 от Лев Ландау. Той прилага успешно идеята си, използвайки течен хелий. Това от своя страна е ключ към развитието не само на квантовата механика, но в частност към развитието на свръхпроводниците, използвани в CERN.

Това, което трябва да се обясни, е, че над определена температура, магнитните полета на атомите са насочени хаотично. Еднакво вероятно е магнитното поле на всеки атом да сочи в коя да е посока, така че системата да не различава две различни посоки (те са напълно еквивалентни). В този смисъл системата е симетрична спрямо фиктивните посоки „горе“ и „долу“. При ниски температури всички магнитни полета са насочени в една посока, т.е.

симетрията е изчезнала. Ландау предполага, че има параметър, който може да измери подредеността. Над критичната температура този параметър би бил 0, защото системата ще е в пълна симетрия. Под тази точка, обаче, този параметър придобива нова стойност, понеже се наблюдава спонтанно подреждане. Щом говорим за магнитни полета, то ще назовем този параметър „намагнитване“ и ще го отбележим с $M = (n_+ - n_-)/(n_+ + n_-)$, където n_+ е броят на атомите, сочещи нагоре, а n_- са тези надолу. Ако оставим системата за известно време, тя би останала в равновесно положение (състоянието с най-ниска енергия). Все пак, нека да си представим какво би било, ако нарушим рязко това равновесие, запазвайки температурата. Това би накарало енергията да се променя рязко, докато не бъде оставена отново в равновесно положение. Ландау извежда теория, която обяснява как влияят тези промени на намагнитването.

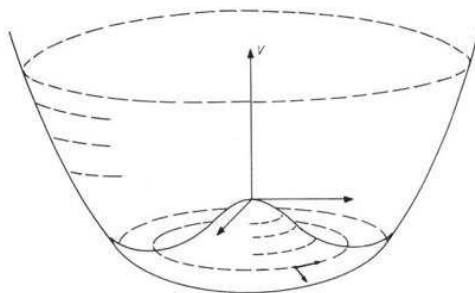
Логично, имаме доста различни взаимодействия между атомите, които не е редно да се пренебрегват, но става ясно, че те нямат значение при толкова ниски температури. Изразът за зависимостта между намагнитването и енергията е следният полином:

$$E(M) = a_0 + a_1M + a_2M^2 + a_3M^3 \dots$$

Тъй като търсим зависимостта между E и M , изключваме a_0 . Освен това говорим за равновесие и няма как да имаме различни заряди. Тоест могат да се елиминират всички нечетни степени, които влияят на знака на равенството. Освен това казахме, че е близостта до критичната температура, доближава M до нула. Тоест премахваме всички членове, които са със степен над 4. Нека променим a_1 и a_4 на α и β , за да отбележим различните възможни посоки на описаната крива. Лев Ландау преценил, че β може да е само положително число, защото отрицателно такова, би изразило крива, обърната надолу, и това би представило отрицателна енергия - нещо, което не съществува. Тоест при $\alpha > 0$, ние ще получим парабола с център - началото на координатната система. При отрицателна стойност ще се получи 2D вариант на кривата от фиг. 3. Казано по-ясно, при α - положително, имаме температура над критичната и полето има един минимум. Аналогично при α - отрицателно, имаме 2 минимума, а температурата е под критичната. Тоест получава се долу-споменатото явление.

На фиг. 3 се вижда началото на координатната система, което не е в най-ниската точка на полето (т.е. потенциалната енергия не е 0 при начални координати). В този случай частицата напуска самостоятелно това положение и достига своето равновесно състояние, което е всъщност движение по окръжността.

В теорията на бозона Хигс е дадена идеята за осцилация между началната координата и периферията на „шапката“ (перпендикулярно на окръжността). Преди да разгледаме по-подробно явленията, които биха се случили в поле на кондензат, ще обърнем внимание на някои частици.



Фиг. 3. „Мексиканска шапка“ на Лев Ландау

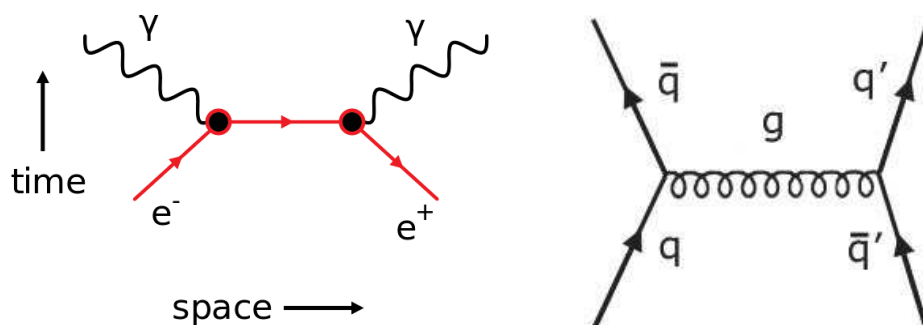
3. Видове частици. Диаграми на Файнман

На фиг. 4 е представена таблица на частиците (ще ги разгледаме от позиция на квантовата механика). Тя включва и суперсиметричните частици, както и античастиците. За процесите, които ще бъдат описани, са необходими глюон, протон, позитрон, електрон, гама-частица, топ-кварк и Z-бозон. Тези частици участват в „странни“ явления – такива, които звучат доста фантастично. Всъщност нас ни вълнува, дали е възможно движението на поток от частици в кондензат. Освен това, възможно ли е частица да приема и отделя енергия съвсем свободно, без да се нарушава „околната среда“ (полето, през което преминава).

Elementary	Fermions	Quarks	$u \cdot d \cdot c \cdot s \cdot t \cdot b$	
		Leptons	$e^- \cdot e^+ \cdot \mu^- \cdot \mu^+ \cdot \tau^- \cdot \tau^+ \cdot \nu_e \cdot \bar{\nu}_e \cdot \nu_\mu \cdot \bar{\nu}_\mu \cdot \nu_\tau \cdot \bar{\nu}_\tau$	
	Bosons	Gauge	$\gamma \cdot g \cdot W^\pm \cdot Z$	
	Others	Ghosts		
	Hypothetical	Superpartners	Gauginos	Gluino • Gravitino
			Axino • Bosino • Chargino • Higgsino • Neutralino • Sfermion	
		Others	$A^0 \cdot \text{Dilaton} \cdot G \cdot H^0 \cdot J \cdot Tachyon \cdot X \cdot Y \cdot W' \cdot Z' \cdot \text{Sterile neutrino}$	
Composite	Hadrons	Baryons / Hyperons	$N(p \cdot n) \cdot \Delta \cdot \Lambda \cdot \Sigma \cdot \Xi \cdot \Omega$	
		Mesons / Quarkonia	$\pi \cdot \rho \cdot \eta \cdot \eta' \cdot \phi \cdot \omega \cdot J/\psi \cdot Y \cdot \theta \cdot K \cdot B \cdot D \cdot T$	
	Others	Atomic nuclei • Atoms • Exotic atoms (Positronium • Muonium • Onia) • Molecules		
	Hypothetical	Exotic hadrons	Exotic baryons	Dibaryon • Pentaquark
			Exotic mesons	Glueball • Tetraquark
		Others	Mesonic molecule • Pomeron	
Quasiparticles	Davydov soliton • Exciton • Magnon • Phonon • Plasmon • Polariton • Polaron • Roton			

Фиг. 4. Таблица на частиците

Различните процеси при взаимодействието на тези частици се описват много лесно с диаграмите на Файнман (фиг. 5). Например:

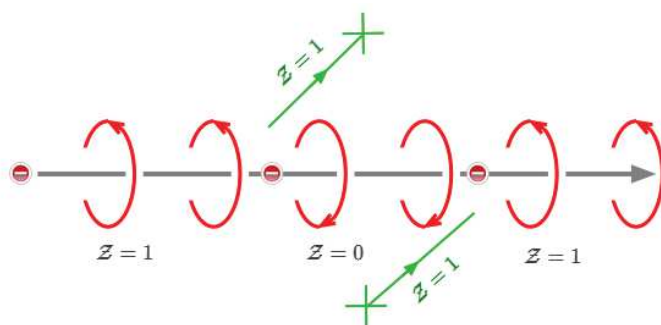


Фиг. 5. Примерни диаграми на Файнман

Тук са представени приемането на гама-квант от електрон, който се превръща в позитрон, отделяйки получения гама-квант. И на дясната фигура е показано отделянето на глюон при превръщането на кварк в анти-кварк. За разлика от кварките и заредените частици, неутриното не може да участва самостоятелно в представения процес. При взаимодействие на неутрино и електрон (или кварк) се излъчва Z -бозон. При този процес зарядът на полето в пространството остава постоянен, защото Z -бозон е електро-неутрален. Бозоните по природа са безмасови частици, макар че теоретично могат да получат маса. Такова състояние не е възможно само за фотоните, защото тогава ние не бихме съществували.

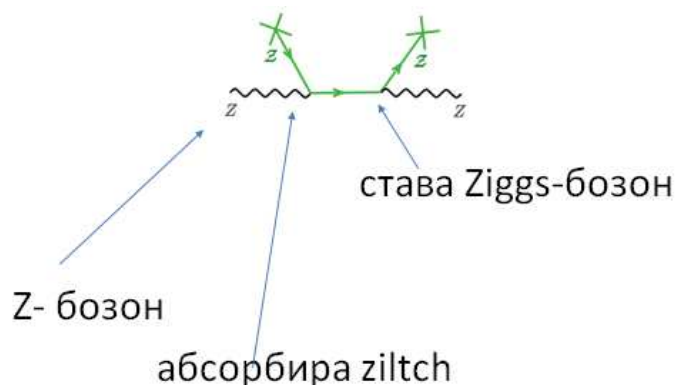
4. Маса

Както стана на въпрос, получаването на маса е възможен процес. Според теорията на Дирак, частица, която не се движи със скоростта на светлината, може да променя своя спин. Броят пъти, през които това се случва, е пропорционален на масата на тази частица. Нека разгледаме излъчването на Z -бозон. Този процес е наречен „Weak Hyper-Charge“. Накратко е назован от Ленърд Сискинд с името „ziltch“. Нека електрон има две състояния: ляво-ориентиран, където избираме да има възможност за 1 ziltch и дясно-ориентиран - 0 ziltch. В Стандартния модел електронът не може да изпълнява преход от 1 към 0 ziltch. Затова е необходима нова фиктивна частица - Ziggs (Xiggs) бозон. Движението на подобна частица във вакуум образува кондензат и процесите на 1 и 0 ziltch не променят енергията на полето (фиг. 6):



Фиг. 6. Преход между различни състояния

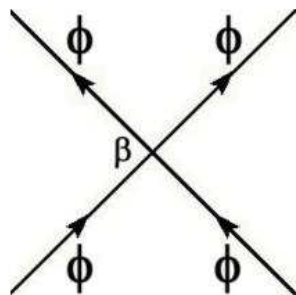
По този начин всъщност Z-бозон получава маса (фиг. 7):



Фиг. 7. Процес на получаване на маса

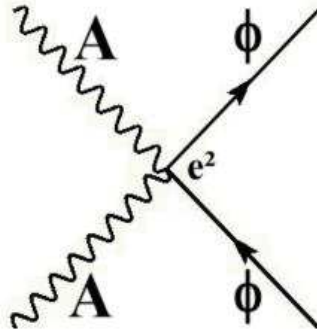
Всъщност Ziggs-бозон е открит и доказан експериментално през 1980 година. Самият процес е наречен „Феномен на Браут-Англер“ (Braut-Englert).

След подобни експерименти и явления на ниво квантова механика, няма как да не се постави въпросът за влиянието на дадено поле върху масата на частица. Откъде идва масата и т.н. Така се поставя първоначалната теория за Higgs-бозон. Питър Хигс конструира модел, който разглежда закона на Ландау, но с параметър Φ – квантово поле. Ако се използва тази форма, то може да се създаде механизъм, развалящ симетрията, обвързваща фундаменталните сили във физиката на елементарните частици. Нека заменим E с V - потенциална енергия на полето и M с Φ - стойност на полето в определена точка: $V = \alpha\Phi^2 + \beta\Phi^4$. Тук (в квантовата механика) β се интерпретира като силата, с която две частици си взаимодействат (фиг. 8):



Фиг. 8. Взаимодействие на две частици (посоката на времето е нагоре)

$\alpha\Phi^2$ е отделената енергия за образуване на Φ частица. В квантово поле α се интерпретира като маса на Φ . Но какво се случва, когато друг тип частици навлязат в това поле? Например фотон, носещ електромагнитна енергия (частици A). Реакцията между Φ и A допринася за повишаването на потенциалната енергия V (фиг. 9):



Фиг. 9. Сблъсък на електрон с Φ частица

Както бе представено на фиг. 3, можем да опишем и сегашния процес. В началните мигове на Вселената температурата е била свръх-висока и α е била положително число. Тук е аналогично условието с намагнитването, но критичната температура е коренно различна - един трилион градуса. Под тази температура α вече е отрицателно число и най-ниското енергийно състояние е окръжността в дъното на „шапката“. Полето Φ започва да „търси“ равновесното си състояние и настъпват флуктуации около ненулевите стойности. Нека стойността, близка до 0 на Φ , отбележим с t . Самото Φ -поле вече не е нула, дори в абсолютно празно пространство, също като магнитното поле в постоянен магнит не е нула.

Квантовото поле Φ осцилира около t , минималната енергия на полето. Хигс-полето се състои от две части: едно константно поле, а другата част е променлива, което всъщност е самата частица Higgs. Всички частици, които се сблъскват с частиците Хигс, се влияят и от полето. Казано просто: $\Phi = t + H$. Ако се върнем назад и погледнем отново сблъсъка с електрони, то можем да напишем следния израз: $e^2 A^2 (t + H)^2$. Като разкрием скобите, се получава: $e^2 t^2 A^2 + 2e^2 t H A^2 + e^2 H^2 A^2$.

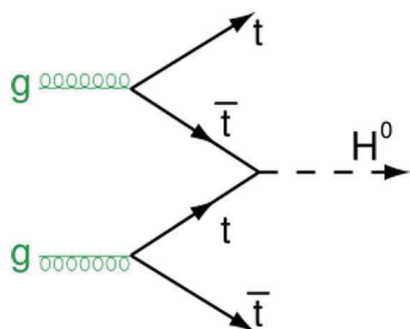
След като казахме, че $t > 0$, а силата, носеща A е свързана с безмасови частици (фотон). Все пак под критичната температура A получават маса $e^2 t^2$. Така симетрията на силите е разбита спонтанно, а безмасовите частици се трансформират в тежки такива.

5. Хигс - феномен. Структура на експеримента

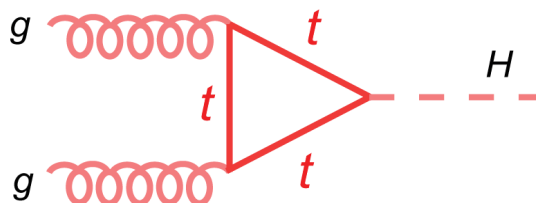
При разпад на Хигс-бозон могат да се образуват кварк и анти-кварк, електрон-позитрон и т.н. Логично, сумата от масите на получените частици трябва да е равна на масата на Хигс-бозон. Тъй като споменахме по-горе, че

частицата на Хигс е тежка, то за образуването ѝ са необходими също тежки частици, т.е. необходимо е да се вложи голямо количество енергия.

Най-тежък измежду фермионите е *top*-кваркът. Той обаче е труден за намиране, защото се разпада бързо и трудно се ускорява. LHC има за цел да сблъсква тежки частици - протони. След като ги сблъскаме, от тях получаваме най-важната частица за експеримента – глюонът. Схемата на образуване на Хигс бозон е показана на фиг. 10:



Фиг. 10. Сблъсъкът на *top*-кварк и анти-*top*-кварк, получени от 2 глюона



Фиг. 11.

Друга схема, с която се описва процесът е показана на фиг. 11:

6. Откритие и изводи

Първоначалните данни, изведени от експеримента, не доказват откритието на частицата Хигс. Вижда се, че времето за разпад на Хигс-бозон в 2 електрона, е приблизително 1.5 пъти по-малко от очакваното. Това за нивото на квантовата механика е голяма грешка. Въпреки съмнителните начални данни, все пак частицата е официално приета за доказана година по-късно през март 2013. Съмненията, че това е нова и неочаквана супер-симетрична частица бързо се размиват и сега остава светът да следи и очаква какво ново може да се научи оттук нататък.

Литература:

1. [HTTP://PLUS.MATHS.ORG/CONTENT/SECRET-SYMMETRY-AND-HIGGS-BOSON-PART-I](http://plus.maths.org/content/secret-symmetry-and-higgs-boson-part-i)
2. [HTTP://PLUS.MATHS.ORG/CONTENT/SECRET-SYMMETRY-AND-HIGGS-BOSON-PART-II](http://plus.maths.org/content/secret-symmetry-and-higgs-boson-part-ii)
3. [HTTP://WWW.SCIENCE20.COM/QUANTUM_DIARIES_SURVIVOR/FASCINATING_NEW_HIGGS_BOSON_SEARCH_DZERO_EXPERIMENT](http://www.science20.com/quantum_diaries_survivor/fascinating_new_higgs_boson_search_dzero_experiment)
4. ЛЕКЦИЯ НА LEONARD SUSSKIND:
[HTTP://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=JQNg819PiZY](http://www.youtube.com/watch?v=JQNg819PiZY)
5. „КОСМИЧЕСКИЯТ ПЕЙЗАЖ“ - LEONARD SUSSKIND (ИНФОДАР 2012)

РАЗВИТИЕТО НА ИНФОРМАЦИОННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ

Васил Теохаров

ФКСУ, Технически Университет-София, София 1000, бул. "Кл. Охридски" 8, България,
e-mail: vtteoharov@abv.bg

Резюме. Представена е основна информация за развитието на информационните технологии. Разглежда се тяхната еволюция от древността и по-подробно в наши дни. Ограниченията за минитюризацията на транзисторите и новите технологии, които ще ускорят развитието в областта на ИТ.

Ключови думи: флопс, закон на Мур, суперпозиция, кюбит, GRID, данни.

1. Увод

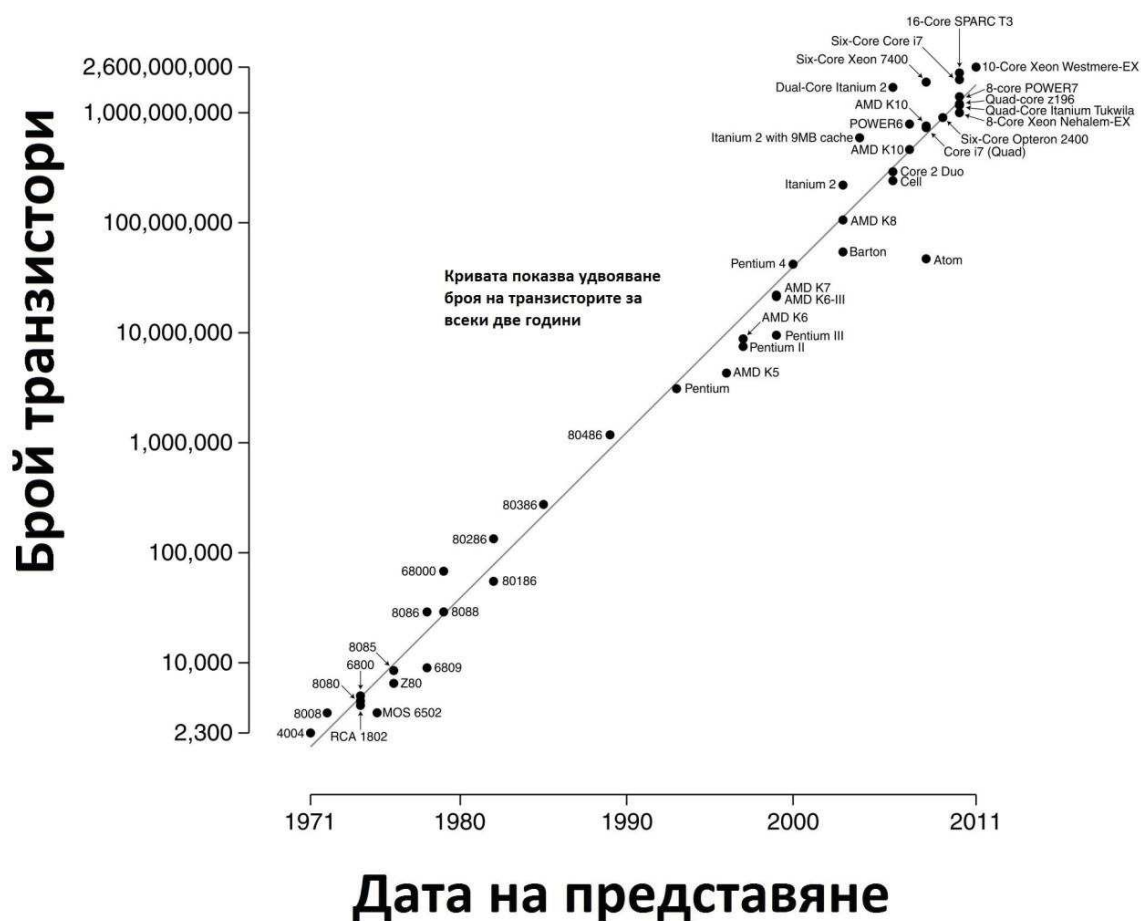
Информационните технологии (ИТ) са група технологии, предназначени за събиране, обработка, съхранение и разпространение на звукова, графична, текстова и числена информация, използващи за тази цел базирано на микроелектрониката съчетание от компютърна и телекомуникационна техника. Информационните технологии използват за обработка и съхранение на информация електронноизчислителни машини - компютри.

Хората са съхранявали, извличали, манипулирали и предавали информация още от древността започвайки от шумерите в Месопотамия, които създали писмеността около 3000г. пр.н.е., но терминът информационни технологии в модерния си смисъл появява за първи път през 1958 в статия, публикувана в Harvard Business Review; с автори Harold J. Левит и Thomas L. Whisler. Въз основа на технологиите за съхранение и обработка на данни, е възможно да се разграничат четири отделни периода в развитието на ИТ: пред механичен (3000 г. пр.н.е. – 1450г. сл.н.е.), механичен (1450-1840), електромеханичен (1840-1940) и електронен (1940-досега). Този доклад се фокусира върху най-новия период (електронен), който започва около 1940. Първите електронни компютри се появяват в средата на 20 век, като само за няколко десетилетия ефективността и достъпността им нарастват до такава степен, че те започват да се използват в почти всяка област.

2. Закон на Мур

Към средата на миналия век, компютрите използващи вакуумни лампи могли да извършват от порядъка на 10^3 операции с плаваща запетая в секунда (флопса), докато днес съществуват суперкомпютри, чиято мощност е повече от

10 петафлопса (10^6 флопса). Изключителният растеж на изчислителната мощност стана възможен благодарение на напредъка в миниатюризацията, който може да се опише количествено със закона на Мур (фиг. 1). Този закон е резултат от наблюдение, направено от Гордън Мур през 1965г.: броят на транзисторите върху един чип на интегрална схема се удвоява всеки 18 - 24 месеца. От момента на формулировката на закона на Мур са изминали близо 50 години. През 2007 самият Мур заявява, че вероятно неговият закон скоро ще престане да действа поради достигането на границата на намаляване на размерите на електронните елементи поради атомната природа на материята и физическите ограничения.



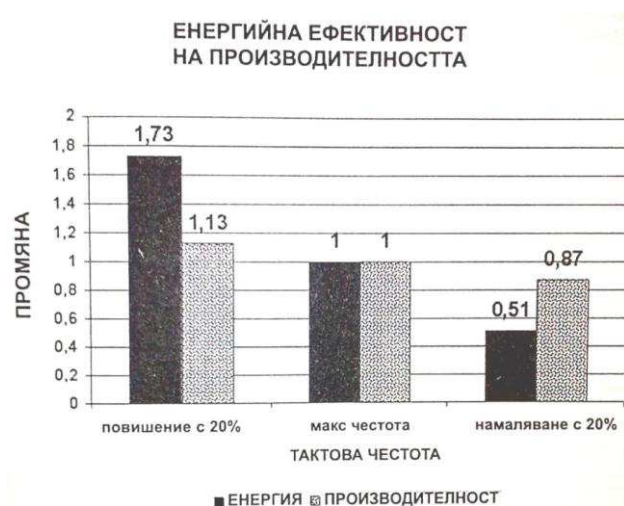
Фиг. 1. Закон на Мур 1971-2011г.

Увеличение на броя на транзисторите на различни производители от 1971 до 2011г. Количеството им наистина се удвоява на всеки 2 години. В днешни дни се наблюдава забавяне на действието на закона поради достигане на гранични стойности в размерите на транзисторите. Ограничение се явява охлаждането на все по-малките елементи. Очаква се в близките години да бъде разработена нова технология за развитие на компютърните технологии.

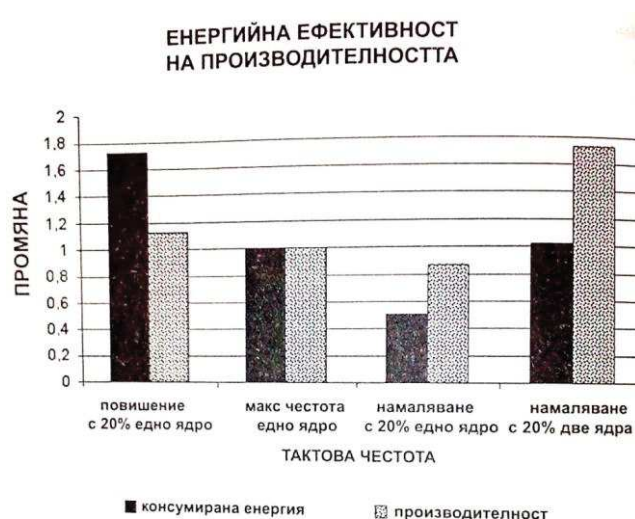
3. Многоядрени процесори и платформи

Електронните CMOS ключове използвани в процесорите на компютрите, консумират най-много енергия по време на превключване. Повишаването на тактовата честота на процесора води до увеличаване на консумираната мощност и така до загряване на процесора.

Изследванията на компанията *Intel* показват, че увеличаването на тактовата честота на процесор с едно ядро с 20% води до повишаване на бързодействието му с 13% и същевременно консумираната енергия се увеличава със 73% (фиг.2). Също така намаляването на тактовата честота на процесор с едно ядро с 20% води до намаляване на консумираната енергия с 49% като бързодействието на процесора спада само с 13%. Двухъдрен процесор, който работи при тактова честота, намалена с 20%, осигурява повишаване със 73% на производителността като консумира приблизително същата енергия като процесор с едно ядро при максимална тактова честота (фиг. 3).



Фиг. 2. Енергийна ефективност на производителността на процесор с едно ядро при вариране на тактовата му честота.



Фиг. 3. Сравнение на енергийната ефективност на производителността на процесор с едно ядро и на двухъдрен процесор при вариране на тактовата честота.

Термалната „стена“ представя значителното увеличаване на разсейваната мощност с мащабирането на тактовата честота на процесорите. Традиционните подходи за охлаждане на компютърните системи не предлагат ефективно решение на проблема, а вграждането на по-ефективни охлаждащи системи би довело до оскъпяване и увеличаване на габаритите на компютърните системи.

Общата тенденция в развитието на архитектурата на процесорите е вграждането на десетки, дори стотици ядра, като комбинирането с технологии като „памет-в-чипа“, едновременната многонишкова обработка, и използването на специализирани хетерогенни ядра (цифрови сигнални процесори, крипто-

блокове, и др.) осигурява допълнителни подобрения, особено при мултимедийни приложения, разпознаването на образи и мрежовите приложения. При мобилните компютри усилията се съсредоточават върху подобряването на енергийната ефективност (производителност за ват) с управление на захранването с фина или ултра фина гранулярност и динамично мащабиране на напрежението и тактовата честота (*Dynamic Voltage and Frequency Scaling - DVFS*).

4. Суперкомпютри

Суперкомпютри се наричат компютъри, които за момента на създаването си притежава най-високите показатели на капацитет на обработка на данни и в частност, скорост на изчисленията (фиг. 4.).



Фиг. 4. *Tianhe-2* със своите 33,86 петафлопса е най-високопроизводителният компютър в света, според *TOP500* списъка за периода юли-ноември 2013г.

Суперкомпютрите се използват за решаване на задачи, които изискват огромни количества изчисления в секунда. Такива са например проблеми от квантовата механика, метеорологични прогнози и изследвания на климата, моделиране на структури и свойства на химични съединения, биологични макромолекули, полимери и кристали, криптоанализ, физични симулации (например на самолет във аеродинамичен тунел, на взривяване на ядрени оръжия, на ядрен синтез).

Основни потребители на суперкомпютри са големите световни университети, научноизследователски институти, военните ведомства.

5. Квантови компютри

Една от най-популярните "технологии на бъдещето" са т.нар. квантови компютри. Идеята за използване на квантовите свойства на елементарните

частици за изчислителни цели не е нова и датира още от 70-те години на 20 век.

Години наред темата е поле на изцяло теоретични разработки. В началото на 21 век обаче учените вече работят интензивно върху изграждането на хардуера. Естествено, най-често задаваният въпрос от неспециалистите е „Какво е квантов компютър?“.

За разлика от електронните изчислителни устройства, които използват електричество, квантовият компютър съхранява и обработва данни, като експлоатира квантовите свойства на атомите и на елементарните частици. Информацията в традиционния електронен компютър се съхранява под формата на битове, които може да имат едно от две възможни състояния - 0 или 1. При квантовия компютър информацията се съхранява в „кюбити“ (т.е. квантови битове), които може да бъдат не само в състояние 0 или 1, но и в двете едновременно (0 и 1).

Причината за многовариантността на кюбитите е във фундаменталния закон на квантовата механика, наречен „суперпозиция“. Зад тази загадъчна дума се крие възможността атомите и елементарните частици да пребивават едновременно в две различни състояния. Например те може да бъдат едновременно в две алтернативни енергийни състояния или пък да се въртят около оста си в две противоположни посоки едновременно. От практическа гледна точка суперпозицията на кюбитите в квантовия компютър означава, че всяка операция, извършена с един кюбит, работи едновременно с две различни стойности, вместо с една, както при традиционните компютри, т.е. още на базово ниво квантовите компютри осигуряват двойно по-голям ресурс за обработка и съхранение на информация. Съответно система от два кюбита оперира едновременно с четири стойности и т.н. - изчислителният капацитет се увеличава в геометрична прогресия с увеличаването на броя на кюбитите в квантовия компютър. За перспектива - система с няколкостотин кюбита може да съхранява повече числа, отколкото е броят на атомите във Вселената.

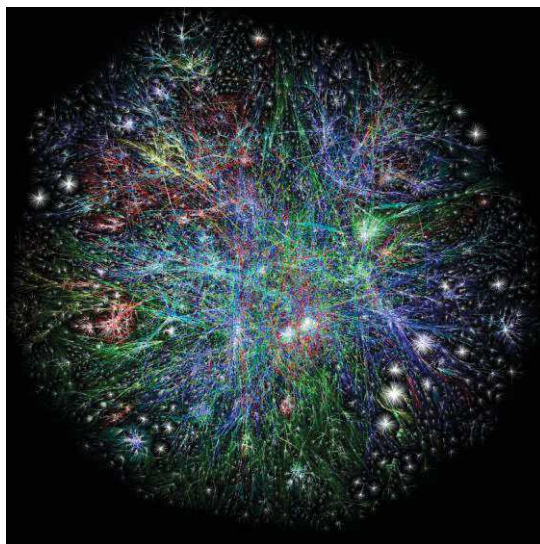
Това обаче далеч не е всичко. Друг феномен, експлоатиран от квантовите компютри, е т.нар. entanglement (сдвояване, свързаност) - явление толкова странно, че самият Айнщайн го е нарекъл „призрачно действие от разстояние“ (spooky action at a distance). Под това се разбира свойството на частиците да се свързват от разстояние без никаква физическа връзка между тях. Иначе казано, кюбитите в един квантов компютър могат да споделят състоянията си, т.е. това, което се случва с един от тях, се случва и с всички останали. Практическият резултат от тази странност е възможността за масивна паралелна обработка на информация - друг фактор, който определя потенциала на квантовите компютри. При използването на подходящи алгоритми суперпозицията и квантовата свързаност ще доведат до чудовищна, почти невъобразима изчислителна мощ.

Проведените до момента практически експерименти показват например, че един квантов компютър ще може да разбие за секунди дори най-непробиваемите кодове и пароли. Друго специфично приложение, в което се

проявява огромното предимство на квантовите изчисления, е работата с бази данни. Например претърсването на база данни, съдържаща 10 млрд. позиции, може да стане 100 хил. пъти по-бързо в сравнение с класически компютър със същия брой битове.

6. Световната мрежа

Световната мрежа World Wide Web е сред запомнящите се приноси на ЦЕРН хем в науката, хем в живота. WWW не означава Интернет. Тя е създадена през 1989г. от Тим Бърнърс-Лий, който през 1976г. завършва с отличие бакалавърска степен по специалността физика в Кралския колеж при Оксфордския университет учен от ЦЕРН. Първоначалната цел е да подобри и забърза обмяната на данни между физици от различни институти по целия свят за целите на организацията.



На 6 август 1991 година Тим Бърнърс-Лий публикува съобщение в Usenet групата *alt .hypertext*, с което на практика прави World Wide Web публична услуга, достъпна в Интернет. Месец по-късно в Станфордския линейноускорителен център започва да функционира първият уеб сървър, разположен извън Европа. През следващите месеци системата постепенно се разпространява в научни центрове в различни части на света. През 1992 година се появяват първите графични браузъри след оригиналния WorldWideWeb, които вече са предназначени за по-широко разпространената операционна система UNIX. Година по-късно се появява браузърът Mosaic, който играе важна роля в популяризирането на World Wide Web. Също през 1993 година CERN обявява, че системата ще може да бъде използвана свободно и безплатно от всички. През 1994 година е основана организацията World Wide Web Consortium, включваща различни заинтересовани организации и имаща за цел утвърждаването на технически стандарти, свързани с функционирането на World Wide Web.

7. GRID технологиите

GRID е следващото стъпало над WWW, чийто основен тласък отново идва от ЦЕРН. Тази технология ще позволява да се използва целият наличен хардуер на компютрите, свързани в мрежата, за да се обработват и предават огромни масиви от данни. WWW няма система за такова разпределено изчисление и не използва всички ресурси на мрежата.

GRID технологиите са инфраструктура за управление на изчисления и данни, която осигурява електронна среда за глобално общество – бизнес, управление, изследвания, наука и забавления. Интегрира компютърните мрежи, компютърните комуникации, изчисления и информация, като осигурява виртуална платформа за мениджмънт на изчисленията и данните аналогично на Интернет, интегрира ресурсите като формира виртуална платформа за информация.

GRID предлага: Научни портали, които дават възможност да се прилагат нови методи за решаване на проблеми като могат да се използват софтуерни пакети посредством отдалечен достъп чрез Web браузъри или лесно сваляни програми.

Разпределени изчисления - високо скоростни работни станции и мрежи, обработващи паралелни програми, могат да осигурят значителни изчислителни мощности (агрегати от изчислителни ресурси). Анализ на широкомащабни данни - тези проблеми обикновено се характеризират с потенциален паралелизъм по данни. Например при ядрената физика експериментите изискват десетки хиляди процесора и стотици терабайта дисково пространство за съхранение на междинните резултати.

DataGrid: Европейският проект DataGrid на CERN, е финансиран от Европейския съюз с цел изграждане на изчислителни GRID ресурси за анализ на данни при научни изследвания <http://eu-datagrid.Web.cern.ch/>. Главното приложение е Large Hadron Collider (LHC), който ще работи в CERN 2005-2015г. и ще даде тласък на познанията в областта на енергията на частиците, плътността и честотата на колизии - суперсиметрични кварки и лептони. Широкомащабна изчислителна среда, обхващаща разпределени колекции от файлове, бази данни, компютри, научни инструменти и устройства.

Целите на проекта са:

1) Имплементиране на middleware за GRID мениджмънт, вкл. оценка, тестване и интеграция на съществуващия софтуер и изследване и разработка на нов софтуер.

2) Да се разработи мащабна експериментална среда.

3) Да се осигурят качествени демонстрации.

Проектът е разделен на 12 работни пакета, разпределени за разработка от 4 работни групи.

- Експериментална платформа и инфраструктура.

- Приложения.
- DataGrid middleware.
- Мениджмънт и разпространение.

Използва се за приложения в биологията, наблюдение на Земята, високо ядрена физика.

8. Интернет на нещата

Какво представляват „Интернет на нещата“? (фиг. 5) Концепцията "Интернет на нещата" (Internet of Things или Internet of Everything - IoE) има за цел да свърже колкото се може повече предмети от заобикалящата ни среда с глобалната мрежа, които непрекъснато обменят информация помежду си. Технологията ще позволи ежедневно употребявани вещи като телефони, автомобили, домакински уреди, дрехи и дори храни да се свързват безжично към Интернет чрез интелигентни чипове. Така тези вещи ще могат да събират и обменят данни помежду си.



Фиг. 5. „Интернет на нещата“

Днес средностатистическият човек притежава поне две вещи, свързани към Интернет, става ясно от данни на Европейската комисия. Очаква се до 2015г. този брой да нарасне на 7, а общият брой на безжично свързаните устройства в света - на 25 милиарда. До 2020г. този общ брой може да се удвои на 50 милиарда. Това означава, че в бъдеще е възможно множество неща от ежедневието да бъдат обвързани помежду си.

Иновацията на "интернет на нещата" трябва да облекчи и оптимизира различни процеси, да създаде нови, което съответно да генерира допълнителни приходи или да спести определени разходи. По оценки на технологичния гигант Cisco през следващото десетилетие те ще достигнат 19 трлн. долара. Компанията разчита на проучване сред 7500 бизнес и IT мениджъри в 12

държави от целия свят. Според резултатите фирмите, които използват свързаността между устройства, данни, процеси и потребители, за да подобрят ефективността на своите продукти или услуги, ще реализират и най-големи печалби. "В производството ще видим все повече и повече интелигентни фабрики с автоматизирани системи, роботи, сензори, които наблюдават потреблението на енергия, веригата за доставки и качество", според Майкъл Гансър, вицепрезидент на Cisco за Централна Европа. Според Гансър 2014г. ще бъде повратна точка не само за ИТ индустрията, но и за това как информационните технологии могат да преобразят други сектори в рамките на образованието, предприемачеството, производството и услугите. Това ще се дължи на факта, че предстои най-голямата по негови думи трансформация – свързването на всичко в глобалната мрежа. Гансър дава за пример, че през 1984г. е имало едва хиляда свързани устройства, докато през 2010г. те са надминали 10 млрд. Очакванията на Cisco са през 2020г. те да достигнат 50 млрд. устройства и да продължат да се увеличават със силно темпо.

9. Заключение

Лесно е да се види огромното въздействие на компютрите върху всекидневния живот. Важността на компютрите е толкова голяма, че е подходящо да се каже, че днес ние живеем в информационната ера. Тази информационна революция стана възможна благодарение създаването на транзисторите, т.е. благодарение обединението между науката за компютрите и квантовата физика. Растежът на произвеждащата компютри индустрия върви ръка за ръка с намаляването на размерите на интегралните схеми. Миниатюризацията на транзисторите ни показва, че законите на квантовата механика ще оказват все по-голямо влияние върху информационните технологии.

Литература

- [1] www.wikipedia.com
- [2] П.Боровска, Компютърни системи
- [3] Дж. Бененти и Дж. Касати, Квантови компютри: до къде сме стигнали?
- [4] П.Боровска, Лекции по технологии GRID
- [5] http://www.capital.bg/biznes/tehnologii_i_nauka/

CORRELATION RELATIONSHIPS BETWEEN THE POTENTIAL GEOPHYSICAL FIELDS (ΔG AND ΔZ) AND THE SEISMICITY IN THE PERNIK REGION RELATED TO THE EARTHQUAKE FROM 22ND MAY, 2012

Miglena Yankova¹, Stefan Dimovsky¹, Boyko Rangelov¹

Geology Faculty, University of Mining and Geology, Sofia,
e-mail: miglenayankova@gmail.com

Resume: Cross correlation analysis is performed to reveal the relationships between the potential fields: gravitational (Δg – Bouguer anomaly) and magnetic (ΔZ – anomaly) with the seismicity epicenters generated by the aftershock sequence of the strong M5.8 (22nd May, 2012) earthquake in the Pernik Area. Different scenarios are tested to find the optimal relationships and to visualize possible correlation. The method applied is two dimensional sliding windows with the different sizes. The potential fields and the seismicity are investigated separately (Δg and seismicity, ΔZ and seismicity and Δg vs. ΔZ), and mixing all possible combinations. The results obtained show high dependency of the window size and spots with higher and lower correlation.

Key words: Cross correlation, magnetic and gravitational potential fields, Pernik earthquakes, SIMORA Project

1. Introduction

The cross correlation analysis is a powerful tool to reveal the possible relationships between any populations of values of the different parameters. In this case the effective action is due to the constant behaviors of the measured and investigated fields: on one side – the local seismicity related to the 22nd May 2012 earthquake (aftershock sequence) and the spatial distribution of the potential geophysical fields – gravity and magnetic [1]. Usually the gravity field (Bouguer anomaly) is frequently used to discover the lateral density inhomogeneities in the earth's strata [2]. The influence of the different “noise” factors are eliminated preliminary by different “corrections” which helps the interpretation to solve the reverse problem to disclose the reasons representing the density discontinuities. In this direction the two dimensional correlation between the gravity field and seismic activity can reveal the interrelations due to the block structures (reflected in the gravity field) and the boundaries of these block structures frequently interpreted as “faults” (reflected by the seismic activation) . On the other side the magnetic field usually correlate with the gravity field – both known as potential fields. In this study all cross correlation relationships are investigated to discover the quantitative correlation between all involved parameters [3].

2. Cross-Correlation analysis

According to the theory [4],

$$\rho_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^N z_{Xi} z_{Yi}}{N} \quad (1)$$

Is the correlation coefficient between the two variables X and Y. N – is the number of pairs under correlation.

In our case the row score formulas are performed:

If the measured values are:

$z_X = \frac{X - \mu_X}{\sigma_X}$ - for the X parameter and $z_Y = \frac{Y - \mu_Y}{\sigma_Y}$ - for the Y parameter, then they are called dispersions. Using, (1) is easy to obtain:

$$\rho_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu_X)(Y_i - \mu_Y)}{\left[\sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu_X)^2} \right] \left[\sqrt{\sum_{i=1}^N (Y_i - \mu_Y)^2} \right]} \quad (2)$$

To make easier for calculations we can transform the formulae in

$$\rho_{XY} = \frac{N \sum_{i=1}^N X_i Y_i - \sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i}{\sqrt{[N \sum_{i=1}^N X_i^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2][N \sum_{i=1}^N Y_i^2 - (\sum_{i=1}^N Y_i)^2]}} \quad (3)$$

In case if N measurements have been done then the formula can be transformed into:

$$r_{XY} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}} \quad (4)$$

This is the general relationship used for the calculations between the seismicity and gravity field (Δg), as well as between the seismicity and the vertical component of the magnetic field (ΔZ). As calculation parameter of the seismicity, the distance to the epicenters to all observed earthquakes with a magnitude greater then 3 is called d. The possible interpretation of the obtained values is presented at Table 1.

Table.1

Correlation coefficient r	Interpretation
0.00 до 0.30 (-0.30 до 0.00)	Very low positive (negative) correlation
0.31 до 0.50 (-0.50 до -0.31)	Low positive (negative) correlation
0.51 до 0.70 (-0.70 до -0.51)	Medium positive (negative) correlation
0.71 до 0.90 (-0.90 до -0.71)	High positive (negative) correlation
0.91 до 1.00 (-1.00 до -0.91)	Very high positive (negative) correlation

3. Methodology

The gravity field (Bouguer anomaly- Δg) is presented by a map in scale 1:100 000.

The magnetic field (ΔZ – the vertical component usually is the most informative component of the magnetic field) is also presented in the same scale together with the local seismicity related to the main shock of the 22nd May seismic event (M5.8). To process these data, the values of the potential fields as well as the seismicity are divided into a grid with dimensions – 100x100 m [2].

Then to calculate the correlation coefficients the theory of cross-correlation analysis has been performed.

The initial maps of the epicenters distribution – Fig.1., the Bouguer anomaly (Δg) – Fig.2. and the vertical component of the magnetic field (ΔZ) – Fig.3. are digitized and the values of each parameter are attributed to the center of a cell with the dimensions 100x100 meters. The grid is transformed by the UTM34N coordination system. The distance between all epicenters of the earthquakes with a magnitude $M_s > 3.0$ (the total number 22) is presented as a map of the equidistance contours and the same grid is performed – Fig.4. The correlation coefficient is calculated using each pair of parameters – d and ΔZ , d and Δg , ΔZ and Δg . The different scenarios covered small, medium and large calculation sliding windows (3, 5, 10 and 20) between the selected parameters. The shift is between 1, 3 and 5 steps in vertical (N-S) and horizontal (E-W) axes. This methodology gives the possibility to reveal the relationships to both (small and large) distances and values of the parameters.

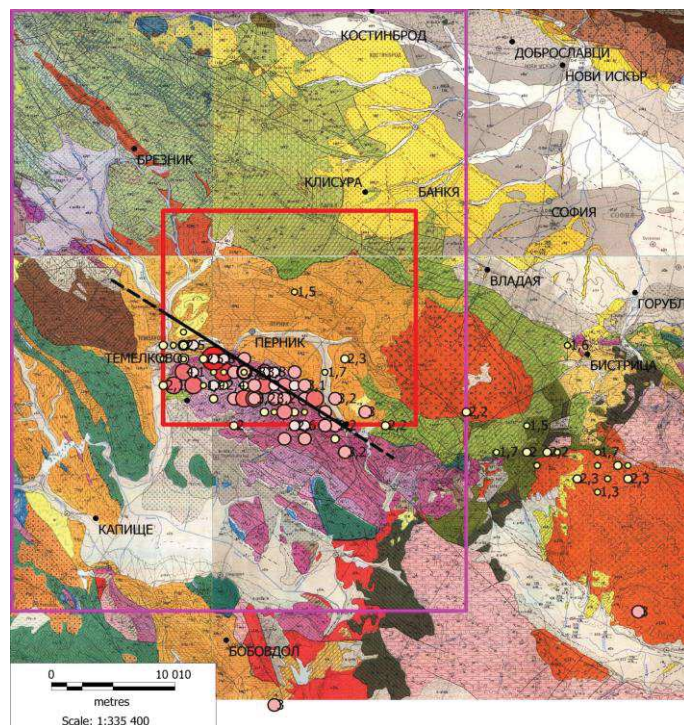


Fig. 1. Earthquakes epicenters of the Pernik seismic event (22nd May, 2012) and its aftershocks presented on the local geology map.

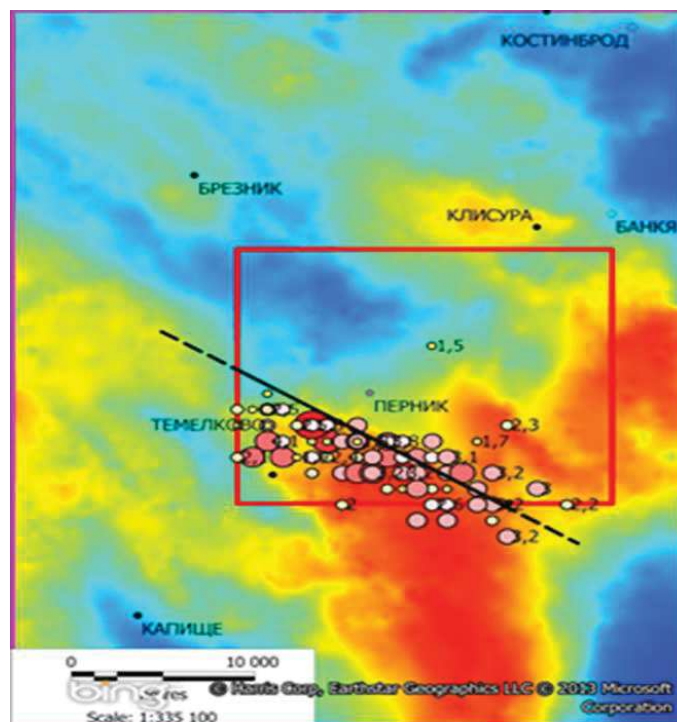


Fig. 2. Gravity map (Bouguer anomaly) in the investigated area. The main shock – red circle and the aftershocks until 31st May, 2012 are indicated. The source elongation is dominated by the black line.

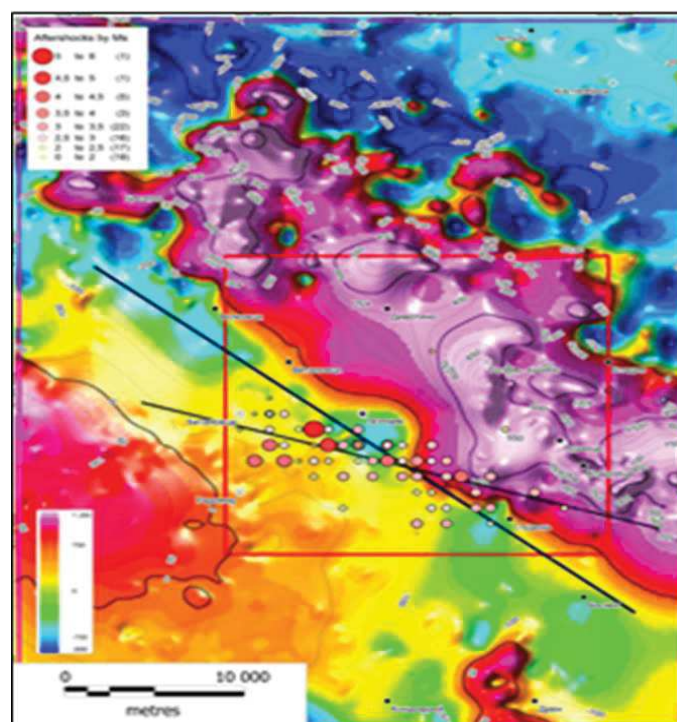


Fig. 3. Magnetic field map (ΔZ in nT) is presented. The solid black line is according the minimum anomalies values.

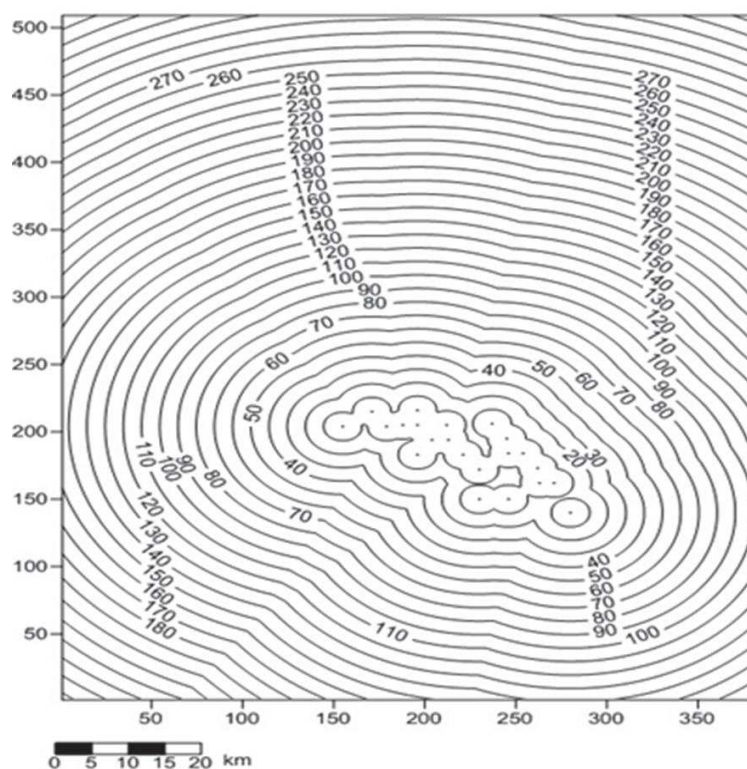


Fig. 4. Distances from the epicenters (earthquakes $M_s > 3.0$) presented as contours, used in the following calculations.

Several scenarios have been developed and visualized – Table 2.:

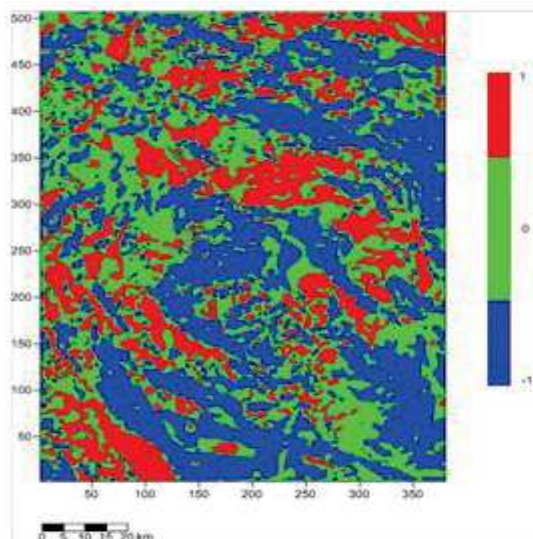
Table. 2

Parameters/ scenarios	Interval rows	Interval columns	Step - rows	Step - columns
Scenario 1/7/13	3	3	1	1
Scenario 2/8/14	5	3	1	1
Scenario 3/9/15	5	5	3	3
Scenario 4/10/16	10	10	5	5
Scenario 5/11/17	20	20	5	5
Scenario 6/12/18	20	20	1	1

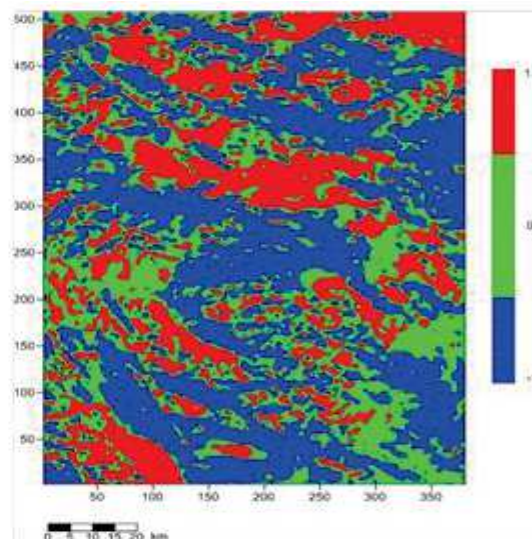
4. Results and discussion

After the calculations all combinations of scenarios are visualized-scenario 1- 18.

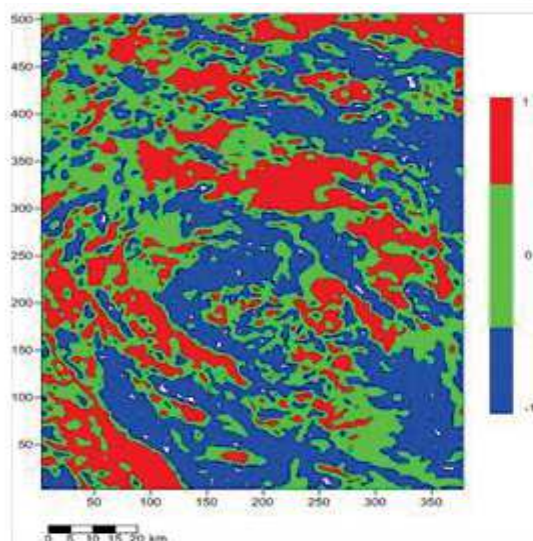
The results are presented in three colors – r (between 0 and +0.5 and 0 and -0.5) – in green; r (between +0.5 and +1) – in red and r (between -0.5 and -1.0) – in blue. It is clearly visible that the small distances show the more fragmented mosaic structure of the correlation and the larger distances and larger sliding windows – more aggregate picture of the positive and negative correlations.



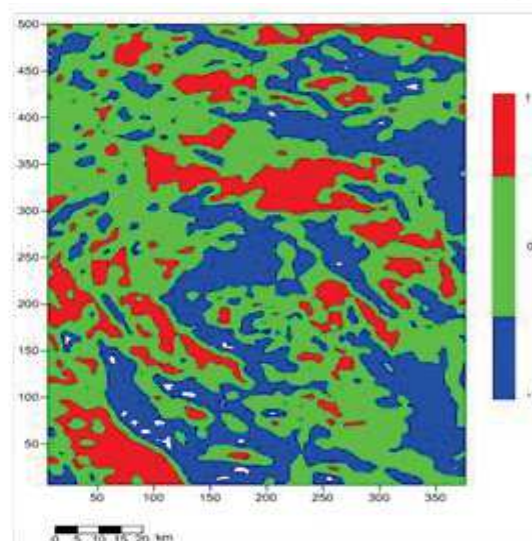
Scenario 1. Correlation between d and Δg



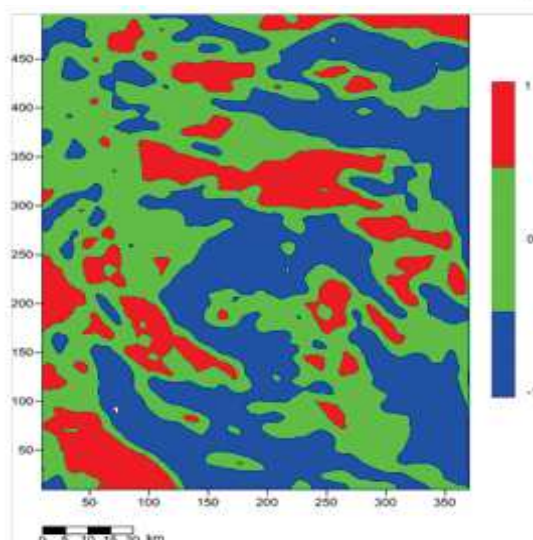
Scenario 2. Correlation between d and Δg



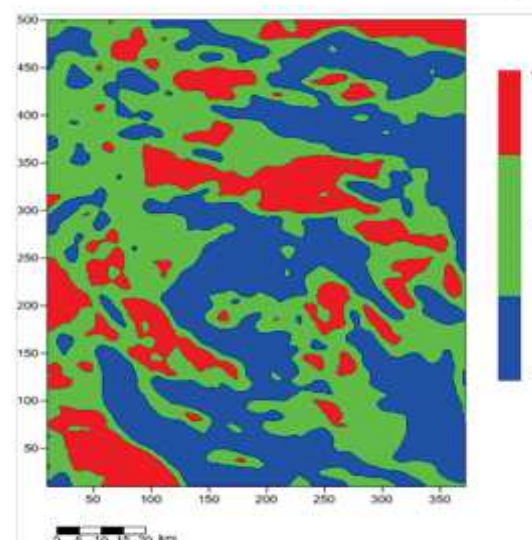
Scenario 3. Correlation between d and Δg



Scenario 4. Correlation between d and Δg

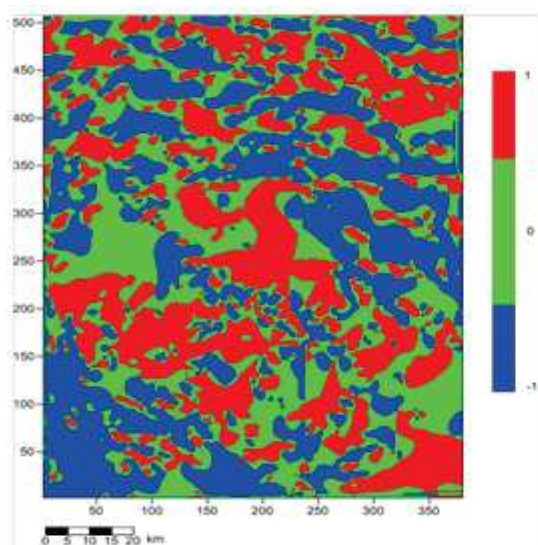


Scenario 5. Correlation between d and Δg

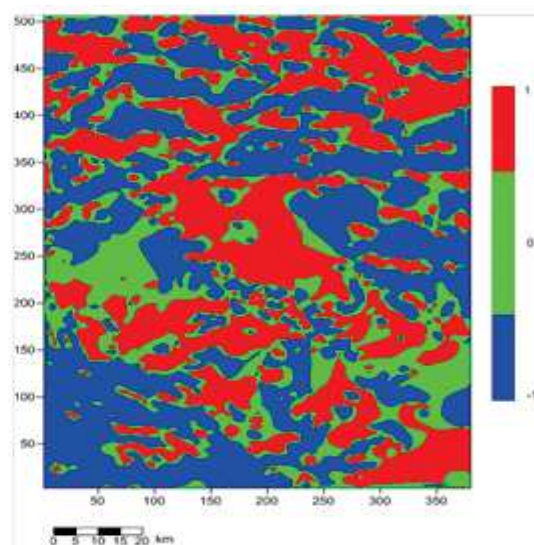


Scenario 6. Correlation between d and Δg

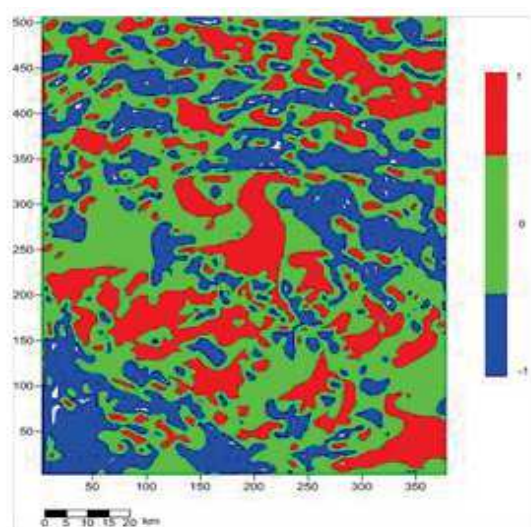
The calculations of the correlation between distance d and ΔZ using the same methodology gives the following scenarios (from 7 to 12).



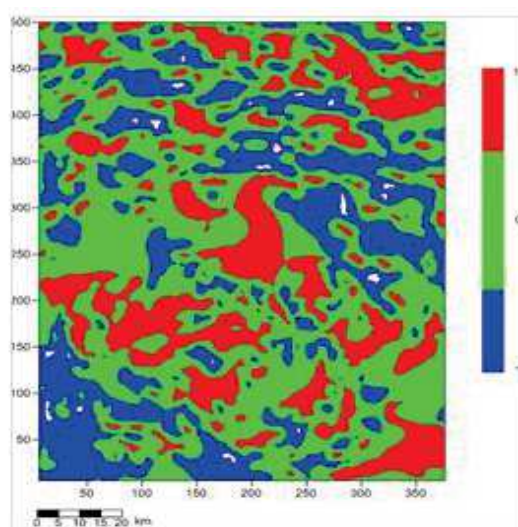
Scenario 7. Correlation between d and ΔZ



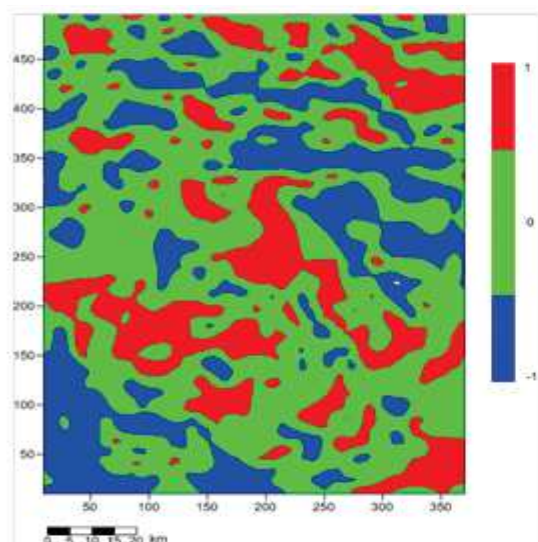
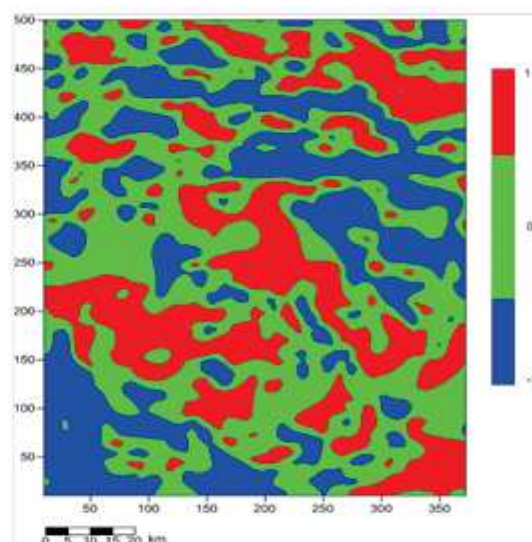
Scenario 8. Correlation between d and ΔZ



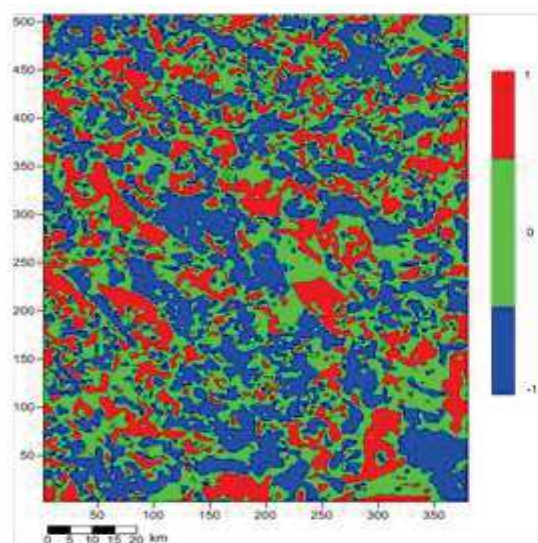
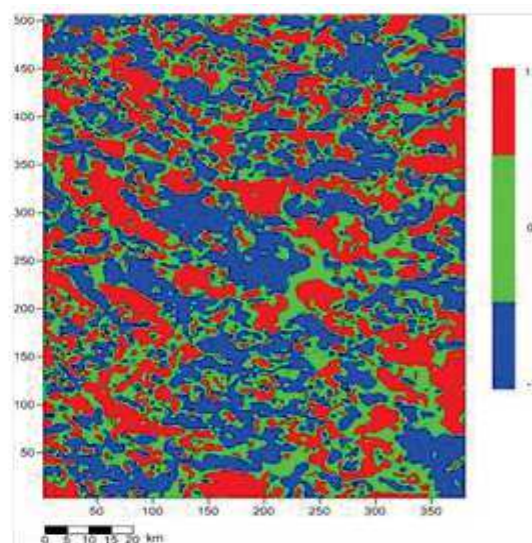
Scenario 9. Correlation between d and ΔZ

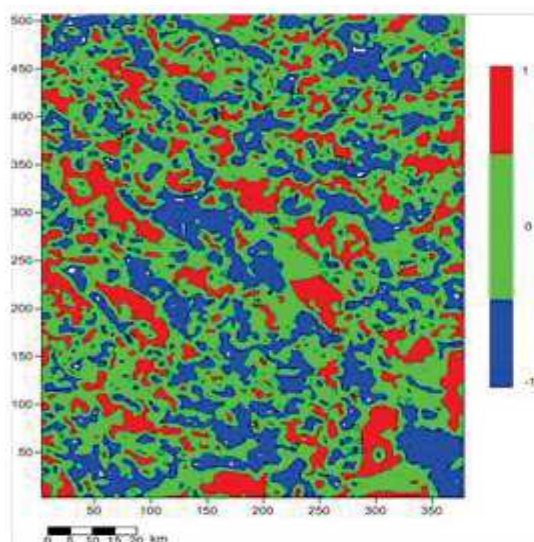
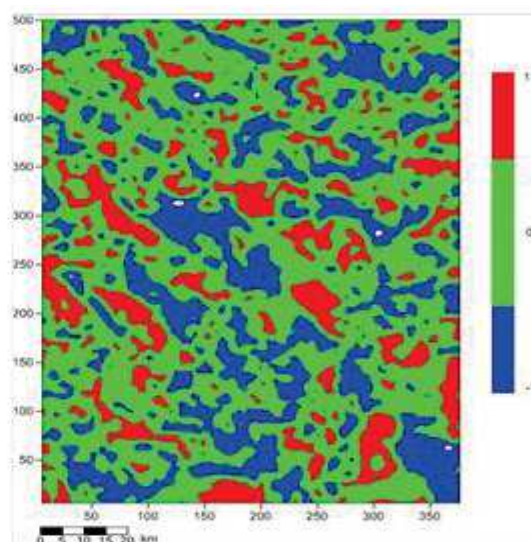
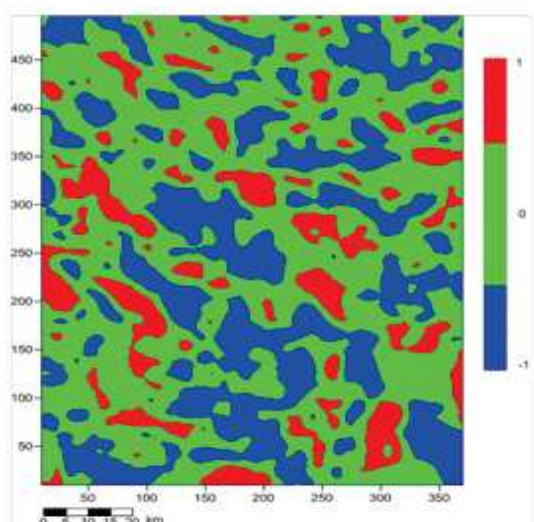
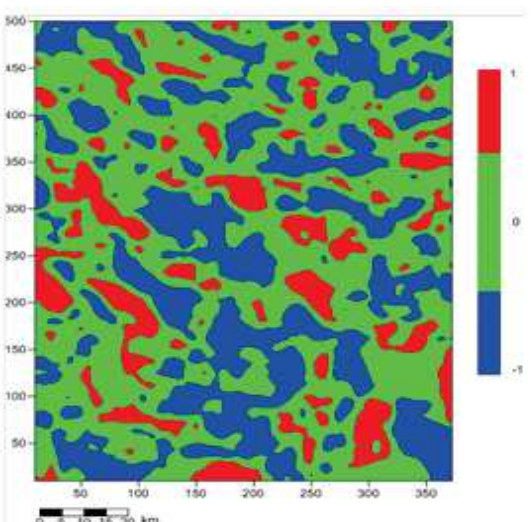


Scenario 10. Correlation between d and ΔZ

Scenario 11. Correlation between d and ΔZ Scenario 12. Correlation between d and ΔZ

The correlation between ΔZ and Δg using the same methodology gives the following scenarios (from 13 to 18).

Scenario 13. Correlation between Δg and ΔZ Scenario 14. Correlation between Δg and ΔZ

Scenario 15. Correlation between Δg and ΔZ Scenario 16. Correlation between Δg and ΔZ Scenario 17. Correlation between Δg and ΔZ Scenario 18. Correlation between Δg and ΔZ

5. Conclusions

- The observed results show relatively low cross correlation between the investigated parameters of the geophysical fields.
- According to the results the small distances and the small sliding windows, show much more fragmented correlation fields.
- The larger distances and larger sliding windows, smooth the correlation field, but do not increase significantly the correlations between the investigated parameters.
- The performed calculations show rather effective results of the cross-correlation method. In the case of the low visual correlation between the

parameters, the results also confirmed the low correlation between the investigated parameters.

- The positive result of the methodology applied is also the confirmation of the block geological-geophysical structure of the investigated region, which is visible on each cross-correlation diagram.

Acknowledgments

This work is supported by the SIMORA Project (DFNI T01/0003)

References

[1] Rangelov B., Paskaleva I, Radichev R, Dimovsky S, Tzankov Ch, Kisiov A, Yankova M, Iliev T, Margarita V., 2013. Complex geophysical investigation for development of seismic monitoring and quasi EWS around Pernik city., Proc. 7th Balkan Geophysical Congress., Tirana, 7-10th October, 2013 (on CD).

[2] Рангелов Б., Р. Радичев, С. Димовски, И. Паскалева, Хр. Цанков, А. Кисъов, М. Янкова, Т. Илиев, М. Василева., 2013., Комплексни геофизични изследвания – основа за построяване на геодинамичен модел и изграждане на система за сеизмичен мониторинг в района на град Перник – Проект СИМОРА., Ann. of M&G University, Vol. 56, Part I, Geology and Geophysics., p. 150-157. ISSN 1312-1820

[3] Рангелов Б. и др., 2013. Комплексни геофизични изследвания в района на Перник., XIII межд.н.конф. ВСУ, 2013. VI-7 - VI-11.

[4] <http://www.nbu.bg/PUBLIC/IMAGES/File/departamenti/.pdf>

ИНДУКТИВНИ РАЗРЯДИ С НЕКОАКСИАЛНА ПЛОСКА НАМОТКА

Христо Търнев

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

Резюме. В доклада са представени резултати от моделиране на индуктивен разряд с планарна намотка, чиято ос е отместена спрямо оста на газоразрядната тръба. Установено е, че в този случай индуцирания в плазмата ток има формата на наклонена елипса. Равнината на елипсата е перпендикулярна на посоката на създаденото от намотката променливо магнитно поле.

Ключови думи: плазмени източници, индуктивни разряди.

1. Увод

Индуктивните разряди се утвърдиха в последните години като едни от най-широко използваните източници на плазма в плазмените технологии [1]. При тях цилиндрична или плоска намотка, по която протича високочестотен ток, създава променливо магнитно поле, което индуцира ток в плазмата, играеща роля на вторична намотка на трансформатор. Трябва да се отбележи, че този трансформатор е силно нелинеен – параметрите на вторичната намотка се определят от тока в първичната намотка.

Една нова тенденция в развитието на индуктивните разряди е конструирането на матрични плазмени източници, състоящи се от няколко газоразрядни камери. В някои конструкции всяка плазмена камера има отделна намотка, а в други случаи (фиг. 1(а)) се предпочита една обща намотка за всички плазмени камери [2]. Проблемите, които възникват в матричните плазмени източници са свързани със взаимното влияние на отделните разряди, проникването на магнитното поле не само през дъното, но и през околните стени на разряда, равномерността в разпределението на погълнатата мощност в отделните тръби на матрицата [3]. В настоящата работа е акцентирано върху един от тези проблеми – проникване на магнитното поле през околните стени на разряда. Този въпрос е от важно значение за случая на една голяма обща намотка за много газоразрядни тръби, за разрядите, които не са разположени в центъра на намотката. Разработен е модел, при който, при зададена плътност на плазмата, се решават уравненията на Максвел и се получава разпределението на електричното поле и индуцираните токове в плазмата. За тестване на модела първо е разгледан добре известният от литературата случай, когато газоразрядната тръба е в центъра на намотката. След това, за да се избегне влиянието на другите тръби в матрицата е разгледан случаят на една неподвижна газоразрядна тръба, като се променя положението на центъра на

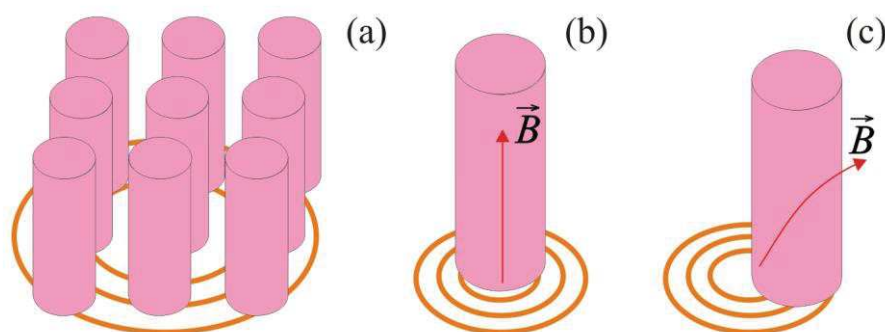
намотката. Установено е, че формата и пространственото разпределение на индуцираният в плазмата ток се определя от посоката на създаденото от намотката магнитно поле.

2. Описание на модела

На фиг. 1(b) и 1(c) са показани схематично двете области на моделиране. Газоразрядна тръба с радиус 2.25 cm е запълнена с плазма с типичния за газовите разряди радиален беселов профил. На оста на разряда концентрацията на електроните е 10^{17} m^{-3} , спадаща до 0 на стените на тръбата. В аксиално направление плътността на плазмата е постоянна. Газоразрядната тръба се намира в цилиндър с радиус 13 cm и височина 10 cm, в който се решават уравненията на Максвел, сведени до уравнение за векторния потенциал $\vec{A}$:

$$\frac{1}{\mu_0} \nabla \times (\nabla \times \vec{A}) + (i\omega\sigma_{\text{pl}} - \omega^2\varepsilon_0) \vec{A} = 0.$$

като ε_0 и μ_0 са електричната и магнитната константа, σ_{pl} е проводимостта на плазмата, а ω е кръговата честота на променливия ток в намотката ($f = \omega/2\pi = 13.56 \text{ MHz}$). Връзката на векторния потенциал с електричното и магнитното поле се дава от $\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$ и $\vec{E} = i\omega\vec{A}$. При извода на горните изрази се предполага, че всички компоненти на електромагнитното поле са пропорционални на $\exp(i\omega t)$. Граничните условия на околните стени и горната основа на областта на моделиране са за нулева тангенциална компонента на електричното поле, съответстващо на съществуващия в експерименталната установка метален екран. Намотката на долната основа се симулира с повърхнинен ток с радиус 2.5 cm. Центърът на намотката съвпада с центъра на газоразрядната тръба (фиг. 1(b)) или е отместен на 2 cm (фиг. 1(c)).

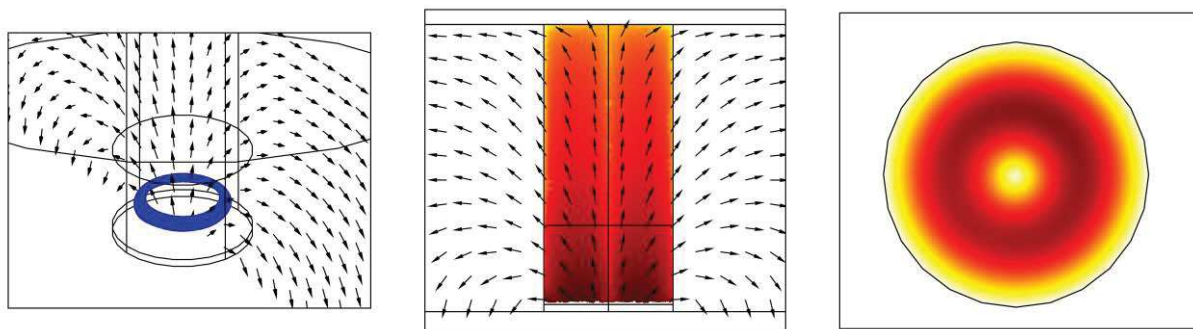


Фиг. 1. Схематично представяне на матричен плазмен източник (a) и на областта на моделиране: центрирана намотка (b) и отместена намотка (c).

Показана е също и преобладаващата посока на магнитното поле през плазмата.

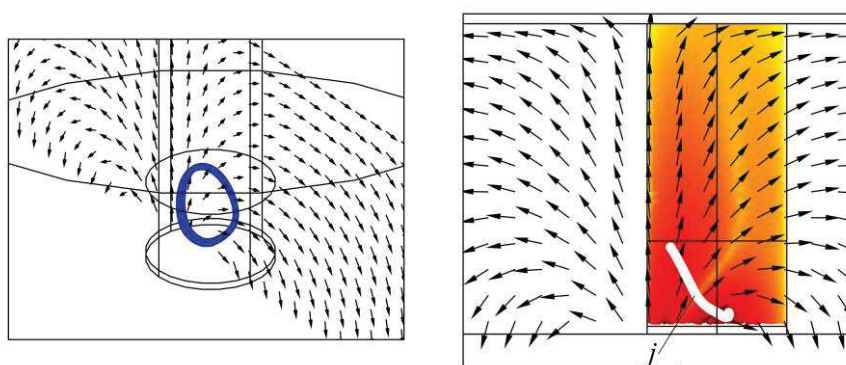
3. Резултати

В тази секция са представени резултатите от моделирането. На фиг. 2 са показани резултатите за случая на центрирана намотка. Този случай е добре изследван в литературата [1] и може да се използва и като тест за модела. Магнитното поле, създадено от намотката е максимално на нейната ос, която в този случай съвпада с оста на газоразрядната тръба. Индуцираният ток има формата на пръстен, в равнина перпендикулярна на посоката на магнитното поле.



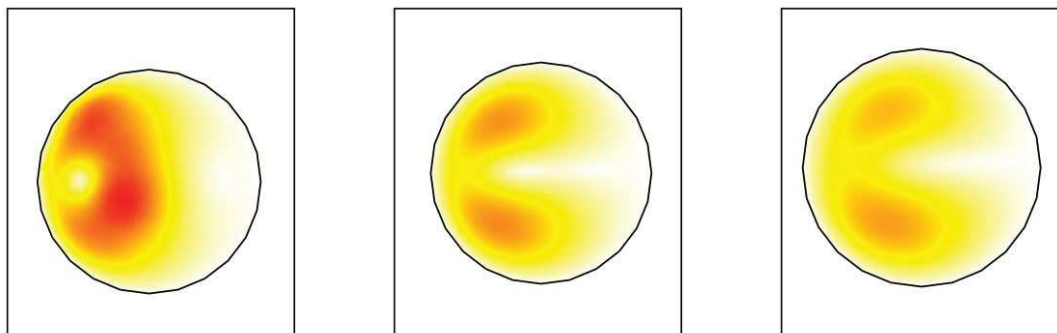
Фиг. 2. Случай на центрирана намотка. Стрелките показват посоката на магнитното поле. Една токова линия на индуцирания в плазмата ток (a) и плътност на индуцирания в плазмата ток в аксиално (b) и радиално (c) сечение. По-високите стойности са показани в по-тъмен (червен) цвят.

Когато намотката е отместена спрямо оста на разряда, магнитното поле прониква освен през основата на газоразрядна тръба и през околните ѝ стени и не е успоредно на оста на разряда (фиг. 3). Пръстенът на индуцирания ток от фиг. 2(a) се трансформира в елипса (фиг. 3(b)), в равнина, перпендикулярна на направлението на магнитното поле.



Фиг. 3. Случай на отместена намотка. Една токова линия на индуцирания в плазмата ток (a) и плътност на индуцирания в плазмата ток в аксиално сечение (b). Бялата линия, означена с j , е проекцията на токовата линия на индуцирания ток върху аксиалното сечение.

Радиалните сечения на фиг. 4 показват различни части от елипсата. В долната част на елипсата, на 1 cm от намотката (фиг. 4(a)) максимумът на индуцирания ток се намира близо до оста на газоразрядната тръба. В горната част на елипсата максимумът се измества в посока на намотката (фиг. 4(b), (c)), както се вижда и от резултатите на фиг. 3.



Фиг. 4. *Случай на отместена намотка. Радиални сечения на плътността на индуцирания в плазмата ток на разстояния 1 cm (a), 2 cm (b) и 3 cm (c) от намотката.*

4. Заключение

В работата е представен модел на индуктивен разряд, при който оста на намотката не съвпада с оста на газоразрядната тръба. Потвърдена е възможността за възбуждане на индуктивен разряд в този случай. Установено е, че индуцираните токове протичат в равнина перпендикулярна на посоката на променливото магнитно поле.

Получените тук резултати са в много добро съответствие с резултатите от експеримента в [4].

Литература

- [1] M. A. Lieberman and A. J. Lichtenberg, Principles of Plasma Discharges and Material Processing, New York: Wiley (1994)
- [2] St. Lishev, Ts. Paunska, A. Shivarova and Kh. Tarnev, Rev. Sci. Instrum. **83**, 02A702 (2012)
- [3] A. Demerdzhiev, Kh. Tarnev, St. Lishev and A. Shivarova, Rev. Sci. Instrum. **85**, 02B105 (2014)
- [4] A. Demerdzhiev, Kh. Tarnev, St. Lishev, D. Yordanov and A. Shivarova, IEEE Trans. Plasma Sci., (2014), изпратена за печат

СЕИЗМИЧНА ТОМОГРАФИЯ – ОБЗОР И ПРИЛОЖЕНИЯ

Мая Григорова

Геологопроучвателен факултет, Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700
София, ул. Проф. Боян Каменов, e-mail: maya_mgu@abv.bg

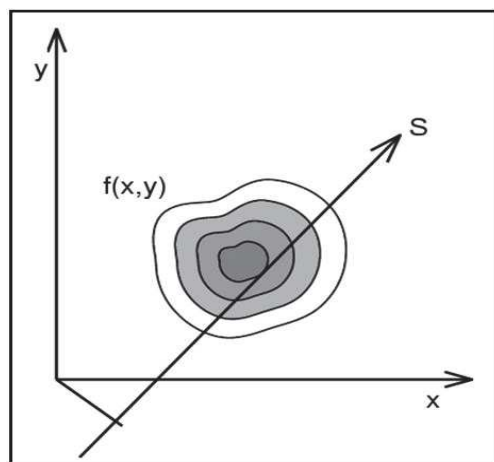
Резюме. Томографията е метод за неразрушително изследване на вътрешната структура на даден обект чрез многократното му облъчване с подходящи лъчи в различни посоки. Получените изображения дават възможност да се оценят параметрите на различни обекти и процеси, недостъпни за пряко наблюдение. По настоящем методът на томографията се прилага в широк кръг от области, както в природните науки за търсене и проучване на различни видове прородни ресурси, така и в медицината.

Ключови думи: сеизмична томография, акустични вълни, полезни изкопаеми.

1. Сеизмична томография – общи сведения

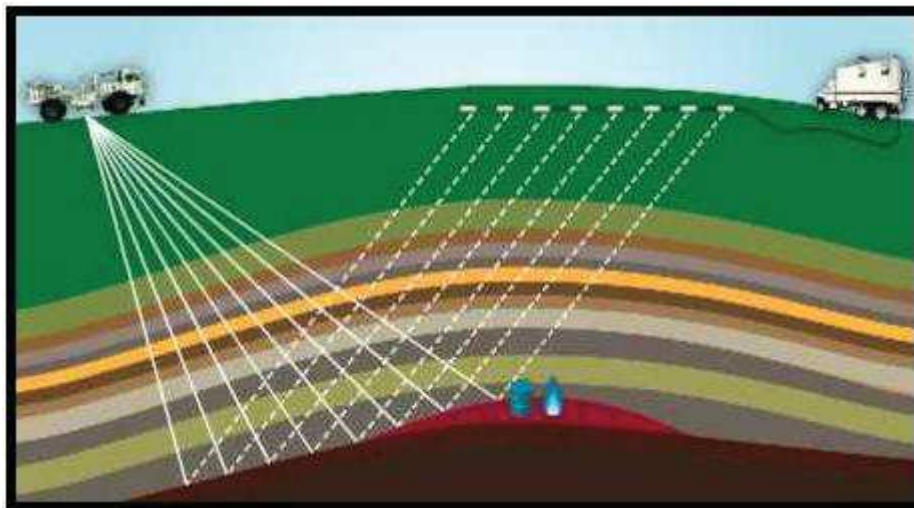
Терминът томография води началото си от гръцките думи „tomo“, означаваща сечение и „graphy“ - изображение.

Разработването на томографския подход започва през 30-те години на XX век, като първите приложения са свързани с медицината, а по-късно със сеизмологията. В своята същност методът на томографията представлява техника за създаване на изображения, посредством която се изследват физичните характеристики на недостъпни или трудно достъпни обекти и площи, чрез използване на информацията пренасяна от акустичните вълни преминали през обекта.



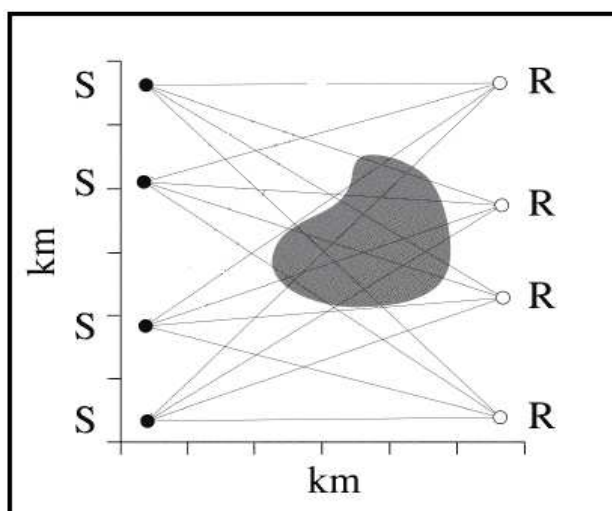
Фиг. 1. Геометрия на томографското изображение

Принципът на провеждане на изследване по метода на сеизмичната томография включва извършване на полеви сеизмични работи, при строга последователност на работа на уредите. Освободената от източника в земята сеизмична енергия се придвижва под земната повърхност под формата на сеизмични вълни – директни, отразени, пречупени.



Фиг. 2. Схематично представяне на полево сеизмично проучване

Генерираните от източника сеизмични вълни преминават през обема на земната среда, като се модифицират в зависимост от строежа ѝ, като достигат по различни пътища до сеизмичните приемници, където се трансформират в електрични сигнали.

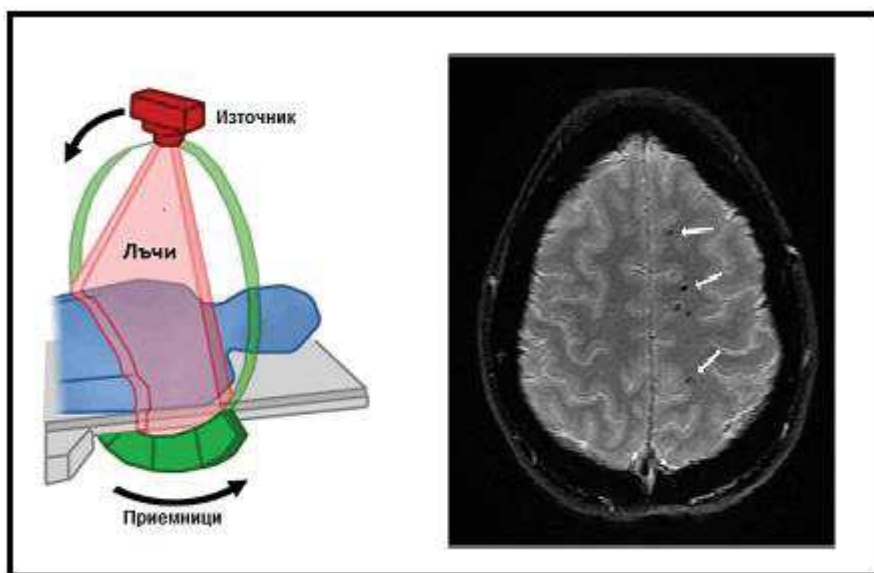


Фиг. 3. Илюстрация на пътя на акустичните вълни от източника (S) през обекта до приемниците (R), разположени на определено разстояние от източника

В идеалният случай $f(x, y)$ е функция съставена от безкраен брой проекции. На практика $f(x, y)$ се изчислява с използването на краен брой точки от краен

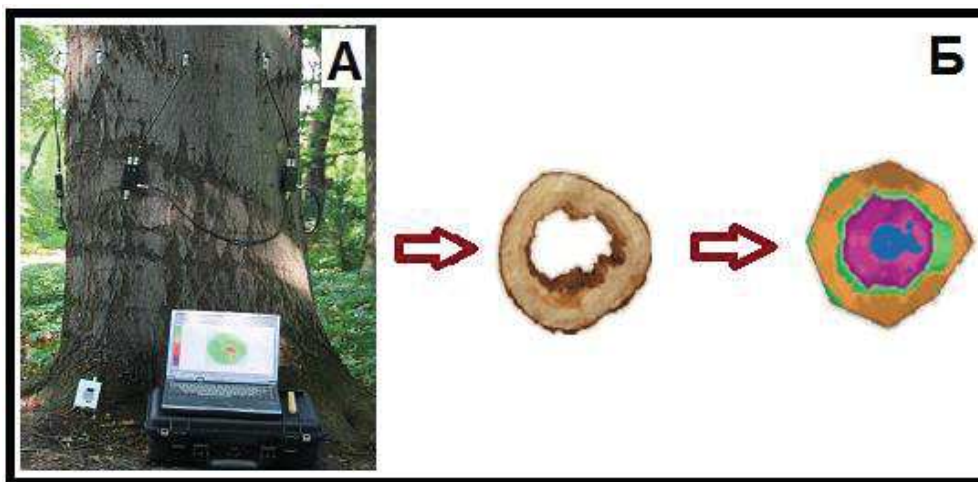
брой ъгли на наблюдение. По такъв начин посредством сума от множество стойности на даден параметър измерен на определено разстояние от обекта, става възможно да се определи разпределението на този параметър в самия обект.

Съществуват разнообразни разновидности на метода на томографията в зависимост от областта на приложение, като особено популярно значение метода намира в медицината, където дългопериодни вълни се използват при създаване на изображения (сканиране) на вътрешни органи и туморни образувания в човешкото тяло. Това се осъществява чрез придвижване на източник на рентгенови лъчи и фотографска плака в противоположни посоки, така че обектите извън целевата зона да бъдат замъглени, а тези които попадат в зоната да осветяват фотографската плака винаги в една точка, техника позната като „обратна проекция“. Така на базата на наблюдаваната интензивност на рентгеновите лъчи, става възможно да бъдат възстановени плътността на костите и тъканите на човешкото тяло. През 1970 година фотографската плака била заменена от електромагнити свързани с компютър, който възстановява плътността на целия наблюдаван обект на базата на отделни наблюдения.



Фиг. 4. Илюстрация на приложение на томографията за целите на медицината

През последните години методът на томографията успешно се прилага и в горските стопанства. Посредством използването на високи честоти, този неразрушителен подход се прилага за определяне на важни за горските масиви характеристики като – наличие на пукнатини и изгнили участъци в стволовете на дърветата [1].



Фиг. 5. *А - Оборудване за извършване на томографско изследване на дърво; Б – Възможни резултати от подобен тип изследване [2]*

Методиката на изследването включва наличието на източник на акустични вълни, както и приемници на сигнала. По този начин скоростта на вълните (V_p) генерирани от източника и преминали през ствола на дървото се регистрира от приемниците, разположени около дървото. Изгнилият участък в центъра на ствола на дървото се характеризира с ниски скорости на вълните, контрастиращи с тези на здравите участъци от ствола. По този начин метода дава възможност да се направят прогнозни оценки за издръжливостта на дърветата и степента на застрашеност на горите [2].

2. Обзор и развитие на сеизмичната томография

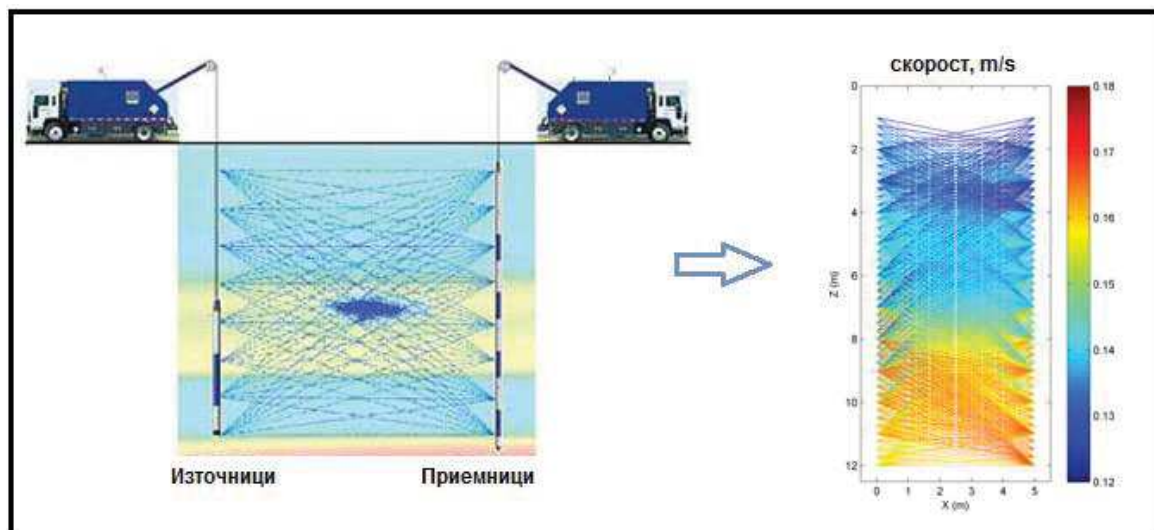
За целите на проучвателната сеизмика томографията започва да се прилага по-широко през 1984 година. Година по-късно започва използването на отразените вълни за получаване на томографски изображения [3].

През последните години напредъка в сеизмичната томография и разширените възможности за по-пълноценно използване на данните, дава силен тласък в развитието на високо разрешаващите сеизмични изображения. Става възможно прецизното разглеждане на локални, отделни събития, които на практика могат да бъдат идентифицирани във всеки набор от данни, за целите на високо разрешаващата обработка. При условие, че тези обособени събития са проследяеми в повече от един набор от данни, те могат да бъдат анализирани и впоследствие използвани за целите на по-прецизна обработка на данните, с което да бъде постигната по-висока разрешаваща способност на изображенията [4].

Един от основните въпроси, пред които е изправена томографията на съвременен етап – повишаване резолюцията на изображенията, е актуален от десетилетия насам. Преди повече от 20 години Wielandt и Nolet установяват, че времената на пробег на p и s вълните и техните амплитуди се простират по

цялата ширина на Френеловата зона и по такъв начин оказват влияние върху резолюцията на томографските изображения [5], [6].

През 1972 година се появява и първото сеизмично изображение получено посредством томография, изобразяващо скоростта на разпространение на сеизмичните вълни между два сондажа [7].



Фиг. 6. Схематична илюстрация на томографско изследване в сондаж

При този тип проследяване източникът на енергия е разположен в единият сондаж, а приемниците са спуснати в другия. Така се осигуряват по-кратки пътища на разпространение на вълните и значително се намалява количеството на шум в данните. По такъв начин системата на наблюдение предоставя възможност за отлично проследяване на скоростта на вълните под повърхността в пространството между сондажите. Подобен тип изследвания се отличават с най-високата разрешаваща способност, което се дължи на факта, че пътя, който вълните изминават между сондажите е по-кратък в сравнение с този до земната повърхност и следователно нивото на шума в данните е по-ниско. Това от своя страна води до наличие на по-високочестотни компоненти в записа и до по-добро съотношение сигнал/шум на данните.

За целта от сондажа с източниците се създава енергия, която се разпространява под формата на сеизмични вълни с относително праволинейни лъчи в пространството между сондажите и се регистрира от приемниците, разположени в другия сондаж, намиращ се на определено разстояние от първия.

За постигането на надеждни резултати е необходимо внимателно да бъде избрана системата на регистрация на данните, които ще бъдат подлагани на томографско преобразуване. Получените резултати биха били по-реалистични, ако предварително има сведения за очакваните размери на обектите и наклона на структурите. По такъв начин сондажната томография представлява надежден инструмент за получаване на високо разрешаващи изображения. Крайният резултат от подобен вид проучване се изобразява във вид на поле на скоростите на средата между проучвателните сондажи.

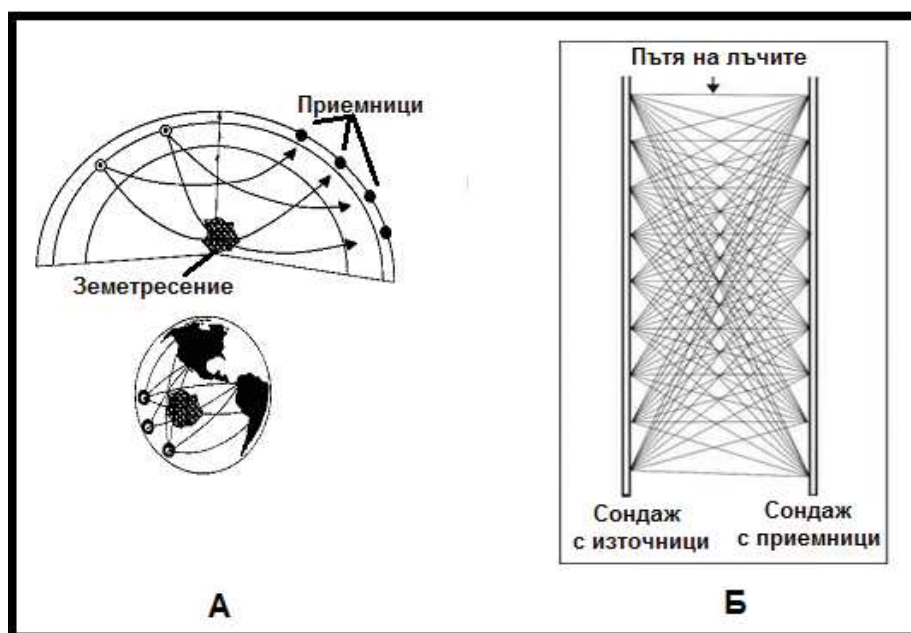
3. Приложение на сеизмичната томография за целите на геолого-геофизичното проучване

По настоящем методът на томографията се прилага в широк кръг от области както в природните науки за търсене и проучване на различни видове природни ресурси (нефт и природен газ, рудни и нерудни полезни изкопаеми), така и в медицината. Принципът на действие при извършване на геоложко проучване не се различава много от този в медицината, където се използва за създаване на изображения на вътрешни органи и туморни образувания.

Сеизмичната томография е ефективен инструмент за изучаване на земните недра, давайки възможност за получаване на адекватни изображения на подповърхностното пространство. Поради тази причина методът успешно се прилага за разнообразни цели, като главно приложенията му се разделят на два основни дяла:

- Глобална сеизмична томография, чиято задача е изучаването дълбочинния строеж на земята.
- Повърхностна сеизмична томография, концентрирана върху плитката част на земната кора до няколко километра. Този тип томография намира главно приложение в търсенето и проучването на изкопаеми горива и други полезни изкопаеми.

В много случаи томографски изображения се използват успешно и за инженерни цели – пътно строителство, тунели, язовири и други.



Фиг. 7. А – Илюстрация на глобална сеизмична томография; Б – Схема на полево проучване за целите на сеизмичната томография в сондажна изработка

Основна разлика между двете главни приложения на сеизмичната томография се явява източника на сеизмични вълни. При глобалната томография източникът са земетресенията регистрирани по цялата Земя от множество сеизмометри разположени на земната повърхност, докато при повърхностната томография сеизмичните вълни са провокирани по изкуствен начин, посредством контролирани взривове или чрез сеизмични вибратори [1].

При решаването на геофизични задачи посредством метода на повърхностната томография могат да се открият две основни приложения. Към първият се отнасят приложенията свързани с търсенето и проучването на природни ресурси - нефт, газ, рудни и нерудни полезни изкопаеми и геотермални изследвания. Вторият вид приложения са свързани с решаването на геотехнически задачи и такива свързани с безопасността при съхранението на радиоактивни отпадъци. В тези две основни области на приложение съществуват множество конкретни направления, които могат да бъдат предмет на томографско изследване. Такива са от една страна проучванията на стратиграфски структури – разломи, пукнатини, литоложки особености на разрезите, определяне положението и размера на геоложки обекти и нееднородности под повърхността, здравината на скалните формации изграждащи разреза. От друга страна предмет на изследване могат да бъдат и намиращи се под повърхността инженерни съоръжения – тръби, кухни, тунели.

Използването на томографията за постигане на посочените цели се дължи на това, че скоростта на разпространение на вълните зависи от степента на порестост, механичните свойства на скалите, наличието на пукнатини и флуиди, плътността, а също и от глинеостта. Това позволява сеизмичната томография да има широк кръг от приложения свързани с определяне на геоложките особености на разреза. За постигането на тези цели е необходимо получаваните изображения да се характеризират с достатъчна разрешаваща способност.

4. Заключение

През последните години методът на сеизмичната томография е сред най-широко използваните методи при извършване на геофизични проучвания, както в областта на търсене проучване за нефт и газ, така и в широк кръг от дейности свързани с инженерните науки. Този неинвазивен проучвателен подход се нарежда до най-предпочитаните методи за проучване поради високата точност на получаваните резултати и щадящия околната среда принцип на провеждане на изследването. На съвременен етап грижата за околната среда се явява един от основните фактори в геологопроучвателните и инженерно-геоложки работи, който променя и регулира обстоятелствата, при които се извършват подобни изследвания. Поради тези причини сеизмичната томография може да се разглежда като един от най-надеждните и прецизни неинвазивни подходи,

както в областта на геологопроучването, така и в множество други научно приложни дейности.

Литература

- [1] B. Lehmann, Seismic travelttime tomography for engineering and exploration applications, 11-14, 2007.
- [2] <http://www.frontierforestry.co.uk/tree-surgeon-consulting/decay-detection.aspx>
- [3] T. Bishop, K. Bube, R.Cutler, R. Langan, P. Love, J.Resnick, R.Shuey, D.Spindler and H. Wyld, Tomographic determination of velocity and depth in laterally varying media, Geophysics. 58, p. 903-923, 1985.
- [4] Billette, F., Lambare, G., Velocity macromodel estimation from seismic reflection data by Stereotomography, Geophysical Journal International, 135, p. 671-680, 1998.
- [5] Wielandt, E. On the validity of the ray approximation for interpreting delay times. In G. Nolet, ed., Seismic Tomography, p. 85-98, 1987.
- [6] Nolet, G. Imaging the deep earth: technical possibilities and theoretical limitations. In A. Roca, ed., Proc. XXIIth Assembly ESC, p. 107-115, 1991.
- [7] P. Bois, M. LaPorte, M.LaVergne, G.Thomas, Well-to well seismic measurements. Geophysics, 37, p. 471-480, 1972.

ОСНОВА ЗА БЪРЗО ЛОКАЛИЗИРАНЕ НА ЕВЕНТУАЛЕН РАДИОЛОГИЧЕН ТЕРОРИСТИЧЕН АКТ В РАЙОНА НА КУРОРТНИЯ ЦЕНТЪР БАНСКО

Румен Кобиларов

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

Резюме. В доклада е представена карта на пространственото разпределение на мощността на абсорбираната гама доза за района на Банско - Разлог. Използването ѝ позволява бързо локализиране на рисковата област и степента на повишение на дозата към населението при евентуална терористична атака с радиологично оръжие и своевременни мерки за радиологична защита на населението.

Ключови думи: гама спектрометрия, абсорбирана гама доза, радиологична защита.

1. Увод

Мониторингът на околната среда е дейност, която се провежда в много страни по света. Част от него са наземните измервания с помоща на гама спектрометрията, които могат да покрият големи площи от земната повърхност. Измерването на гама активността дава основа, от която може да се оцени замърсяването на почвите и водите с изкуствена радиоактивност. Карти на радиационната обстановка в даден район са често краен резултат от тези измервания. Измерването на гама активността се използва и за оценка на радиационната доза към населението и за откриване на райони с повишена радиационна опасност. Например, измерванията на гама активността се провеждат непрекъснато в зони с повишен радиационен риск като ядрени централи, райони в близост до уранови мини и други производства, при които се използват или произвеждат радиоактивни материали.

Има многообразие от ситуации, при които населението е изложено на йонизираща радиация. Такава ситуация би могла да бъде терористична атака с така наречените "мръсни бомби" ("dirty bomb"). В последните години опасността от терористични действия се увеличава непрекъснато. Актът на летището в Бургас показва, че България също може да бъде обект на обект на такива атаки. Мониторингът на гама радиацията може да бъде средство за предпазване на населението от радиологичен или ядрен тероризъм. Използването на радиоактивни материали в промишлеността, медицината и селското стопанство прави достъпа до тях сравнително лесен. Тези радиоактивни материали могат да се използват за направата на оръжия като радиологични разпръскващи устройства или излъчващи радиация устройства.

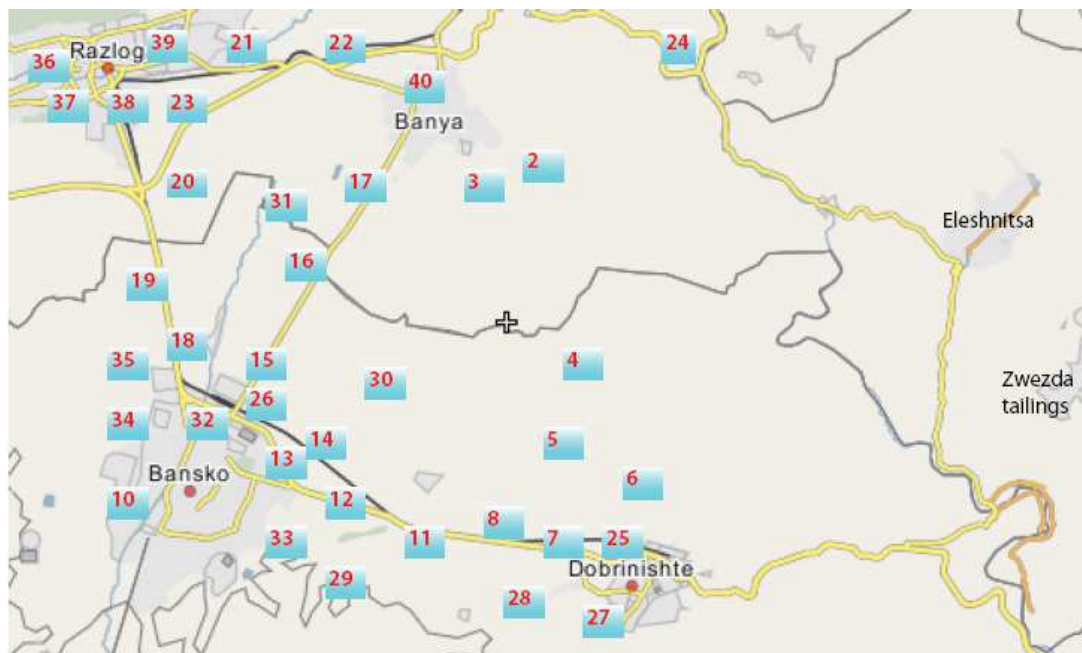
Разпръскващите радиация устройства могат да причинят значително радиационно замърсяване в рамките на няколко квартала на даден град в зависимост от мощността на взривното устройство и метеорологичните условия. Тяхното използване би предизвикало и паника сред населението.

Целта на настоящата работа е систематично изучаване на нивото на радиоактивността на околната среда и оценка на мощността на дозата в района на Банско-Разлог, един от най-големите курортни и туристически райони в България.

2. Материали и метод

Характеристики на изучавания район

Географското име на района Банско-Разлог е Разложка котловина, която е разположена между $41,7^{\circ}$ - $41,9^{\circ}$ северна ширина и $23,4^{\circ}$ - $23,6^{\circ}$ източна дължина. Този район е избран по няколко причини: 1) Района е голям туристически център с международно значение. Голям брой български и чуждестранни туристи упражняват зимни спортове, като Банско е и домакин на кръг от Европейската и Световната купа по ски алпийски дисциплини. Района се намира непосредствено до Националния парк Пирин (област, защитено по програмата Natura 2000). Тази близост прави Банско и околните градове и села базов лагер за туристически походи към връх Вихрен и други туристически обекти в планините Пирин и Рила. 2) Районът Банско-Разлог е в близост до експлоатирана в близкото минало уранова мина и хвостохранилището "Звезда" (фиг. 1). Тази близост изисква специално изучаване на влиянието им върху радиационния риск за населението.



Фиг. 1. Опростена карта на изследвания район. Точките на местата, от които са взети пробите са означени с квадратчета със съответния номер.

Подготовка и измерване на почвените проби

Общо 40 проби от повърхностните почви в района са взети от равни и необработвани от хората участъци. Местата, от които са взети пробите са разположени приблизително в мрежа $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$. По този начин е обхваната площ от приблизително 40 km^2 , т.е. цялата Разложка котловина. Координатите на местата на вземане на почвените проби са измерени с помоща на GPS и са нанесени на карта на изучавания район (фиг.1). Начина на вземане на пробите и измерването на специфичните активности на радионуклидите са дадени в [1].

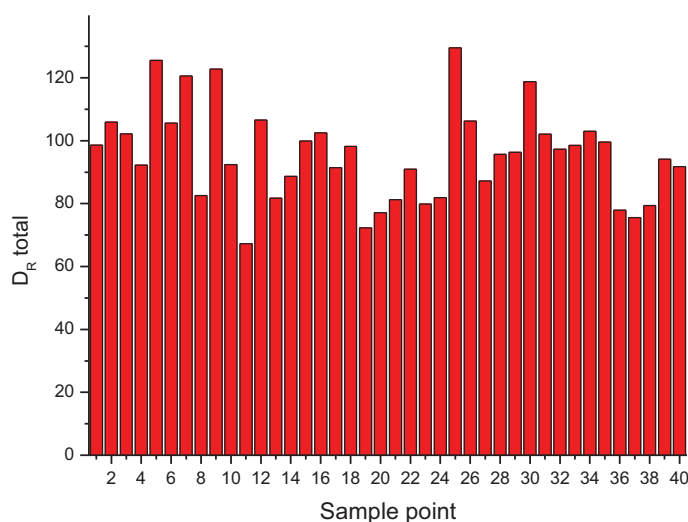
3. Резултати и обсъждане

Мощностите на външната абсорбирана гама доза във въздуха на височина 1 m от земната повърхност са изчислени от получените специфични активности на ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs . Конверсионните множители, използвани за изчисление на мощността на дозата (D_R (nGy/h)) във въздуха от единица специфична активност са 0.462 nGy/h за Bq/kg за ^{238}U , 0.604 nGy/h за Bq/kg за ^{232}Th , 0.0417 nGy/h за Bq/kg за ^{40}K [2] и 0.156 nGy/h за Bq/kg за ^{137}Cs [3], следователно

$$D_R = 0.0417C_K + 0.463C_U + 0.604C_{Th} + 0.156C_{Cs}$$

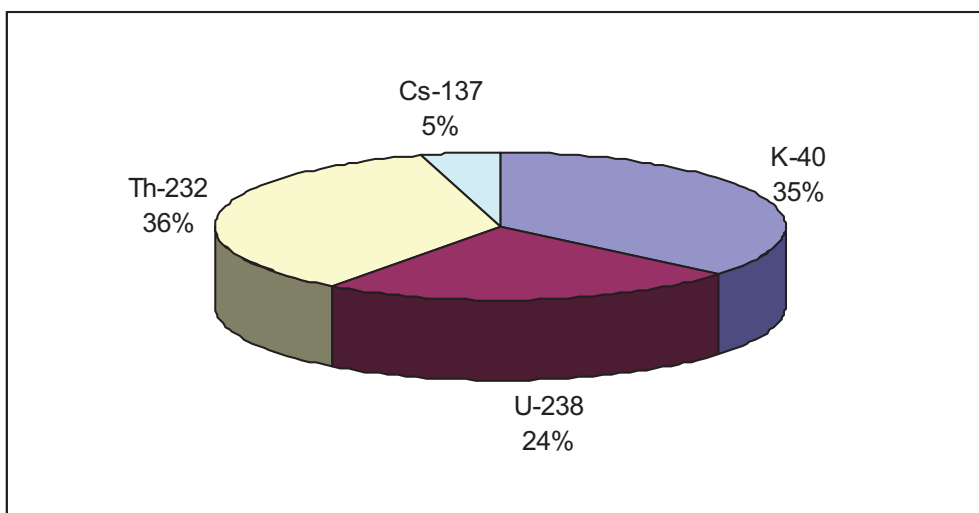
където C_K , C_U , C_{Th} and C_{Cs} са специфичните активности (в Bq/kg) на ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th and ^{137}Cs , съответно.

Изчислените мощности на дозата са представени на фиг. 2.



Фиг. 2. Мощности на абсорбираната гама доза във въздуха на 1 m от земната повърхност, дължащи са на присъствието в почвата на ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs .

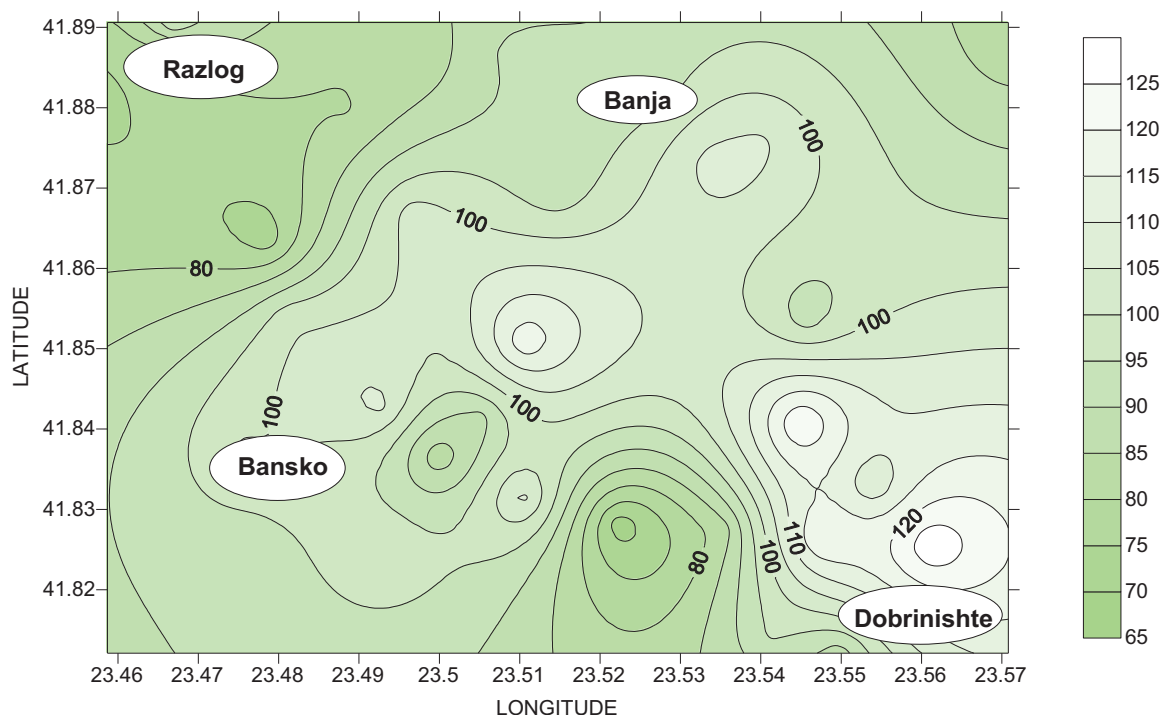
Средната обща мощност на гама дозата, дължаща се на природните радионуклиди и изкуствения радионуклид ^{137}Cs е 1,7 пъти по-висока от средната за света (58 nGy/h) и 1,4 пъти по-висока от средната стойност за България (70 nGy/h) [2]. Приносът на ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs към средната обща мощност на дозата е показан на фиг. 3. От нея се вижда, че мощността на дозата се създава основно от ^{232}Th и ^{40}K (71%). Приносът на ^{238}U е около една четвърт (24%), докато приносът на ^{137}Cs е почти пренебрежим (<5%).



Фиг. 3. Принос на ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs към средната стойност на общата абсорбирана мощност на дозата.

На фиг. 4 е показано пространственото разпределение на мощността на дозата D_R в изучавания район. За почти целия район мощността на дозата е по-голяма от средната за България (70 nGy/h). Двата максимума в пространственото разпределение са разположени северно от Добринище и източно от път 1901 Банско-Баня. Стойностите на мощността на дозата са по-малки от 100 nGy/h за района около и в Банско и съответно по-малки от 80 nGy/h, което е близо до средната стойност за страната, за района около и в Разлог.

Използването на картата на пространственото разпределение на мощността на дозата заедно с подходящ дозиметър и GPS за измерване на координатите позволява бързо установяване на това има или не повишаване на риска от облъчване за населението, вследствие на използване на радиологично оръжие при евентуална терористична атака. Бързото локализиране на рисковата област, както и определянето на степента на повишаване на мощността на дозата, биха допринесли за своевременно вземане на мерки за радиологична защита на населението и намаляване на възможността за възникване на паника и хаос.



Фиг. 4. Пространствено разпределение на мощността на абсорбираната гама доза в района на Банско-Разлог.

Литература

[1] L. Kostov, R. Kobilarov, L. Kostova, Ml. Mladenov, C. Protochristov and C. Stoyanov, "Systematical investigations of Cs-137 concentration in soils in Bansko-Razlog region", American Institute of Physics 978-0-7354-0404-5/07, 2007.

[2] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), *Report of the to the General Assembly*, New York, United Nations, 2008.

[3] Markkanen M., "Radiation dose assessments for materials with elevated natural radioactivity", Report STUK-B-STO 32, Finnish centre for Radiation and Nuclear Safety, STUK, 1995.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА УСКОРЕНИЕТО НА СВОБОДНО ПАДАНЕ В ОКОЛНОСТТА НА ЛУНАТА

Димитър Г. Стоянов

ИПФ-Сливен, Технически Университет-София, 8800 Сливен, Бургаско шосе 59
e-mail: dgstoyanov_ipf@abv.bg

Резюме. В работата е направено измерване на ускорението на свободно падане на телата в околността на Луната. За определянето на големината на ускорението се използват параметрите на орбитите на изкуствени спътници на Луната.

Ключови думи: гравитация, спътници, ускорение на свободно падане.

1. Увод

В INTERNET (Wikipedia) могат да се намерят данни за някои изкуствени спътници на планети от Слънчевата система за периода от 1957 година насам. Възникна идеята да се помисли за възможността от тези данни да се извлече информация за параметрите на планетите, около които те орбитират. Първият опит беше направен в [1], където се анализира информация за спътници на Земята и беше определено ускорението на свободно падане в околността на Земята. Подобреният вариант на разработената методика е разгледан в [2].

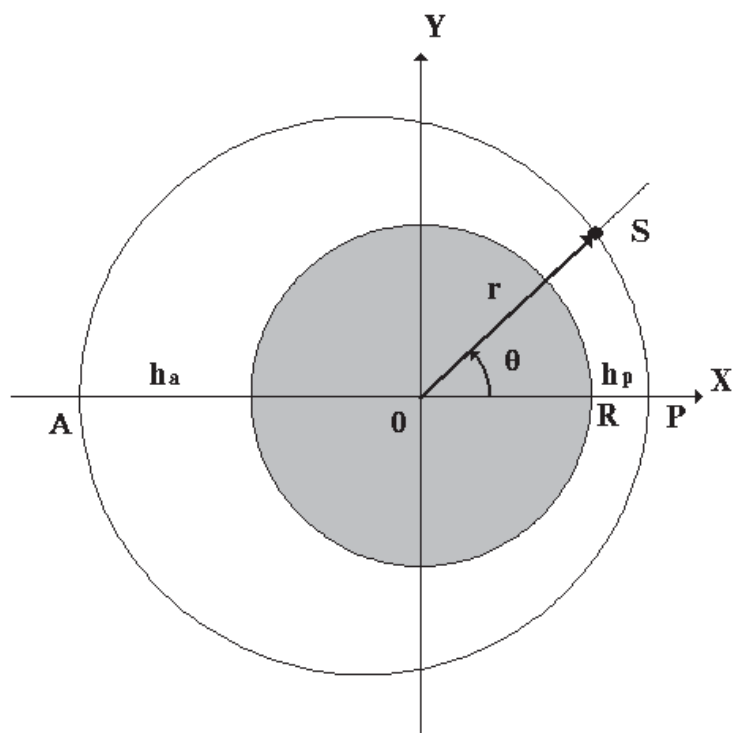
Цел на настоящата работа е да се определи ускорението на свободно падане на телата в околността на Луната на базата на параметрите на свободно орбитиращи около нея апарати.

2. Формулировка на проблема

Разглеждаме движението на тяло (спътник) S с маса m , която е много по-малка от масата на Луната M . Луната е кълбо с радиус R . Тялото се привлича от Луната и се движи по орбита около гравитационният център по елиптична орбита [1, 2].

Центърът на Луната е поставен в началото на Декартова координатна система (фиг.1), остта OX лежи върху правата, която свързва точката с най-малко разстояние до повърхността на Луната P и точката с най-голямо разстояние до повърхността на Луната A на орбитата. Остта OY е избрана така, че орбитата да лежи в равнината XOY . Остта OZ е перпендикулярна на чертежа и положителната и посока е насочена към нас.

Луната привлича тялото S с гравитационна сила, която според закона на Нютон е насочена към центъра на Луната [1, 2].



Фиг. 1. Параметри на орбитата на изкуствен спътник около Луната

Тогава, според вторият принцип на механиката

$$m \cdot \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\gamma \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} \quad (1)$$

където $\gamma = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ е гравитационната константа.

За периодът на обиколка на тялото по орбитата T в [1, 2] е получено

$$T^2 = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot a^3}{\gamma \cdot M} \quad (2)$$

Това е връзката между квадрата на периода на обиколка на тялото по орбитата и куба на голямата полуос на орбитата, което е третия закон на Кеплер за спътниците [2].

Голямата полуос на орбитата a можем да изразим чрез височините на точките A и P над повърхността на планетата и ще получим

$$a = \frac{r_a + r_p}{2} = \frac{R + h_a + R + h_p}{2} = R + \frac{h_a + h_p}{2} = R + H \quad (3)$$

Ползвайки (3), можем да представим (2) във вида

$$T^{2/3} = \left(\frac{4\pi^2}{\gamma \cdot M} \right)^{1/3} \cdot (R + H) = A_0 + A_1 \cdot H \quad (4)$$

където

$$A_0 = \left(\frac{4\pi^2}{\gamma \cdot M} \right)^{1/3} \cdot R \quad (5)$$

$$A_1 = \left(\frac{4\pi^2}{\gamma \cdot M} \right)^{1/3} \quad (6)$$

За ускорението на свободно падане на тялото в околността на Луната в [2] се получава

$$g = \gamma \cdot \frac{M}{a^2} = 4\pi^2 \cdot \frac{a}{T^2} = 4\pi^2 \cdot \frac{R + H}{T^2} \quad (7)$$

3. Обработка на данните и обсъждане

В случая търсим в INTERNET данни за спътници на Луната. Необходими са ни данни за височината на точките А - h_a и Р - h_p над повърхността на Луната и периодът на обиколка на спътника Т. В Таблица.1 са дадени данните от [3-6] за някои орбити на изкуствени спътници на Луната. Освен това в нея са дадени изчислените стойности на Н и $T^{2/3}$ за същите орбити.

На фиг.2 е показана графиката на зависимостта (4).

След построяване в MS Excel на зависимостта (4) - Фиг.2, чрез функцията **Trendline** е построена линейна регресия с корелация 0,9998 и са определени следните коефициенти:

$$A_0 = 22,803 \quad (8)$$

$$A_1 = 1,2938 \quad (9)$$

Така от (8) и (9) можем да получим за величините М, R и T(H = 0):

$$M = 7,59 \times 10^{22} \text{ kg} \quad (10)$$

$$R = 1762,48 \text{ km} \quad (11)$$

$$T(H = 0) = 108,89 \text{ min} \quad (12)$$

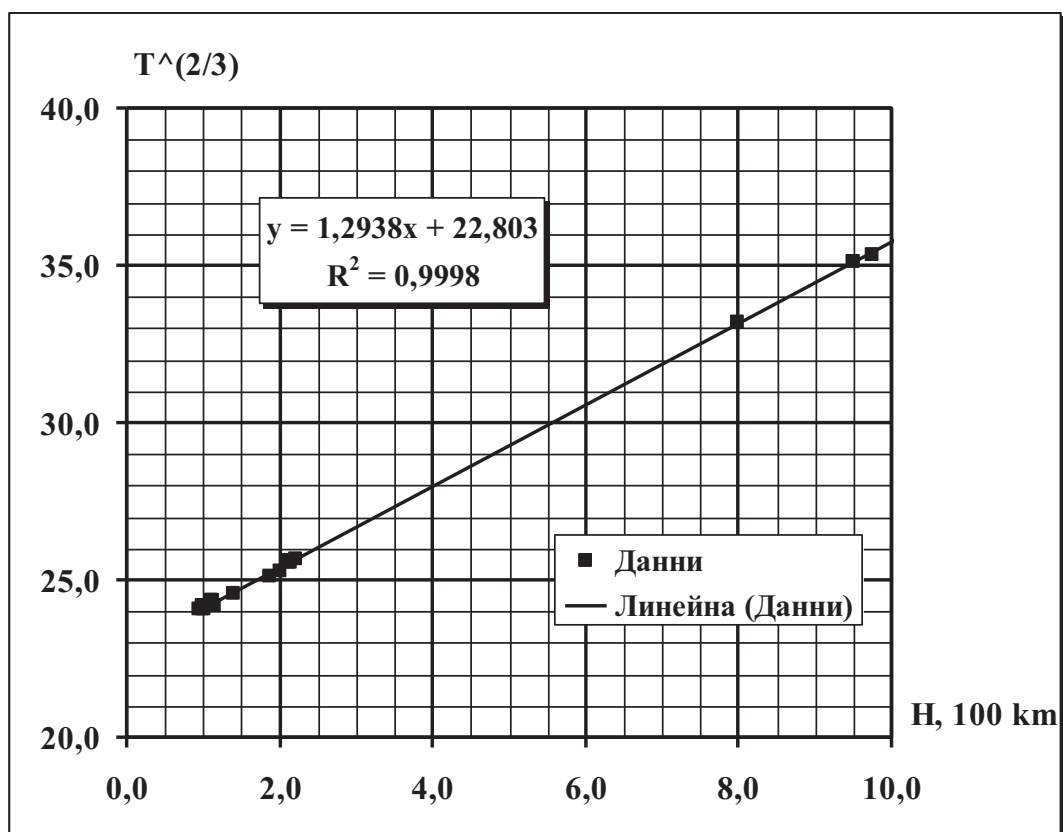
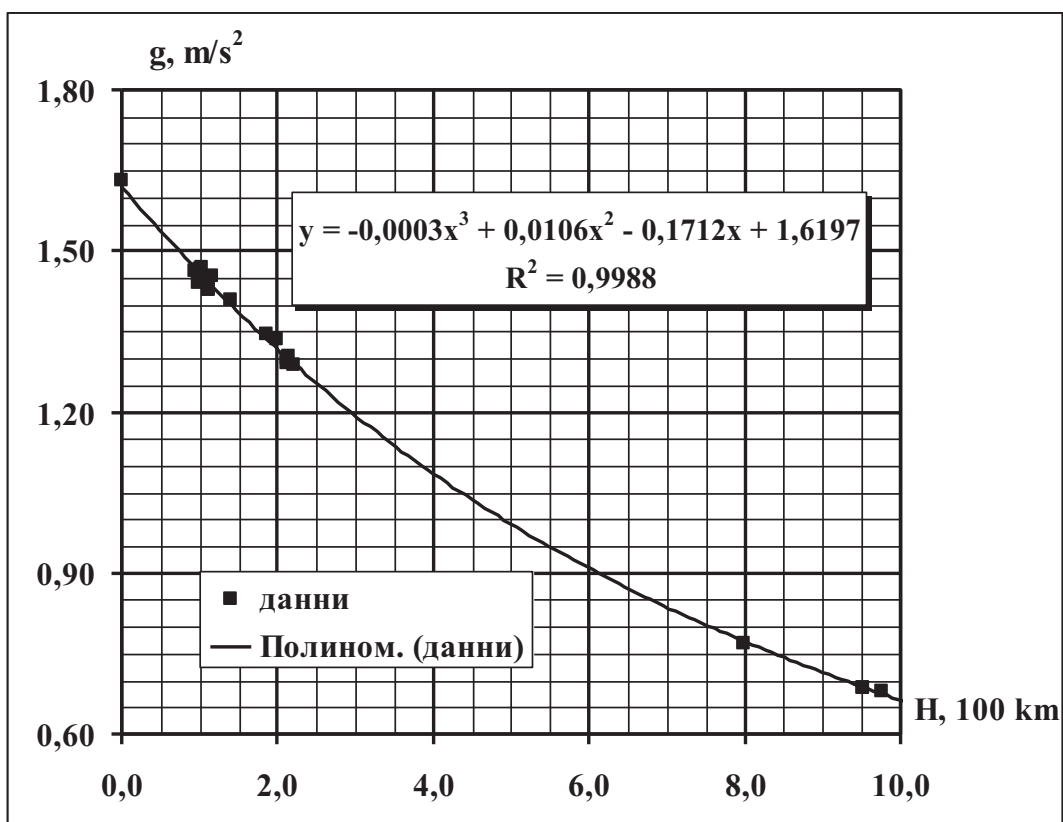
Таблица 1. Орбитални параметри на някои изкуствени спътници на Луната [3-6]

СПЪТНИК	h_a km	h_p km	H km	T min	$T^{2/3}$	g m/s^2
Apollo 8	312,0	113,0	212,5	129,0	25,5	1,30
Apollo 10	113,0	109,6	111,3	120,0	24,3	1,43
Apollo 11	312,1	113,4	212,8	129,6	25,6	1,29
Apollo 12	257,1	115,9	186,5	126,0	25,1	1,35
Lunar Orbiter 2	1850,0	52,0	951,0	208,1	35,1	0,69
Lunar Orbiter 3	1801,9	210,2	1006,1	215,0	35,9	0,66
Lunar Orbiter 3	1847,0	55,0	951,0	208,1	35,1	0,69
Lunar Orbiter 5	1499,0	99,0	799,0	191,0	33,2	0,77
Change 2	1830,0	120,0	975,0	210,0	35,3	0,68
Change 2	103,0	101,0	102,0	118,0	24,1	1,47
Change 1	200,0	200,0	200,0	127,0	25,3	1,33
Луна 16	111,0	111,0	111,0	119,0	24,2	1,45
Луна 18	100,0	100,0	100,0	119,0	24,2	1,44
Луна 19	140,0	140,0	140,0	121,8	24,6	1,41
Луна 20	100,0	100,0	100,0	118,0	24,1	1,47
Луна 21	100,0	90,0	95,0	118,0	24,1	1,46
Луна 22	219,0	222,0	220,5	130,0	25,7	1,29
Луна 23	104,0	94,0	99,0	119,0	24,2	1,44
Луна 24	115,0	115,0	115,0	119,0	24,2	1,45

С помощта на параметрите на Луната (10) и (11) можем да определим и ускорението на свободно падане в нейната околност. Изчислените стойности на ускорението чрез (7) са показани в Таблица.1 и са представени графично на Фиг.3. За повърхността на Луната, както се вижда от Фиг.3 получаваме

$$g(H = 0) = 1,6197 \text{ m/s}^2 \quad (13)$$

Тази стойност е много близка до табличната стойност $1,622 \text{ m/s}^2$.

Фиг. 2. Зависимост на $T^{2/3}$ от H 

Фиг. 3. Ускорение на свободно падане в околността на Луната

4. Заключение

В работата е определено ускорението на свободно падане на телата в околността на Луната на базата само на данни за орбитите на изкуствени спътници на Луната. Определените стойности се характеризират с висока точност и надеждност.

Този доклад и [2] могат да се разглеждат като пример за малък научен проект (курсов проект) при изучаване на Тема «Гравитация» в дисциплини като Обща Физика или Теоретична механика.

Литература

[1]. Стоянов Д.Г., *Ускорение на свободно падане в околността на Земята*, Известия на Съюза на Учените-Сливен, Т.15, Сливен, 2009, стр. 213-215.

[2]. Стоянов Д.Г., *Определяне на ускорението на свободно падане в околността на Земята*, Известия на ТУ-Сливен, № 2, Сливен, 2010г., стр. 30-37.

[3]. http://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_program

[4]. http://en.wikipedia.org/wiki/Lunar_Orbiter_program

[5]. http://en.wikipedia.org/wiki/Luna_programme

[6]. http://en.wikipedia.org/wiki/Chang%27e_2

ТЕМПЕРАТУРЕН ПРОФИЛ НА ГАЗОВРАЗРЯД ЗА CuBr ЛАЗЕР

Илийчо Илиев

Факултет по машиностроене и уредостроене, Технически университет- Филиал Пловдив,
ул."Цанко Дюстабанов" 25, 4000 Пловдив, e-mail: iliev55@abv.bg

Резюме. Развит е квазистационарен аналитичен модел за пресмятане на температурата в газов разряд на CuBr лазер, генериращ във видимия диапазон (510.6 и 578.6 nm). Зададени са гранични условия от трети и четвърти порядък. Разгледани са случаи на постоянна и променяща се по радиуса обемна плътност на подаваната електрическа мощност. Направен е анализ и оценка за приложение на получените резултати.

Ключови думи: CuBr лазер, уравнение на топлопроводност, температурен профил газовия разряд.

1. Увод

Температурата на газа е важна термодинамична характеристика на активната лазерна среда. Тя определя срока на служба на лазера, спада на лазерната генерация във времето, разпределението на неутралните атоми в напречното сечение на тръбата. Газовата температура е свързана с термичното заселване на долните лазерни нива и по този начин влияе на лазерната мощност и модовия състав на лазерния лъч. Високата температура може да предизвика термийонизационна и електройонизационна нестабилност на газовия разряд. Високата температура на газа може да доведе до термохимична деградация и замърсяване на активната среда. Ето защо, както по време на работа на лазера, така и при компютърни симулации, газовата температура следва да се следи и контролира.

Предмет на изследване е лазер с пари на меден бромид [1]. Пълната входна електрическа мощност е 5000W, а изходната лазерна мощност е 120 W. По данни от [2] 15% от тази мощност се губи на електродите (10% на катода и 5% на анода). Като се отчитат тези загуби на електрическата мощност в източника на захранване реалната мощност е $Q = 4800 \text{ W}$, а КПД на лазера е 2.5%-3%.

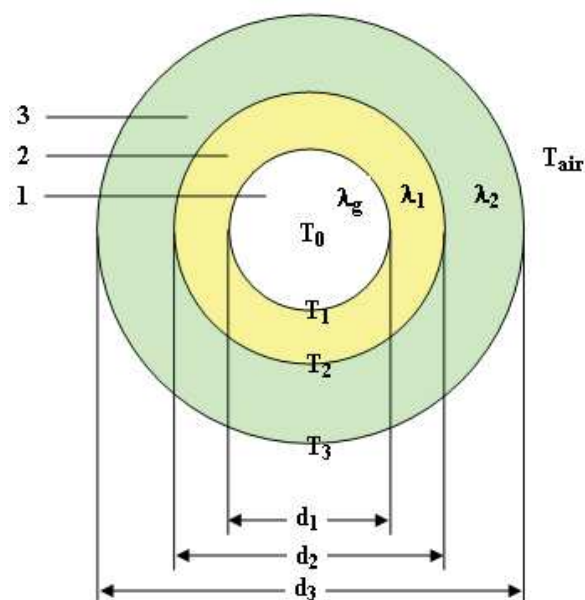
Геометричните размери на напречното сечение на тръбата са дадени на фиг. 1. Лазерната тръба е изработена от кварц, която в областта на активния лазерен обем е покрита с допълнително термоизолационно покритие - стъклена вата, минерална вата или вата от циркониев двуокис.

Моделирането на топлинния профил се провежда при следните допускания:

- 1*) температурният профил се определя в установен температурен режим;
- 2*) в междуимпулсния период температурата на газа не се променя съществено;

3*) разпределението на обемната плътност на мощността в активния обем е равномерно, като не се разглеждат възможни спадове на разряда;

4*) цялата подавана електрическа мощност изцяло се преобразува в топлинна в активния обем, а мощността, предавана към стените на тръбата вследствие на емисията на разряда, процесите на дифузия и дрейф на частиците и дезактивацията на възбудените и заредени частици не се отчита.



Фиг. 1. Геометрия на напречния разрез на лазерната тръба на лазер с пари на меден бромид [1] в областта на активния обем; 1- разряд, 2- кварцова тръба, 3 - външна изолация надлъжно по активния обем, диаметри: $d_1 = 60\text{mm}$, $d_2 = 64\text{mm}$, $d_3 = 74\text{mm}$.

2. Обосновка на математичния модел

За определяне на температурния профил е необходимо решаване на двумерното стационарно уравнение на топлопроводност в напречното сечение на тръбата (фиг.1) от вида:

$$\text{div}(\lambda_g \text{grad } T_g) + q_v = 0 \quad (1)$$

където λ_g е коефициент на топлопроводност на газа, q_v е обемната плътност на мощността на вътрешния източник на топлина, а T_g е температурата в тръбата. За решаване на уравнението (1) най-често в литературата се използват гранични условия от първи и втори род от вида:

$$T_g(R_1) = T_w; \quad \left. \frac{\partial T_g}{\partial r} \right|_{r=0} = 0. \quad (2)$$

където $0 < r < R_1$, R_1 е вътрешния радиус на тръбата, като при това опростено се задава температурата не на вътрешната, а на външната страна на кварцовата тръба (под изолацията), т.е. полага се приближено $T_w = T_2 = T_1$. Обикновено в (1) величината λ_g се приближава във вида $\lambda_g = \lambda_0 T_g^m$. Ако условно се приеме, че е известна температурата на вътрешната стена на тръбата $T_1 = T_2 = T_w$, то веднага се проверява, че аналитичната формула на решението на задачата (1)-(2) е [3]:

$$T_g(r) = \left[T_w^{m+1} + \frac{(m+1)q_v}{4\lambda_0} (R^2 - r^2) \right]^{\frac{1}{m+1}} \quad (3)$$

Формула (3) е справедлива при постоянна стойност на обемната плътност на мощността по радиуса на тръбата, т.е. $q_v(r) = \text{const}$.

Развитият в [3] топлинен модел има някои недостатъци. Необходимо е да се знае температурата на стената на тръбата. За реално съществуващи лазери тази температура може коректно да бъде измерена, например с термодвойка. При разработване на нови лазерни източници температурата на стената на тръбата е неизвестна и предложения модел е неприложим. Допускането за постоянство на обемната плътност на мощността в лазерния обем не отговаря на реалната физическа картина. Известно е, че максимумът на обемната плътност на мощността е в центъра на разряда и тя намалява към стената на тръбата. Това предполага неточност в определяне на максималната температура в центъра на газовия разряд. Целта на настоящата статия е да се развие нов математичен модел, който трябва да позволи определяне разпределението на температурата в газовия разряд без да е необходимо познаването на температурата на стената на тръбата и отчитане на радиалното разпределение на приложената обемна плътност на електрическата мощност.

3. Решаване на уравнението на топлопроводност при гранични условия от трети и четвърти род.

За решаване на уравнение (1) вместо гранични условия (2) в този параграф ще разгледаме смесени гранични условия от трети и четвърти род, които за цилиндрична конфигурация имат вида [4]:

$$T_1 = T_2 + \frac{q_1 \ln(d_2/d_1)}{2\pi\lambda_1}, \quad T_2 = T_3 + \frac{q_1 \ln(d_3/d_2)}{2\pi\lambda_2} \quad (4)$$

$$Q = \alpha F_3 (T_3 - T_{\text{air}}) + F_3 \varepsilon \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{air}}}{100} \right)^4 \right]. \quad (5)$$

Гранични условия (4) изразяват уравнението за непрекъснатост на топлинния поток на границата на две среди. Тук q_1 е мощността на единица дължина, $q_1 = Q/l_a$, l_a - дължина на активната зона, λ_1, λ_2 са съответно коефициентите на топлопроводност на кварцовата тръба и топлинната изолация, d_j , $j=1,2,3$ са диаметрите на съставлящите тръби. Гранично условие (5) описва начина на топлообмен между външната повърхнина на лазерната тръба и околната среда. То съдържа две събираеми. Първото събираемо идва от закона на Нютон-Рихман за топлообмен чрез конвекция, а второто - от закона на Стефан-Болцман за топлообмен чрез излъчване. В гранично условие (5) има две неизвестни величини - α и T_3 . За определяне на величината T_3 е необходимо предварителното определяне на величината α .

Независимо от характера на конвекция за определяне на α е валиден критерият на Нуселд [4]:

$$Nu = \alpha H / \lambda \quad (6)$$

За свободна конвекция е в сила критерият на Грасхоф [4]:

$$Gr = g\beta H^3 \frac{T_3 - T_{air}}{\nu^2} \quad (7)$$

За хоризонтални тръби при естествена конвекция между двата критерия съществува зависимостта [4]:

$$Nu = 0.46 Gr^{0.25} \quad (8)$$

Последното равенство е в сила при $700 < Gr < 7 \cdot 10^7$. Използваните величини в (6)-(7) са: H -характерен размер на тялото, тук $H = d_3$, а стойностите на останалите константи за въздуха са дадени в [5]. Чрез (6)-(8) формулата за пресмятане на величината α добива вида:

$$\alpha = \frac{0.46\lambda_{air}}{d_3} \left[g\beta_{air} d_3^3 \frac{T_3 - T_{air}}{\nu_{air}^2} \right]^{0.25} \quad (9)$$

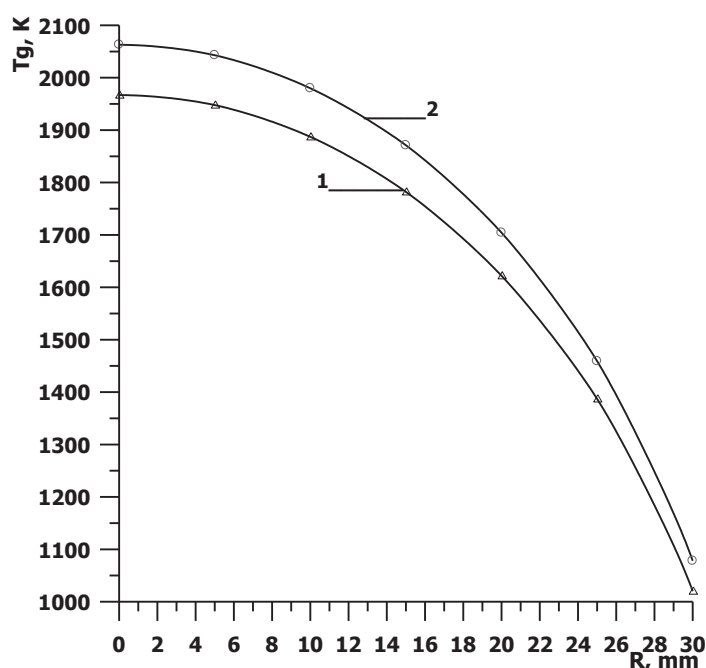
Гранично условие (5), изразено чрез мощност на единица дължина $\left(q_1 = \frac{Q}{l} \right)$, приема окончателен вид:

$$q_1 = 0.46\pi\lambda_{air} \left[g\beta_{air} d_3^3 \frac{T_3 - T_{air}}{\nu_{air}^2} \right]^{0.25} (T_3 - T_{air}) + \pi d_3 \epsilon \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{air}}{100} \right)^4 \right] \quad (10)$$

В уравнение (10) единствена неизвестна величина е T_3 . Тя може да се изчисли с решаване на това нелинейно уравнение. В уравнение (10) единствена неизвестна величина е T_3 . Тя може да се изчисли с решаване на това нелинейно уравнение. След намиране на температурата T_3 , от (4) в обратен ред се определят T_2 и T_1 . За определяне на температурата на газа във вътрешността на тръбата се използва решение (3) при вече известно $T_w = T_1$.

3.1. Резултати от компютърните изчисления.

На фиг. 2, крива 1, е показано полученото разпределение на температурата в напречното сечение на тръбата. Конкретните стойности на характерните температури при задаване на нормална температура на околната среда са приведени на Таблица 1.



Фиг. 2. Разпределение на температурата на газа в напречното сечение на активната среда при естествена конвекция: крива 1 - при мощност $Q = 4080 \text{ W}$, крива 2 - при мощност $Q = 4488 \text{ W}$.

Таблица 1. Пресметнати стойности на температурата в характерни точки на тръбата за лазер с пари на меден бромид (виж също фиг. 1).

Охлаждане	T_{air}, K	T_3, K	T_2, K	T_1, K	$T_0 = T_{\text{max}}, \text{K}$
Естествена конвекция	300	617	1010	1020	1967
Принудена конвекция	300	466	858	881	1903

На фиг. 2, крива 2, е показано разпределението на температурата при повишаване на подаваната електрическа мощност с 10%, т.е. $Q = 4488 \text{ W}$. От получените резултати става ясно, че максималната температура в центъра на разряда може да се повиши в рамките на 5%. Подобни компютърни симулации могат да бъдат проведени само с предложения в тази статия математичен модел.

4. Решаване на уравнението на топлопроводност при променлива по радиуса на тръбата обемна плътност на мощността.

Не разполагаме с достатъчно надеждни експериментални данни за вида на тази зависимост. За нейното представяне ще използваме някои качествени теоретични зависимости. От $q_v = jE$ и $j \approx \sigma E$ получаваме $q_v \approx \sigma E^2$. Съгласно [5] разпределението на интензитета на електричното поле в напречното сечение на тръбата е от типа $E(r) = E_0 J_0 \left(\frac{2.4}{R_1} r \right)$, където $J_0 \left(\frac{2.4}{R_1} r \right)$ е функция на Бесел от първи род, нулев ред. По този начин получаваме:

$$q_v(r) = \gamma \left[J_0 \left(\frac{2.4}{R_1} r \right) \right]^2 \quad (11)$$

където γ е константа, подлежаща на определение. За да представим функцията $J_0 \left(\frac{2.4}{R_1} r \right)$ във вид, удобен за пресмятания, ще я приближим с полином от трета

степен, т.е. като $[J_0(x)]^2 = a + bx + cx^2 + dx^3$, където $x = \frac{2.4}{R_1} r = \beta r$; $\beta = \frac{2.4}{R_1}$.

Въз основа на таблични данни [5] по метода на най-малките квадрати получаваме: $a = 1.0044$; $b = -0.01768$; $c = -0.5657$; $d = 0.1668$. Така за q_v от (15) получаваме:

$$q_v(r) = \gamma (a + b\beta r + c(\beta r)^2 + d(\beta r)^3) \quad (16)$$

За определяне на константата γ ще използваме равенството на площите, заключени последователно между функциите $q_0 = \text{const}$ и $q_v = q_v(r)$ и оста Ox (фиг. 3):

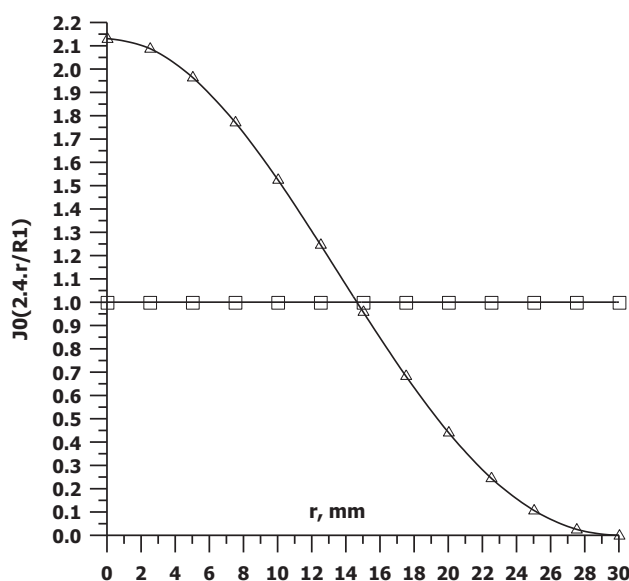
$$2q_0 R_1 = 2\gamma \int_0^{R_1} (a + Br + Cr^2 + Dr^3) dr \quad (17)$$

Тук за простота сме въвели нови константи: $B=b\frac{2.4}{R_1}$, $C=c\left(\frac{2.4}{R_1}\right)^2$,

$D=d\left(\frac{2.4}{R_1}\right)^3$ След интегриране в (17), заместване със стойностите на константите **a, b, c, d**, и опростяване получаваме $\gamma \approx 2.131q_0$. По този начин за (16) получаваме:

$$q_v(r)=2.131q_0\left(a+b\beta r+c(\beta r)^2+d(\beta r)^3\right) \quad (18)$$

За сравнение на фиг. 3 е показано в относителни единици разпределението на $q_v=q_0=\text{const}$ и $q_v=q_v(r)$ съгласно (18), като условно приемаме $q_v=q_0=1$. От фиг. 3 и от (18) се вижда, че в центъра на разряда локалната електрическа мощност е повече от два пъти по-голяма от допускането $q_v=q_0=\text{const}$. Това предполага определено различие в характера на разпределението на $T_g(r)$ в двата разглеждани случая: $q_v=q_0=\text{const}$ и $q_v=q_v(r)$.



Фиг. 3. Разпределение на обемната плътност на мощността по сечението на тръбата (отн. ед.): □ - $q_v=q_0=1$, Δ - $q_v=q_v(r)$ по формула (16).

4.1. Определяне разпределението на температурата на газа

Точното решение на основното уравнение на топлопроводност (1) при смесени гранични условия (4) - (5) и радиално разпределение на $q_v=q_v(r)$ от типа (18) има вида:

$$T_g(r) = \left\{ T_1^{m+1} + \frac{(m+1)\gamma}{\lambda_0} \left[\frac{a}{4} (R_1^2 - r^2) + \frac{B}{9} (R_1^3 - r^3) + \frac{C}{16} (R_1^4 - r^4) + \frac{D}{25} (R_1^5 - r^5) \right] \right\}^{\frac{1}{m+1}} \quad (19)$$

Изводът на (19) е даден подробно в [5] и по тази причина няма да бъде представян отново.

4.2. Резултати от компютърните изчисления.

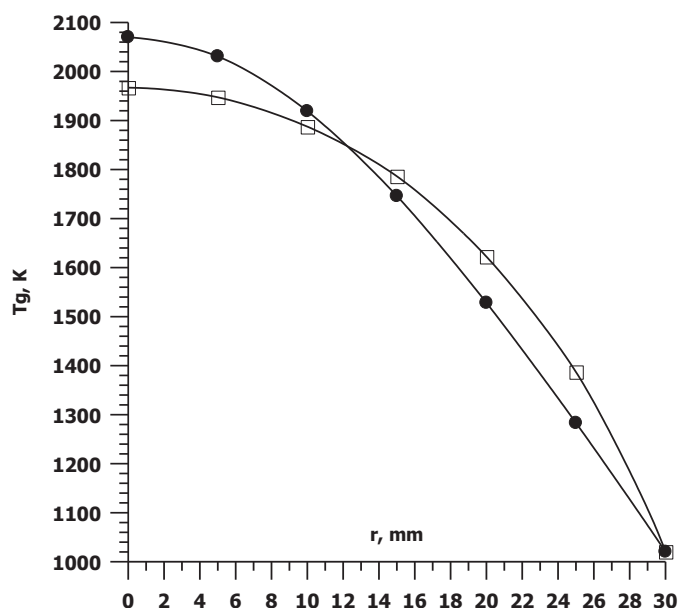
Отново ще разгледаме случай на естествена конвекция на охлаждане, както в параграф 3. Получените характерни стойности на температурата са показани в Таблица 2. За сравнение на получените резултати са приведени и съответните стойности от параграф 3, получени съгласно (3).

Таблица 2. Пресметнати стойности на температурата в характерни точки на тръбата за лазер с пари на меден бромид при естествена конвекция съгласно (19), (виж също фиг. 1).

Тип на обемната плътност на мощността	T_{air}, K	T_3, K	T_2, K	T_1, K	$T_0 = T_{max}, K$
$q_v = q_0 = \text{const}$ Формула (3)	300	617	1010	1020	1967
$q_v = q_v(r)$ Формула (19)	300	617	1010	1020	2070

На фиг. 4 на една координатна система е показано разпределението на съответно при обемни плътности на мощността $q_v = q_0 = \text{const}$ и $q_v = q_v(r)$. Максималната температура в центъра на разряда е със $100^\circ C$ по-висока в случая на променливо $q_v = q_v(r)$ спрямо случая на фиксирана обемна плътност на мощността.

От получените резултати се вижда, че формула (19) по-добре отчита реалните физически процеси в активния лазерен обем.



Фиг. 4. Разпределение на температурата на газа по сечението на тръбата при естествена конвекция: □ - $q_v = q_0 = 1$, формула (3)
 ● - $q_v = q_v(r)$, формула (19)

5. Резултати и тяхното обсъждане

Независимо от това, че максималната локална електрическа мощност в центъра на тръбата съгласно фиг. 3 е повече от 2 пъти по-голяма при $q_v = q_v(r)$, разликата между съответните максимални температури е само 100 °C. Отклонението е средно около 5.1 %. Това означава, че решение (3) може успешно да се използва за анализ на температурния режим на лазерните източници, когато е известна температурата на стената на тръбата.

Като абсолютна величина разликата от 100 °C в центъра на разряда не би трябвало да се пренебрегва. Формула (19) може по-добре да обясни и предскаже възникването на редица негативни явления, свързани с прегряването на лазерната среда. Повишаването на температурата в центъра на разряда със 100 °C може да доведе до контракция на газовия разряд, термийонизационна неустойчивост и термохимична деградация на газа, допълнително термично заселване на долните лазерни нива. В крайна сметка това води до намаляване на лазерната мощност и влошаване на модовия състав. В някои случаи прегряването на разряда в центъра на тръбата може да предизвика прекратяване на лазерната генерация по нейната ос и поява на тъмни петна в центъра на лазерния лъч. По тази причина, независимо от привидната сложност на формула (19), нейното използване е препоръчително.

6. Заключение

Развит е математичен модел за определяне на температурният профил на газов разряд за CuBr лазер. Предложени са гранични условия от трети и четвърти ред, които отчитат реалните физически процеси на охлаждане на лазерната тръба в условията на естествена конвекция. Това позволява да се определя температурата в газовия разряд, без да е необходимо познаването на температурата на стената на тръбата. Предложена е формула, която позволява да се пресмята температурния профил, като се отчита радиалното разпределение на приложената обемна плътност на електрическата мощност. След определена адаптация, развитият модел може да се прилага и за други типове газови лазери, лазери с пари на металите и техните съединения.

Литература

- [1] D. N. Astadjov, K. D. Dimitrov, D. R. Jones, V. K. Kirkov, C. E. Little, N. V. Sabotinov, N. K. Vuchkov. Copper Bromide Laser of 120-W Average Output Power. IEEE J. of Quant. Electr., 33, № 5, 1997, 705-709.
- [2] D. Astadjov, N. Sabotinov. Energy dissipation in the electrodes of CuBr laser-like discharges. J. of Appl. Phys. D: Appl. Phys. v.30, N 10, 1997, 1507-1514.
- [3] M. J. Kushner, B. E. Warner, Large bore copper vapor lasers: Kinetics and scaling issues, "Large Bore Copper Vapor Lasers: Kinetics and Scaling Issues". J. Appl. Phys. 54 (6), pp. 2970-2982, 1983.
- [4] И. П. Илиев, С. Г. Гочева-Илиева, Н. В. Саботинов. Аналитическое исследование температурного профиля лазера на бромиде меди. Квантовая электроника, 38, № 4, 2008, 338-342.
- [5] И. П. Илиев, С. Г. Гочева-Илиева, Н. В. Саботинов. Улучшенная модель температура газа в лазерах на парах меди. Квантовая электроника, 39, № 5, 2009, 425-430.

МОНТЕ КАРЛО МЕТОД ЗА ДЕТЕКЦИЯ НА РЕЗОНАНСИ В ПЛАЗМЕНИ ИЗТОЧНИЦИ С ПЕРИОДИЧНА СТРУКТУРА

Христо Търнев

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

Резюме. Разработен е метод за откриване на скорости, при които енергията на електроните в плазма нараства резонансно. Методът е приложен към плазмен източник с периодична структура. Получено е съвпадение на резултатите от числения метод с аналитични резултати.

Ключови думи: Монте Карло симулации, плазмени източници.

1. Увод

В последните години методите, базирани на изследване на движението на отделни частици, като Particle in cell и Монте Карло, намират все по-широко приложение в моделирането в областта на физиката на плазмата и газовите разряди [1-3]. Тяхно предимство е, че не изискват толкова много предварителни предположения като флуидните модели и не водят до трудно решими интегро-диференциални уравнения като кинетичните модели в общия случай. Като недостатък може да се посочат големите изисквания към компютърната техника и трудното в някои случаи тълкуване на резултатите. Тези методи са особени полезни, когато функцията на разпределение на частиците по скорости или енергия се отличава съществено от Максвеловата функция на разпределение. Това е типично за областта на внасяне на енергия в разряда, особено при ниско налягане, където средният свободен пробег на електроните е голям и насочената им скорост е сравнима с топлинната. Пример за такива резултати са моделите на капацитивни разряди, виж например [4].

В настоящата работа е приложен Монте Карло метод за моделиране на внасянето на енергия в индуктивен разряд при ниско налягане. За разлика от добре познатия случай на стохастично нагряване на електроните, движещи се перпендикулярно на антената [5], тук разглеждаме възможността за стохастично нагряване на електрони, движещи се в равнина, успоредна на антената [6]. Това е възможно при източник, създаващ електрично поле с периодична структура. В този случай е показано, че при определена големина и посока на скоростта на електрона е възможно резонансно нарастване на неговата енергия. При движение на електрона с резонансна скорост той вижда по цялата си траектория ускоряващо поле.

2. Монте Карло метод

Описанието на ударите на електроните с атомите в разряда е направено съгласно с Монте Карло метода, както е описан в [1, 4]. Ударите не се разглежда детайлно, а се използва вероятностен подход. Познавайки движението на електрона преди удара се определя посоката на движение и скоростта на електрона след удара, като се знаят сеченията на възможните процеси. С помощта на случайни числа се определят:

1. Времето между два удара:

$$t = -\frac{1}{\nu} \ln(1 - \text{random}) \quad (1)$$

като ν е пълната честота на удари на електрон с атом, а random е случайно число между 0 и 1.

2. Посоката на движение след удара, която се определя от полярния и азимуталния ъгъл.

3. Вида на удара. В модела се разглеждат два вида удари – еластичен и нееластичен удар за възбуждане.

В настоящата работа са направени някои модификации на така описана класическата схема на метода. За да се избегне зависимостта от конкретен вид газ чрез сеченията за различните процеси, пълната честота на удари ν е взета константа и е външен параметър за модела. От друга страна, за да се осигури реалистичност на резултатите, съотношенията на сеченията за еластични и нееластични удари са взети от данни за аргон.

Между два удара траекторията на движение на електрона се получава чрез решаване на уравненията за движение, като пространственото разпределение на електричното поле е зададено като външен параметър.

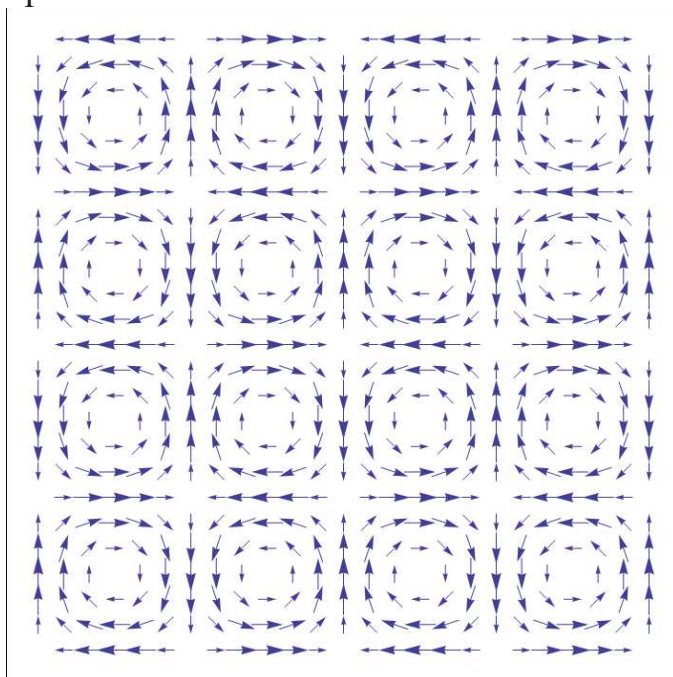
Обикновено в Монте Карло моделите се използва голям брой частици, като в определен момент от време чрез осредняване на съответните величини, характеризиращи движението на частиците се получават интересувашите ни величини. Тук е приложен друг подход: движението на един електрон е проследено достатъчно дълго време (достатъчно да претърпи няколко милиона удара с атоми) и осредняването по ансамбъл е заменено с осредняване по време.

3. Пространствено разпределение на електричното поле

Периодично пространствено разпределение на електричното поле в разряда може да бъде създадено с подходяща по форма антена. Съгласно [6] това би могло да бъде матрица от малки антени (в модела тук с диаметър 4 cm), индуциращи в плазмата кръгови токове. В модела x - и y - компонентите на тези електрични полета (фиг. 1) се описват с изрази:

$$\vec{E} = E_0 \begin{pmatrix} \sin(k_0 y) \cos(k_0 x) \\ -\cos(k_0 y) \sin(k_0 x) \end{pmatrix} \cos(\omega_0 t) \quad (2)$$

Тук $\omega_0 = 2\pi f$ е кръговата честота на вълната, като $f = 13.56$ MHz (период $T = 74$ ns). E_0 е амплитудата на електричното поле, а $k_0 = 2\pi/L$, като L е пространствения период на структурата. В нашия случай на L е равен на два диаметъра на един кръгов ток.



Фиг. 1. *Представяне на кръговите електрични полета в модела, получени от (2).*

4. Резултати

Първите резултати, които ще бъдат представени, са за функцията за разпределение на електроните по скорости (фиг. 2). Вижда се, че функцията на разпределение се различава съществено от Максвелова функция на разпределение. Значително нараства броят на високоенергетичните електрони. Аналитичните резултати на [6] показват, че при скорости

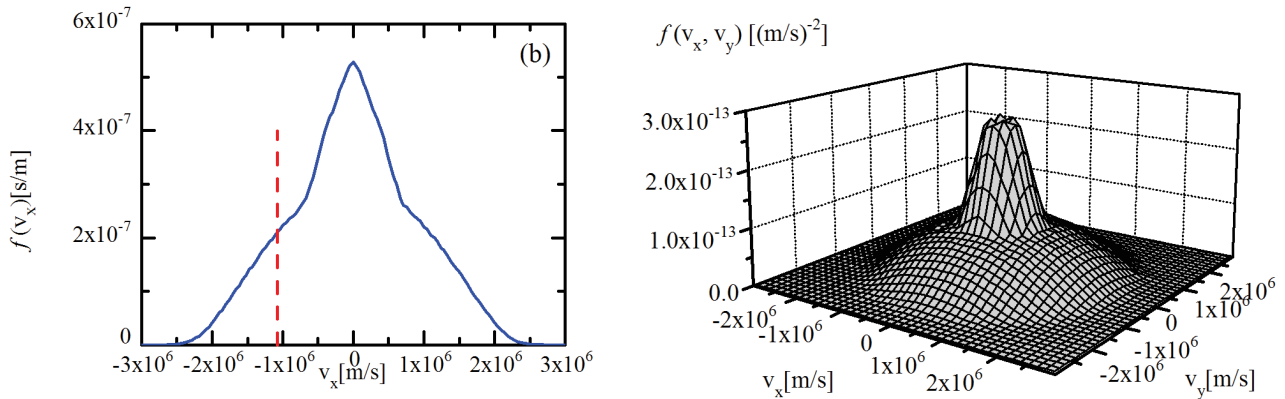
$$v_x \pm v_y = \pm v_p = \pm \omega_0 / k_0 \quad (3)$$

се очаква резонансно нарастване на енергията на електроните. За резонансната скорост се получава $v_p = 2L/T = 1.08 \times 10^6$ m/s.

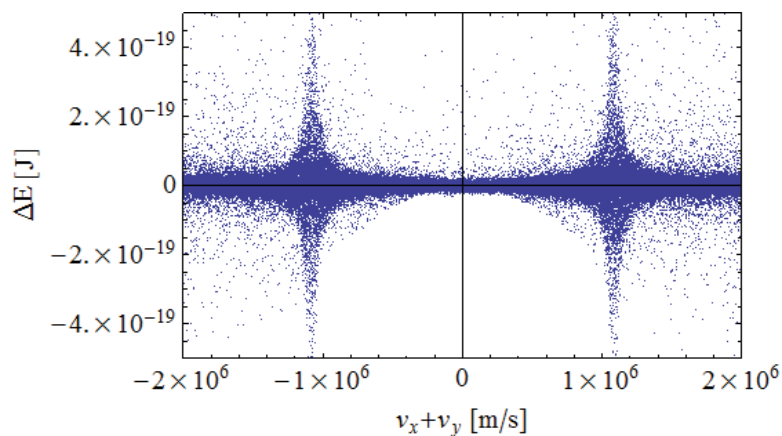
Двумерната функция на разпределение е изотропна, въпреки наличието на резонансни скорости.

Вижда се, че макар да се забелязва нарастване на функцията на разпределение около резонансната скорост, няма директно доказателство за наличието на резонансно поглъщане на енергия от електроните при тази скорост. Затова бе разработен допълнителен метод за регистрация на нарастването на енергията на електроните. Регистрира се енергията на електрона след всеки удар и компонентите на скоростта му и енергията на електрона в момента на следващия удар. Така може да бъде изчислено

изменението на енергията на електрона между два удара ΔE като функция на скоростта след първия удар. На фиг. 3 е показан резултатът за зависимостта на ΔE от сумата от скоростите $v_x + v_y$ след първия удар. Ясно се виждат два максимума, съответстващи на условието (3) за случаите $v_x + v_y = v_p$ и $v_x + v_y = -v_p$.



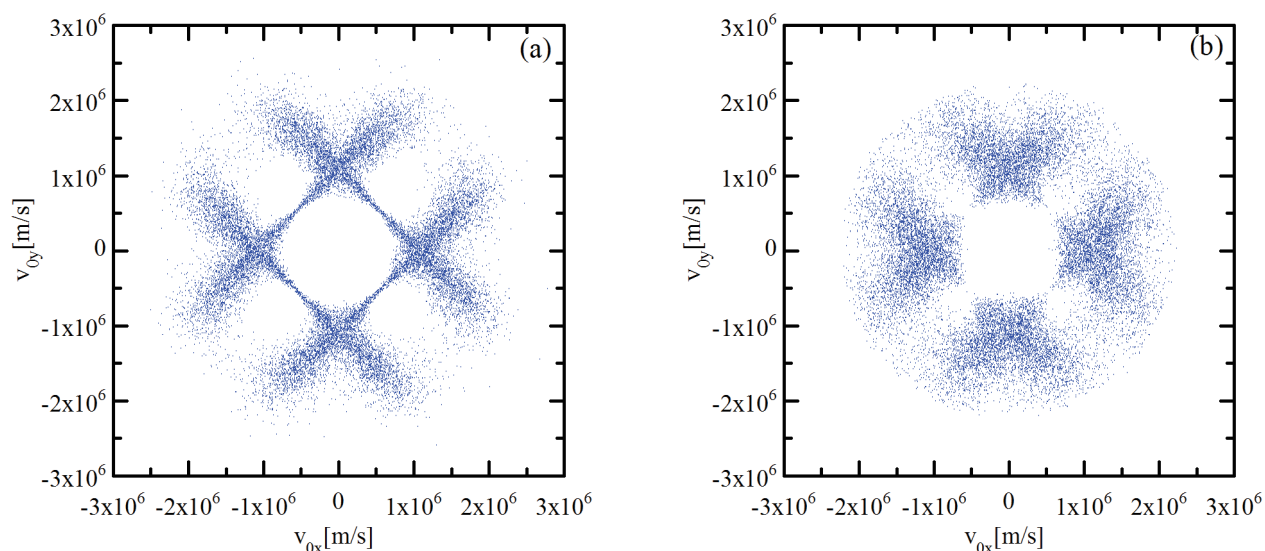
Фиг. 2. Едномерна (ляво) и двумерна (дясно) функция на разпределение на електроните по скорости. Червената вертикална линия е при скорост $v_p = 2L/T = 1.08 \times 10^6$ m/s.



Фиг. 3. Енергия, придобита от електрона между два удара, като функция на сумата от скоростите след първия удар.

Резултатите от друг подход за откриване на резонансните скорости е показан на фиг. 4. Всяка точка на фигурата показва скоростите след удар на електрона. На фигурата са показани обаче не всички удари, а само 2.5 % от тях, за които нарастването на енергията на електрона между два удара ΔE е най-голямо. Четирите прави от уравнение (3) се виждат ясно на фиг. 4(a). Увеличаване на честотата на удари (фиг. 4(b)) води до размиване на правите. Тъй като ударите са механизъм на загуби на кинетична енергия за електроните,

както при всяко резонансно явление и тук увеличаването на загубите води до намаляването на остротата на резонанса.



Фиг. 4. Начални скорости след удар на електрони, за които има най-значително увеличаване на енергията между два удара при различна честота на удари електрон-атом: $\omega/\nu = 100$ (a) и $\omega/\nu = 10$ (b).

5. Заключение

В работата е изследван нов механизъм за нелокално нагряване на електроните. Разработен е метод за откриване на резонансите. Установен е нараснал брой на високоенергетични електрони, което може да е от голям интерес за някои приложения

Литература

- [1] S. Longo, Plasma Sources Sci. Technol., **15**, S181–S188 (2006)
- [2] J. P. Verboncoeur, Plasma Phys. Control. Fusion, **47**, A231–A260 (2005)
- [3] M. M. Turner, Phys. Plasmas, **13**, 033506 (2006)
- [4] Z. Donko, Plasma Sources Sci. Technol., **20**, 024001 (2011)
- [5] M. A. Lieberman and A. J. Lichtenberg, Principles of Plasma Discharges and Material Processing, New York: Wiley (1994)
- [6] U. Czarnetzki, частно съобщение (2012)

Рентгенова ФЕС на наноструктурирани SiO_xN_y слоеве: химичен състав и структура

Сашка Александрова, Елена Халова и Невена Кожухарова

Департамент по приложна физика, Технически Университет-София, София 1000,
бул."Кл. Охридски" 8, България,
e-mails: salex@tu-sofia.bg, ehalova@tu-sofia.bg, nkojuharova@tu-sofia.bg

Резюме. Рентгенова фотоелектронна спектроскопия (ФЕС) е приложена за изследване на химическите връзки и състав на наноструктуриран слой SiO_xN_y , получен чрез окисление на Si, имплантиран с N с енергия 4 keV и доза 10^{16} - 10^{18} cm^{-2} . Слоеве са с ниско съдържание на N - 2,6 at. %, което се обяснява с излитане на N в процеса на окисление. При доза 10^{18} cm^{-2} се наблюдава формиране на Si-Si кластери. Дебелината на слоевете е < 10 nm.

Ключови думи: Фотоелектронна спектроскопия, имплантация, наноструктури

1. Увод

Свърхтънки оксинитридни слоеве SiO_xN_y , получени с използване на йонна имплантация намират приложение в електронни и оптоелектронни прибори [1-3]. Беше установено, че присъствието на N в Si по време на окисление може да доведе до формиране на Si-Si връзки, които образуват кластери [4]. За получаване на слоеве с отнапред зададени свойства и контролиране на параметрите им се изисква детайлно познаване на структурните им свойства и химичните връзки и зависимостта им от технологичните условия.

В настоящата работа са представени резултати относно химичните Si-O и Si-N връзки в матрицата SiO_xN_y , получени чрез прилагане на ФЕС. В комбинация с послойно ецване е получена информация за профила на N по дебелината на слоя. Профилът е сравнен с този, получен чрез компютърно симулиране за изясняване на процесите на формиране на слоевете по време на окислителната обработка.

2. Експериментални данни

За получаване на слоевете е използван p -тип Si(100) със съпротивление 5-8 Ohm.cm. Йонната имплантация е осъществена чрез плазмена йонна бомбардировка с атомни (N^+) и молекулни (N_2^+) йони в планарен плазмен реактор. Енергията на йоните е 4 keV при доза 10^{16} до 10^{18} cm^{-2} . Имплантираните Si подложки са обработени термично при 1050 °C за време 10

min и 20 min в среда на сух кислород при нормално налягане. Дебелината е определяна чрез елипсометрични изследвания.

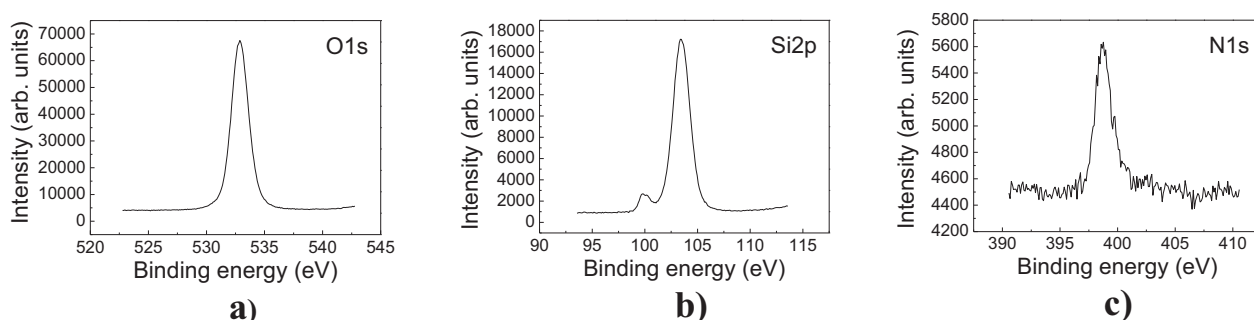
Профилите на разпределение на йоните по дълбочина са получени чрез Monte-Carlo компютърни симулации с програма SRIM, като е взет под внимание процесът на дифузия на имплантираните йони.

Дебелината на слоевете, определена от отношението на Si2p пиковите от ФЕС в подложката и слоя, е в много добро съгласие с елипсометричните данни.

3. Резултати и дискусия

На фиг. 1 са показани ФЕС спектрите за слоевете SiO_xN_y получени върху Si, имплантиран с най-високата доза 10^{18} cm^{-2} .

Спектрите на кислорода O1s на фиг. 1а показват много близки стойности за всички дози. Спектрите на силиция Si2p вътрешните нива на фиг. 1б показват две отделни компоненти в интервала 98-107 eV. Главният пик при 103.5 eV се дължи на Si^{4+} окисно състояние в силициев окис или оксинитрид [5]. Нискоенергетичният пик при 99.2 eV се дължи на Si-Si връзки, обикновено приписвани на Si подложка. Поради ниския му интензитет, този пик следва да се интерпретира като дължащ се наноразмерни Si кластери. Пикът на азота N1s показва многокомпонентен характер, както се вижда на фиг. 1с. Деконволуцията му показва пикове при 398.6 и 400 eV, характерни за Si-O-N връзки в различни конфигурации, като $\text{N}(\text{-SiO}_3)_x$ и O-N-Si_2 .

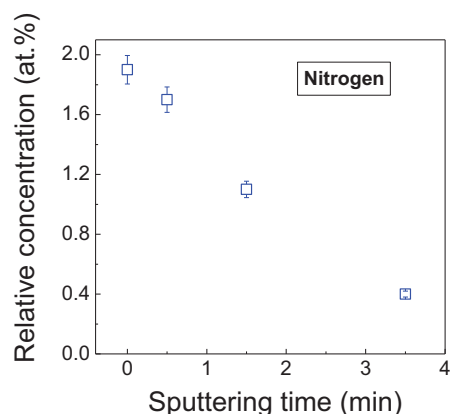


Фиг. 1. Енергии на връзките на N1s, Si2p and O1s вътрешни нива в слоевете, формирани в Si, имплантиран с N^+ с доза 10^{18} .

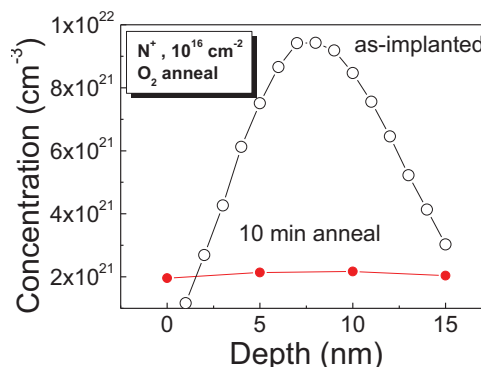
За характеризиране на слоевете SiO_xN_y по дълбочина ФЕС е приложена в комбинация с разпрашване със скорост $\sim 2,5 \text{ nm/min}$. Полученото разпределение на N за слой с дебелина 10 nm е показано на фиг. 2а. Вижда се, че концентрацията намалява с дълбочината. Пълната концентрация в разпрашения обем, получена чрез интегриране на разпределението на фиг. 2а, е $1,2 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$.

Профилът на имплантираните N атоми, получен чрез моделиране SRIM, е представен на фиг. 2б. На същата фигура е даден и профилът на атомите след процедурата на окисление, като се вземе под внимание процесът на дифузия при високата температура. Вижда се, разпределението придобива плосък профил със силно намалена концентрация. Това се обяснява с миграция и

излитане на N от слоя. Концентрацията за симулирания профил на фиг. 2б за същия обем е



Фиг. 2а. Разпределение на N в SiO_xN_y получено от XPS чрез послойно разпрашване



Фиг. 2б. Разпределение на N чрез SRIM моделиране преди и след отгряване.

$3.1 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$. Тази стойност макар и малко по-висока, е от същия порядък, както тази получена експериментално от ФЕС профила на фиг. 2а. Разликата най-вероятно се дължи на факта, че дифузията не е единствен механизъм на миграция на N при температурата на синтеза на SiO_xN_y при окислението на Si, имплантиран с N.

4. Заключение

Изследването на SiO_xN_y слоеве, синтезирани чрез високотемпературно окисление на Si имплантиран с N, с помощта на ФЕС показва наличие на пикове, характерни за връзки Si-O-N в различни конфигурации. Сравнението на разпределението на N, определено теоретично от моделиране на имплантирания профил и профила, получен от ФЕС с йонно разпрашване, се обяснява с миграция и излитане на N от слоя.

Литература

- [1] Salgado T D M, Stedile F C, Krug C, Baumvol I J R and Radtke C 1999 *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res., B* **148**, 1-4, 252-256.
- [2] Diniz J A, Sotero A P, Lujan G S, Tatsch P J and Swart J W 2000 *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res., B* **166-167**, 64-69.
- [3] Beck R B and Jakubowski A 2004 *J. of Telecommun. Inform. Techn.*, **1**, 62-69.
- [4] Gartner M, Szekeres A, Alexandrova S, Osiceanu P, Anastasescu M, Stoica M, Marin A, Vlaikova E, Halova E 2012 *Appl. Surf. Sci.*, **258**, 7195– 7201.
- [5] Birer Ö, Sayan S, Süzer S and Aydın I A 1999 *J. Molecular Structure*, **480–481**, 611-6.

RK4IP МЕТОДА ЗА МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОЦЕСИ В НЕЛИНЕЙНАТА ВЛАКНЕСТА ОПТИКА

Тодор Арабаджиев

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

Резюме. Чрез нелинейното уравнение на Шрьодингер и посредством метода "Runge-Kuta 4 Interaction Picture" (RK4IP) е моделирано солитонно разпространение на импулси в оптични влакна. Представени са данни за устойчивостта на RK4IP и е сравнен с един високо-точен вариант на Фурие метода за разделяне по физични фактори (SSFM) - метода на Blow и Wood.

Ключови думи: RK4IP.

1. Увод

Първоначално RK4IP метода е разработен през 90-те години на 20 век от групата на R. Ballagh в университета в Отаго (Нова Зеландия) за моделиране (чрез уравнението на Гросс-Питаевски) на Бозе-Айнщайн кондензати [1]. През 2007 година J. Hult [2] прилага метода за моделиране на процеси в нелинейната влакнеста оптика. В последвалите изследвания [3, 4] методът показва сравними или дори превъзхождащи качества в сравнение с популярния SSFM метод [5, 6] за моделиране на оптични процеси чрез нелинейното уравнение на Шрьодингер (НУШ).

Метода RK4IP може да се интерпретира още като експоненциален Рунге-Кута метод използван при решаването на параболични ЧДЕ. Методът е от 4-ти порядък на сходимост, което го прави много добра алтернатива на високоточните варианти на SSFM от същия порядък на точност като например метода на Blow и Wood използващ алгоритъма на Рунге-Кута 4 за изчисляване на нелинейната стъпка (BWRK4) [2, 5, 6]. Въпросът е, дали RK4IP предлага някакво предимство по отношение на устойчивост при използване на по-рехава мрежа в сравнение с BWRK4, което би било признак на по-добрата ефективност при пресмятания с фиксирана точност.

2. Резултати и обсъждане

Численото моделиране, което ще представим е базирано на решаването на НУШ, което като физически явления във влакното отчита дисперсията на груповите скорости и фазовата саомодуляция (керовска нелинейност). Както е известно НУШ в този случай при баланс на двата ефекта има стационарно решение, физически интерпретирано като оптичен солитон. Оптичният солитон най-общо можем да си представим като импулс с определена форма задавана

обикновено чрез функцията sech , притежаващ фиксирана амплитуда и енергия и запазващ (едносолитонно състояние) или периодически възстановяващ формата (многосолитонно състояние) си при разпространение в оптично влакно.

Численото изследване, което ще представим най-общо съдържа два основни пункта:

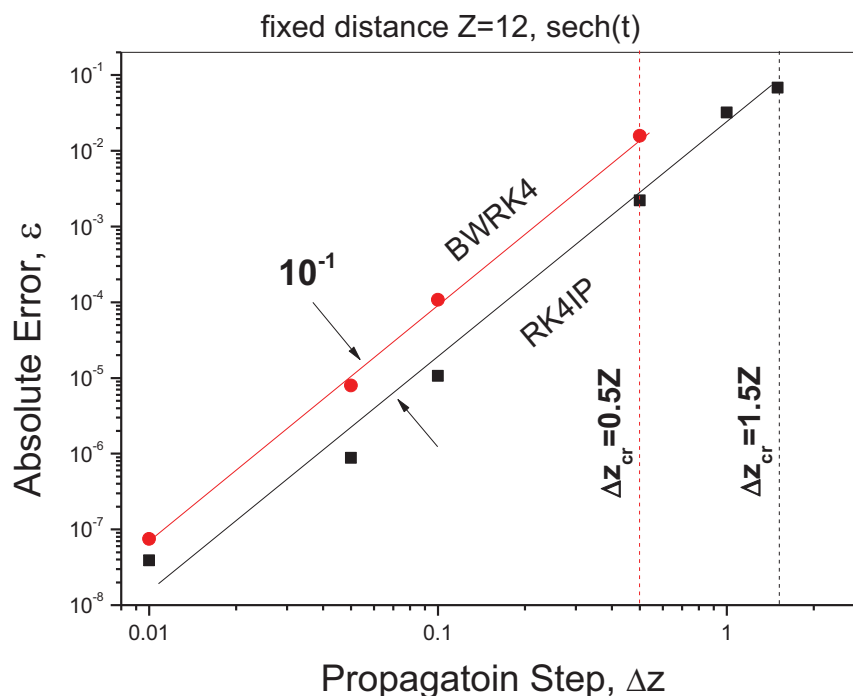
- Ще пресметнем абсолютната ε грешка на RK4IP за пиковата амплитуда на оптичен солитон с начално условие $\text{sech}(t)$ след 12 дисперсионни дължини ($12 Z$) по формулата,

$$\varepsilon = |U_{\text{true}} - U_{\text{numerical}}| \quad (1)$$

където U_{true} е точното солитонно решение на НУШ с фиксирана нормирана пикова амплитуда "1" а $U_{\text{numerical}}$ е численото решение получено с всеки от сравняваните методи. Пресмятанията се извършват в такъв интервал от стойности на стъпката на разпространение, че бъде идентифицирана критичната големина, указваща границите на устойчивост на методите.

- Ще сравним резултата, получен с RK4IP с BWRK4 (като високо-точен SSFM метод с 4-ти порядък на сходимост).

Резултата, получен от така предложените пресмятания е представен на фиг. 1



Фиг. 1. Абсолютна грешка като функция от стъпката на разпространение за фиксирано разстояние от 12 дисперсионни дължини (Z). Намерената критична стъпка за всеки метод е представена с пунктир.

От това числено изследване установихме следните важни резултати, които могат да се видят от фиг. 1.

1. RK4IP и BWRK4 са ограничено устойчиви с критична стъпка съответно $\Delta z_{cr}=1.5Z$ и $\Delta z_{cr}=0.5Z$ за BWRK4.
2. RK4IP е с 10^{-1} (с един порядък) по-точен от BWRK4 при еднаква големина на стъпката в изследвания интервал, макар порядъка на сходимост да е много близък.

Първият резултат показва, че RK4IP остава устойчив при 3-пъти по-голяма критична стъпка от BWRK4, което означава, че RK4IP при пресмятанията е много по-ефективен от BWRK4.

Вторият резултат показва, че при сравнително голяма стъпка (0.01Z-1.5Z) RK4IP е с около 1 порядък по-точен от BWRK4.

3. Заключение

- i) Метода RK4IP превъзхожда по точност BWRK4 при аналогичен порядък на сходимост.
- ii) Метода RK4IP е ограничено устойчив с критична стъпка три пъти по-голяма от тази на BWRK4, което осигурява значително предимство, като бързодействие и ефективност.

Литература

- [1]. B.M. Caradoc-Davies, "Vortex Dynamics in Bose-Einstein Condensates", PhD thesis, University of Otago, Dunedin, New Zealand, (2000)
- [2]. 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)
- [3]. A. Heidt, "Efficient Adaptive Step Size Method for the Simulation of Supercontinuum Generation in Optical Fibers", J. Lightwave Technology, 27, 18, pp. 3984-3991 (2009)
- [4]. Zhongxi Zhang, Liang Chen, and 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)
- [5]. T. Hohage, F. Schmidt, "On the Numerical Solution of Nonlinear Schrödinger Type Equations in Fiber Optics", Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin, ZIB-Report 02-04, 2002
- [6]. K. Blow, D. Wood, "Theoretical Description of Transient Stimulated Raman Scattering in Optical Fibers", 25 (12), p. 2665-2673, 1989

МОДЕЛИРАНЕ НА МАГНИТОЕЛЕКТРОЕЛАСТИЧНИ МАТЕРИАЛИ С ПУКНАТИНИ С МЕТОДА НА ГРАНИЧНИТЕ ИНТЕГРАЛНИ УРАВНЕНИЯ

Йонко Стойнов

Факултет по приложна математика и информатика, ТУ-София, София 1000, бул. Кл. Охридски 8, e-mail: ids@tu-sofia.bg

Резюме. В настоящата статия е изследвано динамичното поведение на магнитоелектроеластичен материал (МЕЕМ) с пукнатина. МЕЕМ е подложен на антиплейн механично и инплейн електрично и магнитно външно натоварване. Граничната задача е сведена до система интегродиференциални уравнения по пукнатината. Числени примери показват зависимостта на коефициента на интензивност на напрежението от нормализираната честота при различно външно натоварване: механично, електромеханично, магнитомеханично.

Ключови думи: магнитоелектроеластични материали с пукнатини, антиплейн задача, метод на граничните интегрални уравнения (МГИУ).

1. Увод

Пиезоелектричните и магнитоелектроеластичните материали имат широко приложение в съвременната индустрия. В резултат на тяхната способност да превръщат механичната енергия в електрична и обратно, пиезоелектричните материали се използват в различни микроелектромеханични системи като сензори, задвижващи устройства, датчици и др. За разлика от тях магнитоелектроеластичните композити осъществяват взаимодействие не само между механичните и електрични полетата, но също и между механични и електрични и електрични и магнитни полета, което ги прави потенциални кандидати за създаване на ново поколение интелигентни структури (Li [1]). Тези МЕЕМ притежават магнитоелектричен ефект, който не съществува в отделните компоненти.

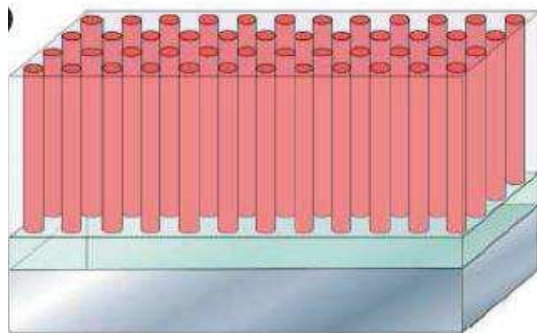
Магнитоелектричният ефект се дискутира за първи път от Пиер Кюри през 1894г. Термина “магнитоелектричен ефект” се използва за пръв път от Р. Debye през 1926г. По-строго предсказване на линейната връзка между електрични и магнитни свойства се прави от Ландау и Лифшиц през 1957г. През 1959г. Дзяложински теоритично предсказва линейния магнитоелектричен ефект за Cr_2O_3 , а година по-късно Д. Астров пръв наблюдава магнитоелектричния ефект в Cr_2O_3 .

Еднофазните магнитоелектрични материали, като Cr_2O_3 , $BiFeO_3$, $BiMnO_3$ и други имат някои съществени недостатъци, което ги прави неподходящи за приложения:

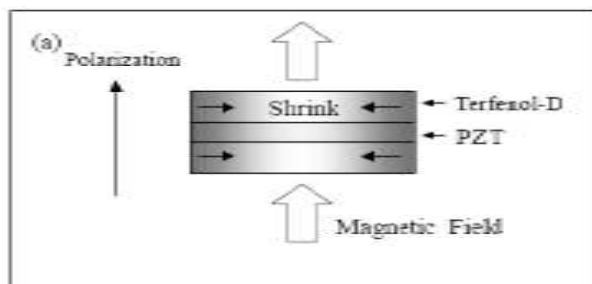
- магнитоелектричният ефект се проявява при ниски температури и се налага използването на течен азот или дори течен хелий, за да се охлади кристала. Cr_2O_3 е едно от малкото изключения, като остава магнитоелектричен до температура $308K = 35^\circ C$.
- магнитоелектричният ефект е много слаб. Brawn et al. [2] са показали, че елементите на линейния магнитоелектричен тензор са термодинамично ограничени: $\alpha_{ik} < 4\pi\sqrt{\chi_{ii}^e\chi_{kk}^m}$, където χ_{ii}^e и χ_{kk}^m са коефициенти, показващи степента на поляризация, съответно магнетизация на материала под въздействието на електрично, съответно магнитно поле (Rivera[3]).

През 1972г. Van Suchtelen пръв въвежда идеята за магнитоелектричния ефект в двуфазни композитни материали, като свойство, което се дължи на механичното взаимодействие на двете фази (пиезоелектрична и пиеземагнитна) в композита. Това означава, че ако към такъв композит се приложи магнитно поле пиеземагнитните частици променят своята форма, поради магнитоотриковния ефект, тази деформация се предава на пиеземагнитната фаза, в резултат на което се променя поляризацията и се появява електрично поле и обратно. За разлика от еднофазните магнитоелектрични материали, при които магнитоелектричният ефект обикновено се проявява при ниска температура, магнитоелектроеластичните композити притежават силен магнитоелектричен ефект при стайна и дори над стайната температура. Магнитоелектричният ефект в тези композити може да бъде дори сто пъти по-голям от този в еднофазните магнитоелектрични материали. Това ги прави особено подходящи за приложения. Някои видове магнитоелектроеластични композити, при които магнитоелектричното свързване е в резултат на еластично взаимодействие между отделите фази са следните:

- наноклонни композити (nanocolumnar composites), например $BaTiO_3/CoFe_2O_4$ -матрицата е пиезоелектричният материал $BaTiO_3$, наноклоните са от пиеземагнитния материал $CoFe_2O_4$ (фиг. 1). Поради малкия размер на пиезоелектричната и пиеземагнитната компонента, тези наноконпозити могат да се разглеждат, като квази-хомогенни с ефективни диелектрична константа и магнитна пропускливост.
- слоести композити, например трислойния композит $PZT/Terfenol-D$ -при които пиезоелектричната компонента PZT и пиеземагнитната компонента $Terfenol-D$ са слепени (фиг.2).(Kambale et al. [4], Dörr [5])



Фиг. 1. НанокOLONен магнитоелектроеластичен композит



Фиг. 2. Трислойния композит PZT / Terfenol – D

Нашите изследвания са свързани с нанокомпозита $BaTiO_3 / CoFe_2O_4$.

Основен недостатък на тези нови материали е че те са крехки, което ги прави много чувствителни към пукнатини. Поради различни причини пукнатини или дефекти неминуемо съществуват в МЕЕМ. Ако МЕЕМ е подложен на външно магнитоелектроеластично натоварване, концентрацията на магнитоелектроеластичното поле близо до пукнатината може да нарастне достатъчно, за да причини уголемяване на пукнатината и в крайна сметка да доведе до сериозно влошаване на функционалните свойства на МЕЕМ. Ето защо е необходимо да се анализира поведението на МЕЕМ с пукнатини, подложен на магнитоелектроеластично външно натоварване.

В тази статия ще разгледаме динамичното поведение на МЕЕМ с пукнатина, подложен на механично, електромеханично и магнитомеханично външно натоварване. Представена е зависимостта на коефициента на интензивност на напрежението от нормализираната честота при различни гранични условия.

2. Описание на задачата

Както беше споменато по-горе за МЕЕ тяло механичното натоварване освен до механична деформация води и до поява на електрично и магнитно поле. Също така, ако такова тяло бъде подложено на електрично или магнитно поле се създава електрична и магнитна индукция и възниква деформация. Взаимодействието между механичните, електричните и магнитните полета може да бъде зададена със следните конститутивни уравнения:

$$\sigma = \mathbf{C}\mathbf{s} - \mathbf{e}\mathbf{E} - \mathbf{q}\mathbf{H}, \quad (1)$$

$$\mathbf{D} = \mathbf{e}^t \mathbf{s} + \varepsilon \mathbf{E} + \mathbf{d}\mathbf{H}, \quad (2)$$

$$\mathbf{B} = \mathbf{q}^t \mathbf{s} + \mathbf{d}\mathbf{E} + \mu \mathbf{H}, \quad (3)$$

където σ , $\mathbf{D}$ и $\mathbf{B}$ са съответно тензора на напрежението, вектора на електрическата индукция и вектора на магнитната индукция; $\mathbf{s}$, $\mathbf{E}$ и $\mathbf{H}$ са съответно тензора на деформация, вектора на интензитета на електричното поле и вектора на напрежение на магнитното поле; $\mathbf{C}$, ε и μ са съответно тензор на еластичността, тензор на диелектричната константа и тензор на магнитната пропускливост; $\mathbf{e}$, $\mathbf{q}$ и $\mathbf{d}$ са съответно тензор на пиезоелектричните, пиеземагнитните и магнитоелектричните коефициенти. Ще отбележим, че се ограничаваме до случая на ниски честоти, поради което можем да считаме електричните и магнитните полета за статични.

Магнитоелектроеластичния композит $\text{BaTiO}_3 / \text{CoFe}_2\text{O}_4$ е трансверзалноизотропен, поради което разглеждаме правоъгълна координатна система $Ox_1x_2x_3$, в която Ox_1x_2 съвпада с изотропната равнина, а Ox_3 е оста на симетрия и поляризация на материала. Тензорите участващи в конститутивните уравнения за този вид среди са следните Li [1], Hou et al.[6]:

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & 0 & 0 & 0 \\ c_{12} & c_{11} & c_{13} & 0 & 0 & 0 \\ c_{13} & c_{13} & c_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (c_{11} - c_{12})/2 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{e} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & e_{31} \\ 0 & 0 & e_{31} \\ 0 & 0 & e_{33} \\ 0 & e_{15} & 0 \\ e_{15} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{q} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & q_{31} \\ 0 & 0 & q_{31} \\ 0 & 0 & q_{33} \\ 0 & q_{15} & 0 \\ q_{15} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_{11} & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{33} \end{pmatrix}, \quad \mu = \begin{pmatrix} \mu_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \mu_{11} & 0 \\ 0 & 0 & \mu_{33} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{d} = \begin{pmatrix} d_{11} & 0 & 0 \\ 0 & d_{11} & 0 \\ 0 & 0 & d_{33} \end{pmatrix}.$$

Разглеждаме случая, когато магнитоелектроеластичното тяло е подложено на антиплейн механично и инплейн електрично и магнитно външно натоварване. В този случай е изпълнено:

$$u_1 = u_2 = 0, \quad E_3 = 0, \quad H_3 = 0 \quad (4)$$

където u_i е компонентата на еластичното преместване, E_i е компонентата на интензитета на електричното поле, а H_i е компонентата на напрежението на магнитното поле по оста Ox_i , $i=1,2,3$. В нашия модел тези величини са едни и същи във всички равнини перпендикулярни на оста на симетрия и затова не зависят от x_3 -задачата е двумерна. Различни от нула са единствено еластичното преместване $u_3(x_1, x_2, t)$, интензитета на електрическото поле $E_i(x_1, x_2, t)$ и напрежението на магнитното поле $H_i(x_1, x_2, t)$, $i=1,2$. Тук, както и по-нататък с t ще означаваме променливата за време. Връзките между компонентите на интензитета на електрическото поле и електричния потенциал и напрегнатостта на магнитното поле и магнитния потенциал са следните $E_i = -\varphi_{,i}$, $H_i = -\psi_{,i}$, $i=1,2$. Тук $_{,i}$ като долен индекс означава диференциране по променливата x_i . Тези връзки са в сила, тъй като се ограничаваме до ниски честоти.

Като използваме, че средата е трансверзалноизотропна, задачата е двумерна, връзката деформация преместване: $s_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i})$ и условията (4) и заместим в (1), (2) и (3) получаваме:

$$\sigma_{13} = c_{44}u_{3,1} + e_{15}\varphi_{,1} + q_{15}\psi_{,1}, \quad \sigma_{23} = c_{44}u_{3,2} + e_{15}\varphi_{,2} + q_{15}\psi_{,2} \quad (5)$$

$$D_1 = e_{15}u_{3,1} - \varepsilon_{11}\varphi_{,1} - d_{11}\psi_{,1}, \quad D_2 = e_{15}u_{3,2} - \varepsilon_{11}\varphi_{,2} - d_{11}\psi_{,2}, \quad D_3 = 0. \quad (6)$$

$$B_1 = q_{15}u_{3,1} - d_{11}\varphi_{,1} - \mu_{11}\psi_{,1}, \quad B_2 = q_{15}u_{3,2} - d_{11}\varphi_{,2} - \mu_{11}\psi_{,2}, \quad B_3 = 0. \quad (7)$$

Това са конститутивните уравнения за трансверзалноизотропна магнитоелектроеластична среда, подложена на антиплейн механично и инплейн електрично и магнитно външно натоварване. С цел използване на по-компактен запис на уравненията, въвеждаме обобщен тензор на еластичността:

$$C_{i33l} = \begin{cases} c_{44}, i=l \\ 0, i \neq l \end{cases}, \quad C_{i34l} = C_{i43l} = \begin{cases} e_{15}, i=l \\ 0, i \neq l \end{cases}, \quad C_{i44l} = \begin{cases} -\varepsilon_{11}, i=l \\ 0, i \neq l \end{cases},$$

$$C_{i35l} = C_{i53l} = \begin{cases} q_{15}, i=l \\ 0, i \neq l \end{cases}, \quad C_{i44l} = \begin{cases} -\varepsilon_{11}, i=l \\ 0, i \neq l \end{cases},$$

$$C_{i45l} = C_{i54l} = \begin{cases} -d_{11}, i=l \\ 0, i \neq l \end{cases}, \quad C_{i55l} = \begin{cases} -\mu_{11}, i=l \\ 0, i \neq l \end{cases},$$

както и обобщено преместване и обобщено напрежение:

$$u_J = \begin{cases} u_3, J=3 \\ \varphi, J=4 \\ \psi, J=5 \end{cases}, \quad \sigma_{iJ} = \begin{cases} \sigma_{i3}, J=3 \\ D_i, J=4 \\ B_i, J=5 \end{cases}.$$

Тогава (5), (6) и (7) могат да се запишат така:

$$\sigma_{iJ} = C_{iJKL} u_{K,L}. \quad (8)$$

Тук, както и по-долу ще разбираме сумиране по повтарящи се индекси.

Като използваме уравнението на движение в теорията на еластичността:

$$\sigma_{ij,i} + f_j = \rho \frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2}, \quad (9)$$

където f_j са обемните сили, ρ е плътността и уравненията на Максвел:

$$\operatorname{div} \mathbf{D} = D_{i,i} = f_e, \quad \operatorname{div} \mathbf{B} = B_{i,i} = f_m \quad (10)$$

където f_e е плътността на електрическите заряди, а f_m е плътността на електрическия ток, заместим (5), (6) и (7) в (9) и (10) и предположим че $f_j = 0$, $f_e = 0$ и $f_m = 0$ получаваме основните управляващи диференциални уравнения за магнитоелектроеластично тяло, подложено на аптиплейн механично и инплейн електрично и магнитно натоварване:

$$\left\{ \begin{array}{l} c_{44} \Delta u_3 + e_{15} \Delta \varphi + q_{15} \Delta \psi = \rho \frac{\partial^2 u_3}{\partial t^2} \\ e_{15} \Delta u_3 - \varepsilon_{11} \Delta \varphi - d_{11} \Delta \psi = 0 \\ q_{15} \Delta u_3 - d_{11} \Delta \varphi - \mu_{11} \Delta \psi = 0. \end{array} \right. \quad (11)$$

Тук $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2}$ е двумерния оператор на Лаплас.

Ще разгледаме случая, когато зависимостта на приложения външен динамичен товар от времето е хармонична със зададена честота ω : $u_3(x, t) = u_3(x) e^{i\omega t}$, $\varphi(x, t) = \varphi(x) e^{i\omega t}$ и $\psi(x, t) = \psi(x) e^{i\omega t}$, където $x = (x_1, x_2)$. След заместване в (11) и разделяне на общия множител $e^{i\omega t}$ стигаме до следната система:

$$\left\{ \begin{array}{l} c_{44} \Delta u_3 + e_{15} \Delta \varphi + q_{15} \Delta \psi + \rho \omega^2 u_3 = 0 \\ e_{15} \Delta u_3 - \varepsilon_{11} \Delta \varphi - d_{11} \Delta \psi = 0 \\ q_{15} \Delta u_3 - d_{11} \Delta \varphi - \mu_{11} \Delta \psi = 0. \end{array} \right. \quad (12)$$

В компактна форма (12) може да бъде записано така:

$$\sigma_{iJ,i} + \rho_{JK} \omega^2 u_K = 0, \quad (13)$$

където $\rho_{JK} = \begin{cases} \rho, J = K = 3 \\ 0, J \text{ или } K \neq 3 \end{cases}$.

Взаимодействието на падащата вълна с пукнатината предизвиква отразени вълни. Общото вълново поле в дадена точка $x = (x_1, x_2)$ се намира с принципа на

суперпозицията: като сума на падащото (in) и разсеяното (sc) вълново поле. Декомпозицията:

$$u_J = u_J^{in} + u_J^{sc}$$

е в сила за обобщеното преместване. Аналогични равенства са в сила за обобщеното напрежение σ_{iJ} и обобщеното усилие $t_J = \sigma_{iJ} n_i$, където $n = (n_1, n_2)$ е нормалния вектор. Падащото вълново поле е известно, а разсеяното поле трябва да бъде определено, така че да удовлетворява условието $u_J^{sc} \rightarrow 0$, при $x \rightarrow \infty$ и граничните условия :

$$t_J = t_J^{in} + t_J^{sc} = 0 \text{ или } t_J^{in} = -t_J^{sc} \text{ върху пукнатината } \Gamma, J = 3, 4, 5. \quad (14)$$

Тези условия съответстват на напълно непропусклива пукнатина (тип 1), т. е. пукнатина е свободна от механични усилия, повърхнинни заряди и тоци и е широко използвано в литературата. В този случай за електричния и магнитния потенциал са в сила съответно $\Delta\varphi = \varphi^+ - \varphi^- \neq 0$ и $\Delta\psi = \psi^+ - \psi^- \neq 0$, където $\varphi^\pm$ и $\psi^\pm$ са съответно електричния и магнитния потенциал върху горния и долния бряг на пукнатината $\Gamma = \Gamma^+ \cup \Gamma^-$. Други гранични условия, които се използват в литературата са тези, които съответстват на напълно пропусклива пукнатина (тип 2). Тази пукнатина е свободна от механични усилия, но електричната и магнитната индукция върху пукнатината не са нули:

$$t_3 = t_3^{in} + t_3^{sc} = 0, t_4 = D_n^{cr} = D_n^+ = D_n^-, t_5 = B_n^{cr} = B_n^+ = B_n^- \text{ върху пукнатината } \Gamma \quad (15)$$

където D_n^+ и D_n^- са нормалните компоненти на електричната индукция съответно на горния и долния бряг на пукнатината $\Gamma = \Gamma^+ \cup \Gamma^-$. Същото важи и за магнитната индукция. Този модел приема, че пукнатината не влияе директно на електричното и магнитното поле и няма скок на електричния и магнитния потенциал: $\Delta\varphi = \varphi^+ - \varphi^- = 0$ и $\Delta\psi = \psi^+ - \psi^- = 0$. В следствие на това $D_n^+ = D_n^- \neq 0$ и $B_n^+ = B_n^- \neq 0$.

Wang и Han [7] разглеждат още два вида идеализирани гранични условия: електрически непропусклива и магнитно пропусклива пукнатина (тип 3), за която са в сила:

$$t_J = t_J^{in} + t_J^{sc} = 0, J = 3, 4, \Delta\psi = \psi^+ - \psi^- = 0, t_5 = B_n^{cr} = B_n^+ = B_n^- \text{ върху } \Gamma \quad (16)$$

и електрически пропусклива и магнитно непропусклива пукнатина (тип 4), за която са в сила:

$$t_J = t_J^{in} + t_J^{sc} = 0, J = 3, 5, \Delta\varphi = \varphi^+ - \varphi^- = 0, t_4 = D_n^{cr} = D_n^+ = D_n^- \text{ върху } \Gamma \quad (17)$$

Ще решим граничната задача (13), с гранични условия (14), (15), (16) или (17), като я сведем до система интегродиференциални уравнения върху пукнатината. Наличието на фундаментално решение ни позволява да направим това.

3. Метод на граничните интегрални уравнения

Следвайки Wang и Zhang [8], Gross et al. [9] за пиезоелектричния случай получаваме следната система гранични интегрални уравнения:

$$t_J^{sc}(\xi) = -C_{iJM_s} n_i(\xi) \int_{\Gamma} [(\sigma_{iJM}^* \Delta u_{J,i} - \rho_{JK} \omega^2 \Delta u_J u_{KM}^*) \delta_{js} - \sigma_{jJM}^* \Delta u_{J,s}] n_j dl(x) \quad (18)$$

където u_{MK}^* е фундаменталното решение, $\sigma_{iPK}^* = C_{iPMI} u_{MK,I}^*$, δ_{js} е символ на Кронекер, $n = (n_1, n_2)$ е нормалния вектор към пукнатината, t_J^{sc} се задава със съответните гранични условия и $\Delta u_J = u_J \Big|_{\Gamma^+} - u_J \Big|_{\Gamma^-}$. Фундаменталното решение е известно. Съществуването на фундаментално решение води до удовлетворяване на условието $u_J^{sc} \rightarrow 0$, при $x \rightarrow \infty$. Действително, като използваме формулата за представяне Gross et al.[9]:

$$u_J^{sc}(\xi) = - \int_{\Gamma} \sigma_{iMJ}^*(\xi, x) \Delta u_M(x) n_i(x) dl(x)$$

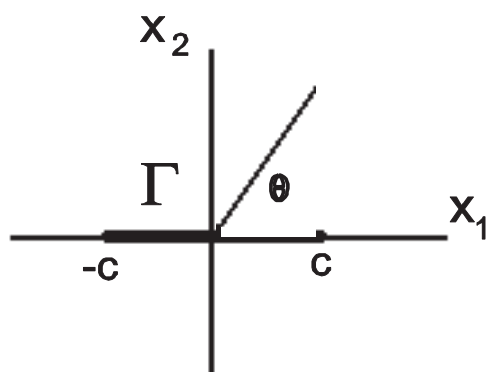
и $\sigma_{iMJ}^*(\xi, x) \rightarrow 0, \xi \rightarrow \infty$, директно получаваме, че $u_J^{sc}(\xi) \rightarrow 0, \xi \rightarrow \infty$. В (18) неизвестните са Δu_J - скока на преместването, електричния и магнитния потенциал по пукнатината. Пукнатината се дискретизира (използваме 7 и 15 гранични елемента (ГЕ)). Всеки граничен елемент е с три възела. Неизвестните Δu_J се приближават с параболични функции. При пресмятането на несобствените интеграли се използва асимптотиката на фундаменталното решение за малки аргументи. За числените пресмятания е създадена програма на FORTRAN 77.

След като са намерени Δu_J и заместим в (18) можем да намерим разсеяното, а оттам и пълното поле във всяка точка от равнината и да пресметнем коефициента на интензивност на напрежението (КИН) по формулата:

$$K_{III} = \lim_{x_1 \rightarrow \pm c} t_3 \sqrt{2\pi(x_1 \mp c)}$$

4. Числени резултати

Разглеждаме хоризонтална, права пукнатина, симетрично разположена по оста Ox_1 , с полу дължина $c = 5\text{mm}$ (фиг. 3).

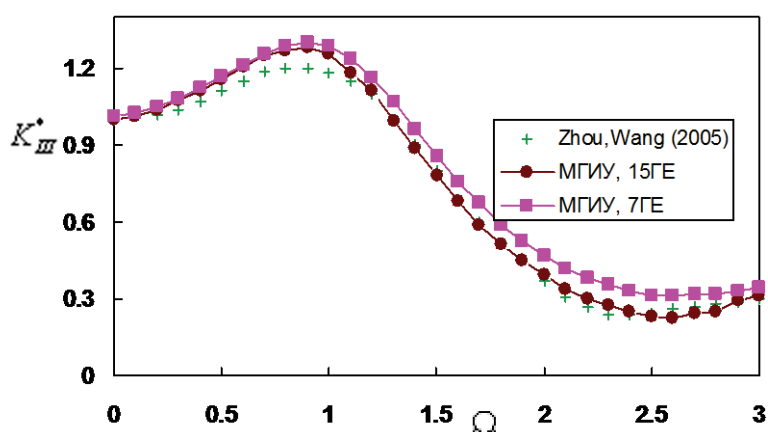


Фиг. 3. Пукнатина в магнитоелектроеластична среда (θ -ъгъл на падащата вълна).

4.1 Валидиране на метода

Предложеното решение е валидирано с известни от литературата резултати.

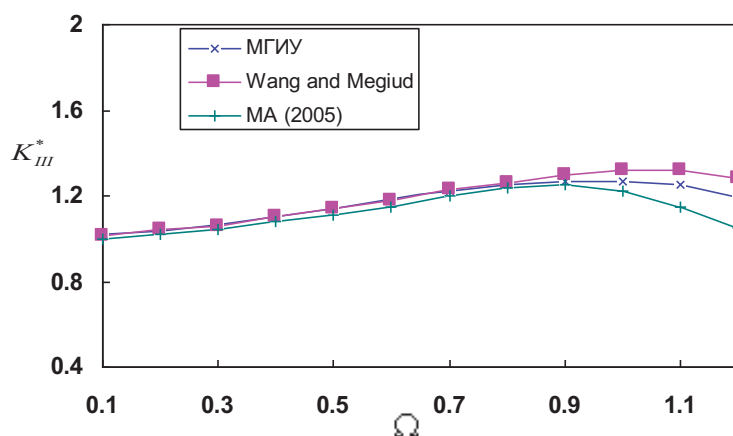
Направено е сравнение с резултатите на Zhou и Wang [10] за пропусклива пукнатина в МЕЕМ. Сравнението е дадено на фиг. 4. Виждаме добро съвпадение на резултатите:



Фиг. 4. Нормализираният КИН $K_{III}^* = \frac{K_{III}}{t_3^{in} \sqrt{\pi c}}$ в зависимост от нормализираната честота $\Omega = c \sqrt{\rho \tilde{a}^{-1}} \omega$,

$$\text{където } \tilde{a} = \tilde{c}_{44} + \frac{\tilde{e}_{15}^2}{\tilde{\epsilon}_{11}}, \quad \tilde{c}_{44} = c_{44} + \frac{(q_{15})^2}{\mu_{11}}, \quad \tilde{e}_{15} = e_{15} - \frac{d_{11} q_{15}}{\mu_{11}}, \quad \tilde{\epsilon}_{11} = \epsilon_{11} - \frac{(d_{11})^2}{\mu_{11}}.$$

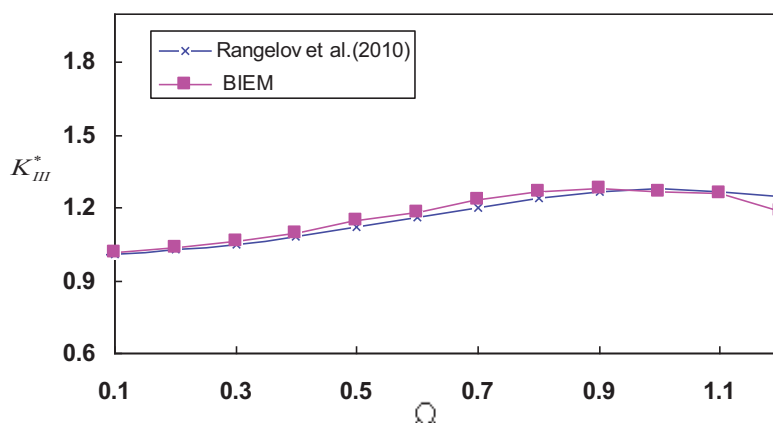
Друг тест е направен с резултатите на Wang и Meguid [11] и MA et al. [12] за пиезоелектричен материал с непропусклива пукнатина (фиг. 5). Отново виждаме много близко съвпадение на резултатите.



Фиг. 5. Нормализираният КИН в зависимост от нормализираната честота

$$\Omega = c\sqrt{\rho a^{-1}}\omega, \text{ където } a = c_{44} + \frac{e_{15}^2}{\varepsilon_{11}}.$$

Направено е и сравнение с резултатите Rangelov et al. [13] за пропусклива пукнатина в пиезоелектричен материал. Сравнението е дадено на фиг. 6. Отклонението между двата резултата е много малко.



Фиг. 6. Нормализираният КИН в зависимост от нормализираната честота

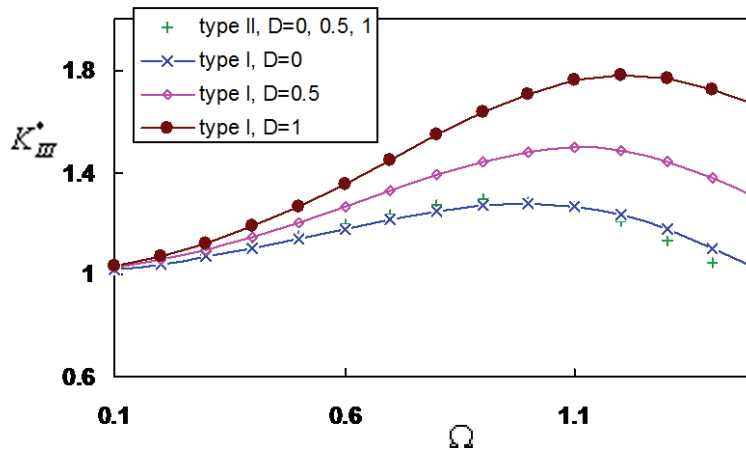
$$\Omega = c\sqrt{\rho c_{44}^{-1}}\omega.$$

4.2 Параметрични изследвания

Целта на параметричните изследвания е да се покаже чувствителността на КИН към вида на външния товар за различни видове гранични условия.

Сравнение между непропусклива и пропусклива пукнатина под въздействието на електромеханичен товар: $t_3^{in} = \tau, t_4^{in} = D \frac{\varepsilon_{11}}{e_{15}} \tau, t_5^{in} = 0$ е дадено на

фиг. 7.

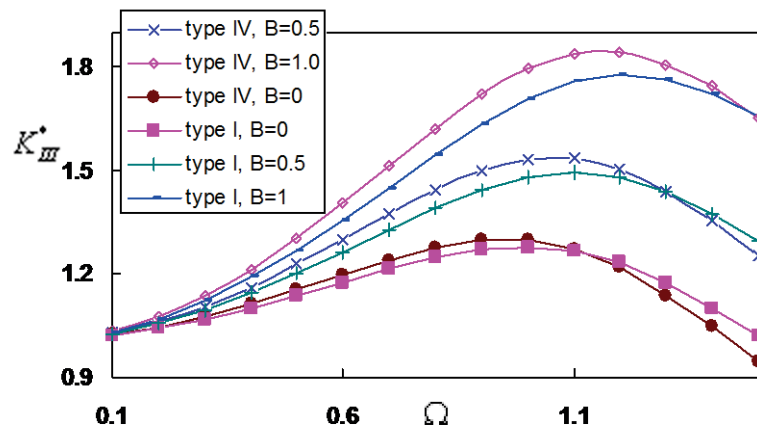


Фиг. 7. Нормализирания КИН за пропусклива и непропусклива пукнатина в зависимост от нормализираната честота за МЕЕМ.

Виждаме, че за непропусклива пукнатина КИН зависи значително от амплитудата на приложения електричен товар, докато пропускливата пукнатина не се влияе от приложения електричен товар.

Сравнение на непропусклива и магнитно непропусклива пукнатина при магнитомеханичен товар: $t_3^{in} = \tau, t_4^{in} = 0, t_5^{in} = B \frac{\mu_{11}}{q_{15}} \tau$ е дадено на фиг. 8. КИН

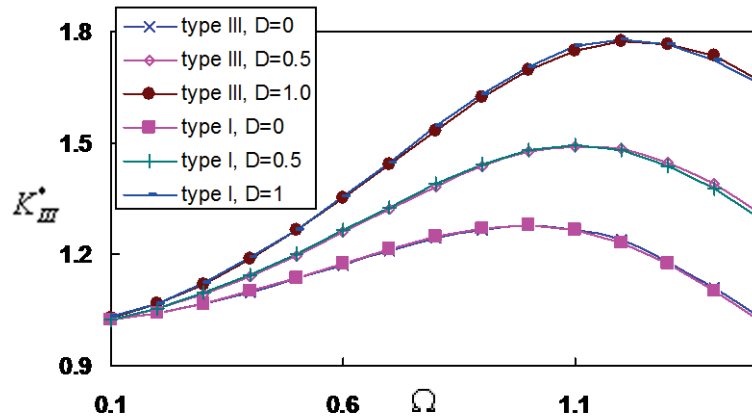
нараства при нарастване на амплитудата на магнитния товар. Също така разликата между двата вида гранични условия (тип 1 непропуска електрично поле, тип 4 пропуска електрично поле) нараства с нарастване на амплитудата на магнитния товар.



Фиг. 8. Нормализираният КИН за електрически пропусклива (тип 4) и непропусклива (тип 1) пукнатина в зависимост от нормализираната честота.

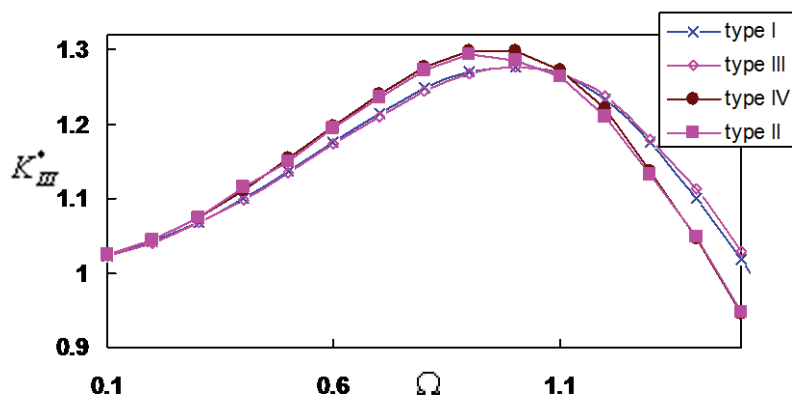
На фиг. 9 е направено сравнение между непропусклива (тип 1) и електрически непропусклива (тип 3) пукнатина при електромеханичен товар:

$t_3^{in} = \tau, t_4^{in} = D \frac{\varepsilon_{11}}{e_{15}} \tau, t_5^{in} = 0$. Отново забелязваме нарастване на КИН при увеличаване на амплитудата на електричния товар.



Фиг. 9. Нормализираният КИН за електрически непропусклива (тип 3) и непропусклива (тип 1) пукнатина в зависимост от нормализираната честота.

Сравнение на четирите вида пукнатини при механичен товар: $t_3^{in} = \tau, t_4^{in} = 0, t_5^{in} = 0$ е дадено на фиг. 10. Резултатите показват по-голяма чувствителност към електричната пропускливост отколкото към магнитната пропускливост.



Фиг. 10. Нормализирания КИН за различни видове пукнатини в зависимост от нормализираната честота.

5. Заключение

В настоящата работа разгледахме динамичното поведение на МЕЕМ с пукнатина при различни гранични условия върху пукнатината при хармонично външно натоварване. За метод на решение е избран МГИУ. Параметричните изследвания показват значителните различия, които могат да възникнат при различни гранични условия.

Тези резултати също така биха могли да се използват за определяне на вида граничните условия, чрез подходящи експерименти (Wang и Han[7]).

Разработения софтуер може да се развива по-нататък за МЕЕМ с повече от една пукнатина, при динамично и статично натоварване, за задачи с по-сложна геометрия, за други видове материали (не трансверзалноизотропни), функционално подредени материали, както и при решаване на обратни задачи.

Литература

[1] Li X. F., Dynamic analysis of a cracked magnetoelectroelastic medium under antiplane mechanical and inplane electric and magnetic impacts, *Int. J. Solids and Str.*, **42**, 3185-3205 (2005).

[2] W.F. Brown, R.M. Hornreich, S. Strikman, Upper Bound on the Magnetoelectric Susceptibility, *Phys. Rev.* **168**, 574-577 (1968)

[3] Rivera J.-P., A short review of the magnetoelectric effect and related experimental techniques on single phase (multi-) ferroics, *The European physical Journal B*, **71**, 299-313 (2009)

[4] Kambale R., Jeong D.-Y., Ryu J., Current Status of Magnetoelectric Composite Thin/Thick Films, *Advances in Condensed Matter Physics*, Volume 2012.

[5] Dörr K., Magnetoelectric multiferroics, Conference ESM 2007, Cluj-Napoca.

[6] Hou P., H. J. Ding, J. Y. Chen, Green's functions for transversely isotropic magnetoelectroelastic media, *International Journal of Engineering Science*, **43**, 826-858 (2005).

[7] Wang B., Han J., Discussion on electromagnetic crack face boundary conditions for the fracture mechanics of magneto-electro-elastic materials, *Acta Mech Sinica*, **22**, 233-242 (2006)

[8] Wang C.-Y., Zhang C., 2D and 3D dynamic Green's functions and time domain BIE formulations for piezoelectric solids, *Proceedings of the WCCM VI in conjunction with APCOM'04* September 5-10, Z. H. Yao, M. W. Yuan, W. X. Zhong, (Eds.), Tsingua University Press & Springer-Verlag, Beijing, China (2004).

[9] Gross D., T. Rangelov, P. Dineva, 2D Wave Scattering by a Crack in a Piezoelectric Plane Using Traction BIEM, *Journal Structural Integrity & Durability*, **1**, Tech Science Press, 35-47 (2005).

[10] Zhou Z.-G., Wang B. Scattering of harmonic anti-plane shear waves by an interface crack in magneto-electro-elastic composites, *Applied Mathematics and Mechanics*, **26**, 17-26 (2005)

[11] Wang X. D., Meguid S.A., Effect of electromechanical coupling on the dynamic interaction of cracks in piezoelectric materials, *Acta Mechanica*, **143**, 1-15 (2000)

[12] Ma L., Wu L.-Z., Zhou Z.-G., Guo L.-C, Scattering of the harmonic anti-plane shear waves by a crack in functionally graded piezoelectric materials", *Composite Structures*, **69**, 436-441 (2005)

[13] Rangelov T., Dineva P., Gross D., "On the influence of electric boundary conditions on dynamic SIFs in piezoelectric materials", *Arch Appl Mech*, **80**, 985-996 (2010)

Авторски указател

Сашка Александрова, *професор, ДПФ, Технически Университет – София*
Стефка Алексиева, *студент, ФТК, Технически Университет – София*
Десислав Андреев *студент, ФКСУ, Технически Университет – София*
Тодор Арабаджиев, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Радостина Велевска, *студент, ФКСУ, Технически Университет – София*
Мая Григорова, *докторант, Геологопроучвателен Факултет, Минногеоложки Университет, София*
Стефан Димовски, *професор, Геологопроучвателен Факултет, Минногеоложки Университет, София*
Йовелина Зинкова, *студент, ФКСУ, Технически Университет – София*
Илийчо Илиев, *доцент, Факултет по машиностроене и уредостроене, Технически университет – София, Филиал Пловдив*
Атанас Кисъов, *асистент, Геологопроучвателен Факултет, Минногеоложки Университет, София*
Румен Кобиларов, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Невена Кожухарова, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Любомир Кръстев, *студент, ФТК, Технически Университет – София*
Ради Радичев, *професор, Геологопроучвателен Факултет, Минногеоложки Университет, София*
Бойко Рангелов, *професор, Геологопроучвателен Факултет, Минногеоложки Университет, София*
Йонко Стойнов, *доцент, ФПМИ, Технически Университет – София*
Димитър Стоянов, *доцент, ИПФ - Сливен към Технически Университет – София*
Валентина Танева-Тончева, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Радостина Ташева, *гл. асистент, ДПФ, Технически Университет – София*
Васил Теохаров, *студент, ФКСУ, Технически Университет – София*
Христо Търнев, *доцент, ДПФ, Технически Университет – София*
Елена Халова, *доцент, ДПФ, Технически Университет – София*
Християн Цанков, *асистент, Геологопроучвателен Факултет, Минногеоложки Университет, София*
Миглена Янкова, *асистент, Геологопроучвателен Факултет, Минногеоложки Университет, София*

ПРОГРАМА НА ДНИТЕ НА ФИЗИКАТА 2014 г.**08.04. вторник**

Доклад	Автор(-и)	Час
Откриване	проф. дфн И. Узунов, ДПФ	17:00
„Часовниците на Айнщайн и картите на Поанкаре“	гл. ас. Н. Кожухарова, доц. д-р Е. Халова, проф. дтн С. Александрова, ДПФ	17:15
„Изобретенията на Никола Тесла, които измениха света“ - част втора	гл. ас. В. Танева, ДПФ	17:35
„Планетарни вълни на Росби“	гл. ас. Р. Ташева, ДПФ	17:55
„Съвременна теория на звездообразуването в Галактичните молекулярни облаци“	гл. ас. д-р С. Донков, ДПФ гл. ас. д-р Т. Велчев, ФзФ на СУ	18:20

09.04. сряда

Доклад	Автор(-и)	Час
„SETI (търсене на извънземен разум), METI (изпращане на съобщения до извънземен разум) и "Житните кръгове“	проф. Л. Филипов, ИКИ - БАН	17:00
„Писмото от Чилбълтън (Сами ли сме във Вселената)“	гл. ас. Р. Кобиларов, ДПФ	17:45
„Зелен лъч“	студенти Й. Зинкова и Р.Велевска, 1 курс, ФКСУ	18:05
„Физика и музика“	студент Л. Кръстев, 1 курс, ФТК	18:25
„Относно възможността за пътуване във времето“	гл. ас. Е. Маринчев, ДПФ	18:45

10.04. четвъртък

Доклад	Автор(-и)	Час
„Комплексен геофизичен подход към дълбочинните и плитките ефекти от земетресението в Перник 2012 г.“	проф. д-р Б. Рангелов и екип, МГУ	17:00
„Великите български открития в науката и техниката“	доц. д-р Е. Халова, проф. дтн С. Александрова, гл. ас. Н. Кожухарова, ДПФ	17:30
„Развитието на информационните технологии“	студент В. Теохаров, 4 курс, КСТ	18:00
„Един физичен закон - 3 световни рекорда“	студенти В. Неховски и Ц. Кръстев, 1 курс, ТФ- АТТ	18:20
„Неопределеност на квантова система“	студент С. Алексиева, 1 курс, ФТК	18:40
„Вселената като холограма“ „Разлагане на Хикс-бозон“	студент Д. Андреев	19:00

11.04. петък

Доклад	Автор(-и)	Час
„Галилей – великият физик и астроном от Възраждането“	проф. И. Лалов, ФзФ на СУ	16:00
„Вярвате ли на зрението си?“	студент К. Борисов, 1 курс, ИФ	16:45
Демонстрации – клуб Роботика	студенти от клуба	17:00
Демонстрации	гл. ас. инж. Л. Георгиев, ДПФ	17:20

12.04. събота – научна сесия

Доклад	Автор(-и)	Час
„Корелационни взаимоотношения между потенциалните геофизични полета и сеизмичността в района на Перник свързани със земетресението от 22 Май 2012 г.“	ас. М. Янкова, проф. дгн С. Димовски, проф. д-р Б. Рангелов, МГУ	10:00
„Индуктивни разряди с некоаксиална плоска намотка“	доц. д-р Хр. Търнев, ДПФ	10:20
„Сеизмична томография – обзор и приложения“	докторант М. Григорова, МГУ	10:40
„Baseline for radiological risk assessment in Bansko-Razlog region“	гл. ас. Р. Кобиларов, ДПФ	11:00
Кафе-пауза		11:20
„Проверка на модели за високочестотните квазипериодични осцилации в маломасивни рентгенови двойни звезди“	гл. ас. д-р И. Стефанов, ДПФ	12:00
„Определяне на ускорението на свободно падане в околността на Луната“	доц. д-р Д. Стоянов, ИПФ-Сливен	12:20
„Температурен профил на газов разряд за CuBr лазер“	доц. д-р И. Илиев, ТУ-Пловдив	12:40
„Монте Карло метод за детекция на резонанси в плазмени източници с периодична структура“	доц. д-р Хр. Търнев, ДПФ	13:00
„Рентгенова ФЕС на наноструктурирани SiO _x Ny слоеве - химичен състав и структура“	проф. дтн С. Александрова, доц. д-р Е. Халова, гл. ас. Н. Кожухарова, ДПФ	13:20
„RK4IP метод за моделиране на процеси в нелинейната влакнеста оптика“	гл. ас. д-р Т. Арабаджиев, ДПФ	13:40
„Моделиране на магнито-електро-еластични материали с пукнатини с метода на граничните интегрални уравнения“	доц. д-р Й. Стойнов, ФПМИ	14:00