

ISSN 2415-8046

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ
ХАРЬКІВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАДМІНІСТРАЦІЇ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ
ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Матеріали
Всеукраїнської наукової студентської конференції
(21 - 22 квітня 2021 року)

Харків, НТУ «ХП»
2021

УДК 53.02
А 43

Організаційний комітет:

- А.П. Марченко**, д.т.н., проф., проректор НТУ «ХП» (голова);
О.О. Ларін, д.т.н., директор навч.-наук. ІФ інституту НТУ «ХП» (співголова);
О.А. Любченко, к.ф.-м.н., проф., зав. кафедри фізики НТУ«ХП» (співголова);
І.В. Сипельник, к.пед.н., проф. (керівник секції комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів);
С.Д. Гапченко, к.ф.-м.н., доц. (керівник секції історії фізики та винаходів);
Т.М. Шелест, к.ф.-м.н., доц. (керівник секції інженерні науки);
Ю.І. Веретеннікова, к.ф.м.н., ст.викл.(керівник секції прикладна та теоретична фізика);
О.С. Водоріз, к.ф.-м.н., ст. викл. (керівник секції демонстрації фізичних явищ та процесів);
О.М. Андрусва, к.ф.-м.н., доц. (вч. секретар)

А43 **Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення: матеріали ХІХ регіон. наук. студ. конф. (21-22 квітня 2021 року) / за загальн.ред. Любченко О.А. – Харків: НТУ «ХП», 2021-162 с.**

У збірнику розглядаються питання, пов'язані з актуальними проблемами фізики у минулому, сучасному та майбутньому.

УДК 53.02

ПРИКЛАДНА ТА ТЕОРИЧНА ФІЗИКА

ФАРАДЕСВО ОБЕРТАННЯ У МАГНІТОФОТОННИХ КРИСТАЛАХ 13

*Ст. О.В. Морозова, Кер.: О.М. Савченко, О.В. Милославська
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЕФЕКТУ ЗЕЕМАНА 14

*Ст. К.П. Гаурилюк, Кер. О.М. Савченко
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*

ВЕЛИКИЙ РОЗРИВ ТА ВЕЛИКЕ СТИСКАННЯ ЯК МОЖЛИВИ ВАРІАНТИ МАЙБУТНЬОГО ВСЕСВІТУ 15

*Ст. А.В. Зелінська, Кер. Н.Б. Фатянова
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

STABILITY – NAUTICAL QUALITY OF A SHIP 17

*St.: P. Ivanchenko, I. Kirzhner, A. Krasnikov, Sup. I. Bilenskis
Lithuanian maritime academy, Klaipeda, Lithuania*

MEANS OF MEASUREMENT AND CALCULATION OF SHIP VELOCITY 20

*St.: K. Garifulin, V. Karneshov, I. Kirzhner, A. Krasnikov, Sup. I. Bilenskis
Lithuanian maritime academy, Klaipeda, Lithuania*

КВАНТОВИЙ ЕФЕКТ ЗЕНОНА 23

*Ст. О.Р. Киричик, Кер.: О.М. Андреев, О.М. Андреева
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ..... 25

*Уч. К.В. Бурлаєнко, Кер.: В.Д. Лавров, О.Б. Алмазова
Харківська спеціалізована школа І-ІІІ ступенів № 17
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

**ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОВОГО ПОЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ
СКАНУЮЧОГО ЦИФРОВОГО ОПТИЧНОГО ДАТЧИКА 29**

Ст. Р.Д. Алієв, Кер.: О.М. Андреев, О.М. Андреева

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**ВПЛИВ ГЕЛІЄВОЇ ПЛАЗМИ НА СТРУКТУРУ ТА ОПТИЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ CdTe 31**

Ст. Є.Р. Костюченко, Кер.: А.І. Доброжан, Г.І. Копач

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**КЛАСИЧНИЙ РОЗМІРНИЙ ЕФЕКТ В ТОНКИХ ПЛІВКАХ
ТЕЛУРИДУ СВИНЦЮ..... 34**

Ст. В.В. Зімненко, Кер. С.І. Меньшикова

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**СПІВІСНУВАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ПОПЕРЕЧНОЇ
ПРОВІДНОСТІ В МОНОКРИСТАЛАХ $Y_{1-x}PR_xVA_2CU_3O_{7-\Delta}$ 36**

Ст. В.Р. Богущий, Кер.: Р.В. Вовк, С.М. Камчатна

Український державний університет залізничного транспорту

**ЛІНІЙНА РЕЗОНАНСНА РЕШІТКА ПОВІТРЯНИХ ГЛОБУЛ
В МАГНІТОДИЕЛЕКТРИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ 37**

Ст. О.Д. Юрченко, Кер. А.І. Козар

Харківський національний університет радіоелектроніки

ПЕРЕДАЧА ЕЛЕКТРИКИ, ЩО НЕ ПОТРЕБУЄ ДРОТІВ 39

Ст. Ф.В. Кирпота, Кер. Р.П. Орел

Харківський національний університет радіоелектроніки

**ТЕРМОЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ. ЕНЕРГІЯ ЗІРОК. ПРОБЛЕМИ
ТЕРМОЯДЕРНОГО СІНТЕЗУ НА ЗЕМЛІ 41**

Ст. В.В. Колісник, Кер. Л.Г. Петренко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗЧИТУВАННЯ
ПОКАЗАНЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ 44**

Уч. К.В. Бурлаєнко¹, Кер.: О.Б. Алмазова², В.Д. Лавров³

¹Харківська спеціалізована школа І-ІІІ ступенів №17

²Національний технічний університет «ХПІ»

³Комунальний заклад «Харківська обласна МАН»

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ РІДИН 47

Уч. Д. Яриновський¹, Кер.: Н.Л. Дьяконенко², О.П. Овчаренко³, О.В. Жежера¹

¹ХЗОШ №142

²Національний технічний університет "ХПІ"

³Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна

**НЕРУЙНІВНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК
ТОНКИХ ПЛІВОК ЗА ЇХ СПЕКТРОМ ПРОПУСКАННЯ 48**

Ст.: Л.А. Погорєлова, С.П. Руцька, Кер. О.М. Коваленко

Харківський національний університет радіоелектроніки

«ТИТАН» СЕРЕД МЕТАЛІВ..... 50

Ст. Д.В. Симоненко, Кер. Т.В. Тавріна

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО МЕТОДУ У
ДОСЛІДЖЕННІ ДЖЕРЕЛА БЕЗПЕРЕБІЙНОГО
ЖИВЛЕННЯ 52**

Ст.: В.В. Токар, А.В. Похлеба, Кер. Р.П. Орел

Харківський національний університет радіоелектроніки

**МРТ ЯК СУЧАНИЙ І БЕЗПЕЧНИЙ МЕТОД ОБСТЕЖЕННЯ
ЛЮДИНИ 55**

Ст. А.С. Кузьменко, Кер. Р.П. Орел

Харківський національний університет радіоелектроніки

**СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА. ОГЛЯД СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ..... 57**

Ст. К.Г. Медова, Кер. Р.П. Орел

Харківський національний університет радіоелектроніки

**ВПЛИВ ШОРСТКОСТІ ПІДКЛАДКИ НА КОЕФІЦІЄНТ
ЗЕЕБЕКА ТОНКИХ ПЛІВОК $Bi_2(Te_{0.7}Se_{0.3})_3$ 60**

Ст. С.О. Саєнко, Кер.: Г.М. Дорошенко, О.І. Рогачова

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**THE CALCULATION OF THE NATURAL FREQUENCIES OF
TUBULAR MANOMETRIC SPRINGS 61**

St. A.I. Dolhiy, Sup. O.S. Chubukin

Харківський національний університет радіоелектроніки

ФІЗИЧНІ ПОЛЯ В МЕДИЦИНІ 62
Ст. А.В. Винник-Крупчан, Кер. С.М. Мешков
Харківський національний університет радіоелектроніки

ВИПРОМІНЮВАННЯ ХОКІНГА 64
Ст. Г.С. Приходько, Кер. Т.М. Шелест
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ПЕРСПЕКТИВНИЙ РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ МАГЛЕВ 66
Ст. К.С. Редькин, Кер. Р.П. Орел
Харківський національний університет радіоелектроніки

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

ЯДЕРНИЙ МАГНІТНИЙ РЕЗОНАНС (ЯМР) 69
Ст. В. Прокопенко, Кер. С.С. Авотін
Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

РЕНТГЕНІВСЬКА КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ..... 72
Ст. В. Локтіонова, Кер. С.С. Авотін
Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

**ЗАСТОСУВАННЯ ЯВИЩА МАГНІТНОЇ ЛЕВІТАЦІЇ В
ВАГОВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ 74**
Уч. А.С. Плухачіна¹, Кер. В.Д. Лавров²
¹Харківська спеціалізована школа №166 «Вертикаль»
²Комунальний заклад «Харківська обласна МАН»

**ЕЛЕКТРОНІКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В МЕДИЦИНІ 76**
Уч. Є.Л. Іванова, Кер. А.С. Голюк
*КЗ «Малобілозерська спеціалізована естетична школа-інтернат II-III ступенів
«Дивосвіт» Запорізької обласної ради*

ОПТИЧНИЙ ПІНЦЕТ 78
Ст. Є.Р. Франчук, Кер. І.В. Галуцак
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

РАДІАЦІЯ 80
Ст. Д. Потупіс, Кер. Т.М. Шелест
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

МОЛЕКУЛЯРНА ЕЛЕКТРОНІКА.....	82
<i>Ст. О.М. Недошитко, Кер. Л.М. Недошитко</i>	
<i>ВСП "Тернопільський фаховий коледж ТНТУ імені Івана Пулюя"</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ГОЛОСОВИХ АСИСТЕНТІВ.....	84
<i>Ст. А.А. Недошитко, Кер. Л.М. Недошитко</i>	
<i>Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»</i>	
ДО ПИТАННЯ ПОБУДОВИ ПОЛІФОНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ АКУСТИЧНИХ КОЛИВАНЬ НА ЕЛЕКТРИЧНІ СИГНАЛИ ДЛЯ СТРУННО-СМИЧКОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ	86
<i>Ст. Є.Ю. Мельник¹, Кер. Д.С. Сидоренко²</i>	
<i>¹Харківський національний університет радіоелектроніки,</i>	
<i>²Компанія "Auscaler Pickups"</i>	
ВПЛИВ ЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ НА ЛЮДИНУ.....	88
<i>Ст. А.Ю. Літвінова, Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс</i>	
<i>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
КВАНТОВІ КОМП'ЮТЕРИ	89
<i>Ст. В.Я. Степанов, Кер. Л.М. Недошитко</i>	
<i>Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя»</i>	
ІНФРАЧЕРОНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ	91
<i>Ст. М.Г. Рудий, Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс</i>	
<i>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
ФІЗИКА В ПОБУТІ	93
<i>Ст. Є.Я. Івер, Кер.: Н.Б. Фатянова, Ю.В. Меньшов</i>	
<i>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
ФІЗИКА, ЩО ЗАХОПЛЮЄ	95
<i>Ст. Д.В. Зайцева, Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс</i>	
<i>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	

ДЕМОНСТРАЦІЇ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ (STEM EXPERIENCE)

МАШИНИ ГОЛДБЕРГА – ВЕСЕЛА НАУКОВА ГРА ДЛЯ ДОРΟΣЛИХ І ДІТЕЙ 97

Уч. Я.А. Блюхер, О.Ю. Валеня, Кер. В.А. Діордиця
КЗ «Харківський обласний Палац дитячої та юнацької творчості» (гурток
«Юний дослідник»)

МОДЕЛЬ ГІДРАВЛІЧНОГО ЛІФТУ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ЗАКОНА ПАСКАЛЯ 99

Уч. П.С. Альошина, Кер. Т.М. Дяченко
Маріупольська загальноосвітня школа I-III ступенів №68 Маріупольської міської
ради Донецької області

ПРИНЦИП РОБОТИ ЕЛЕКТРОДВИГУНА НА ПОСТІЙНИХ МАГНІТАХ 101

Ст. В.Ю. Алабова, Кер. Д.О. Данильченко, К.О. Мінакова
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

РЕКУПЕРАТОР З ЕФЕКТОМ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ 103

Ст. Я.О. Боровенський, Кер. О.О. Копилов
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИЙ ГЕНЕРАТОР – КРАПЕЛЬНИЦЯ КЕЛЬВІНА 104

Ст. В.В. Ходукін, Кер.: О.М. Андреева, О.М. Андреев
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ІСКРОВИЙ РОЗРЯД: ДЕМОНСТРАЦІЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ..... 106

Ст. Д.О. Павленко, Кер.: О.М. Андреев, О.М. Андреева
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ДЕМОНСТРАЦІЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ІМПУЛЬС ТІЛА: «ПОДВІЙНИЙ МОЛОТОК» 109

Курс. В.А. Селезень, Кер. Ю.І. Веретеннікова
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ
(П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ОПТИЧНИХ) ПЕРЕТВОРЕННЯ
АКУСТИЧНИХ КОЛИВАНЬ НА ЕЛЕКТРИЧНІ СИГНАЛИ
ДЛЯ СТРУННО-СМИЧКОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ 111**

Ст.: О.Д. Лебедев¹, Є.Ю. Мельник¹, В.В. Небрат¹, Кер. Д.С. Сидоренко²

¹Харківський національний університет радіоелектроніки

²Компанія "Auscaler Pickups"

ЧУМАЦЬКИЙ ШЛЯХ ТА СТРУКТУРА ГАЛАКТИК 113

Ст. К.В. Кулішова, Кер. Н.Б. Фат'янова, І.В. Галушак

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ОПТИЧНІ ЯВИЩА В МИСТЕЦТВІ 116

Ст.: В.О. Проценко, Є.В. Малюшенко, Кер.: Т.Н. Шелест, С.С. Кривоніс

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ**

**АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ МІЖАТОМНИХ
ЗВ'ЯЗКІВ, РОЗІРВАНИХ ПРИ ПЕРЕТИНІ КУБІЧНОЇ
КРИСТАЛІЧНОЇ ГРАТКИ ДОВІЛЬНОЮ ПЛОЩИНЮ 119**

Ст. А.А. Бойко, Кер. О.А. Галуза, А.О. Савченко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

МОДУЛЮВАННЯ ДИФРАКЦІЇ МІКРОЧАСТИНОК 121

Ст. Д. Музалевська, Кер. С.С. Авотін

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

**РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНОГО
ЕКСПЕРИМЕНТУ ПО ВИЗНАЧЕННЮ
МІКРОТВЕРДОСТІ 123**

Ст. М.Р. Іюльський, Кер.: Н.Л. Дьяконенко, К.О. Хацько

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ФІЗИКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ..... 125

Ст. І.А. Бобошко, Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ІСТОРІЯ ФІЗИКИ ТА ВІНАХОДІВ

ВІЙНА СТРУМІВ: ПРОТИСТОЯННЯ ТОМАСА ЕДІСОНА ТА НІКОЛИ ТЕСЛИ..... 127

Ст. Я.В. Олійник, Кер. І.В. Галушак

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

КРАПЛІ ПРИНЦА РУПЕРТА 130

Ст. Д.С. Заратуйченко, Кер. Н.Б. Фат'янова

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ЛЕВ ВАСИЛЬОВИЧ ШУБНИКОВ — ЗАСНОВНИК ХАРКІВСЬКОЇ ШКОЛИ ФІЗИКИ І ТЕХНІКИ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР 132

Ст. В. Алексенко, Кер.: С.Д. Гапоченко, С.С. Ткаченко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ІВАН ПУЛОЙ – ПЕРШИЙ УКРАЇНСЬКИЙ ФІЗИК СВІТОВОГО РІВНЯ 135

Ст. П.Р. Орехова, Кер. І.В. Галушак

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ШВИДКІСТЬ СВІТЛА- ПЕРША ФУНДАМЕНТАЛЬНА КОНСТАНТА 138

Ст. А.В. Новикова, Кер. К.О. Мінакова

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ДОСЛІДИ ВІДНОВЛЕННЯ ЛЮДСЬКОЇ ПАМ'ЯТІ 142

Ст. І.В. Корнило, Кер. І.В. Галушак

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ АТМОСФЕРНОЇ ЕЛЕКТРИКИ 144

Ст. Д.В. Тутевич, Кер.:С.С. Кривоніс, Т.І. Храмова

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

РАДІОАКТИВНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. ВИДИ РОЗПАДУ 145

Ст. Г.Ю. Лідовський, Кер. Л.Г. Петренко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

РАДІАЦІЯ НАВКОЛО І ЇЇ ВПЛИВ НА НАС	148
<i>Ст. І.С. Щепілов, Кер. Л.Г. Петренко</i>	
<i>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ ФОТОЕЛЕМЕНТА	151
<i>Ст. С.О. Руднева, Кер. К.О. Мінакова</i>	
<i>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
БІОГРАФІЯ ЕРВІНА РУДОЛЬФА ЙОЗЕФА АЛЕКСАНДЕРА ШРЕДІНГЕРА	152
<i>Ст.: Д.М. Павлов, І.О. Подгайський, Кер.: Н.Б. Фат'янова, І.В.Галуцзяк</i>	
<i>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
ТОМОГРАФІЯ. ВИДИ. ПРИЗНАЧЕННЯ. ПРИНЦИПИ ДІЇ	156
<i>Ст. В.К. Платонов, Кер. І.В. Галуцзяк</i>	
<i>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
ДЛЯ НОТАТКІВ	159
АВТОРСЬКИЙ ІНДЕКС	160

ПРИКЛАДНА ТА
ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА



ФАРАДЕЄВО ОБЕРТАННЯ У МАГНІТОФОТОННИХ КРИСТАЛАХ

Ст. О.В. Морозова

Кер.: О.М. Савченко, О.В. Милославська

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Оптичні ефекти, в яких проявляється вплив магнітного поля на випромінювання світла або його розповсюдження в речовині називаються магнітооптичними. Одним з найвідоміших магнітооптичних ефектів є ефект Фарадея, який полягає у зміні кута площини поляризації падаючого лінійно поляризованого світла після його проходження крізь речовину, що знаходиться в магнітному полі, або крізь речовину, яка має спонтанний магнітний момент. Ефект Фарадея використовують для вивчення розповсюдження світла та його перетворення в фотонних кристалах – структурах, які характеризуються періодичною зміною показника заломлення вздовж певних напрямків. Розповсюдження електромагнітної хвилі можна описати по аналогії з поведінкою електронів в періодичному потенціалі кристалів, де утворюються дозволені та заборонені енергетичні зони. Наявність фотонної забороненої зони (ФЗЗ) – це унікальна властивість МФК. Такі кристали є перспективними для конструювання мікромініатюрних приладів оптоелектроніки, систем зберігання та передачі інформації. Прикладом фотонного кристалу є відбивач Бреґга – періодична послідовність пар шарів в яких змінюється діелектрична проникність [1]. Якщо до складу фотонного кристалу входять магнітоупорядковані матеріали, то таку структуру називають магнітофотонним кристалом (МФК). МФК підсилюють магнітооптичні ефекти в магнітооптичних матеріалах [4]. Завдяки підсиленню інтенсивності електромагнітної хвилі в об'ємі магнітних шарів при багаторазовому відбитті, в таких матеріалах спостерігають значне збільшення магнітооптичного ефекту Фарадея. Суттєве підсилення Фарадеївського обертання спостерігалось в одновимірному МФК, в складі якого шар магнітного фериту-гранату розташований проміж дзеркал Бреґга. Підсилення Фарадеївського обертання спостерігалось на краях ФЗЗ [5]

[1] P. Yeh, John Wiley & Sons Optical waves in layered media, 1991; [2]Osting, B. "Bragg structure and the first spectral gap". *Applied Mathematics Letters*. 25 (11): 1926–1930,2012]; [3] Одномерные магнітофотонные кристаллы с двойными магнітооптичскими слоями. В. Н. Бержанский, А. Н. Шапошников, А. Р. Прокопов та інші. ЖЭТФ, 2016, том 150, вып. 5 (11), стр. 859–867; [4] M. Inoue, K.I. Arai, T. Fujii Magneto-optical properties of one-dimensional photonic crystals composed of magnetic and dielectric layers. *J. Appl. Phys.*, vol.83, pp.6768–6770, 1998; [5] M. Inoue, R. Fujikawa, A. Baryshev, et al., "Magnetophotonic crystals," *J. Phys. D: Appl. Phys.*, vol.39, pp.R151–R161, 2006.

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЕФЕКТУ ЗЕЕМАНА

Ст. К.П. Гаєрилук

Кер. О.М. Савченко

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Розщеплення спектральних ліній в магнітному полі, яке спостерігається в ефекті Зеємана, за оцінками, що відповідають звичайним значенням магнітних полів (до 20 кЕ) складають доли ангстрем, що викликає певні експериментальні труднощі. Спектральний прилад, що дозволить спостерігати дві близькі хвилі окремо, повинен відповідати критерію Релея, а саме: дві близькі по довжині хвилі спектральні лінії будуть дозволені в спектрі, якщо λ максимуму однієї лінії збігається з λ мінімуму іншої. Такий спектральний прилад повинен мати велику роздільну здатність. Мірою цієї величини вважають відношення $A = \lambda / \Delta\lambda = Nd / \lambda$, де N - загальна кількість штрихів, d - період решітки. Видно, що максимальна роздільна здатність решітки з заданою кількістю n штр/мм визначається її загальною шириною. Але при цьому дрібно нарізана решітка має перевагу над грубою решіткою, тому що малому d буде відповідати велика кутова дисперсія вже при низькому порядку, а це важливо, тому що інтенсивність спектрів швидко спадає з ростом порядку. За оцінкою можна сказати, що гарна дифракційна решітка за роздільною здатністю наближується до роздільної здатності інтерферометрів (хоча поступається їм), але має перевагу завдяки більшій області застосування (області дисперсії).

В роботі, у якості прикладу, виконано розрахунок розміру дифракційної решітки з $n = 600$ штр/мм для спостереження в першому порядку дублету простого ефекту Зеємана в магнітному полі $H = 10$ кГс для спектральної лінії $\lambda = 0,612$ мкм.

1. Оптика: навчальний посібник/ А.В.Попов, Р.В. Вовк, В.І. Білецький.- Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2015.-100с.

2.Сборник задач по общему курсу физики. Ч. 3. Атомная и ядерная физика. Строе-ние вещества/ Под ред.В.А Овчинкина.- М.: Изд-во МФТИ,2001.- 432с.

ВЕЛИКИЙ РОЗРИВ ТА ВЕЛИКЕ СТИСКАННЯ ЯК МОЖЛИВІ ВАРІАНТИ МАЙБУТНЬОГО ВСЕСВІТУ

Ст. А. В. Зелінська

Кер. Н. Б. Фатянова

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Доля Всесвіту — одна з тем у фізичній космології. Існує багато варіантів майбутнього у наукових теоріях та гіпотезах, вони стосуються як знищення, так і безкінечного існування Всесвіту.

Після того, як теорія Великого вибуху була прийнята більшістю вчених, майбутнє Всесвіту стало одним з провідних питань космології, що розглядається з різних точок зору залежно від фізичних властивостей Всесвіту: його маси, енергії, густини та швидкості розширення.

Теорія Великого розриву більше інших теорій залежить від темної енергії, а саме від параметра ω , що є відношенням тиску темної енергії до її густини. Якщо гіпотеза Великого розриву вірна, то зі збільшенням швидкості розширення Всесвіту відстань до горизонту подій буде зменшуватися. Якщо розмір горизонту подій стане меншим за розмір будь-якого іншого об'єкта, то між ними припиняться будь-які взаємодії: гравітаційні, електромагнітні, сильні, та слабкі.

Час до знищення Всесвіту можна обчислити, якщо прийняти значення ω рівним $-1,5$ і скласти рівняння вигляду:

$$t_{rip} - t_0 \approx \frac{2}{3|1 + \omega|H_0\sqrt{1 - \Omega_m}}$$

де H_0 – стала Габбла (70 км/с)/Мпс, а Ω_m — значення густини усієї матерії Всесвіту (0,3).

У такому випадку, кінець існування Всесвіту настане через 22 млрд років. За мільярд років до Великого розриву розпадутся скупчення галактик. За 60 млн років до Великого розриву гравітація стане занадто слабкою, щоб утримувати галактики. За 3 місяці до Великого розриву наша Сонячна система стане гравітаційно нестабільною. За 30 хвилин до Великого розриву зруйнується Земля. За 10^{-5} секунд до Великого розриву зруйнуються атоми.

Але за останніми космологічними даними, ми не можемо знати, який з трьох варіантів вірний: $\omega > -1$, $\omega < -1$ чи $\omega = -1$. Також, ми не можемо бути певними у властивостях темної енергії.

Після Великого розриву всі відомі закони фізики перестануть працювати, тому подальшу долю Всесвіту передбачити неможливо.

Але якщо Всесвіт не безкінечний, а швидкість розширення не перевищує космічну швидкість, то спільне гравітаційне тяжіння усієї матерії врешті-решт зупинить його розширення та змусить почати стискатися. Проте, через зростання ентропії, сценарій стискання буде суттєво відрізнятися від оберненого в часі сценарію розширення: Всесвіт не буде однорідним, як було після Великого Вибуху, а буде поділений на ізольовані групи.

У результаті, вся матерія Всесвіту має сколапсувати в чорні діри, які поступово будуть зростатися, утворюючи єдину чорну діру — сингулярність Великого стискання. Деякі теорії стверджують, що стиснутий Всесвіт у свою чергу може бути початком нового Великого вибуху, що дає підстави говорити про циклічну модель його еволюції. Теоретично, ця модель не дуже узгоджується з другим законом термодинаміки — ентропія накопичуватиметься від циклу до циклу і згодом має призвести до теплової смерті.

Проте більшість вчених відхиляють сценарій Великого стискання, бо, за останніми спостереженнями, сили гравітації не тільки не зупиняють розширення Всесвіту, а навіть прискорюють його. Але оскільки темна енергія ще не до кінця досліджена, ми не можемо остаточно відкинути цей варіант долі Всесвіту.

1. Вчені погодилися з теорією "плоскої" Всесвіту. URL: <https://web.archive.org/>;

2. За Большим взрывом последует Большое сжатие. Элементы - новости науки. 20.04.2005. URL: https://elementy.ru/novosti_nauki.

STABILITY – NAUTICAL QUALITY OF A SHIP

St.: P. Ivanchenko, I. Kirzhner, A. Krasnikov

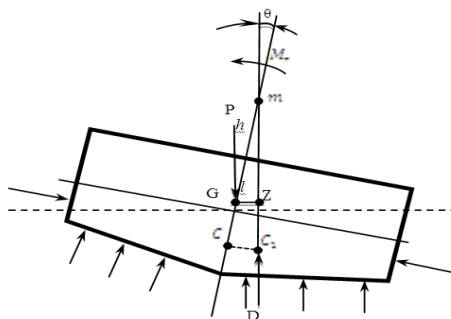
Sup. I. Bilienskis

Lithuanian maritime academy, Klaipeda, Lithuania

Stability – the vessel’s ability to withstand the external forces causing it to roll (turn around its longitudinal axis) or trim (difference in draft of the vessel with bow and stern), and return to equilibrium at the end of the disturbance. Equilibrium is the position with acceptable values of the angles of heel and trim (in the particular case, close to zero). A ship deviated from it seeks to return to equilibrium. That is, stability is manifested only when conditions for unbalancing appear. Stability is one of the most important seaworthiness of a ship. The stability margin is the degree of protection of the vessel from capsizing. External influence can be caused by a wave shock, a gust of wind, a change of course, etc. Depending on the nature of the acting forces, static and dynamic stability are distinguished. Static stability is considered under the action of static forces, that is, the applied force does not change in buoyancy. Dynamic stability is considered under the action of changing (i.e. dynamic) forces, for example, wind, sea waves, cargo displacement.

Ship stability.

The system of forces acting on the ship. The assumption is made that deviations from the equilibrium position are caused by the external forces that do not change the weight of the vessel or the position of its centre of gravity (G). Then the submerged volume does not change in size, but changes in shape. The centre of gravity G at this inclination does not change its position, and the centre of buoyancy C, like the centre of gravity of the submerged volume, moves along a certain curve CC_1 towards the inclination and takes a new position C_1 . The movement of the centre of buoyancy occurs due to a change in the shape of the submerged volume: from the port side it decreases, and from the port side it increases. The buoyancy force D applied in the centre of the buoyancy is directed normal to the trajectory of its movement. For small inclinations in the transverse plane, the lines of action of the forces P and D intersect at one point m, which is called the metacentre.



At small inclination angles in the transverse plane, we can assume that the centre of buoyancy moves along an arc of a circle, and the metacentre occupies a constant place in the diametral plane. The radius of curvature of the trajectory along which the centre of buoyancy moves with transverse inclinations is called the metacentric radius

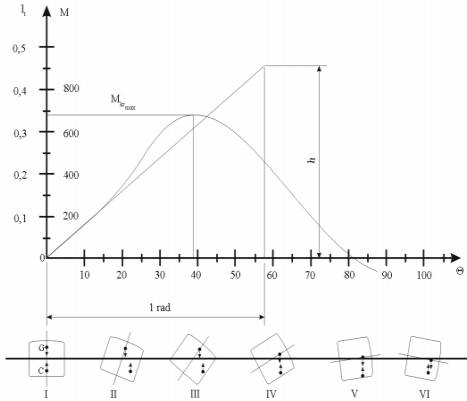
r . In other words, this is the distance between the metacentre and the centre of buoyancy $r = mC$. As a result of the shift of the C , when the line of action is inclined, the weight and buoyancy forces shift and form a pair of forces. If the pair's shoulder is positive, the returning moment M_r acts towards the restoration of equilibrium, that is, straightens. Then they say that the ship is stable. If the G is located above the metacentre, the moment may be zero or negative, and contribute to tipping over – in this case, the vessel is unstable. To ensure a stable equilibrium of the vessel, it is necessary that the metacentre is above the centre of gravity. Therefore, the elevation of the transverse metacentre above the centre of gravity stands out in a special value, and is called the transverse metacentric height h . The buoyancy of the recovery moment depends on the weight of the vessel and the shoulder lateral stability. From the triangle GmZ , the stability arm can be expressed through the transverse metacentric height $GZ = mG \sin\theta = h \sin\theta$. Then the restoring moment will be determined by the formula:

$$m_\theta = Ph \cdot \sin\theta$$

This formula is called the metacentric formula for transverse stability. The size of the righting moment directly depends on the metacentric height (h): the larger h is, the better the ship's stability.

This diagram is a chart which shows the relationship between the righting arm and the angle of heel. It is called the stability diagram or Reid diagram. The diagram is created for the determined displacement and metacentric height of the centre of gravity. The righting arms and numerical values of the moments can be marked on the ordinate axis. As a ship lists, the righting arms gradually increase from zero to the maximum value, then the

values decrease to zero and become negative. This is shown on the diagram where some typical cases of a ship's stability under list are shown.



In position I ($\theta = 0^\circ$), the ship is in static equilibrium, the righting arm is zero. In position II ($\theta = 20^\circ$), the righting arm appears. In position III ($\theta = 39^\circ$), the righting arm reaches its maximum. In position IV ($\theta = 60^\circ$), the righting arm decreases. In position V ($\theta = 82^\circ$), the righting arm is zero, the ship has a state of static instability in the equilibrium, and therefore, even the least increase in the list will capsize the ship. In position VI ($\theta = 100^\circ$), the righting arm is

negative and the ship has capsized. The ship will be stable when the angle of heel is between 0 and 82 degrees. The curve's intersection with the axis of abscissas shows the angle of heel after a ship has capsized, which is called the angle of vanishing stability. The maximum heeling moment, which a ship can sustain without capsizing, corresponds to the maximum value of the righting arm. Tangent to stability curve in point O characterizes the starting metacentric height. It is ordinate when plotted under the angle of $\theta = 1 \text{ rad}$. is equal to metacentric height.

Ship stability is directly influencing other ship characteristics in terms of safety of exploitation and because of that, ships having metacentric height of less than 0,2 m and ships with negative starting stability, are banned.

1. Cpt. Robert J. Maurn. Marine cargo operations: A guide to stowage. Atglen, Cornell maritime press 2011, p.3.20 - 3.25;
2. Vytautas Vaišutis and others. Mokomoji knyga vadovaujančio lygmens laivavedžiams. Klaipėda, Klaipėdos universiteto leidykla 2011, p.224 – 231;
3. Дмитриев В.И., Обеспечение безопасности плавания. Москва, ИКЦ "Академкнига" 2005, с. 63 – 66;
4. Фрид Е.Г., Устройство судна. Ленинград, "Судостроение" 1990, с. 78 - 85.

MEANS OF MEASUREMENT AND CALCULATION OF SHIP VELOCITY

**St.: K. Garifulin, V. Karneshov, I. Kirzhner, A. Krasnikov
Sup. I. Bilenskis**

Lithuanian Maritime Academy, Klaipeda, Lithuania

Velocity – a vector measurement, which defines the rate with which the point particle changes position and direction with respect to a specific frame of reference. The velocity of point particle at given moment is equal to the first derivative of distance with respect to time.

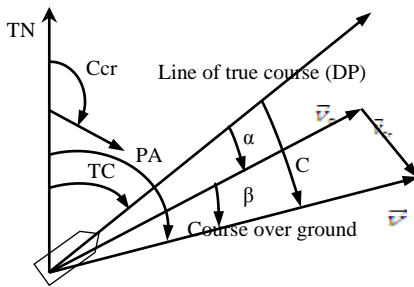
$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = S'(t) = \frac{dS}{dt} \quad (1)$$

In the past, the speed of a ship was calculated using a chip log – a wooden board attached to a line called log line, which was thrown into water. Sailor made a note of line's length passed in a fixed amount of time. It was made by counting knots, tied on the line in equal intervals. These knots were pre-made on the shore so when counted they would show the ship's speed in nautical miles per hour. This unit of speed was eventually called a knot. When navigating the knot became very useful due to its relation to the minute of meridian. 1 knot = 1 nautical mile/hour.

Ship velocity. There are a few distinct types of ship velocity: speed over ground (SOG) – speed, defined by the distance travelled by a ship in the unit of time with regards to the sea bottom (reference object) in the direction of the ship's movement; speed through water (STW) – a distance travelled by a ship in the unit of time with regards to water.

When we are talking about the ship's speed, there are two main values to consider. First – the course through water. The relation between the movement of the ship's hull in regards to the water mass. Second – the course over ground. It is an actual distance travelled by a ship. The World Ocean and all the Earth's water surface is not static; it is moving freely bound only by laws of physics. This movement of the water masses creates a strong influence over the ship's movement. Furthermore, the wind also affects the speed of a ship. In our case, the vessel is located in the world current system. All the water mass displaced by currents is moving in some direction carrying the vessel with it. If our vessel stops moving, the STW will be equal to 0. But the vessel will still be moving across the Earth together with water, changing location. Should we move using the engine, take note of the location of both starting and finishing points as well as the

time at both points. If we calculate the distance and divide that by the time we measured, then we would get the SOG. Let us assume our ship is a physical point, moving across the Earth with specific speed. The movement of the ship in reference to the Earth's surface is influenced by the moving forces – the wind and current. The ship's speed under the influence of the moving forces created by the engine propulsion and wind is V_0 , which is called the speed through water. Under the influence of current, a vessel moves together with water masses in regards to Earth's surface with the speed of current V_{cr} , which is called the carrying speed. As the result, the sum of the both previous speeds gives us V – the speed of the ship's movement in reference to the Earth's surface, speed over ground, or in navigation – path speed.



In the absence of wind, vector \vec{V}_0 is directed along its diametric plane (vertical plane going through the ship's line of symmetry cutting the ship into two equal parts) or along the line of true course. When the wind is present, an angle α is formed between the line of true course and vector \vec{V}_0 , called the drift angle. When

the wind is blowing port, vector of the ship's relative speed deviates from the diametric plane (DP) into starboard (with the movement of clock arrow): $+\alpha$. With wind blowing starboard – vector of the ship's relative speed deviates left: $-\alpha$.

Value of the ship's relative speed vector is a sum of:

$$\vec{V}_0 = \vec{V}_r + \vec{V}_d \quad (2)$$

Where: V_r – achieved by the ship depending on the number of propeller turns in the unit of time; V_d – drifting speed (ship's speed under the influence of wind force). Carrying speed vector's direction is the same with current course (C_{cr}) and its value is approximately equal to the speed of current V_{cr} . The numerical value and direction of vector of speed over ground is calculated using the geometric sum of vectors \vec{V}_0 and \vec{V}_{cr} :

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{V}_{cr} = \vec{V}_r + \vec{V}_d + \vec{V}_{cr} \quad (3)$$

The line of ship's travel in reference to the sea bottom (line of speed over ground vector's direction) is called the course over ground. The angle between the true meridian northern half and the course over ground is called the path's angle. Deviation of speed over the ground vector from direction of speed through the water vector is called the current drift angle β . Or drift angle – is an angle between the course through water under drift (current is present) and the line of the true course when there is no wind drift, or the course over ground when there is a wind drift. Deviation of SOG vector from DP of the ship when the drift and current are present is called the total drift angle.

$$C = \alpha + \beta \quad (4)$$

The value of speed through water is determined using the relative chip log. The value of speed over ground is calculated using the absolute chip log, or inertial navigation system (INS).

Conclusion

1. In marine navigation, the main unit of measurement is a standard nautical mile equal to 1852m and correspondent to 1' of meridian at 45° longitude.
2. The main unit of speed is a knot, 1 knot = 1 nautical mile/hour.
3. To measure the speed of a ship, a chip log is used.
4. Measuring of the ship's speed and any inaccuracies made in a special area is called the measuring line.
5. Using the results of the measuring line tests: graph of ship's speed relation to the output of the engine; graph of chip log's inaccuracies when calculating speed.
6. The distance covered by a vessel is calculated using chip log measurements considering the deviation (coefficient).

1. The Royal Navy, A. Peacock. The principles of navigation: the admiralty guide to navigation. Newnorth Print Limited, Bedfordshire 2012, p 17.3-17.22;
2. Richard R. Hobbs. Marine navigation: Piloting, celestial and electronic navigation. Airlife publishing Ltd., Shrewsbury 1990,
3. Витченко А.Г., Навигация и лоция. Пищевая промышленность, Москва 1978, с. 74-82.
4. Багиров М.С., Файн Г.И. Основы судовождения. Агропромиздат, Москва 1985, с. 9-10, 35-39, 62-65.

КВАНТОВИЙ ЕФЕКТ ЗЕНОНА

Ст. О.Р. Киричик

Кер.: О.М. Андреев, О.М. Андреева
Національний технічний університет «ХПІ»

Квантова фізика наповнена загадками і кожного року з'являються все нові їх розв'язки. Однією із загадок, яка потрапила в квантову механіку зі Стародавньої Греції є апорія Зенона Елейського, яка полягає в тому, що стріла залишається нерухомою в кожен окремо взятий момент свого руху, тобто ніби завмирає на знімку фотоапарату. Таким чином, Зенон робить висновок, що вона не рухається, а лише може змінювати своє положення відносно ока спостерігачів тим самим створюючи ілюзію руху.

Не дивлячись на те, що висловлення Зенона, відносно руху стріли дуже легко спростувати, доводячи сбіжність нескінченного числового ряду проміжків часу руху стріли. В 1958 р. Л.Халфін згадав забутий парадокс і висунув гіпотезу про те, що перехід квантово-механічної системи з дискретним енергетичним спектром до іншого стану буде залежати від частоти вимірювань її стану. Тобто спостереження за нестабільною частинкою досить часто може значно уповільнити її розпад, або взагалі зробити цей процес неможливим. Якщо на нестабільну частинку ніхто не дивиться, то вона «ображається» через відсутність уваги і розпадається. Але вона не розпадеться до того часу, поки хоч кому-небудь цікава. Бо сам процес спостереження сприяє продовженню існування метастабільного квантового стану. Стріла Зенона існує і летить до тих пір, поки ми бачимо, як вона летить.

В 1978 р. американські фізики Д. Сударшан і Б. Мішра мабуть незнаючі о роботі Халфіна, описали знову цей ефект та дали йому назву квантовий ефект Зенона (КЕЗ). Фізична сутність парадокса ґрунтується на двох положеннях квантової механіки: 1) редукції хвильової функції – вимірювання, яке здійснюється над квантовою системою призводить до виникнення нового початкового стану з якого починається новий «квантовий процес» незалежний від попереднього; 2) часової неоднорідності ймовірності квантового переходу – в початковий момент часу ймовірність переходу в інший стан є незначною.

Розглянемо виникнення КЕЗ в найпростішому випадку. Будимо розуміти під еволюцією системи рівномірне обертання вектору стану ψ

в площині (Ψ, Φ) з кутовою швидкістю ω (рис. 1). Це відповідає тому, що система знаходиться в суперпозиції двох однакових за амплітудою стаціонарних станів Ψ та Φ , енергія яких відрізняється на $\delta E = \hbar\omega$ (де \hbar - стала Планка). Нехай в початковий момент часу: $\psi(0) = \Psi$, тоді вектор стану системи в момент часу δt можна розкласти по ортонормованому та ортогональному базису (рис. 1):

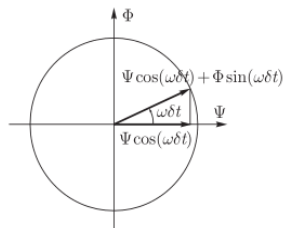


Рис. 1

$$\psi(\delta t) = \Psi \cos(\omega \delta t) + \Phi \sin(\omega \delta t). \quad (1)$$

Ймовірність p_Φ переходу з початкового стану Ψ в Φ за умови $\omega \delta t \ll 1$ буде визначатися квадратом модуля коефіцієнта розкладання:

$$p_\Phi = \sin^2(\omega \delta t) \approx (\omega \delta t)^2. \quad (2)$$

Якщо при постійному спостереженні за системою протягом часу τ , буде виконано n вимірювань, то ймовірність переходу системи за цей час в інший квантовий стан буде:

$$P_\tau = n p_\Phi \approx n \left(\omega \frac{\tau}{n} \right)^2 = \frac{(\omega \tau)^2}{n}; \quad (3)$$

Отже, під час неперервного вимірювання ($n \rightarrow \infty$) квантова-механічна система не змінює свій початковий стан ($P_\tau \rightarrow 0$). Таким чином, квантовий ефект Зенона полягає в уповільненні або заморожуванні еволюції квантово-механічної системи завдяки точним та неперервним вимірюванням її стану.

Вперше експериментальне підтвердження квантового ефекту Зенона було отримано в 1989 р. під час спостереження за ймовірностями переходів між атомними рівнями. Крім цього, в роботі було розглянуто декілька сучасних експериментів, які піддержують КЕЗ.

1. Халфин Л.А. Квантовый эффект Зенона / Л.А. Халфин // УФН - 1990 - Т.160, №10 - С.185-188.
2. Иванов М.Г. Как понимать квантовую механику / М.Г. Иванов— М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2012. — 516 с.
3. Pool R. Quantum Pot Watching / R. Pool // Science - 1989. - V.246, №4932 - P.888.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Уч. К.В. Бурлаєнко

Кер.: В.Д. Лаєров, О.Б. Алмазова*

Харківська спеціалізована школа I-III ступенів № 17

* Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

Перші електричні прилади, покликані полегшити життя простому користувачу, з'явилися ще на початку минулого століття. Інноваційні для того часу тостери, пілососи, холодильники і посудомийні машини вже через пару-трійку десятиліть у багатьох країнах стали звичним атрибутом звичайного будинку. У міру того, як міські квартири насичувалися все більш досконалою технікою, все частіше здійснювались спроби якимось чином спростити процес управління численною армією побутових приладів. Звідси виникло поняття *домашня автоматизація* (англ. *Home Automation*), або *розумний будинок* (англ. *Smart Home*) - система домашніх пристроїв, здатних виконувати дії і вирішувати певні повсякденні завдання без участі людини, за рахунок використання інтелектуальних інтерфейсів. Останні розробки в області автоматизованих пристроїв, все більше наближають концепцію розумного будинку до тих принципів, за якими функціонують живі організми. Створені окремо «розумні» напрацювання і технології сьогодні активно зростаються між собою в єдину систему, частини якої доповнюють один одного, активно «спілкуючись» і взаємодіючи, за допомогою використання різних протоколів зв'язку.

Однією з головних завдань в концепції побудови розумного будинку є забезпечення енергоефективного функціонування, що передбачає моніторинг витрат енергоресурсів. Власне кажучи, кожен власник житла в той чи іншій мірі стикається з питаннями: як не забути здати показання лічильників електроенергії в певні дні; як дістатися до важкодоступного лічильника; як заощадити електрику і захистити, убезпечити себе і сусідів від небезпеки отримання удару струмом?

Ці питання набувають ще більшої актуальності, якщо людина знаходиться у відрядженні або відпустці, здає квартиру в оренду або оплачує комунальні послуги за літніх батьків.

Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є дистанційний мо-

ніторинг споживання електроенергії, передача поточних показань лічильника через існуючі засоби зв'язку (наприклад, Wi-Fi, Bluetooth, мобільний зв'язок, радіо модем і таке інше), накопичування показань за певний період (почасово, подово, потижнево, помісячно) та передача їх користувачу. Таким чином, користувачу будуть доступні не лише показання за поточний день, але і вся історія споживання з годинним, добовим та місячним угрупованням даних.

Дослідження, яке виконано в рамках цієї науково-дослідницької роботи, є продовженням та подальшим розвитком ідеї що була запропонована у нашій попередній роботі [1]. Метою цієї науково-дослідницької роботи є презентація розробки системи дистанційного моніторингу споживання електроенергії приватного будинку (квартири) з забезпеченням надійного зв'язку між пристроєм зчитування показань лічильника та користувачем з точки зору безперервності, доступності, цілісності та точності передачі даних. Автором розроблен пристрій для дистанційного зчитування показань лічильника, який не потребує втручання в його конструкцію, використовує мерехтіння світлодіодної індикації, яка здійснюється на передній панелі лічильника.

Сучасне оцифрування технологій призводить до нових можливостей у системі моніторингу споживання енергоносіїв за рахунок використання новітніх засобів зв'язку, інформаційного і програмного забезпечення. При цьому, забезпечення функціональності, надійності, захищеності, разом з потенціалом модернізації подібних систем потребують окремої уваги. Взагалі, система автоматичного моніторингу споживання електроенергії, являє собою програмно-апаратний комплекс, який крім звичайного обліку електроенергії (у т.ч. дистанційно) спроможний забезпечити, наприклад, аналіз витрат електроенергії за різний період часу. Не залежно від окремих елементів, автоматичний моніторинг передбачає виконання наступних кроків (рис.1.): безперервна реєстрація даних про споживання електроенергії; передача даних до місця зберігання; створення архіву даних; обробка та аналіз даних; формування

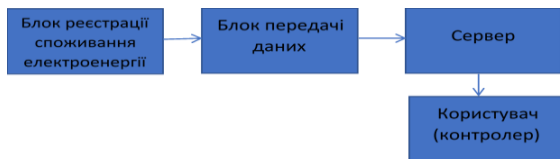


Рис. 1. Структурна схема системи моніторингу споживання електроенергії.

звітів про споживання електроенергії за різні періоди часу; передача звітів на електронні засоби користувача (контролера); відображення звітів на електронних засобах користувача.

Структурна схема системи моніторингу наведена на Рис.2. Згідно наведеної схеми збір показань з електромеханічного лічильника електроенергії СО-СА09 здійснюється за допомогою пристрою для зчитування та передачі показань лічильника електроенергії. Для цього використовується пристрій, розробка якого описано в роботі [1]. Принцип його роботи заснований на реєстрації кількості спалахів світлодіоду “Мережа” на передній панелі лічильника, які відповідають певному споживанню електроенергії.



Рис.2. Схема роботи системи моніторингу

У роботі побудовано систему моніторингу енергоспоживання для лічильників електроенергії, конструкцією яких не передбачена інсталяція в сучасні системи автоматичного контролю. Система моніторингу створена на основі бездротової технології Wi-Fi щодо передачі даних спостереження з лічильника безпосередньо до серверу хмарного сховища Google Drive. Показання лічильника, що зберігаються на сервері, використовуються для подальшого аналізу та формування електронних звітів у вигляді таблиць або діаграм й графіків про спожиту електроенергію за період часу визначений користувачем. Крім того, хмарне сховище дозволяє користувачеві отримувати віддалений доступ до даних у будь-який момент часу і місця за бажанням.

Розробка програмного забезпечення є одним з важливих етапів

розробки пристрою в цілому. Більшість функціональних можливостей пристрою реалізовані саме за допомогою програмного забезпечення (ПЗ). ПЗ забезпечує коректне взаємодію мікроконтролера з внутрішньою пам'яттю, здійснює підрахунок та виведення інформації на монітор мобільного або стаціонарного електронного пристрою, який використовує користувач з метою отримання результатів моніторингу. Програмне забезпечення (скетч) мікроконтролера NodeMcu, що використовується у роботі даної системи моніторингу, було розроблено у безкоштовному середовищі програмування Arduino IDE, яке засноване на мові C / C++ та є скомпонованою з бібліотекою AVR Libc і використовує її функції. Після підключення контролера до комп'ютера через USB-з'єднання, розроблений скетч, який є скопійованим у форматі що підтримує плата NodeMcu, завантажується у МК. З боку контролера за цей процес відповідає завантажувач (bootloader). В силу специфіки розроблювальної системи моніторингу, однією з найважливіших частин, створеного для неї програмного забезпечення, є реалізація функції зчитування та обробки даних з фоторезистора. А саме, після отримання з лічильника вхідного сигналу у вигляді світлового імпульсу, плата NodeMcu є запрограмованою на перетворення цього сигналу у цифрову інформацію про спожиту електроенергію у реальному часі і передачу таким чином зареєстрованих та оброблених даних на серверного сховища Google Drive за допомогою Wi-Fi протоколу.

Випробування здійснювались на реальному лічильнику електроенергії СО-ЭА09. Розроблена система моніторингу повністю відповідає висунутим технічним вимогам і є дешевою, надійною та легкою до застосування системою автоматизації контролю для застарілих лічильників електроенергії, завдяки мінімальній кількості необхідного обладнання та не великих грошових витрат.

1. *Тези доповіді:* Матеріали XIX регіональної наукової студентської конференції «Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення» (17-18 квітня 2019 р.), уч. Бурласенко К.В., кер. Лавров В.Д., Алмазова О.Б. «Створення пристрою дистанційного зчитування показань електромеханічного лічильника електроенергії», стор.115-119.

ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОВОГО ПОЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СКАНУЮЧОГО ЦИФРОВОГО ОПТИЧНОГО ДАТЧИКА

Ст. Р.Д. Алієв

Кер.: О.М. Андреев, О.М. Андреева

Національний технічний університет «ХПІ»

Вимірювання просторового розподілу світла є дуже актуальною задачею в науці та техніці, оскільки дозволяє визначати характеристики джерела оптичного випромінювання (діаграму спрямованості, кут розбіжності, світловий потік) або результати взаємодії світла з об'єктом дослідження (інтерференція, дифракція, розсіяння) [1 - 3].

Для вимірювання світлового поля в площині перпендикулярній напрямку розповсюдження світла було розроблено експериментальну установку, функціональну схему якої наведено на рис.1. Оптичне випромінювання реєструється цифровим датчиком освітленості (ДО): TSL2561 або BH1750. Цей датчик закріплено на каретці, яка переміщується за допомогою двох біполярних крокових двигунів (МХ, МУ) в горизонтальному напрямку на 4см, а вертикальному – на 3,5 см. Управління режимами роботи крокових двигунів здійснюється платою мікроконтролером

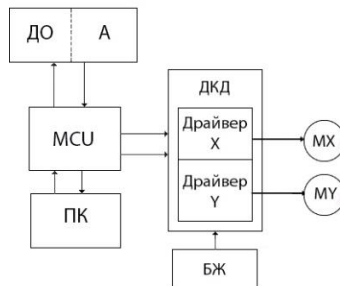


Рис.1. Блок-схема установки.

Atmega 328P (MCU), який підключено до двигунів за допомогою драйверу крокового двигуна (ДКД) на базі двох мікросхем A3967, що дозволяє, завдяки режиму мікрокроку змінювати просторову роздільну здатність: 31 мкм, 62 мкм, 0,125 мм або 0,25 мм. Для живлення крокових двигунів застосовується окремий блок живлення (БЖ) напругою 5 В.

Орієнтація датчика освітленості у просторі визначається цифровим акселерометром ADXL345 (А), який разом з датчиком освітленості «спілкується» з мікроконтролером по шині I²C. Управління установкою та обробка даних, отриманих з датчиків здійснюється за допомогою комп'ютера (ПК) по спеціально розробленій програмі в пакеті

Matlab. Обмін інформацією між мікроконтролером та ПК відбувається завдяки USB-UART перетворювачу (на схемі на вказано).

В роботі було вивчено світлове поле світлодіода з кольоровою температурою 6000 К (рис.2) та напівпровідникового лазера потужністю 10 мВт і довжиною хвилі випромінювання 650 нм.

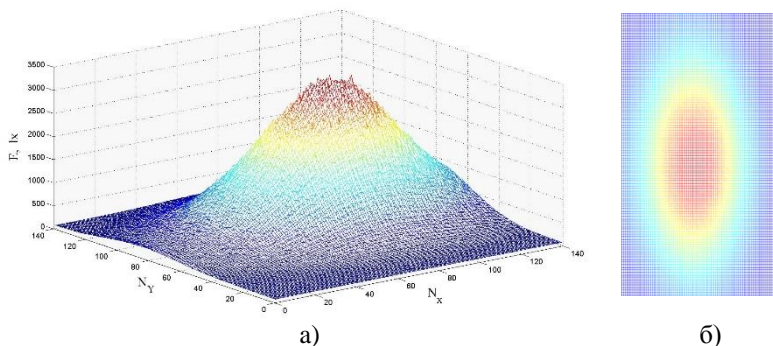


Рис.2. Просторова залежність випромінювання світлодіода (де N_x ; N_y – номер кроку по горизонталі та вертикалі відповідно): а) трьохвимірна залежність; б) проекція на площу.

Знаючи освітленість в будь-якій точці простору та світлочутливу площу датчика освітленості, можна розрахувати світловий потік в цьому напрямку, тобто побудувати діаграмами спрямованості джерела світла. Апроксимація просторового розподілу світла в лазерному пучку кривою Гауса дає змогу визначити радіус пучка, кутову розбіжність лазерного випромінювання та ширину p - n переходу лазера [2].

Також в роботі було досліджено дифракційну картину, яку було отримано за допомогою напівпровідникового лазера та одновимірної дифракційної ґратки з періодом 10 мкм. Оскільки датчик освітленості переміщувався в площині, це дозволило точно визначити положення та величину головних дифракційних максимумів. Що дало змогу з більшою точністю визначити період дифракційної ґратки та ширину щілини.

1. Годжаев Н.М. Оптика / Н.М. Годжаев . – М.: «Высшая школа» - 1977. – С. 432.
2. Григоров В.І. Лазерна фізика /В.І. Григоров, П.А. Коротков, А.І. Хижняк. - К.: Леся, 1999. – 526 с.
3. Merlemis N. Measurement of laser beam spatial profile by laser scanning / N. Merlemis, A. L. Kesidis, I. Sianoudis // European Journal of Physics - 2020. - V.42, №1 – P.015304

ВПЛИВ ГЕЛІЄВОЇ ПЛАЗМИ НА СТРУКТУРУ ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ CdTe

Ст. Є.Р. Костюченко

Кер.: А.І. Доброжан, Г.І. Копач

Національний технічний університет «ХПІ»

Сонячні елементи на основі гетеросистеми CdS/CdTe вважаються перспективними для космічного використання. Зазвичай при довгостроковому впливі високоенергетичного іонізуючого випромінювання при заатмосферному використанні сонячних елементів за рахунок процесів деградації спостерігається погіршення їх вихідних параметрів. Головною причиною цього є зміна властивостей матеріалу широкозонного вікна CdS і базового шару CdTe під дією зовнішніх випромінювань, одним з яких в космічному просторі є іонізовані атоми гелію. Тому актуально дослідження впливу дії потоку гелієвої плазми на структуру та оптичні властивості тонких плівок CdTe.

Плівки CdTe отримані на скляних підкладках методом магнетронного розпилення на постійному струмі в режимі: температура підкладки $T_{\text{п}} = 280 - 320^{\circ}\text{C}$, тиск інертного газу аргону $P_{\text{арг}} = 0.9$ Па, струм магнетронного розряду $I = 80$ мА, напруга на магнетроні $V = 430 - 470$ В, час нанесення $\tau = 12$ хв, відстань від підкладки до мішені 3 см. Кристалічна структура плівок досліджена на рентгендифрактометрично на дифрактометрі ДРОН-4 у K_{α} -випромінюванні молібденового аноду. Оптичні властивості плівок (спектри пропускання та відбиття) досліджені на спектрофотометрі СФ-2000 у інтервалі довжин хвиль 400-1100 нм.

Для дослідження впливу потоку гелієвої плазми на структурні та оптичні властивості плівок CdTe їх було піддано опроміненню шляхом генерації стиснутих плазмових потоків з густиною близько 10^{18} см⁻³, при щільності енергії 0,2 МДж/м². Початковий тиск чистого гелію у камері робочого об'єму становив 266,64 Па. Амплітуда струму розряду в прискорювальному каналі становила близько 500 кА. Густина потоку плазми на 1 імпульс становила $\approx 2 \times 10^{23}$ м⁻². Температура всередині плазми була в інтервалі 60-120 еВ. Використовували 5 імпульсів, тривалість одного імпульсу дорівнювала 1 мкс.

Для плівок CdTe у вихідному стані на рентгендифрактограмах виявлено рефлекси (002) та кратні йому (006) та (008). Розраховані постійні кристалічної ґратки становили $a = 4,50(73)$ Å, $c = 7,52(47)$ Å

(еталон CdTe у відповідності до PCPDFWIN #19 0193, $a = 4,58 \text{ \AA}$, $c = 7,50 \text{ \AA}$). Після опромінення плівки CdTe виявлено, що на рентгендифрактограмі пік віддзеркалення гексагональної фази (201) не проявляється, в той час виявлений інший пік (105) гексагональної фази (рис. 1). Розраховані значення постійних кристалічної решітки CdTe становили $a = 4,55(72) \text{ \AA}$, $c = 7,51(27) \text{ \AA}$. Це свідчить про протікання процесів рекристалізації у приповерхневому шарі плівки CdTe. Також про це свідчить зменшення розтискаючих макронапружень у кристалічній решітці телуриду кадмію після дії потоку гелієвої плазми. Зафіксовано незначне збільшення інтегральних напівширин всіх кратних (002) піків, зменшення інтенсивності та зміщення піків у бік більших кутів порівняно з вихідним станом плівки. Таке явище може бути пов'язано з утворенням додаткових точкових дефектів, у результаті того що атоми гелію проникають в кристалічну решітку телуриду кадмію.

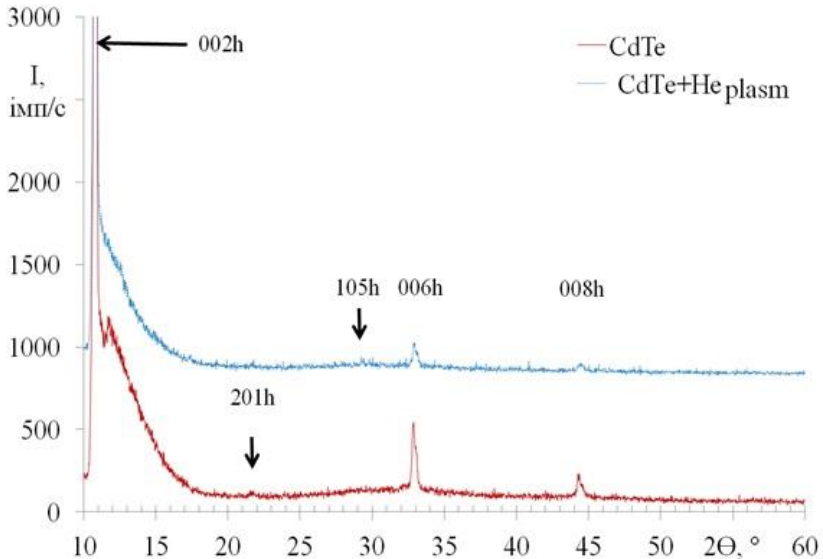


Рис. 1. - Типові дифрактограми плівок CdTe, отриманих методом магнетронного розпилення на постійному струмі, у вихідному стані та після дії потоку гелієвої плазми.

Результати оптичних досліджень свідчать, що в інфрачервоній області спектру середня прозорість базових шарів CdTe становить

55 %, а середній коефіцієнт віддзеркалення – 45 %. Розраховані оптичні параметри для плівки телуриду кадмію становлять коефіцієнт заломлення $n = 2,31 - 2,72$, товщина $t = 6,2$ мкм, ширина забороненої зони $E_g = 1,52$ еВ. Після дії потоку гелієвої плазми на базові шари телуриду кадмію спектральна залежність коефіцієнту пропускання та віддзеркалення змінюється. В інфрачервоній області спектру середня прозорість базових шарів CdTe зменшується і становить 3 %, а середній коефіцієнт віддзеркалення зменшується до 25 %. Це пов'язано з більш розвиненим рельєфом поверхні плівки, збільшенням коефіцієнту поглинання та зменшенням коефіцієнту віддзеркалення плівки. Ширина забороненої зони телуриду кадмію в плівках після дії потоку гелієвої плазми збільшується та становить $E_g = 1,53$ еВ.

Таким чином зміни в кристалічній структурі досліджених плівок телуриду кадмію, які підлягали дії потоку гелієвої плазми, можна пояснити впливом короткотермінового високотемпературного відпалу та рекристалізації. Така дія гелієвої плазми на досліджені зразки практично не погіршує кристалічну структуру базових шарів телуриду кадмію. При цьому розтискаючи макронапруження дефектних плівок CdTe метастабільної гексагональної фази зменшуються.

Оптичні характеристики CdTe, які отримані методом магнетронного розпилення на постійному струмі, суттєво змінюються після опромінення потоком гелієвої плазми. Зафіксовано зменшення середнього коефіцієнта прозорості та віддзеркалення таких плівок та збільшення коефіцієнту поглинання і ширини забороненої зони телуриду кадмію. Такі зміни можна пояснити більш розвинутою поверхнею тонких плівок телуриду кадмію, порівняно з поверхнею базових шарів у вихідному стані.

КЛАСИЧНИЙ РОЗМІРНИЙ ЕФЕКТ В ТОНКИХ ПЛІВКАХ ТЕЛУРИДУ СВИНЦЮ

Ст. В.В. Зімненко

Кер. С.І. Меньшикова

*Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"*

Сучасні темпи розвитку нанотехнологій стимулюють вивчення властивостей матеріалів, в тому числі і термоелектричних (ТЕ). Телурид свинцю (PbTe) є напівпровідником, який широко використовується в термогенераторах, які працюють за середніх температур [1]. ТЕ потужність $P = S^2\sigma$ (де S – коефіцієнт Зеебека, σ - електропровідність) є однією з важливих характеристик, яка визначає ефективність ТЕ матеріалу.

Відомо [2], що при зменшенні розмірів матеріалів, наприклад, у випадку тонкоплівкового стану, можуть кардинально змінюватись його кінетичні властивості. Така зміна відбувається внаслідок прояву розмірних ефектів (РЕ), які виникають у випадку, коли один з розмірів зразка стає близьким до середньої довжини вільного пробігу носіїв заряду (класичний РЕ) або довжини хвилі де Бройля (квантовий РЕ).

Мета даної роботи – виявити класичний РЕ шляхом дослідження залежностей кінетичних властивостей від товщини тонких плівок PbTe за кімнатної температури.

Синтез кристалів PbTe проводили методом прямого сплавлення компонентів у вакуумованих кварцових ампулах за температури 1450 К протягом 6 годин, після чого температуру знижували до 520 К та проводили гомогенізуючий відпал протягом 100 годин. Тонкі плівки з товщинами $d = 75-170$ нм були виготовлені методом термічного випаровування у вакуумі кристалів PbTe із осадженням на монокристалічні підкладки KCl. Товщину d плівок виміряли кварцовим резонатором. Плівки PbTe були наплені у формі холлівського христа. З метою запобігання окиснення поверхні плівок та механічних пошкоджень на виготовлені плівки було нанесено захисне покриття Al_2O_3 за допомогою електронно-променевого методу. Електропровідність σ вимірювали

методом постійного струму з похибкою не більше $\pm 5\%$ [3]. Коефіцієнт Зеебека S вимірювали компенсаційним методом відносно міді з похибкою, яка не перевищувала $\pm 3\%$.

Були проведені вимірювання S та σ кристалу та тонких плівок і розраховано величини P . Встановлено, що тонкі плівки мають такий самий тип провідності, що і вихідний кристал (n -тип). Отримано, що σ , S та P тонких плівок збільшуються при зростанні товщини. Такий характер залежностей $\sigma(d)$, $S(d)$ та $P(d)$ пояснюється як прояв класичного РЕ. Проведено теоретичний розрахунок залежності $\sigma(d)$ з використанням теорії Фукса-Зондхеймера [4]. Встановлено, що теоретична залежність $\sigma(d)$ знаходиться у відповідності з експериментальними даними. На основі експериментальних даних визначені значення параметра дзеркальності та довжини вільного пробігу електронів в тонких плівках РbТе. В тонких плівках РbТе завтовшки $d > 145$ нм значення ТЕ потужності виявились у 1,5 рази більшими, ніж в кристалі.

1. Фреїк Д.М., Лоп'яно М.А. Наноструктуровані термоелектричні матеріали: проблеми, технології, властивості (огляд). *Фізика і хімія твердого тіла*. 2013. Т. 14, №2. С. 280-299.

2. Стасюк З.В., Лопатинський А.І. Розмірні кінетичні явища в тонких плівках металів. Класичні ефекти (огляд). *Фізика і хімія твердого тіла*. 2001. Т.2, №4. С. 521-542.

3. Кучис Е. В. Гальваномагнитные эффекты и методы их исследования. М., Радио и связь, 1990. 264 с.

4. Чопра К.Л. Электрические явления в тонких пленках. – М., Мир, 1972. 426 с.

СПІВІСНУВАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ПОПЕРЕЧНОЇ ПРОВІДНОСТІ В МОНОКРИСТАЛАХ



Ст. В.Р. Богуцький

Кер.: Р.В. Вовк, С.М. Камчатна

Український державний університет залізничного транспорту

В роботі досліджено вплив допирування празеодимом на провідність поперек базисної площини допійованих празеодимом ВТНП-монокристалів $YBaCuO$. В роботі [1] для аналізу експериментальних кривих $\rho(T)$ була запропонована формула:

$$\sigma_1 = \frac{1-n}{\rho_0 + \alpha T} \quad \text{і} \quad \sigma_2 = \frac{n}{(\rho_0 + \alpha T) \exp(\Delta E / 2kT)}$$

де перший доданок описує металевий або напівпровідниковий температурний хід опору в нормальному стані, тут n і $1-n$ - частки металеві і напівпровідникової провідності, відповідно.

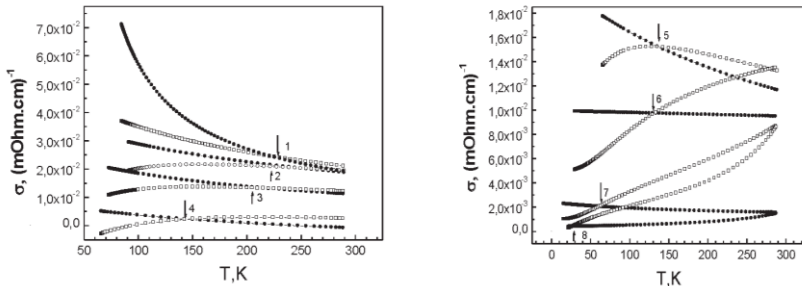


Рис.1. Температурні залежності $\sigma_{мет}(T)$ і $\sigma_{п.л}(T)$ для $z = 0.0, 0.05, 0.19, 0.23, 0.34, 0.43, 0.48, 0.5$ - криві 1-8, відповідно.

Встановлено, що збільшення ступеня допирування празеодимом в зразках $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ призводить до посилення ефектів локалізації та реалізації в системі переходу виду метал-діелектрик, який завжди передує надпровідному переходу. Збільшення концентрації празеодима призводить до суттєвого зміщення точки переходу метал-діелектрик в область низьких температур.

[1] В.А.Волошин и др. / ФТТ. -1996. -т.38, №5. -с.1553-1558.

ЛІНІЙНА РЕЗОНАНСНА РЕШІТКА ПОВІТРЯНИХ ГЛОБУЛ В МАГНІТОДІЕЛЕКТРИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Ст. О.Д. Юрченко

Кер. А.І. Козар

Харківський національний університет радіоелектроніки

Розглядається аналіз рішення задачі про розсіювання електромагнітних хвиль лінійною решіткою глобул, що знаходиться в магнітодіелектричному середовищі з великим значенням діелектричної ϵ_0 і магнітної μ_0 проникності для випадку, коли $a/\lambda' \ll 1$; $a/\lambda_g \ll 1$; $d/\lambda' \sim 1$, де a – радіус глобул; λ' , λ_g – довжини розсіюваної хвилі, яка знаходилась поза і всередині глобул; d – постійна решітки.

Розсіяне поле знаходилось через електричний $\vec{I}^e(\vec{r}, t)$ і магнітний $\vec{I}^m(\vec{r}, t)$ потенціали Герца лінійної решітки:

$$\vec{E}_{\text{расс}}(\vec{r}, t) = (\nabla \nabla + k^2 \epsilon_0 \mu_0) \vec{I}_c^e(\vec{r}, t) - ik \mu_0 [\nabla, \vec{I}_c^m(\vec{r}, t)], \text{ де}$$
$$\vec{I}_c^e(\vec{r}, t) = \sum_{c=1}^N \frac{1}{k_1^3} (\sin k_1 a_c - k_1 a_c \cos k_1 a_c) \left(\frac{\epsilon_{\text{сф}}}{\epsilon_0} - 1 \right) \vec{E}_c^0(\vec{r}', t) \frac{e^{-ik_1 r_c}}{r_c}.$$

Тут $\vec{E}_c^0(\vec{r}', t)$ – індуковане внутрішнє поле глобул, яке знаходять з алгебраїчної системи неоднорідних рівнянь [1, 2], N – число глобул.

Досліджувалися лінійні решітки глобул без заповнення і з діелектричним заповненням, коли в них збуджується структурний (решітчастий) резонанс.

Проведений аналіз розсіювання плоскої електромагнітної хвилі показав, що досліджувані решітки володіють резонансними розсіючими властивостями, які можуть знайти застосування в радіоелектронних пристроях.

На рис.1 представлені залежності модуля поля $\vec{E}_{\text{расс}}(\vec{r}, t)$ від зміни довжини λ розсіюваної плоскої хвилі в вакуумі – (a) і від зміни координат по осі Z – (b), уздовж якої розташована решітка і поширюється плоска хвиля, при різних значеннях діелектричної проникнос-

ті ε заповнення глобул. У решітках (рис. 1, *b*) збуджено резітотчний резонанс 2^{cm} (рис. 1, *a*) на довжині хвилі $\lambda = 10$ см, $a = 0,15$ см, $\varepsilon_0 = 7$, $\mu_0 = 7$, $d = 1,428$ см, $N = 100$. Тут хвиля розсіюється переважно вперед по осі Z при $\varepsilon = 1$ і назад при $\varepsilon = 24$ (рис. 1, *b*).

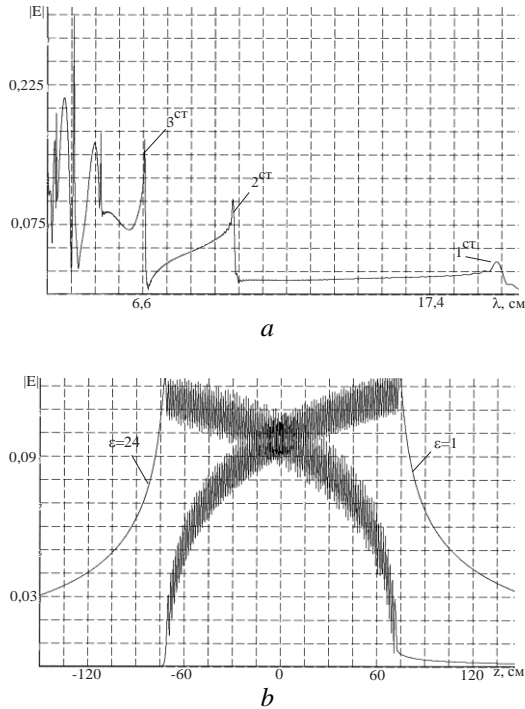


Рис.1 Розсіяне поле лінійної решітки глобул

1. Kozar A.I. Structural Function Development for Electromagnetic Interactions in the System of Multiple Resonant Magnetodielectric Spheres. *Telecommunication and Radio Engineering, New York, N.Y. (USA)*. 2005. Vol. 63, No. 7. P. 589-605.

2. Kozar A.I. Resonance cubic lattice of spherical air-filled bubbles located in magnetodielectric medium. *Microwave and Telecommunication Technology: Proceedings of IEEE 20th International Crimean Conference*, (Sevastopol, September 13-17, 2010), Sevastopol, 2010, P. 737-738.

ПЕРЕДАЧА ЕЛЕКТРИКИ, ЩО НЕ ПОТРЕБУЄ ДРОТІВ

Ст. Ф.В. Курпота

Кер. Р.П. Орел

Харківський національний університет радіоелектроніки

Технології у наш час мають швидкий розвиток. Гарним прикладом є бездротова передача електрики, вона не нова, була винайдена ще у 1893 році Ніколою Теслою, але глобального розвитку набрала лише у наші дні. То що це таке? Це спосіб передачі електричної енергії без використання струмопровідних елементів в електричному ланцюзі. Однією з технологій такої передачі енергії є бездротова зарядка. Бездротова зарядка - це технологія, що забезпечує передачу електромагнітної енергії по повітрю від джерела до приймача без використання дротових з'єднань.

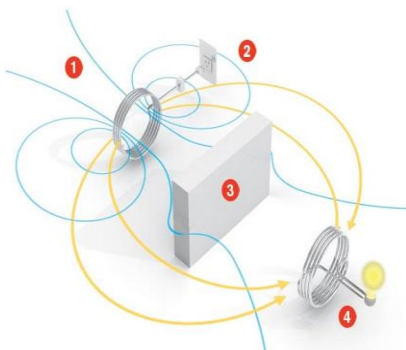
Бездротові зарядки мають низку переваг: 1) зменшення розміру пристроїв шляхом використання менш ємних акумуляторів або навіть повної відмови від них; 2) підвищення захищеності пристроїв при повній відмові від використання проводів як для зарядки, так і для передачі даних; 3) розширення можливості застосування пристроїв, особливо в тих випадках, коли використання проводів або заміна батарей є вкрай небажаними або, навіть, непридатними, наприклад, в імплантатах; 4) можливість забезпечити зарядку на вимогу, що дозволить уникнути перезарядки акумуляторів і зменшити витрати на електрику.

Бездротові технології зарядки поділяються на невипромінюючі, робота яких заснована на ефекті магнітної індукції, і випромінюючі, які використовують енергію електромагнітних хвиль. Випромінюючі технології можуть використовувати спрямовану передачу енергії або ж ненаправлену. Невипромінюючі пристрої використовують такі методи передачі енергії, як індуктивний зв'язок, магнітно-резонансний зв'язок і ємнісний зв'язок.

Зараз попитом користуються технології близької зарядки. Зарядні додатки для ближнього поля можуть бути реалізовані на основі індуктивного і резонансного зв'язку. Через простоту і низьку вартість реалізації в більшості існуючих рішень в основному застосовується індуктивний зв'язок. Технологія IPT (Inductive Power Transfer – передача енергії за допомогою котушок індуктивності) здатна забезпечити передачу великої потужності (кіловат і вище) і широко використо-

ується в промисловій автоматизації. Основні області застосування включають: індукційні генератори, асинхронні двигуни, роботизовані маніпулятори, автоматизовані підводні апарати.

Пристрій (див. рис.) складається з двох налаштованих в резонанс мідних котушок 1 і 4, розташованих на відстані приблизно в два метри. Одна котушка підключена до джерела змінного струму 2 і створює магнітне поле. Друга котушка налаштована на ту ж частоту і підключена до лампочки, резонуючи в магнітному полі, генерує струм, який запалює лампочку. Пристрій працює навіть коли між котушками поміщають тонку стінку 3.



Додам, що потенційно на мій погляд, через декілька десятків років бездротові зарядки зможуть замінити дотові аналоги, але це торкнеться не всього.

Бездротові зарядки позбавлять нас від надлишкових проводів, які частіше за все приносять незручності. Та дозволять нам створювати нові, біль сучасні пристрої.

1. Технологии беспроводной зарядки. Часть 1. Теоретические основы и способы аппаратной реализации. – 2016. URL: <https://wireless-e.ru/peredacha-energii/tehnologii-besprovodnoj-zaryadki-1/> (дата звернення 11.03.2021).

2. Три способа передачи энергии без проводов — от Теслы до наших дней. - 2018. URL: <https://domikelectrica.ru/3-sposoba-peredachi-energii-bez-provodov/> (дата звернення 11.03.2021).

3. Энергия без проводов. К новому миру беспроводного электричества. - 2008. URL: <https://m.habr.com/ru/post/31503/> (дата звернення 11.03.2021).

ТЕРМОЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ. ЕНЕРГІЯ ЗІРОК. ПРОБЛЕМИ ТЕРМОЯДЕРНОГО СІНТЕЗУ НА ЗЕМЛІ

Ст. В.В. Колісник

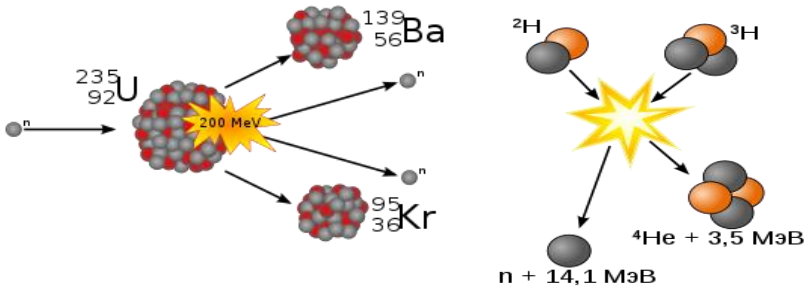
Кер. Л.Г. Петренко

Національний технічний університет «ХПІ»

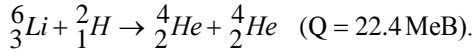
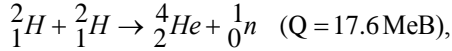
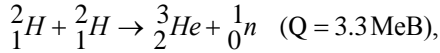
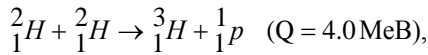
Термоядерна реакція - різновид ядерної реакції, при якій легкі атомні ядра об'єднуються в більш важкі за рахунок кінетичної енергії їх теплового руху.

Назву «термоядерні реакції» відображає, що ці реакції йдуть при високих температурах ($T > 10^8$ K), оскільки для злиття легкі ядра повинні зблизитися до відстаней $\approx 10^{-13}$ см. Якщо відстань буде менше, то позитивно заряджені ядра відчують кулонівське відштовхування [1].

В реакціях синтезу виділяється значно більше енергії в розрахунку на один нуклон, ніж в реакціях ділення. Наприклад, при розділі ядра урану виділяється близько 200 МеВ, що становить 0.84 МеВ/нуклон, а в реакціях синтезу ця енергія може становити величину рівну $17.6 / 5 = 3.5$ МеВ/нуклон. Таким чином, кількість енергії, що виділяється більше в 4 рази [2].

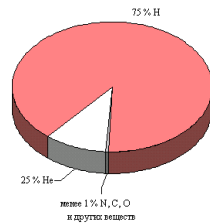
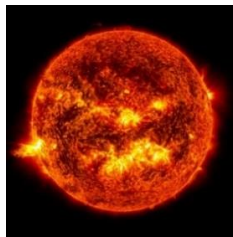


Порівняння одержуваної енергії при термоядерних і ядерних реакціях:



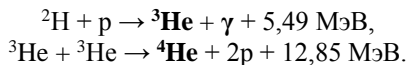
У термоядерних реакціях утворюються кілька ізотопів водню: *протій* - найпоширеніший ізотоп (частка 99,985%), нерадіоактивний, при з'єднанні з киснем утворюється вода; *дейтерій* - (частка 0,015%) стабільний, при з'єднанні з киснем утворюється важка вода з температурою кипіння 100°C; *тритій* - в природі не існує, виробляється штучно в ході ядерної реакції, радіоактивний.

Енергія Сонця. Хімічний склад Сонця приблизно такий, як і у більшості інших зірок. Близько 75% - водень, 25% - гелій і менше 1% - всі інші хімічні елементи (переважно, вуглець, кисень, азот тощо). Відразу після народження Всесвіту «важких» елементів не було зовсім. Всі вони (елементи важче гелію), утворилися в ході «горіння» водню в зірках при термоядерному синтезі. Основне джерело енергії - протон-протонний цикл - дуже повільна реакція (характерний час $7,9 \cdot 10^9$ років), так як вона обумовлена слабкою взаємодією. Її суть полягає в тому, що з чотирьох протонів утворюється ядро гелію. При цьому виділяються пара позитронів і пара нейтріно, а також 26,7 MeV енергії [3].



Протон-протонний цикл. Це сукупність термоядерних реакцій, в ході яких водень перетворюється в гелій в зірках. Протон-протонний цикл домінує в зірках з масою порядку маси Сонця або менше, на нього припадає до 98% енергії, що виділяється. Цикл прийнято ділити на три основних ланцюжка: ppI, ppII, ppIII.

Перший ланцюжок - ppI: $\text{p} + \text{p} \rightarrow {}^2\text{H} + \text{e}^+ + \nu_e + 0,42 \text{ МэВ}$,



Інші два ланцюжки (ppII і ppIII) вносять вклад в цикл при більш високих температурах, чим ppI. На Сонці біля 85% злиття водню в гелій-4 відбувається через ppI.

Проблеми термоядерного синтезу на Землі. Досягненню умов керованого термоядерного синтезу перешкоджають кілька проблем: по-перше, потрібно нагріти газ до дуже високої температури; по-друге, необхідно контролювати кількість реагуючих ядер протягом досить довгого часу; по-третє, кількість виділеної енергії має бути більше, ніж було витрачено для нагрівання і обмеження щільності газу.

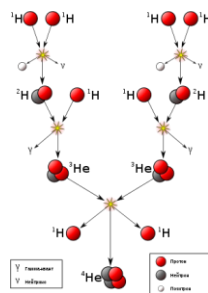
Наступна проблема - накопичення цієї енергії і перетворення її в електрику.

Реалізувати керований термоядерний синтез в земних умовах дуже складно. Для цього треба створити установку, в якій нагріте до температур ($\approx 10^8$ К) ядерне паливо необхідно досить довго утримувати в стані з високою щільністю (як це має місце всередині Сонця та інших зірок) [4].

Будь-який матеріал випарується при таких високих температурах і, тому, не може бути використаний, щоб утримати високотемпературну плазму в замкнутому об'ємі (в зірках високотемпературна плазма утримується потужними гравітаційним силами).

Один із способів утримання гарячої плазми є магнітний, в ньому використовується потужне магнітне поле для того, щоб не дати гарячій плазмі вийти із замкнутого контрольованого обсягу.

Висновки: на даний момент вироблення енергії з термоядерних реакторів економічно не вигідно, адже витрачається коштів набагато більше ніж буде отримано; однак вчені з усього світу намагаються вирішити цю проблему, адже керований термоядерний синтез - це практично безмежна енергія.



1. Деглаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М., Высшая школа, 1989, с.542-546.
2. Термоядерные реакции. – [Электронный ресурс]. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/e164.htm>.
3. Термоядерные реакции на Солнце. – [Электронный ресурс]. <https://college.ru/astronomy/course/content/chapter5/section2/paragraph2/theory.html#.Xm5X X6gzZPZ>.
4. Арцимович Л. А. Управляемые термоядерные реакции. М., Физматлит, 1961, 467с.

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗЧИТУВАННЯ ПОКАЗАНЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

Уч. К.В. Бурлаєнко¹

Кер.: О.Б. Алмазова², В.Д. Лавров³

¹Харківська спеціалізована школа I-III ступенів №17

²Національний технічний університет «ХПІ»

³Комунальний заклад «Харківська обласна МАН»

Енергоефективність підприємств і окремих споживачів електричної енергії є основою сталого зростання сучасної економіки [1]. У свою чергу, передумовою зниження витрат енергоресурсів є ефективна система контролю споживання енергії, тобто яка дозволяє споживачі електроенергії та енергопостачальній організації виконувати цілеспрямоване її спостереження – моніторинг.

Стосовно промислових підприємств, на даний час вже існують автоматизовані системи обліку електроенергії (АСОЕ) [2], що виконують дистанційний збір даних із лічильників електричної енергії і передають їх в центри обробки для аналізу і формування звітів щодо контролю за поставлену/спожиту електричну енергію. Водночас у побутових споживачів електричної енергії в Україні, питання автоматизованої системи моніторингу енергоресурсів є ще досі не вирішеним в повному обсязі. Впровадження таких систем стримується тим, що велика кількість споживачів електроенергії у нашій країні для обліку електроенергії використовують електромеханічні лічильники індукційного типу, такі як СО-И446 та їх аналоги.

Метою цієї науково-дослідницької роботи є створення пристрою для зчитування показань електромеханічного лічильника індукційного типу в однофазних мережах змінного струму з забезпеченням можливості його підключення до системи дистанційного моніторингу споживання електроенергії АТ «Харківобленерго». Актуальність роботи на сучасному рівні полягає в розробці недорогого технічного пристрою, який би дозволив проводити моніторинг без заміни лічильників індукційного типу.

Розробка пристрою виконана згідно технічного завдання АТ «Харківобленерго» [3]. Використання такого пристрою забезпечить виконання віддаленого моніторингу споживання електроенергії. Конструктивно пристрій складається з двох частин – зчитувальної головки

з'єднаної кабелем (кручена пара) з роз'ємом, до складу якої входить інфрачервоний датчик перешкод та блока електроніки (БЕ), який за допомогою USB-кабелю може бути підключеним до персонального комп'ютера для налаштування. Крім того до блоку електроніки входить модуль бездротової передачі даних, який здійснює зв'язок лічильника з сервером системи моніторингу споживання електроенергії та/або іншими пристроями на яких спостерігається процес споживання електроенергії. Зчитувальна головка щільно кріпиться до оглядового скла лічильника безпосередньо навпроти диску за допомогою липкої стрічки. Загальний вигляд пристрою та його підключення до лічильника надано на Рис. 1.

Пломба

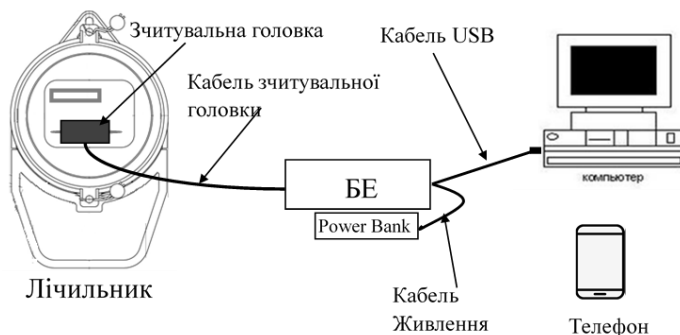


Рис. 1. Конструкція пристрою для зчитування показань лічильника.

Джерелом зчитування інформації є кольорова мітка на диску індукційного механізму лічильника, кількість обертів якого пропорційна кількості спожитої електроенергії. Зчитування кількості обертів диска здійснюється за допомогою інфрачервоного датчика перешкод. Обробку отриманої з інфрачервоного датчику інформації виконує мікроконтролер (МК) ATmega328 плати «Arduino Nano», яка розташована в БЕ. Далі, МК Arduino пересилає дані енергоспоживання у реальному часі по бездротовому каналу bluetooth на або персональний комп'ютер (ПК), або смартфон. Всі ці дані відразу ж записуються у енергонезалежну пам'ять EEPROM розташовану безпосередньо в МК. Автономне живлення приладу здійснюється від елементу живлення типу «Power Bank» напругою 9 В.

Розробка програмного забезпечення є одним з важливих етапів розробки пристрою в цілому. Більшість функціональних можливостей пристрою реалізовані саме за допомогою програмного забезпечення (ПЗ). ПЗ було розроблено у безкоштовному програмному середовищі Arduino IDE, мова якого заснована на C/C++ та є скомпонованою з бібліотекою AVR Libc і використовує її функції. Крім того, калібрування пристрою також виконувалося саме на програмному рівні.

Випробування макету пристрою здійснювалося на реальному лічильнику електроенергії СО-И446М, який було змонтовано на тестовому стенді. Проводились випробування макету пристрою з використанням всіх елементів, які передбачені електросхемою і конструкцією. Налаштування пристрою полягало в визначенні експериментальним шляхом рівня чутливості, на якому датчик БЕ зчитує кількість обертів диска без похибки. Отримані значення вносились як відповідні сталі коду ПЗ. Калібрований таким чином пристрій був під'єднаним до навантаження з задалегідь відомим енергоспоживанням, що давало змогу визначити працездатність пристрою та точність результатів його віддаленого моніторингу.

Виконане в рамках дослідження випробування макету пристрою підтвердило його працездатність та можливість використання для вирішення задач дистанційного моніторингу споживання електроенергії у відповідності до затвердженого технічного завдання. Запропонований в результаті дослідження пристрій є більш дешевою альтернативою заміни електромеханічних лічильників, конструкцією яких не передбачено виконання автоматичного дистанційного моніторингу споживання електроенергії щодо забезпечення автоматизованого обліку електроенергії побутових споживачів у межах України.

[1] Стойка В.О. Курмаєв П.Ю., Стойка С.О. Підвищення енергоефективності - основа інноваційного розвитку економіки України. Агросвіт. 2016. № 23. С. 3-7;

[2] Праховник А.В., Тесик Ю.Ф., Жаркін А.Ф., Новський В.О., Гриб О.Г. та ін. Автоматизовані системи обліку та якості електроенергії в оптовому ринку. За ред. О.Г. Гриба. Харків: ПП «Ранок-НТ», 2012. 516 с.

[3] Технічне завдання на розробку пристрою дистанційного зчитування показань електромеханічного лічильника електроенергії в однофазних мережах змінного струму. АТ «Харківобленерго». Харків, 2020.

[4] Бурласко К.В., Лавров В.Д. Пристрій дистанційного зчитування показань електромеханічних лічильників індукційного типу: Захист наук.-дослід. робіт учнів Харківської обласної МАН. (Харків, 11–13 грудня 2020). Харків, 2020. 26 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ РІДИН

Уч. Яриновський Д.¹

Кер.: Н.Л. Дьяконенко², О.П. Овчаренко³, О.В. Жежера¹

¹ХЗОШ №142

²Національний технічний університет "ХПІ"

³Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна

Вимірювання показника заломлення широко застосовується для контролю якості і складу різних речовин у хімічній, фармацевтичній, харчовій і інших галузях промисловості. Визначення n рідин вимагає використання промислових приладів, що не завжди доступно.

Показник заломлення рідин, що знаходяться у пробірках з тонкими стінками ($\sim 0,5$ мм) циліндричної форми, і твердих прозорих тіл у вигляді циліндрів можна визначати за допомогою простого методу [1,2]. В основі методу лежить явище заломлення світла циліндричною лінзою. В якості лінзи можна використовувати пробірку, яка містить рідину, що досліджується. Пробірка розташована на масштабній сітці. Якщо пряма лінія сітки утворює кут α з віссю циліндра, то зображення лінії повертається на кут δ при спостереженні цієї прямої через прозорий циліндр. Кут повороту δ однозначно пов'язаний з кутом α і показником заломлення n прозорого циліндра або рідини, яка знаходиться в пробірці [1]. Кут повороту не залежить від діаметра циліндра або пробірки.

Ми виявили, що якщо пусту пробірку (з повітрям всередині) помістити у прозору посудину, яка містить рідину, що досліджується, і поставити на масштабну сітку, то зображення ліній сітки також буде повертатися, але в інший бік. Вимірюючи кути α і δ можна розрахувати показник заломлення рідини.

Наводяться приклади знімків цифровою камерою. Отримані результати можна використовувати для визначення показника заломлення рідини у ванні.

1. Alonso J.I, Bernabeu E.I. A method for the measurement of the refractive index of dielectric cylinders. *Pure and applied optics. Journal of the European optical society. Part A.* 1997. v.6, № 2, P.147-152.

2. Муссил В.В., Пилипенко В.В., Лемешевская Е.Т., Керемжанов К.Д. Экспресс-метод определения показателя преломления жидкостей. *Приборы и техника эксперимента.* 2011, № 3, С. 113-115.

НЕРУЙНІВНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКИХ ПЛІВОК ЗА ЇЇ СПЕКТРОМ ПРОПУСКАННЯ

Ст.: Л.А. Погорєлова, С.П. Руцька

Кер. О.М. Коваленко

Харківський національний університет радіоелектроніки

Тонкі напівпровідникові і діелектричні плівки знаходять застосування у достатньо різноманітних областях: в напівпровідниковій техніці і мікроелектроніці, в хвильовій оптиці, фотометрії, тощо. Деякі з них мають високу йонну провідність і можуть бути використані як тверді електроліти. Виготовленню різного роду напівпровідникових і діелектричних пристроїв передують розрахунки, при проведенні якого часто необхідне точне значення оптичних констант використаних сполук - показників заломлення n і поглинання k . Часто для визначення цих величин потрібні неруйнівні плівку методи, застосування яких дозволяє використовувати плівки для подальших цілей. До таких неруйнівних методів відносяться методи, засновані на вимірі спектрів пропускання.

У даній роботі ми досліджували показник заломлення n обраної сполуки та його зміни в залежності від довжини хвилі, також були розраховані товщина плівки та ширина забороненої зони. Як об'єкт дослідження була обрана сполука Rb_2CuCl_3 .

Тонкі плівки готувалися шляхом випаровування в вакуумі розплаву суміші чистих порошоків $RbCl$ та $CuCl$ заданого молярного складу на нагріті до $100^\circ C$ кварцові підкладки з подальшим витриманням плівок протягом години при тій же температурі. Такий метод заснований на тому, що, як правило, температура плавлення потрібних сполук істотно нижче ніж початкових компонент.

Дисперсія показника заломлення $n(\lambda)$ в тонких плівках в області прозорості визначалася інтерференційним методом за спектрами пропускання. Пропускання тонких плівок залежить не тільки від коефіцієнта поглинання, але визначається також багаторазовим відбиттям всередині шару, що призводить до інтерференції світла. Для досліджень використовувалися досить товсті плівки ($t \sim 600 - 1000$ нм), в спектрах пропускання $T(\lambda)$ яких в області прозорості спостерігається кілька інтерференційних екстремумів (рис.1).

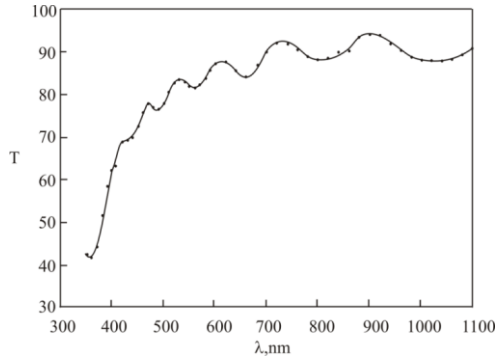


Рис.1. Спектр пропускання

Для виконання розрахунків була розроблена програма, що дозволяє значно полегшити та прискорити розрахунок, а також підвищити точність визначення оптичних характеристик.

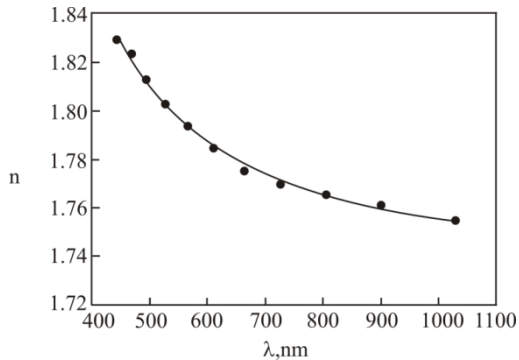


Рис. 2. Спектральна залежність показника заломлення $n(\lambda)$.

1. Yunakova O.N., Yunakov N.N., Kovalenko E.N., Kovalenko V.V. The exciton absorption spectrum of thin CuPb_3Br_7 superionic conductor films *Low Temperature Physics* . 2016. № 42, вип. 9. С.768-771;

2. Miloslavskii V.K., Kovalenko E.N., Yunakova O.N. Absorption spectrum and excitons in thin films of the solid electrolyte $\text{RbCu}_4\text{Cl}_3\text{I}_2$. *Physics of the Solid State*.1998. т. 40.№ 6. С. 934-937.

«ТИТАН» СЕРЕД МЕТАЛІВ

Ст. Д.В. Симоненко

Кер. Т.В. Тавріна

Національний технічний університет «ХПІ»

Відкриття металу людиною стало чинником бурхливого розвитку цивілізації. Маючи велике практичне значення, метали й сьогодні відіграють значну роль у розвитку багатьох галузей науки. Лише деякі з більш ніж 90 відомих на даний час металів мають велику розповсюдженість і знаходять широке використання у промисловості. Серед них: Al, Fe, Mg, Ti.

Титан (Ti) – унікальний метал, що володіє низкою важливих властивостей, які, здавалося б, абсолютно не поєднуються. Це й значна корозійна стійкість та незначна питома вага, найкраще поєднання механічних властивостей, добра технологічність та висока біоінертність (вища, ніж у благородних металів). За питомою міцністю Ti не має рівних серед більшості металів: навіть такі тверді метали платинової групи, як Re, Os, Ir, поступаються титану у міцності. Внаслідок високої твердості та межі плинності, Ti є надзвичайно зносостійким та пластичним, і тому витримує великі навантаження та експлуатується значно довше за інші метали. Легуванням титану можна ще більше підвищити його механічні властивості до рівня легованих сталей. Не маючи конкурентів серед легких металів, та не поступаючись у міцності сталям, титанові вироби мають значну перевагу у вазі, та вже сьогодні потіснили сталі у військовій та космічній промисловості.

Титан і його сполуки є тугоплавкими (наприклад, температура плавлення карбиду титану TiC перевищує 3000 °C), а, з іншого боку, хладостійкими і можуть використовуватися для криообладнання, витримуючи низькі (до -269 °C) температури без суттєвої втрати міцності, не становлячись крихкими та зберігаючи свою стійкість до корозії та міцність при високих температурах.

Добре відомо, що корозія металів призводить до значних економічних втрат (так, наприклад, близько 3 % ВВП США щорічно йде на заміну іржавих металів новими). Це обумовлено використанням сталей та інших металів, які, хоч і є дешевою сировиною, але не можуть на протязі тривалого часу існувати у агресивних середовищах. Титанові ж сплави стійкіші за сталі, тому, замінивши сталь титаном,

вже зараз можна суттєво скоротити витрати сировини та енергію, яка витрачається на її отримання.

Титан – дуже активний метал, але його здатність до пасивації (утворення цим металом оксидної плівки з товщиною < 10 нм) робить його інертним металом за відносно високих (до 400 °С) температур. Технічний титан не утворює хімічних сполук. Крім того, він дуже стійкий: на відміну від нержавіючих сталей, може перебувати на вологому повітрі або у солоній морській воді майже вічно; у розчинах хлорної, соляної, азотної кислот його корозія не перевищує $0,01$ - $0,1$ мм/рік при 293 К, а у розчині царської води він не розчиняється при 100 °С (на відміну від золота). Замінивши будь-яку кислотостійку або нержавіючу сталь титаном, можна суттєво підвищити строк використання та надійність конструкційних матеріалів.

Слід відзначити, що невелика теплопровідність ($21,9$ Вт/м·К), низькі антифрикційні властивості (велика адгезія), значний питомий опір ($\rho = 0,6$ Ом·мм²/м) і парамагнітні властивості роблять Ті дуже схожим на неметали, іноді викликаючи певні труднощі з його обробкою. Проте, всі ці властивості разом з його інертністю та незначною вагою роблять титан найкращим матеріалом для відновлення втраченої кісткової тканини. Біологічна сумісність та здатність металу зрощуватися з кісткою, стимулюючи ріст кісткової тканини, вже набули широкого розповсюдження в медицині. Невпинно розвиваючись, ця технологія, без сумніву, матиме велике значення в майбутньому.

Зазнавши відкриття ще наприкінці XVIII ст., титан ще довго залишався без уваги (аж до 40-х років XX ст., коли він набув значення у промисловості). На теперішній час Ті досить широко використовується у машинобудуванні, хімічній, космічній та військовій промисловості, тобто у тих галузях, в яких він є незамінним, враховуючи його легкість, міцність та стійкість до корозії. Однак, складність видобування Ті з руди, яка спочатку взагалі не дозволяла хімікам отримувати чистий метал, і сьогодні спричиняє певні труднощі технологічного процесу, обумовлюючи значні витрати на його використання. Скорочення ж цих витрат разом з розповсюдженням процесу використання Ті в якості одного з провідних матеріалів промисловості, без жодних сумнівів, приведе до подальшого швидкого розвитку металургії вже у найближчому майбутньому.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО МЕТОДУ У ДОСЛІДЖЕННІ ДЖЕРЕЛА БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ

**Ст.: В.В. Токар, А.В. Похлеба
Кер. Р.П. Орел**

Харківський національний університет радіоелектроніки

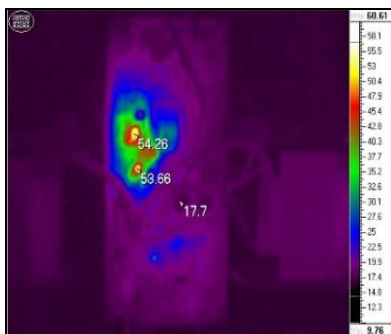
Тепловий контроль заснований на вимірюванні, моніторингу та аналізі температури контрольованих об'єктів. Основною умовою застосування теплового контролю є наявність в контрольованому об'єкті теплових потоків. Процес передачі теплової енергії, виділення або поглинання тепла в об'єкті призводить до того, що його температура змінюється щодо навколишнього середовища. Розподіл температури по поверхні об'єкта є основним параметром в тепловому методі, так як несе інформацію про особливості процесу теплопередачі, режимі роботи об'єкта, його внутрішню структуру і наявність прихованих внутрішніх дефектів [1]. Теплові потоки в контрольованому об'єкті можуть виникати з різних причин.

Для ефективного засобу діагностики електронної техніки використовують безконтактний тепловий метод контролю. Успішне застосування допомагає виявити різного роду теплові аномалії в різних пристроях, які є наслідком різних несправностей, які є і можуть виникнути. Якщо брати до уваги особливо важливі і дорогі прилади то при їх виготовленні і подальшої експлуатації, у багатьох випадках, потрібен контроль який не займатиме багато часу і коштів. Тепловий режим електронних компонентів є одним з головних ідентифікатором роботи електронної техніки. Безліч фізичних процесів, пов'язаних з виникненням відмов, є термічно активуються, тобто можуть протікати тільки при певній температурі і безпосередньо залежить від показника температури яка є або допустима або перевищує норму [2].

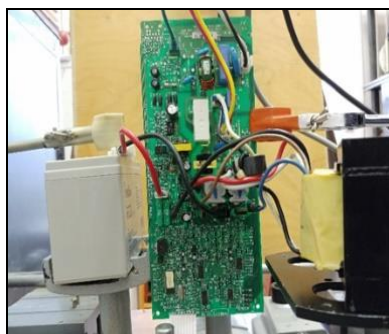
Був проведений експеримент, в ході якого ми досліджували джерело безперебійного живлення (ДБЖ) фірми APC. Експериментальний макет включав в себе ДБЖ Back-UPS CS 500VA з підключеним до нього блоком навантажень у вигляді ламп розжарювання, тепловізор ІРТІС-200 для реєстрації термограмм [3] і цифровий фотоапарат. Важливим плюсом тепловізорів є безконтактний характер їх застосування. Контроль з використанням тепловізора не вимагає припинення робочих процесів на час його проведення. Отримана термограма дає

інформацію про стан об'єктів, тепловий контроль яких без застосування тепловізорів неможливий або сильно утруднений. Метою дослідження було одержання інформації про тепловий стан джерела безперебійного живлення та особливостей його роботи в двох основних режимах: нормальний режим (від мережі 220В) і резервний режим.

Під час експерименту встановлено, що у резервному режимі помітний нагрів спостерігається лише у силових транзисторів перетворювача. Швидкість нагріву і гранична їх температура залежать від величини навантаження, і, з огляду на невелику ємність штатного акумулятора, значення температур силових транзисторів просто не встигають досягти критичних значень, не дивлячись на відносно невеликі розміри тепловідвідних радіаторів. При проведенні теплового контролю за допомогою тепловізора слід враховувати реальні значення коефіцієнтів випромінювання поверхонь об'єктів [4]. Тепловідвідні радіатори силових транзисторів виготовлені з нефарбованого алюмінію, і з цієї причини вимір їх реальної температури проводився з корекцією коефіцієнта випромінювання (у алюмінію коефіцієнт випромінювання від 0,05 до 0,2). Слід зазначити, що на максимальному навантаженні помітно починають нагріватися дроти, що підключені до акумулятора і трансформатора перетворювача (до 34° С), а також роз'єми їх підключення (до 37° С). На малюнках показані термограми плати ДБЖ і її видиме зображення в нормальній робочий режим (зарядка акумулятора).



Термограма



Видиме зображення

У нормальному робочому режимі основне тепловиділення відбувається на елементах блоку живлення схеми пристрою: мікросхема ШІМ-контролера, імпульсний трансформатор і випрямляючий діод,

причому при розрядженому акумуляторі тепловиділення значно більше, ніж коли він повністю заряджений. Тепловиділення зменшується в міру збільшення рівня зарядки акумулятора. Також, в нормальному робочому режимі спостерігається відносно помітне тепловиділення реле перемикача навантаження, причиною чого є, ймовірно, протікання струму через котушку електромагніта. Найбільш гріються такі елементи: ШИМ-контроллер (до 55 °С), випрямний діод (до 54 °С), силові транзистори (до 46 °С). Ці значення температур значно нижче критичних, що свідчить про нормальний тепловий режим плати ДБЖ.

В ході проведення роботи підтверджується, що тепловий неруйнівний контроль є одним з кращих методів діагностики електронної продукції. Серед його достоїнств потрібно відзначити: дистанційність, висока швидкість обробки інформації, можливість дослідження динамічних та статичних теплових процесів перетворення і передачі енергії, а також перспективна можливість створення автоматизованих систем контролю в виробничих процесах. Експеримент демонструє легкість знаходження тепловиділяючих ділянок схеми, що вимагають уваги, пошук яких традиційними засобами може бути досить трудомістким.

1. Маслова В.А., Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле. / Харьков: «Компания СМІТ», 2004.

2. Тепловізійний контроль електрообладнання. URL: <https://concom.com.ua/teplovizijnij-kontrol-elektroobladnannya.html>.

3. Портативный компьютерный термограф "ИРТИС-200", URL: <http://www.bnti.ru/des.asp?itm=1258&tbl=10.01.05>.

4. Степень черноты поверхности материалов [Электронный ресурс] // <http://thermalinfo.ru/eto-interesno/stepen-chernoty-poverhnosti-materialov-metallov-dielektrikov>.

МРТ ЯК СУЧАНИЙ І БЕЗПЕЧНИЙ МЕТОД ОБСТЕЖЕННЯ ЛЮДИНИ

Ст. А.С. Кузьменко

Кер. Р.П. Орел

Харківський національний університет радіоелектроніки

У світі існує досить велика кількість різноманітних методів обстеження людини, наприклад ультразвукове дослідження (УЗД), капсульна ендоскопія, комп'ютерна томограма (КТ), рентгенівські обстеження і багато інших, але одним з самих інноваційних і безпечних методів, який може дати точну інформацію про стан пацієнта і розвиток хвороби являється магнітно-резонансна томограма.

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) - складний, але безпечний і ефективний метод діагностики, не пов'язаний з іонізуючим випромінюванням. Це найінформативніший і абсолютно безпечний діагностичний метод обстеження. Він може застосовуватися необмежену кількість разів.

Магнітно-резонансною томограма виявляє різні патологічні процеси при дослідженні головного і спинного мозку, хребетного стовпа, малого тазу, бруньок, надниркових залоз, колінних суглобів, м'яких тканин і інших органів. На малюнку 1 зображений магнітно-резонансний томограф.



Рис.1 – Магнітно-резонансний томограф.

МРТ спочатку була названа ядерно-магнітною резонансною томографією, але у кінці 1970-х років через негативні асоціації із словом "ядерний", після трагедії на Чорнобильській АЕС, був перейменований в магнітно-резонансну томографію.

Цей метод ґрунтований на властивості протонів, що входять до

складу молекули води, змінювати свою "поведінку" в магнітному полі. Сканування можна робити в трьох взаємно перпендикулярних площинах з довільним, на відміну від комп'ютерної томографії, кутом нахилу без зміни положення пацієнта в просвіті магніту. У МРТ для отримання зображення ЯМР-сигналу з тонких зрізів, що проходять через людське тіло, використовується метод відображення томографії. Спеціальні методики обробки поєднаних радіочастотних сигналів у відповідь дозволяють отримувати зображення внутрішніх органів досліджуваного в тривимірному просторі. Як наслідок, МРТ розвивається від методу відображення томографії до методу об'ємного (3d) відображення.

Характерною властивістю МРТ є високий міжтканинний контраст тканин, насичених рідинами (оскільки метод ґрунтований на радіовідгуку молекул води) : непорожнистих органів, структур головного і спинного мозку, інших нервових структури. У зв'язку з цим МРТ частіше використовується для діагностики ушкоджень, пухлинних утворень нервової системи, а також в онкології, коли необхідно визначити наявність і поширеність пухлинного процесу. Список захворювань, які можна виявити з допомогою МРТ, переконливий: запальні, дистрофічні і пухлинні поразки посудин і серця, органів грудної і черевної порожнини, поразка лімфатичних вузлів, паразитарні процеси та інші патології.



Рис. 2 – Магнітно-резонансні томограми

МРТ на сьогодні залишається одним з найточніших, швидших і безпечніших методів обстеження людини, маючи свої переваги і незважаючи на недоліки.

1. Магниторезонансная томография [Электронный ресурс], URL: http://nuclphys.sinp.msu.ru/nuc_techn/med/mrt.hpn
2. Аганов А.В. Введение в магнитно-резонансную томографию: учебное пособие для бакалавров и магистров. / Казань, 2014. – 64с.
3. Что такое МРТ? [Электронный ресурс], URL: <https://mrt.od.ua/what-is-mri>

СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА. ОГЛЯД СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ

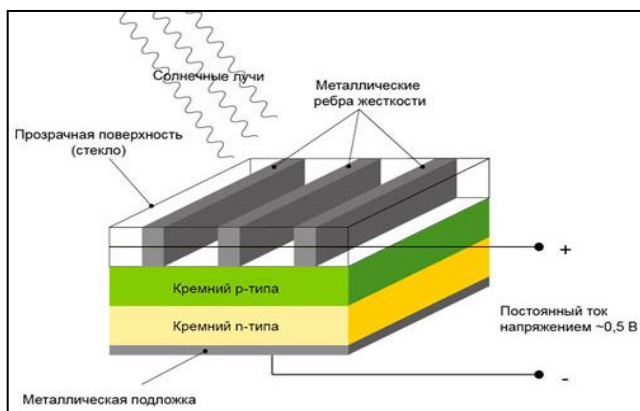
Ст. К.Г. Медова

Кер. Р.П. Орёл

Харківський національний університет радіоелектроніки

Сонячна енергетика екологічна та має майже невичерпний ресурс для виробництва електроенергії з використанням фотоелектричних систем – сонячних батарей. Сьогодні питання поновлення джерел енергії дуже актуальне. Нафта та вугілля вже не задовольняють потреби людини. Крім того, видобувне паливо не безмежне, та рано чи пізно закінчиться, і на той час потрібно мати альтернативи. Сонячна енергія швидко розвивається та в майбутньому зможе слугувати гарною альтернативою невідновлювальній енергетики.

Розглянемо нескладний принцип роботи сонячної батареї (див. рисунок). Коли промені падають на напівпровідник, то він нагрівається, не повністю поглинаючи енергію випромінювання. Потік енергії звільняє електрони всередині напівпровідника. При потраплянні сонячних променів на фотоелемент у ньому утворюються нерівномірні електронно-діркові пари. Надлишкові електрони і «дірки» частково переносяться через р-n-переходи з одного шару напівпровідника до іншого. Це призводить до появи електричного струму в зовнішніх ланцюгах. [1]



Оскільки найпопулярнішим матеріалом з якого виготовляються панелі є кремній, то звичайно ж існують різні типи сонячних батарей. Наприклад, монокристалічний кремній ефективність такого елемента становить від 16% до 19% в стандартних умовах тестування (пряме сонячне світло, +250). Полікристалічний кремній – до 15%, стрічковий кремній - ця технологія не змогла завоювати ринок, займаючи на ньому лише близько 2%.

Одне з найголовніших питань стосовно сонячних батарей – це підвищення ефективності або коефіцієнту корисної дії (ККД). На сьогоднішній день створюються нові способи збільшення ефективності та впроваджуються новітні технології, такі як покриття для захисту від бруду, у результаті – збільшення ефективності до 5%. Відбувся помітний прорив у сфері нічних сонячних батарей продуктивністю до 50 Вт/м², а також перетворення та отримання водню з сонячної енергії. Новітні кремнієві панелі під час лабораторних випробувань досягли максимальної ефективності до 27%, а ККД тандемних панелей, які можуть уловлювати світло різного спектру, і зовсім може доходити до 46%. [3]

Основні причини втрати енергії фотоелектричних перетворювачів (ФЕП):

1. проходженням частини випромінювання через ФЕП без поглинання в ньому;
2. розсіюванням на теплових коливаннях ґрат надлишкової енергії фотонів;
3. внутрішнім опором перетворювача.

Для зменшення всіх видів втрат енергії в ФЕП розробляються і успішно застосовується різні заходи. До їх числа відносяться:

1. використання напівпровідників з оптимальною для сонячного випромінювання шириною забороненої зони;
2. спрямоване поліпшення властивостей напівпровідникової структури шляхом її оптимального легування і створення вбудованих електричних полів;
3. оптимізація конструктивних параметрів ФЕП
4. застосування багатофункціональних оптичних покриттів, які забезпечують просвітлення, терморегулювання і захист ФЕП від космічної радіації.

Авжеж, у такому обладнанні існують свої недоліки, наприклад, важливим є кут падіння променів. Для певного району (наприклад,

морський регіон або ж луки) необхідно ставити панелі під певним кутом, щоб отримати максимальну ефективність. Однак, при будь-якому нахилі буде зайве нагрівання панелей. За рахунок використання інфрачервоного випромінювання вчені Університету Райса розробили масиви вирівняних одностінних вуглецевих нанотрубок для підвищення ККД сонячної системи. Принцип полягає в перетворенні всієї невикористаної теплової енергії у невелику область спектра, перетворивши в електрику. Це призводить до значного (до 80%) збільшення ККД батареї. [2]

Першою перевагою сонячних батарей можна зазначити те, що користувач, який встановив їх, стає повністю незалежним від постачальників електроенергії. Проблема несподіваного відключення світла зникне. Порівнюючи з автономними джерелами живлення, наприклад, з дизельними генераторами, явні відмінності в обсязі витрати палива, безшумності роботи і безпеки експлуатації сонячні батареї, звичайно ж мають перевагу. Досить важливою є ціна одержуваної електрики. Як всі ми знаємо, сонячна енергія безкоштовна, що робить затрати на електрику мінімальними. Витрати на покупку та встановлення панелей окупаються приблизно за 6-8 років. Також важливою перевагою, звичайно ж, є екологічність: використання сонячної енергії не завдає шкоди природі.

Із впевненістю можна сказати, що сонячна енергетика динамічно розвивається. Перспективи в її розвитку дивують. Щорічно створюються нові принципи перетворення і застосування всіх можливих шляхів збільшення ефективності сонячних батарей. Отже в XXI столітті сонячні електростанції з фотоелементами можуть стати звичним джерелом енергії. Та і в наші дні вже має сенс одержувати енергію від сонячних батарей в тих місцях, де інших джерел енергії немає.

1. Принцип роботи сонячних батарей [Електронний ресурс], URL: <https://altshop.in.ua/blog/printsip-raboty-solnechnyh-batarej>.

2. Rice device channels heat into light [Електронний ресурс], URL: <https://news.rice.edu/2019/07/12/rice-device-channels-heat-into-light>.

3. Перспективність використання сонячної енергетики [Електронний ресурс], URL: <https://www.unian.ua/ecology/alternativne-energiya/1112310-perspektivnist-vikoristannya-energiji-sontsya.html>

ВПЛИВ ШОРСТКОСТІ ПІДКЛАДКИ НА КОЕФІЦІЄНТ ЗЕЕБЕКА ТОНКИХ ПЛІВОК $\text{Bi}_2(\text{Te}_{0.7}\text{Se}_{0.3})_3$

Ст. С.О. Сасько

Кер.: Г.М. Дорошенко, О.І. Рогачова

Національний технічний університет «ХПІ»

Мініатюризація технологій стимулює дослідження по виявленню специфічних властивостей наночастинок та тонких плівок з метою з'ясування можливостей їх практичного використання. Це стосується і термоелектричних (ТЕ) матеріалів – твердих розчинів $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ – найкращих матеріалів для використання у ТЕ приладах різного типу в якості p - і n - гілок термоелементів [1]. Властивості надтонких плівок, окрім самої товщини d плівок, дуже чутливі до стану поверхні підкладки, а саме до її шорсткості.

Тому метою роботи було дослідження коефіцієнта Зеебека S плівок з товщинами $d \sim 22$ нм, виготовлених з полікристалу $\text{Bi}_2(\text{Te}_{0.7}\text{Se}_{0.3})_3$ і напилених на скляні підкладки різної товщини $d_{\text{П}}$ та шорсткості δ .

Плівки вирощувались термічним випаровуванням у вакуумі з одного джерела вихідних полікристалів на підкладку нагріту до температури 450 К, швидкість конденсації становила 0.1 – 0.3 нм/с [2]. У якості підкладок використовували покривне скло ($d_{\text{П}} = 0.15 \pm 0.01$ мм, $\delta \sim 5$ нм) та флоат-скло (термополіроване скло) двох товщин $d_{\text{П}} = (2.0 \text{ і } 4.0) \pm 0.05$ мм і шорсткістю $\delta < 2$ нм. Вимірювання S проведено компенсаційним методом відносно мідних електродів за кімнатної температури. Визначено, що для плівок на покривному склі величина $S = -42 \pm 2.5$ мкВ/К, а для плівок на флоат-склі $S = -41 \pm 1.0$ мкВ/К. Таким чином, в межах похибки експерименту величини S однакові для плівок $\text{Bi}_2(\text{Te}_{0.7}\text{Se}_{0.3})_3$, незалежно від шорсткості скла, однак на більш якісному склі, похибка вимірювання S менша.

1. Tritt T.M. (ed.) Semiconductors and Semimetals: Recent Trends in Thermoelectric Materials Research I, Vol. 69. – San Diego, Academic Press, 2001. – P. 101-137.

2. Rogacheva E.I. Transport properties of the bismuth telluride thin films with different stoichiometry in the temperature range 77-300 K / E.I. Rogacheva, K.V. Novak, A.N. Doroshenko, O.N. Nashchekina, A.V. Budnik // Funct. Mater. – 2020 – V. 27 – № 1 – P. 67-74

THE CALCULATION OF THE NATURAL FREQUENCIES OF TUBULAR MANOMETRIC SPRINGS

St. A.I. Dolhiy

Sup. O.S. Chubukin

Kharkiv National University of Radio Electronics

Wound tubular springs used to measure high pressures are the most common sensing element of thermal and manometric instruments in aviation. Manometric tubular springs often operate in vibration (oscillatory motion), which adversely affects the accuracy of measurements of such devices. An important characteristic of devices' vibration is the frequency of natural vibrations of tubular springs, so it is necessary to determine the effect of geometric dimensions on this parameter. Most of the designs of manometric springs with increased vibration resistance have a variable cross-section along the length of the tube.

In this study, we propose a method for calculating the natural vibration frequencies for springs that look like a curved rod with a variable cross-section, oscillating in the plane of curvature of the central axis. On the basis of this method, an algorithm and a computer program with which the calculations of natural oscillation frequencies are carried out.

According to the results of calculations, the graphs of natural oscillation frequencies against the geometric parameters of tubular springs (the bending radius of the tube, thickness of the tube wall, rotation angle and the ratio of semiaxes of the elliptical tube preform) were built. It was found that for springs with variable length cross-section, reducing the thickness of the tube wall from the fixed end to the free, as well as reducing the radius of the tube-workpiece from the fixed end to the free leads to an increase in the frequency of natural oscillations.

Comparison of the manometric springs of various designs showed that the highest natural frequency oscillation have the springs, cross sections of which vary from three-leaved (in fixing point) to plane-oval (at free end). The natural frequency of tubular springs of variable cross-section along the length is 15–30% higher than the natural frequencies of oscillations of springs of conventional structures.

ФІЗИЧНІ ПОЛЯ В МЕДИЦИНІ

Ст. А.В. Винник-Крупчан

Кер. С.М. Мешков

Харківський національний університет радіоелектроніки

Навколо будь-якого тіла існують різні фізичні поля, які визначаються процесами, що відбуваються всередині нього. Фізичне поле - міра розподілу сили в просторі за межами об'єкта, з якої він може впливати на інші об'єкти.

Безконтактна взаємодія живих істот пов'язана не стільки з безпосередньою дією сили, скільки з прийомом і передачею сигналів від однієї системи до іншої. Між живими організмами існує інформаційна взаємодія. Людина володіє високорозвиненою рецепцією у вигляді спеціалізованих органів (очі, вуха), так і розподіленою чутливістю шкіри, геморецепцією внутрішніх органів.

Організм людини реагує (бачить, чує, відчуває і ін.) на більш слабкі сигнали, ніж ті, які можна помітити і усвідомлено відчувати. Ця підводна частина інформаційного айсберга (неусвідомлюване і підпорогове сприйняття) може бути природною причиною, що пояснює екстрасенсорні феномени. Рішення завдання екстрасенсорики - дослідження можливої інформаційної взаємодії біооб'єктів через сигнали їх власних фізичних полів і випромінювань. Ключова проблема з точки зору фізики - це передача інформації за межі організму.

Інтерес представляють поля, величина і розподіл яких в просторі навколо людини можуть швидко змінюватися - модулюватися в процесі життєдіяльності й передавати «робочий стукіт» організму: біоелектричну активність серця, мозку, нервової системи, перерозподіл кровотоку, зміна метаболізму (біохімічної енергетики) в тканинах.

Будь-яке тіло при заданій температурі інтенсивності хаотичного руху складових його атомів і молекул, випромінює електромагнітні хвилі дуже широкого діапазону. Можна виділити основні 4 діапазони електромагнітного випромінювання і 3 діапазони акустичного випромінювання, які вивчаються на цей час (табл. 1).

У НВЧ і ІК діапазонах джерелом фізичних полів є теплове електромагнітне випромінювання. Інфрачервоне випромінювання є одним з основних механізмів відведення тепла в процесі терморегуляції тіла. За допомогою сучасних тепловізорів можна визначити «як себе почуває» людина по модуляції ІК-випромінювання на відкритих частинах його тіла: обличчя і кистей рук.

Таблиця 1.

Характеристики ЕМП, які створюються тілом людини.

Види фізичних полів	Позначення	Параметри, Гц, довжина хвилі	Діагностування порушень в організмі людини
Акустичні поля	НЧ	$0,01 - 10^3$	Сила м'язового скорочення серця, опір дих. шляхів, стан легких.
	КАЕ	10^3	
	УЗ	$>10^6$	
Електромагнітні поля	Е, В	$>10^3$	Дихання, биття серця, мікротрemor м'язів. Процеси роботи серця
	НВЧ	$10^9 - 10^{10}$ (3-60 см)	
	ІК	10^{14} (3-10 мкм)	Остеопороз, остеохондроз, варикоз вен.
	ОПТ	10^{15} (0,5 мкм)	Онкологія. Капілярне кровопостачання шкіри.

Довгохвильова компонента теплового випромінювання (з довжинами хвиль від мм до дм), радіотеплове випромінювання у багато разів слабкіше інфрачервоного за інтенсивністю, але виходить з більшої глибини - більше 1см. Таке випромінювання несе інформацію не тільки про динаміку кровотоку, але і про біоенергетику мозку, серця, внутрішніх органів, м'язів. На рис.1 показана тепла реакція на біль при уколі пальця руки.

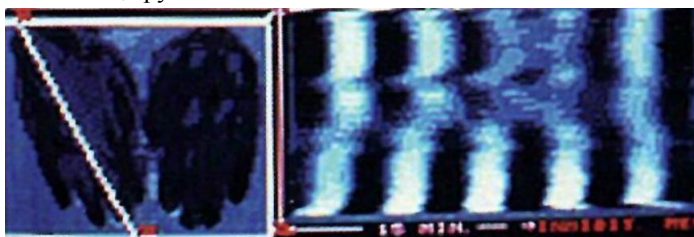


Рис.1 Тимчасова динаміка термохвиль на кистях рук при больовій реакції

Інформацію про стан організму несуть вже відомі та мало вивчені фізичні поля: теплові, електричні, магнітні. «Біополя» людини не існує, для нього немає місця в шкалі електромагнітних коливань.

Охорона здоров'я - першочергова потреба людини. Сучасні високотехнологічні методи діагностування дозволяють створити єдину системну модель організму як основу індивідуальної бази даних.

ВИПРОМІНЮВАННЯ ХОКІНГА

Ст. Г.С. Приходько

Кер. Т.М. Шелест

Національній технічній університет «ХПІ»

У 1974 році вийшла в світ стаття, в якій англійський фізик-теоретик Стівен Хокінг дав теоретичне обґрунтування випромінюванню частинок чорними дірами, яке згодом стали називати його ім'ям.

На початку 1970 року вчений прийшов до висновку про те, що площа чорної діри не зменшується, що нагадує поведінку однієї фізичної величини - ентропії, яка являється мірою безладу у системі. Зі свого повсякденного досвіду ми знаємо, що безлад завжди збільшується, якщо пустити все на самоплив. Безлад можна перетворити на порядок, але це зажадає витрати зусиль і енергії і, отже, зменшить кількість наявної «впорядкованої» енергії. Точне формулювання приведених міркувань називається другим законом термодинаміки. Після того, як було відкрито, що при падінні в чорну діру речовини площа горизонту подій збільшується, Джекоб Бікенстін, аспірант з Принстона, запропонував вважати мірою ентропії чорної діри площу горизонту подій.

У 1973 році у Москві радянські вчені переконали Хокінга в тому, що в силу квантово-механічного принципу невизначеності чорні діри, що обертаються, повинні народжувати і випромінювати частинки. Він погодився з фізичними аргументами, але йому не сподобався їх математичний спосіб розрахунку випромінювання. Тому він зайнявся розробкою кращого математичного підходу. Виконавши обчислення, вчений виявив що навіть необертальні чорні діри, повинні з постійною інтенсивністю народжувати і випромінювати частинки. А остаточно його переконало в існуванні випромінювання те, що спектр частинок, що випускаються, має бути таким же, як спектр випромінювання гарячого тіла, і що чорна діра повинна випромінювати частинки в з тією інтенсивністю, при якій виконувався б другий закон термодинаміки. З тих пір підтвердили, що чорна діра повинна випускати частинки і випромінювання, начебто вона була гарячим тілом, температура якого залежить тільки від маси чорної діри.

Позитивна енергія випромінювання, що випускається, повинна урівноважуватися потоком часток з негативною енергією, спрямованим в чорну діру. Енергія прямо пропорційна масі, а тому потік негативною енергії, що входить в чорну діру, зменшує її масу. Коли чорна діра втрачає масу, площа її горизонту подій зменшується, але це змен-

шення ентропії чорної діри з лишком відшкодовується ентропією випущеного випромінювання, так що другий закон термодинаміки ніколи не порушується. Крім того, чим менша маса чорної діри, тим вище її температура. Тому, коли чорна діра втрачає масу, її температура і швидкість випромінювання зростають, і, отже, втрата маси йде ще швидше. Врешті-решт чорна діра повністю випромінюється. Температура чорної діри з масою, рівною декільком масам Сонця, має бути рівна всього однією десятимільйонною градуса вище за абсолютний нуль. Отже, чорні діри повинні випромінювати навіть менше, ніж поглинати. Якщо Всесвіту судилося вічно розширюватися, то температура мікрохвильового випромінювання врешті-решт впаде нижче температури такої чорної діри і чорна діра почне втрачати масу. Але і тоді її температура буде настільки низькою, що вона повністю випарується лише через час, який значно перевищує вік всесвіту. Нам відомо про те, що могли існувати первинні чорні діри з набагато меншою масою. Такі чорні діри повинні мати набагато більш високу температуру і випускати випромінювання з набагато більшою інтенсивністю. Час життя первинної чорної діри з початковою масою тисяча мільйонів тон має приблизно дорівнювати віку Всесвіту. Первинні чорні діри з меншими початковими масами повинні були б вже повністю випаруватися, а ті, у яких початкові маси трохи більші, повинні продовжувати випускати рентгенівське і гамма-випромінювання. До подібних дір напевно чи підходить назва чорні: насправді вони розжарені до білого і випромінюють енергію з потужністю близько десяти тисяч мегават. Одна така чорна діра могла б забезпечити роботу десяти великих електростанцій, якби тільки ми уміли використати її енергію. А це досить важко: наша чорна діра мала б масу, рівну масі гори, стиснуту приблизно до однієї мільйон мільйонної сантиметра, тобто до розмірів атомного ядра. Використання енергії чорної діри виглядає не занадто реальним, принаймні в найближчому майбутньому.

Дослідження цього явища ведуться до сих пір. Так нещодавно вчені Ізраїльського технологічного інституту створили в лабораторних умовах звуковий аналог чорної діри, підтвердивши існування стійкого випромінювання Хокінга. «Чорна діра» складалася з 800 атомів рубідія і мала довжину близько 0,1 міліметра. Атоми рухалися швидше за швидкість звуку, тому звукові хвилі не могли покинути межі об'єкту. Зовні «горизонту подій» газ протікав повільно, тому звукові хвилі могли вільно переміщатися.

ПЕРСПЕКТИВНИЙ РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЇ МАГЛЕВ

Ст. К.С. Редькин

Кер. Р.П. Орел

Харківській національний університет радіоелектроніки

Ще з самого дитинства ми знаємо про базові властивості магнітів. Якщо піднести північний полюс постійного магніту до північного полюса іншого магніту вони будуть відштовхуватися. Якщо один з магнітів перевернути, з'єднавши різні полюси - притягатися. На цьому принципі базується технологія Маглев, які ковзають по повітрю над рейкою на незначній відстані.

Метод, при якому об'єкт підвішується без будь-якої підтримки, крім магнітних полів називається магнітна левітація або магнітна підвіска. Магнітна сила використовується для протидії впливу гравітаційного прискорення і будь-яких інших прискорень. Маглев або магнітна левітація, являє собою транспортну систему, яка призупиняє, направляє і приводить в рух транспортні засоби, переважно поїзда, з використанням магнітної левітації від дуже великої кількості магнітів для підйому і руху.

Існує три основні технології магнітного підвісу: 1. На надпровідних магнітах - електродинамічна підвіска (EDS), рис.1.а. Електродинамічна підвіска - це форма магнітної левітації, при якій є провідники, які піддаються впливу змінюються в часі магнітних полів. Це індукуює вихрові струми в провідниках, які створюють відразливе магнітне поле, яке розділяє два об'єкти; 2. На електромагнітах - електромагнітна підвіска (EMS), рис.1.б. Електромагнітна підвіска дозволяє левитувати, використовуючи електромагнітне поле зі змінною за часом силою. Система являє собою шлях, зроблений з провідників і систему електромагнітів, встановлених на транспорті; 3. На постійних магнітах, рис.1.в. Це нова і потенційно найбільш економічна система.

Рух здійснюється лінійними двигунами - електродвигунами, у якого один з елементів магнітної системи розімкнута і має розгорнуту обмотку, створює магнітне поле, а інший виконаний у вигляді направляючої, що забезпечує лінійне переміщення рухомої частини двигуна.

Перспектива досягнення ними високих швидкостей ϵ , найбільш привабливою стороною поїздів на магнітній подушці, яка дозволяє цього виду транспорту в майбутньому конкурувати навіть з реактив-

ними літаками. Плюсом є і низький шум маглева, що позитивно позначається на екологічній обстановці.

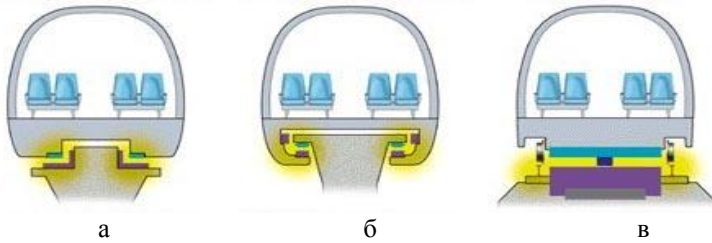


Рис. 1 - Технології магнітного підвісу

Однією з негативних сторін маглева є їх занадто висока ціна і, відповідно, тривалий період окупності. Також високі витрати на обслуговування колії. Крім того, для розглянутого виду транспорту потрібна складна система шляхів і надточні прилади, що контролюють відстань між полотном і магнітами.

Не дивлячись на відчутні на даному етапі мінуси розглянутої технології, перспективи її розвитку більш, ніж реальні і можливі в найближчому майбутньому. З плином часу ці технології, безсумнівно, будуть розвиватися, і з упевненістю можна сказати, що ми зможемо побачити нові чудеса інженерії в цій області техніки.

1. Поезда на магнитных подушках – это транспорт будущего? Как работает поезд на магнитной подушке? [Электронный ресурс], URL: <https://af.info-4all.ru/obrazovanie/biznes-i-finansi/poezda-na-magnitnih-podushkah-eto-transport-budushego-kak-rabotaet/>. (Дата звернення 23.03.2021)

2. Поезда на магнитной подушке – транспорт, способный изменить мир. [Электронный ресурс], URL: <https://itc.ua/articles/poezda-na-magnitnoy-podushke-transport-sposobnyiy-izmenit-mir/>(Дата звернення 23.03.2021)

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ



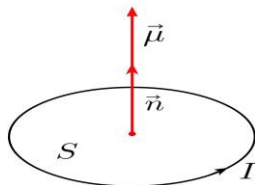
ЯДЕРНИЙ МАГНІТНИЙ РЕЗОНАНС (ЯМР)

Ст. В. Прокопенко

Кер. С.С. Авотін

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

Щоб зрозуміти, що таке ЯМР потрібно розібратися в тому, що таке магнетизм атомного ядра. Магнітні властивості плоского контуру зі струмом, вміщеним в магнітне поле визначаються магнітним моментом цього струму (рис. 1):



$$\vec{\mu} = IS\vec{n},$$

де I – сила струму, S – площа контуру, \vec{n} – вектор нормалі до контуру, побудований за правилом свердлика. Енергія контуру в магнітному полі з індукцією \vec{B} дорівнює добутку проекції магнітного моменту на напрямком магнітного поля (вісь Z).

Рис. 1.

Рис. 1.

$$W = -\mu_z B.$$

Для повороту контуру зі зміною проекції вектора $\vec{\mu}$ від $-\mu_z$ до μ_z треба виконати роботу:

$$A = 2\mu_z B.$$

Електрон, що рухається по орбіті навколо атомного ядра, можна розглядати як круговий струм. Наявність «орбітального магнітного моменту» у електрона проявляється в зміні його енергії при поміщенні атома в магнітне поле. Експерименти показали, що у електрона ще є приховане «внутрішнє обертання», яке назвали спіном. Інтенсивність «внутрішнього обертання» описується спіновим числом S , яке може бути цілим або напівцілим. Для електрона, протона, нейтрона $S=1/2$. «Внутрішнє обертання» призводить до появи у частинки **спинного магнітного моменту**. Його проекція на напрямком магнітного поля (вісь Z) приймає дискретні значення:

$$\mu_z = \gamma m_s \hbar,$$

де m_s приймає $(2S+1)$ значень від $-S$ до $+S$ ($-S, -S+1, -S+2, \dots, 0, 1, \dots, S-1, S$) а γ – гіромагнітний фактор
Гіромагнітний фактор для електрона $\gamma = -e/m_e$, для протона:

$$\gamma = 2,79 e/m_p.$$

У стаціонарних станах спіновий магнітний момент $\vec{\mu}$ розташований під деяким кутом до напрямку магнітного поля (осі Z) і обертається навколо нього (рис.2): $\mu_z = const$, а

проекції μ_x і μ_y швидко змінюються. Для електрона, протона, нейтрона m_s приймає всього 2 значення: $m_s = \pm 1/2$.

Видно, що магнітний момент протона (і інших атомних ядер) на три порядки ($m_p \square m_e$) менше, ніж магнітний момент електрона. Наявність у ядер порівняно маленьких магнітних

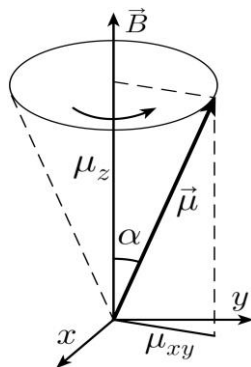


Рис. 2.

моментів і лежить в основі **ядерного магнітного резонанса** (ЯМР) та ЯМР-томографії.

Розглянемо ядро атома водню (протон) в зовнішньому магнітному полі. Протон може перебувати тільки в двох стаціонарних станах:

$$\mu_z = \pm 2,79 \frac{e\hbar}{2m_p}.$$

В першому стані енергія ядра в магнітному полі дорівнює $-\mu_z B$, в другому $+\mu_z B$. Для переходу з першого стану в другий потрібно надати енергію: $\Delta E = 2\mu_z B$.

Щоб змусити ядро змінити напрямок магнітного моменту на протилежне можна подіяти на нього електромагнітним випромінюванням з частотою ω , відповідної переходу між цими станами:

$$\hbar\omega = 2\mu_z B = 2 \frac{2,79e\hbar}{2m_p} B = \frac{2,79e\hbar}{m_p} B,$$

Для індукції магнітного поля $B = 1T$, частоті $\nu = \frac{\omega}{2\pi} \approx 4 \cdot 10^7$ Гц дов-

жина хвилі $\lambda = c/\nu \approx 7m$.

В експериментах по ЯМР зразок, що містить досліджувані ядра, поміщається на осі котушки, по якій протікає змінний струм радіочастоти.

Ось котушки, в свою чергу, спрямована перпендикулярно статичному магнітному полю B_0 (рис. 3). Змінне поле котушки B_1 приблизно в 10000 разів менше статичного і коливається з радіочастотою генератора. Якщо частота генератора близька до обчисленої частоти, то відбу-

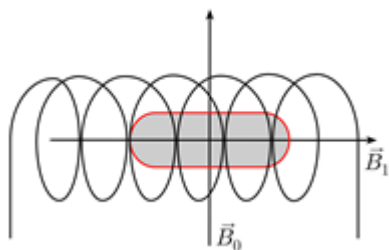


Рис. 3.

вається інтенсивне (резонансне) поглинання ядрами водню квантів енергії з поворотом ядер. Це явище і отримало назву **ядерного магнітного резонансу** (ЯМР).

Ядерний магнітний резонанс знайшов широке застосування в фізиці, біології, медицині, неруйнівному контролю та індустрії. За допомогою ЯМР можна

вивчати взаємодію між ядерними магнітними моментами, а також магнітну взаємодію ядер з електронними спінами і орбітальними магнітними моментами. Аналіз ЯМР-спектрів використовується для визначення структури і складу хімічних сполук. Відкриття ЯМР спричинило революцію в методах ідентифікації органічних сполук. Поряд з методом дифракції рентгенівських променів ЯМР використовують для встановлення структури біологічних макромолекул. Цей метод стає особливо важливим коли досліджувана речовина знаходиться в розчині і її не можливо кристалізувати. Побудована на базі ЯМР магнітно-резонансна томографія широко використовується в медицині для дослідження внутрішніх органів і біологічних тканин. За допомогою сучасної ЯМР техніки, що працює в магнітних полях розсіяння, проводяться підповерхневі дослідження. Це дає змогу контролювати процеси виготовлення бетону, сушіння деревини, перевіряти якість автомобільних шин. ЯМР також використовується для дослідження геологічних порід і пошуку нафти та природного газу.

Асламазов Л.Г., Варламов А.А. Удивительная физика. – М.: Добросвет, 2002. – 262 с.

РЕНТГЕНІВСЬКА КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ

Ст. В. Локтіонова

Кер. С.С. Авотін

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

Діагностика захворювань має велике значення в медицині X–променів. Відомо, що рентгенівські промені виникають при гальмуванні заряджених частинок (частіше електронів) в речовині. При гальмуванні електронів, прискорених наругою 40–50 кВ в металах виникає так званий суцільний спектр тормозного рентгенівського випромінювання, на фоні якого є окремі більш інтенсивні спектральні лінії характеристичного випромінювання. Характеристичний спектр використовується у наукових дослідженнях а в медичинських – суцільний.

Томографія – метод неруйнівного пошарового дослідження внутрішньої структури об'єкту за допомогою його багаторазового просвічування в різних пересічних напрямках.

Рентгенівська комп'ютерна томографія (КТ) – томографічний метод дослідження внутрішніх органів людини з використанням рентгенівського випромінювання і реалізуються за допомогою комп'ютерної техніки.

Метод був запропонований у 1972 р. Годфрі Хаунсфілдом і Алланом Кормаком, удостоєними за цю розробку Нобелівської премії. Метод заснований на вимірі і складній комп'ютерній обробці різниці ослаблення рентгенівського випромінювання різними за щільністю тканинами. Перша томограма головного мозку людини була отримана в 1972р.

Перевагами КТ у порівнянні з традиційною рентгенографією стали: відсутність тінєвих накладень на зображення; більш висока точність вимірювання геометричних співвідношень; чутливість на порядок вище, ніж при звичайній рентгенографії.

В цілому можна виділяти 5 поколінь КТ-сканерів. У томографах 1 покоління, що з'явилися в 1973 році, була одна гостро направлена рентгенівська трубка і один детектор, які синхронно пересувалися уздовж рами. Виміри проводилися в 160 положеннях трубки, потім рама поверталася на кут 1 і вимірювання повторювалися і займали 2,5 години.

Томографи 2 покоління мали вже кілька детекторів, що працюють одночасно, а трубка випромінювала вже віяловий пучок. Він так

само використовував паралельне сканування, як і томограф першого покоління, але кут повороту трубки збільшився до 30° . Загальний час вимірювання становила 20 секунд.

У томографах 3 покоління (серед 70-х років) трубка випромінювала широкий пучок випромінювання спрямований на безліч детекторів (близько 700), розташованих по дузі. Удосконалена конструкція уможливила безперервне обертання трубки і детекторів на 360 за годинникову стрілку. Для отримання одного зображення потрібно до 10 секунд. У томографах 4 покоління було суцільне нерухоме кільце детекторів (1088 люмінесцентних датчиків) і рентгенівська трубка, що обертається навколо пацієнта в середині кільця. Час сканування для кожної проекції скоротилося до 0,7 секунд, а якість зображення покращився.

Спочатку 1980-х з'явилися електронно-променеві томографи 5 покоління. Такі томографи використовуються при дослідженнях серця, тому що дозволяють отримувати зображення за 33 мс зі швидкістю 30 кадрів / с, а число зрізів не обмежена теплоємністю трубки.

Конфігурація комп'ютерного томографа. До складу будь-якого КТ-сканера входять наступні основні блоки: стол пацієнта з блоками управління; високовольтний генератор; обчислювальна система; консоль оператора.

Комп'ютерна обробка зображення дозволяє розрізнити більш ста ступенів зміни щільності досліджуваних тканин – від нуля для води до ста і більше – для кісток, що дає можливість диференціювати відмінності нормальних і патологічних ділянок тканин в межах 0,5-1% тобто в 20–30 разів більше, ніж на звичайних рентгенограмах. Кімнату сканування оточує клітина Фарадея – електрично провідний екран (мідна сітка або листи алюмінію), що зменшує вплив зовнішніх радіохвиль на роботу МР-томографа і запобігає вихід РЧ хвиль за межі процедурної кімнати.

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) – це метод відображення, заснований на явищі ядерно-магнітного резонансу (ЯМР) і який використовується переважно для медичних досліджень. Її перевага перед КТ полягає в більш високій роздільній здатності, більшій контрастності зображень, можливості отримання зрізів в різних площях і відсутності гамма-променевого впливу на пацієнта.

ЗАСТОСУВАННЯ ЯВИЩА МАГНІТНОЇ ЛЕВІТАЦІЇ В ВАГОВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Уч. А.С. Плухатіна¹

Кер. В.Д. Лавров²

¹Харківська спеціалізована школа №166 «Вертикаль»

²Комунальний заклад «Харківська обласна МАН»

Існуючі ваговимірювальні технології не завжди дозволяють забезпечити ефективне виконання вимірювання ваги за певних умов, зокрема при вимірюванні ваги, що змінюється під дією постійного навантаження протягом значного періоду часу. Прикладом цього може бути система безперервного дистанційного моніторингу ваги бджолиних вуликів пасіки в період медозбору, який необхідний для визначення ефективності функціонування пасіки та стану бджолиних сімей.

Для, найбільш вживаних на цей час, тензOMETричних датчиків характерним є явище «повзучості» [3] – зміна показань під постійним навантаженням з плином часу, яка може сягати 1%-1,5% за 6 годин. Застосування в таких умовах п'єзоелектричних датчиків є неприйнятним в зв'язку з тим, що вони взагалі не реагують на плавну зміну навантаження.

Одним з ефективних шляхів вирішення цієї проблеми може стати використання в ваговимірювальних технологіях явища магнітної левітації- технології (або методу) підйому об'єкта за допомогою одного тільки магнітного поля. Магнітний тиск, у даному випадку, використовується для компенсації дії сили тяжіння, відіграючи роль сили реакції опори за аналогією з будь-яким приладом вимірювання ваги тіла.

В зв'язку з тим, що, згідно теореми Іршоу, використовуючи тільки феромагнетики неможливо стало утримувати об'єкт в гравітаційному полі, в ваговимірювальних технологіях доцільно використання так званої «псевдолевітації» з застосуванням магнітних пружин [4], утворених двома постійними неодимовими магнітами з аксіальною намагніченістю, розташованими вертикально, спрямованими один до одного однойменними полюсами та обладнаних датчиками Холла, за допомогою яких здійснюється реєстрація зміни магнітної індукції в міжмагнітному просторі, яка відбувається через зміну відстані між магнітами під дією ваги тіла, що вимірюється. Технічними характеристиками аналогового датчика Холла SS49E встановлена лінійна залежність напруги на виводах датчика від індукції, діючого на нього магнітного поля [5]. Така ж залежність встановлена і між індукцією магнітного поля, утвореного двома постійними магнітами та силою їх взає-

модії (у даному випадку – відштовхування) [6]. Таким чином, перерахунок показань датчика Холла у вагу можна здійснити за допомогою простих арифметичних дій з застосуванням відповідного коефіцієнта, підмікнувши датчик Холла до мікроконтролера.

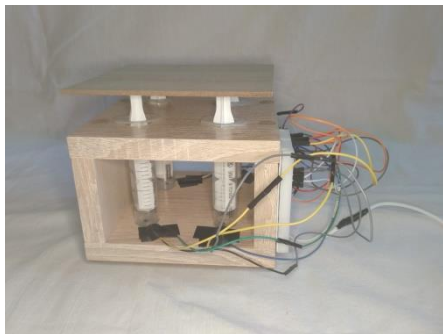


Рис.1. Макет левітаційних ваг.

Теоретичні висновки отримали своє підтвердження експериментальними дослідженнями, які були виконані на макеті левітаційних ваг (рис.1), з чотирма вертикальними циліндричними магнітними пружинами обладнаними датчиками Холла SS49E . Обробка інформації з датчиків здійснювалась за допомогою плати Arduino UNO на базі мікроконтролера Atmega 328, програмне

забезпечення виконано в середовищі Arduino IDE, візуалізація результатів здійснювалась в моніторі порту в цьому середовищі на екрані комп'ютера.

Успішна перевірка прийнятих технічних рішень дозволяє зробити висновок про можливість застосування явища магнітної левітації у ваговимірювальних технологіях.

1. Попова Т.М. Використання відомостей з історії вимірювання маси і ваги на уроках фізики. Вісник НУ "Чернігівський колегіум" ім. Т.Г. Шевченка. Вісник №1. Серія «Педагогічні науки». Формування предметних компетентностей в учнів середньої школи. – 2017 –стор.172-177.

2. Кемени Т. Новейшие достижения в весостроении // Измерение, контроль, автоматизация. - 2001. - №5. - С. 28-35.

3. Кім К.К., Анісімов Г.Н. Электрические измерения неэлектрических величин. - М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте»-2014.-134 с.

4. Цивилицин В. Ю., Мильман Ю. В., Гончарук В. А. и др. Магнитная пружина из двух постоянных магнитов // Доп. НАН України. – 2011. – No 1. – С. 81–8

5. The SS39ET/SS49E/SS59ET Series Low-cost Linear Hall-effect sensors. // URL: <https://static.chipdip.ru/lib/165/DOC001165559.pdf> (дата звернення 04.06.2020).

6. Слободянюк, А.И. Физика 10 /13.6. Взаимодействие магнетиков с постоянным магнитным полем / А.И. Слободянюк. // URL: <http://physbook.ru/index.php> (дата звернення 04.06.2020).

7. Уразаев В. Техническая левитация: обзор методов // Технологии в электронной промышленности,-2007- №6 – С.11-26

ЕЛЕКТРОНІКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ

Уч. Є.Л. Іванова

Кер. А.С. Голюк

КЗ «Малобілозерська спеціалізована естетична школа-інтернат II-III ступенів «Дивосвіт» Запорізької обласної ради

Внесок фізики в медицину численний і різноманітний. В області діагностики це рентген, ядерна медицина, клінічне ПЕТ-сканування, магнітно-резонансна спектроскопія, ультразвукове лікування і т. д. В області лікування — променева терапія, хірургічна техніка і технології, фізичні процедури і багато іншого. Нові технології дозволяють краще зрозуміти молекулярні механізми і дозволяють лікувати пов'язані з ними хвороби. Ми зараз стоїмо на порозі нової революції, пов'язаної з успіхами в області генної медицини. Досягнення сучасної медицини, особливо в галузі високих технологій діагностики та лікування, були засновані на результатах різних фізичних досліджень. Про це розповів Директор інституту фізики високих енергій і ядерної фізики ННЦ «ХФТІ», член-кор. НАНУ Довбня. «На сьогодні медицина має багато досягнень. Як відомо, з давніх часів зв'язок між медициною і фізикою був тісним. Фізикам належить провідна роль не лише тому, що вони застосовують найновіші високотехнологічні розробки, а й тому, що вони беруть активну участь у наукових дослідженнях. Фізика сьогодні дуже активно розвивається», — наголосив він. Фізика в медицині, як і в будь-якій іншій науці, грає важливу роль. Ми розглянемо безліч прикладів того, як ця наука впливає на здоров'я та життя людей. Відразу ж домовимось, що вдаватися в складні науково-технічні подробиці не будемо, щоб не вводити нікого в оману. Приступимо до розгляду прикладів. Які у вас температура, пульс і тиск Медицина не обходиться без трьох важливих параметрів, які є основою для оцінки здоров'я людини: температура, тиск, а нерідко ще й пульс. Як відомо, температуру вимірюють термометром (в народі називають «градусником»). Нормою для людини є $T = 366^{\circ}\text{C}$. Безсумнівно, припустимо, наприклад, 363°C і 368°C . Але якщо температура тіла вище 369°C , то можна сміливо говорити, що людина хвора. Метод діагностики по пульсу виник за багато віків до нашої ери. Серед літературних джерел, що дійшли до нас, самими древніми є твори древнекитайського походження. Але не всі, наприклад, Жан-Луї Пуазейль вивчав силу серця як насоса та проявляв закони руху крові в капілярах та венах.

Еходоплерографія - методика дослідження швидкості кровотоку та утворення рухомих структур організму заснована на застосуванні

ефекту Доплера. Спочатку датчик є джерелом хвиль частотою ν , а еритроцит - приймачем. Внаслідок руху еритроцит сприйме хвилю частотою ν' . Еритроцит відбиває УЗ-хвилю, що порапила на нього частотою ν , але датчик, до якого повернеться ехосигнал, внаслідок рухливості еритроциту сприйме його частотою ν'' . Діагностичною ознакою є різниця $\Delta\nu = \nu - \nu''$, яка називається доплерівським зсувом частоти. Ця різниця залежить від швидкості руху еритроцитів, і швидкості кровотоку в цілому.

Гідродинаміка. Гідродинаміка - розділ фізики який дуже тісно пов'язаний з медициною, на основі законів механіки вивчають рух рідин. Вона вивчає рух крові в кровоносній системі. Опис потоку рідини. Лінії, вздовж яких переміщуються частинки рідини, називаються лініями току. Рівняння нерозривності Рух нестисливої рідини через трубку змінного перерізу. Якщо певний об'єм рідини надходить в один кінець трубки, то рівний йому об'єм повинен вийти через інший кінець трубки. Якщо об'ємна швидкість рідини, яка надходить через один кінець трубки, становить Q_1 , то об'ємна швидкість рідини, яка витікає з іншого кінця трубки, буде Q_2 , і вона буде дорівнює Q_1 . Цей принцип називається рівнянням нерозривності.

Об'ємна швидкість рідини дорівнює добутку лінійної швидкості рідини v (м/с) на площу поперечного перерізу трубки S :
 $Q = v * S$ (2)

Для трубки зі змінним поперечним перерізом (S_1, S_2 і т.д.) маємо іншу форму рівняння нерозривності:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = \dots = v_n S_n$$
 (3).

Ми зараз стоїмо на порозі нової революції, пов'язаної з успіхами в області медицини. Як і раніше, фундаментальні дослідження фізики можуть дати непередбачувані результати та можливості, щодо яких сучасна медицина навіть не здогадується. Мета моєї роботи полягає в тому, щоб показати, наскільки важливу роль грає фізика в розвитку медицини. Я не випадково обрала саме цю тему, тому що, зараз біофізика зробила дуже великий стрибок, та розвивається кожної хвилини. Я давно хотіла дізнатися, та усвідомити, наскільки фізика допомогла в минулому, допомагає на даний момент та буде допомагати, вилікувати безліч людських недугів!!!

1. Смолова А. А. Значення фізики в медицині / А. А. Тези доповіді: Смолова, І. В. Щербакова // Електронний ресурс: Студентська наука ХХІ століття: матеріали ХІІ Міжнар. студентч. наук.-практ. конф. (Чебоксари 25 Січня. 2017 г.) / - Чебоксари: ЦНС «Інтерактив плюс», 2017. - № 1 (12). - С. 55-57.

2. Аманова Е. Що може томографія / Е. Аманова // АиФ. Здоров'я. -№ 15. - 2009. Курс лекцій :Руслана Літнарівича.

ОПТИЧНИЙ ПІНЦЕТ

Ст. Є.Р. Франчук

Кер. І.В. Галушак

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Нобелівську премію у 2018 р. з фізики отримали Артур Ашкін, Жерар Мору і Донна Стрікланд – за свої відкриття, які здійснили революцію в лазерній фізиці.

Через неможливість переміщувати звичайним пінцетом об'єкти мікронних розмірів Артур Ашкін розробив пристрій, що за допомогою лазерного пучка переміщує мікронні об'єкти, зберігаючи їх внутрішню структуру. Оптичний пінцет – це сфокусоване лазерне випромінювання з дуже маленькою потужністю, довжина хвилі якого підбирається так, щоб випромінювання не поглиналось.

Принцип дії оптичного пінцету: помістивши біооб'єкт у сфокусований пучок, представлений двома променями – лівим і правим. Після проходження крізь частинку ці промені заломлюються, кожен із них піде за своїм напрямком. Так як змінився напрям поширення обох променів, то за законом збереження імпульсу виникає сила, що діє в ту ж сторону, що і зміна напрямку.

Істотно впливає на цю силу й розміщення самої частинки (рис. 1). Якщо частинка знаходиться в центрі пучка, то рівнодійна цих двох сил дорівнює нулю, ніякої дії на частинку не надається. Якщо ж змістити лазер так, що частинка опиниться поза осі лазерного променя, то виникне сила, яка змістить частинку в напрямку осі лазерного променя. Переміщуючи лазерний промінь, можна змусити частинку слідувати за ним.

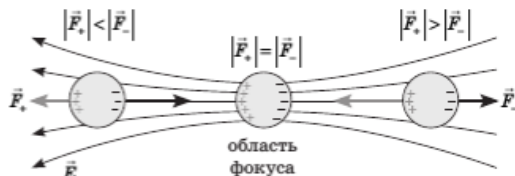


Рис. 1 — Принцип роботи оптичного пінцету в залежності від розміщення біологічної частинки

Оптичний пінцет може переміщувати діелектричні частинки розміром менше за довжину хвилі випромінювання. Цей процес пояснюється теорією електромагнетизму: діелектричні частинки поляризуються в негомогенному електричному полі променя і зміщуються до його осі, де напруженість поля максимальна.

Оптичні пінцети використовують один або кілька лазерів і акустооптичні перетворювачі, що дозволяють створювати стаціонарні і рухливі пастки і працювати з декількома об'єктами відразу.

Елементи оптичного пінцету – система формування лазерних пасток і система сканування, необхідна для керування їхнім просторовим положенням.

Своє практичне застосування оптичний пінцет уже зараз може знайти в фармації, біотехнології та медицині: для лікування складних хвороб, подолання проблеми пошкодження клітин під час інженерії в клітинній терапії, створення сучасних фармацевтичних препаратів на основі не тільки клітин, а й біомолекул, швидкого вирощування тканин і органів для трансплантації.

1. BBC SCIENCE UA. 2008. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-45723634> (дата звернення: 18.02.21).

2. Пінцет для молекул. URL: <https://hifelifehacks.com/201837588> (дата звернення: 19.02.21).

3. Студентський науковий форум 2021. URL: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018025729> (дата звернення: 19.02.21).

4. Дослідження Вандербільтського університету. 2021. URL: <https://research.vanderbilt.edu> (дата звернення: 20.02.21).

5. Комбінація оптичного пінцета з рентгенівським випромінюванням. 2019. URL: <https://phys.org/news/2019-03-optical-tweezers-combine-x-rays-enable> (дата звернення: 19.02.21).

6. Оптичний пінцет. 2010. URL: <http://www.npblog.com.ua/index.php/fizika/optichnij-pintset.html> (дата звернення: 18.02.21).

7. Нові технології для оптичного пінцета. URL: <https://ntcup.ru/nashi-dostizheniya/stc-ii-gas-researchers/> (дата звернення: 19.02.21).

8. Наукові рішення про оптичні пінцети. 2019. URL: https://in-science.ru/library/article_post/opticheskiye-pintsety (дата звернення: 20.02.21).

РАДІАЦІЯ

Ст. Д. Потупіс

Кер. Т.М. Шелест

Національний технічний університет «ХПІ»

Іонізуючі випромінювання існували на Землі ще задовго до появи на ній людини. Проте вплив іонізуючих випромінювань на організм людини був виявлений лише наприкінці XIX ст. з відкриттям французького вченого А. Беккереля, а потім дослідженнями П'єра і Марії Кюрі явища радіоактивності.

Радіація — виділення елементарних частинок чи електромагнітної енергії атомними ядрами під час їх поділу. Нині широко використовують термін іонізуюче випромінювання, під яким розуміють промені різних типів і походження, які в результаті проходження крізь речовину, іонізують атоми і молекули.

Вивчення явища радіоактивності є важливим оскільки, стосується, перш за все, здоров'я і життя мільйонів людей, як нашої держави, так і людей по всьому світу. Першим етапом є відкриття в 1895 році рентгенівських променів. Ці промені були названі в честь німецького фізика Вільгельма Рентгена. У 1896 році французький вчений Анрі Беккерель випадково встановив, що після тривалого контакту зі шматком мінералу, що містить уран, на фотографічних пластинках після проявлення з'явилися сліди випромінювання. Пізніше цим явищем зацікавилися Марія Кюрі (автор терміна «радіоактивність») і її чоловік П'єр Кюрі. У 1898 році вони відкрили, що в результаті випромінювання уран перетворюється в інші елементи, які молоді вчені назвали полонієм і радієм. На жаль, люди, що професійно займалися радіацією, піддавали своє здоров'я, і навіть життя, небезпеці через частий контакт із радіоактивними речовинами. Незважаючи на це, дослідження продовжувалися, і в результаті людство має у своєму розпорядженні дуже достовірні відомості про процес протікання реакцій у радіоактивних масах, значною мірою обумовлених особливостями будови і властивостями атома.

Ці важливі відкриття були пусковим механізмом у вивченні ядерної фізики, але, як і кожен механізм, він мав свої недоліки. Беккерель один із перших зіткнувся з побічною властивістю радіоактивного випромінювання: йдеться про його вплив на тканини живого організму. Беккерель поклав пробірку з радієм в кишеню і отримав в результаті опік шкіри. Марія Кюрі померла, напевно, від одного із злоякісних захворювань крові, оскільки занадто часто піддавалася впливу радіоа-

ктивного випромінювання. Принаймні 336 чоловік, що працювали з радіоактивними матеріалами в той час, померли внаслідок опромінення.

Поняття «іонізуюче випромінювання» об'єднує різноманітні види, різні за своєю природою, випромінювання. Подібність їх полягає в тому, що усі вони відрізняються високою енергією, мають властивість іонізувати і руйнувати біологічні об'єкти. Іонізуюче випромінювання — це будь-яке випромінювання, взаємодія якого із середовищем призводить до утворення електричних зарядів різних знаків. Розрізняють корпускулярне і фотонне іонізуюче випромінювання.

Корпускулярне — потік елементарних частинок із масою спокою, відмінною від нуля, що утворюються при радіоактивному розпаді, ядерних перетвореннях, або генеруються на прискорювачах. Це α і β частки, нейтрони, протони та ін. Фотонне — потік електромагнітних коливань, що поширюється у вакуумі з постійною швидкістю 300 000 км/с. Це γ - випромінювання і рентгенівське випромінювання.

α -випромінювання – іонізуюче випромінювання, яке являє собою потік відносно важких частинок (ядер гелію, що складаються з двох протонів і двох нейтронів), що випускаються при ядерних перетвореннях. Цей вид випромінювання, маючи малу довжину пробігу частинок, характеризується слабкою проникаючою здатністю, затримуючись навіть листком паперу.

β -випромінювання — потік електронів або позитронів, що виникає при бета-розпаді ядер. Напрямок руху бета-частинок змінюється магнітними і електричними полями, що свідчить про наявність у них електричного заряду. Вони легко затримуються тонким листом металу. Відомо більш ніж 1500 ядер, що випромінюють β -частинки при розпаді.

γ -променями називають фотони високої енергії, що утворюються при радіоактивному розпаді. Поширюючись зі швидкістю світла, γ -промені мають високу проникаючу здатність, значно більшу, ніж α - і β -частинки. Їх може затримати лише товста свинцева або бетонна плита.

Незважаючи на різне походження випромінювань, природа їх однакова, і тому рентгенівське і γ -випромінювання називають фотонним випромінюванням. Під дією фотонного випромінювання відбувається опромінення всього організму. Воно є основним фактором ураження при впливі на організм випромінювання від зовнішніх джерел.

МОЛЕКУЛЯРНА ЕЛЕКТРОНІКА

Ст. О.М. Недошитко

Кер. Л.М. Недошитко

ВСП "Тернопільський фаховий коледж ТНТУ імені Івана Пулюя"

МОЛЕКУЛЯРНА ЕЛЕКТРОНІКА, електроніка, яка вивчає принципи дії, синтезу та застосування окремих молекул та їх ансамблів як функціональних елементів електроніки з метою створення нової елементарної бази - молекулярних електронних пристроїв. М. Е. ділиться на дві окремі, але супутні області: наномолекулярну електроніку, метою якої є досягнення мінімально допустимого розміру електронних пристроїв (транзисторів, елементів пам'яті і т.д.), порівнянних з розміром одиночних молекул, і макромолекулярної електроніки, орієнтованої на створення електронних схем, сонячних елементів, фотоелементи, хімічних датчиків..., на основі молекулярних структур.

Розробка молекулярного підходу в мікроелектроніці вимагає вирішення ряду задач в трьох системах. Напрямки: Синтез нових молекул, здатних зберігати, передавати або трансформувати інформацію; розробка методів організації молекул в надмолекулярних ансамблях і молекулярних електронних пристроях; розвиток фізики. На даний момент, як і в найближчому майбутньому, передчасно говорити про створення молекулярних електронних пристроїв, заснованих на функціонуванні окремих молекул, але реально говорити про використання молекулярних систем, в яких внутрішньо молекулярні ефекти мають макроскопічні ефекти.

Незважаючи на великі зусилля з розробки нанометрового діапазону М.Е. практичні результати далекі від втілених. Більш успішно макромолекулярна електроніка розвивається в комерційному напрямку. Прикладом є молекулярні світлодіоди з ККД більше 20%, які широко використовуються в мобільних телефонах, цифрових камерах; виробництва дисплеїв і телевізорів. Почали виготовляти полімерні сонячні панелі з ККД більше 3%, що, з огляду на низьку вартість сировини і виробництва, робить її дуже прибутковою. Молекулярні технології також широко використовуються при створенні хімічних датчиків.

Успішно розвиваються електронні схеми на основі полімерних матеріалів; робоча частота таких схем перевищує 10 МГц. Їх виготов-

ляють за допомогою спеціальних струменевих принтерів, які використовують рішення де замість чорнила використовують полімери, які функціонують як діелектрик або напівпровідник або провідник. При виробництві радіочастотних ідентифікаційних пристроїв використовуються полімерні електронні схеми, наприклад, пристрої, що дозволяють здалеку зчитувати дані про об'єкт безконтактним методом. Такі прилади використовуються при виготовленні радіочастотних штрих-кодів на товарах, при друку банкнот, авіа та ж-д квитків і т.д.

Подальші перспективи розвитку електроніки зв'язуються з створенням пристроїв, що використовують квантові явища, в яких рахунок вже йде на одиниці електронів. Останнім часом широко ведуться теоретичні та експериментальні дослідження штучно створюваних низько розмірних структур; квантових шарів, дротів і точок. Очікується, що специфічні квантові явища, що спостерігаються в цих системах, можуть лягти в основу створення принципово нового типу електронних приладів.

Перехід на квантовий рівень, без сумніву, є новим, важливим етапом у розвитку електроніки, тому що дозволяє перейти на роботу практично з одиничними електронами і створити елементи пам'яті, в яких один електрон може відповідати одному біту інформації. Однак створення штучних квантових структур представляє складну технологічну задачу.

Молекулярна електроніка є перспективою кремнієвому тех. процесу оскільки вона тільки почала розвиватися а мікросхеми на основі кремнію набувають пікових можливостей і скоро перестануть прогресувати в потужності.

1. Енциклопедія сучасної України URL:http://esu.com.ua/search_articles.php?id=69311 (дата звернення 15.03.2021)
2. Українські реферати https://refs.co.ua/65538Molekulyarnaya_elektronika_elektronika_21_veka.html (дата звернення 15.03.2021)

ВИКОРИСТАННЯ ГОЛОСОВИХ АСИСТЕНТІВ

Ст. А.А. Недошитко

Кер. Л.М. Недошитко

Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

Однією з природних форм взаємодії для людини є мова. Тому даний спосіб комунікації широко використовується в голосових інтерфейсах управління - засобах «спілкування» людини з електронними інформаційними системами.

Ринок мовних технологій стрімко розвивається, втім, створення голосових інтерфейсів є досить складним і комплексним завданням, що вимагає від розробника знань в різних предметних областях, таких як комп'ютерні науки, лінгвістика та психологія поведінки людини.

Переваги голосового інтерфейсу: оперативність і природність, мінімум спеціальної підготовки користувача, можливість управління об'єктом в темряві, за межами його візуальної видимості, можливість використання одночасно ручного (за допомогою клавіатури) і голосового введення інформації, забезпечення мобільності оператора при управлінні.

Сьогодні на ринку голосових помічників велика конкуренція: Siri, Cortana, Alexa, Google Assistant, Аліса, Віксі та інші щодня змагаються за те, аби почути ваш голос. Розглянемо декілька з них.

Асистент Дуся - це справжній віртуальний асистент для пристроїв на базі операційної системи Android. По суті, функціонал даного асистента повторює такий у Siri і Google Now, але має одну дуже важливу відмінність - підтримку російської мови. З кожною новою версією асистента движок розпізнавання голосу вдосконалюється і калібрується.

Але поговоримо про те, що саме вміє програма. Наприклад, вона допоможе вам поставити будильник або створити нагадування в календарі, не копаючись в налаштуваннях. Досить включити програму і вимовити: "Дуся, постав будильник на восьму годину ранку". Для того, щоб переконатися в правильному розпізнаванні, програма продублює вашу команду на екрані і виконає її. Якщо додаток не зрозуміє, то видасть відповідне повідомлення. За допомогою "Дусі" також можна здійснювати налаштування системи, писати повідомлення, відкрити

вати веб-сторінки і так далі. До речі, активувати асистент можна не тільки через інтерфейс. Додаток може включатися при струшуванні пристрою або при піднесенні до вуха. Для полегшення використання програми вона включає в себе продуману систему спливаючих підказок про доступні команди. В останніх версіях програми, розробники додали в нього підтримку Bluetooth-гарнітур. Цю функцію необхідно включити в налаштуваннях.

Асистент Олеся. Ще одним прикладом використання голосових асистентів є система, яка була розроблена в ВСП "Тернопільський фаховий коледж ТНТУ ім.І.Пулноя"- «Олеся», яка призначена для управління пристроями на базі мікроконтролерів по каналу Bluetooth. Дана розробка розпізнає голосові команди українською мовою. Ця функція здійснюється за допомогою ключових слів в голосовому повідомленні. Наприклад, « Олеся , включи вентилятор». Систему можна розширити шляхом задання ключів та відповідних кодів команд управління.

З асистентом "Олеся" можна не лише поспілкуватися, а навіть зіграти в гру та переконатися, що вона коректно розпізнає голосові команди та керує віддаленими пристроями

Створити голосові асистенти подібного функціоналу можна використовуючи Google API для синтезу та розпізнавання мови, які вбудовані в більшість програм для розробки мобільних додатків.

1. Електронний ресурс: Голосові асистенти. Що вони вміють і чим відрізняються один від одного URL: <https://aiconference.com.ua/uk/news/golosovie-assistenti-cto-oni-umeyut-i-chem-otlichayutsya-drug-ot-druga-97306> (дата звернення 16.03.2021).

2. Електронний ресурс: Голосовий асистент Олеся URL: <https://skit.lab-101.org.ua/4page.html#Olesia> (дата звернення 16.03.2021).



ДО ПИТАННЯ ПОБУДОВИ ПОЛІФОНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ АКУСТИЧНИХ КОЛИВАНЬ НА ЕЛЕКТРИЧНІ СИГНАЛИ ДЛЯ СТРУННО-СМИЧКОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Ст. Є.Ю. Мельник¹

Кер. Д.С. Сидоренко²

¹Харківський національний університет радіоелектроніки,

²Компанія "Auscaler Pickups"

Практична реалізація поліфонічних оптоелектронних перетворювачів акустичних коливань на електричний сигнал (звукознімачів) для струнно-смичкових інструментів є доволі складним завданням. На даний час лише одна компанія в світі – Willcox Guitars – серійно випускає струнні музичні інструменти з використанням такої технології (рис.1).



Рис. 1 – Зовнішній вигляд системи оптичних звукознімачів

Проте, їхня запатентована конструкція має, на наш погляд, ряд суттєвих недоліків:

- неможливість самостійного встановлення безпосередньо самим виконавцем, оскільки система є вимогливою до налаштувань (кут та місце встановлення);
- система отримала практичну реалізацію лише для електрогітари та бас-гітари (для інших струнних інструментів вона не придатна);
- необхідність жорсткої фіксації до корпусу інструменту, відсутність можливості швидко перевстановити систему на інший інструмент (такий підхід є вкрай важливим для музикантів, особливо контрабасистів, що активно гастролують).

Спробуємо сформулювати вимоги, що висувалися нами при розробці поліфонічної системи оптичних звукознімачів:

- 1) легкість встановлення та демонтажу;
- 2) невелика вага та розмір;
- 3) можливість регулювання підсилення, гучності та АЧХ для кожної струни;
- 4) відсутність впливу світла видимого діапазону на роботу системи;
- 5) можливість роботи системи від батареї чи акумулятора напругою 9В.

Основою нашої першої конструкції став щілинний оптрон, що працює в інфрачервоному спектрі випромінювання.

Щілинний оптрон складається з інфрачервоного світлодіоду (940 нм) та фототранзистору, чутливого до довжини хвилі, що випромінюється світлодіодом. Дана конструкція була дуже зручною для нас, оскільки мала готовий корпус і щілину, розміри якої підбиралися відповідно до діаметру струни.

Обробка сигналів здійснювалася за допомогою попереднього підсилювача, побудованого на базі операційних підсилювачів із низьким рівнем шуму NJM 2068.

Перші ж лабораторні випробування показали, що конструкція має ряд переваг (достатній рівень сигналу від кожного з сенсорів, відсутність впливу світла видимого діапазону), проте мала й суттєвий недолік – була доволі шумною.

Після дослідження впливу на коефіцієнт та характер шуму різноманітних сучасних операційних підсилювачів, нами було зроблено висновок про те, що істотну роль у формуванні шумових характеристик системи відіграє якість фототранзистора та його режим роботи.

Усе вищезазначене сприяло створенню принципово нової системи обробки сигналів та іншого підходу до створення оптичних сенсорів необхідної якості.

У доповіді розглядаються основні конструктивні особливості поліфонічних інфрачервоних оптичних звукознімачів системи “Auscaler Pickups” для контрабасу та віолончелі.

1. Сидоренко Д.С. Віртуальні лабораторні комплекси в галузі радіотехніки, електроніки та телекомунікацій. Монографія. Том 1. – Х.: Найкраще місто, 2014. – 451 с.

ВПЛИВ ЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ НА ЛЮДИНУ

Ст. А.Ю. Літвінова

Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс

Національний технічний університет «ХПІ»

У сучасному світі в умовах науково-технічного прогресу шум став одним із суттєвих несприятливих чинників, що впливають на людину. Звук це пружні хвилі в середовищі, які невидимі, але сприймані людським вухом. Звук, як і світло, є джерелом інформації, і в цьому головне його значення. Поріг чутності і поріг болювого відчуття залежать від частоти сприйманого звуку і можуть відрізнятися у різних людей. Здатність людини сприймати пружні коливання, слухати їх відбилися в назві вчення про звук - акустика.

Частота звуку визначається кількістю коливань пружного середовища за одиницю часу і вимірюється в герцах. За частотою звукові (акустичні) коливання поділяються на три діапазони: інфразвукові з частотою коливання менше ніж 20 Гц; звукові (сприймаються органом слуху людини) від 20 до 20 000 Гц; ультразвукові - понад 20 000 Гц. У свою чергу, звуковий діапазон прийнято поділяти на низькочастотний - до 400 Гц, середньочастотний - 400-1000 Гц, високочастотний - понад 1000 Гц.

Орган слуху людини розрізняє високі і низькі звуки. Високі звуки робляться швидкими коливаннями, низькі - повільнішими. Найнижчий звук, або тон, що розрізняється людським вухом, робиться 16 коливаннями за секунду. Верхня межа чутності звуку, неоднакова для різних індивідуумів та лежить між 16000 і 33000 коливань в секунду.

Шум звукового діапазону призводить до зниження уваги і збільшення помилок в час виконання різних видів робіт, пригноблює центральну нервову систему, викликає зміни швидкості дихання і пульсу, сприяє порушенню обміну речовин, виникненню серцево-судинних захворювань, виразки шлунку, гіпертонічних хворобі. Тривалий шум несприятливо впливає на орган слуху, знижуючи чутливість до звуку. Він призводить до розладу діяльності серця, печінки, до виснаження і перенапруження нервових клітин. Сильне перевантаження слухового аналізатора призводить до перезбудження нервової системи, змін психічного стану, до зниження адаптаційних ресурсів організму, тобто до перевтоми. Таким чином, шумове забруднення атмосфери значно відбивається на здоров'ї людини.

КВАНТОВІ КОМП'ЮТЕРИ

Ст. В.Я. Степанов

Кер. Л.М. Недошитко

*Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський
фаховий коледж Тернопільського національного технічного
університету ім. І. Пулюя»*

Квантовий комп'ютер відрізняється від звичайного транзисторного комп'ютера зокрема тим, що класичний комп'ютер оперує даними, закодованими у двійкових розрядах (бітах), кожен з яких завжди перебуває в одному з двох станів (0 або 1), коли квантовий комп'ютер використовує квантові біти, які можуть знаходитися у суперпозиції станів. Елемент що використовується для представлення інформації в квантовому комп'ютері, дістав окрему назву квантовий біт (англ. quantum bit, qubit), або скорочено кубіт, що підкреслює його квантовомеханічну природу. Завдяки суперпозиції кубіт може приймати значення, отримані шляхом їх комбінування, і перебувати у всіх цих станах одночасно. У цьому полягає паралельність квантових обчислень, тобто відсутність необхідності перебирати всі можливі варіанти станів системи. Крім того, для опису точного стану системи квантовому комп'ютера не потрібні величезні обчислювальні потужності й обсяги оперативної пам'яті, оскільки для розрахунку системи з 100 частинок досить лише 100 кубітів, а не трильйон трильйонів біт.

Сенс квантових комп'ютерів полягає в тому, що деякі обчислювальні завдання можуть виконуватися експоненціально швидше на квантовому процесорі, ніж на класичному процесорі.

Процесору Sycamore, з програмованими надпровідними кубітами, для створення квантових станів на 53 кубітах, що відповідає обчислювальному простору стану розмірності 2^{53} (приблизно 10^{16}), потрібно близько 200 секунд, щоб відібрати один екземпляр квантового ланцюга мільйон разів - наші показники в даний час вказують, що еквівалентне завдання для найсучаснішого класичного суперкомп'ютера займе приблизно 10 000 років. Це різке збільшення швидкості порівняно з усіма відомими класичними алгоритмами.

На даному етапі Sycamore майже непотрібний на практиці - його розробили для демонстрації того, на що здатний квантовий комп'ютер.

Втім, у квантових комп'ютерів є й системні недоліки. По-перше, результат квантових обчислень носить імовірнісний характер. По-

друге, зовнішні впливи, наприклад, магнітні поля, можуть зруйнувати квантову систему або внести в неї спотворення. Не варто забувати й про складнощі зчитування стану квантових регістрів. Однак усі ці складнощі не лякають не тільки вчених, але й комерційні компанії, які все активніше цікавляться темою КК.

Основне застосування квантових обчислень – це штучний інтелект. ШІ заснований на принципах навчання в процесі вилучення досвіду, стає все точніше в міру роботи зворотного зв'язку, поки, нарешті, не обзаводиться «інтелектом», нехай і комп'ютерним.

Інший приклад – це точне моделювання молекулярних взаємодій, пошук оптимальних конфігурацій для хімічних реакцій. Така «квантова хімія» настільки складна, що за допомогою сучасних цифрових комп'ютерів можна проаналізувати лише найпростіші молекули.

Квантові комп'ютери можуть також допомогти в створенні досконаліших кліматичних моделей, які могли б дати глибше уявлення про те, як люди впливають на навколишнє середовище.

Як не дивно, глибоке вивчення фізики із застосуванням квантових комп'ютерів може привести до вивчення нової фізики. Моделі фізики елементарних частинок часто надзвичайно складні, вимагають розлогих рішень і задіюють багато обчислювального часу для чисельного моделювання. Вони ідеально підійдуть для квантових комп'ютерів, і вчені вже поклали на них око.

1. Devoret, MH, Martinis, JM & Clarke, J. Вимірювання макроскопічного квантового тунелювання поза станом нульової напруги переходу Джозефсона на зміну струму. 55 , 1908 (1985).

2. Nakamura, Y., Chen, CD & Tsai, JS Спектроскопія розщеплення рівня енергії між двома макроскопічними квантовими станами заряду, когерентно накладеними Джозефсоновим зчепленням. 79 , 2328 (1997).

3. Neill, C. et al. План для демонстрації квантової переваги із надпровідними кубітами.

4. Aaronson, S. & Chen, L. Складно-теоретичні основи експериментів квантової верховенства.

5. Bernstein, E. & Vazirani, U. Квантова теорія складності.

ІНФРАЧЕРВОНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Ст. М.Г. Рудий

Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс

Національний технічний університет «ХПІ»

Електромагнітні хвилі – це фактично головне джерело інформації про навколишній світ. Теплове випромінювання це електромагнітне випромінювання у вигляді інфрачервоних променів, що випускає будь-який об'єкт. З температурою вище абсолютного нуля $T = -273^{\circ}\text{C}$ за рахунок переходів атомів на інші енергетичні рівні, що супроводжується випусканням квантів в ІЧ-діапазоні.

А все розпочалося з відкриття англійського астронома Фридрих Уїльяма Хершеля, який у 1800 роках за допомогою скляної призми розщепив сонячне світло та утворив спектр. Він отримав найвищі показники температури у невидимій частині спектру, назвавши це явище "тепловими хвилями", які в кінці ХІХ ст. переіменували у інфрачервоні.

В подальших дослідах було виявлено, що інфрачервоне випромінювання піддається законам оптики та відповідно має аналогічну природу, що і видиме світло. Також експериментально було доведено, що існує перехід від видимого випромінювання до інфрачервоного та радіохвильового, а усі промені мають електромагнітну природу, як звичайний різновид електромагнітних хвиль.

Оптичні властивості речовин (прозорість, коефіцієнт відбиття, коефіцієнт заломлення) в інфрачервоній області спектра, як правило, значно відрізняються від оптичних властивостей у видимій і ультрафіолетовій областях. Багато речовин, прозорі у видимій області, виявляються непрозорими в деяких областях інфрачервоного випромінювання і навпаки.

Речовини, прозорі для інфрачервоного випромінювання і непрозорі у видимій області, використовуються, як світлофільтри для виділення інфрачервоного випромінювання.

Потужним джерелом інфрачервоного випромінювання є сонце, близько 50% випромінювання, якого лежить в інфрачервоній області. Значна частка (від 70 до 80%) енергії випромінювання ламп розжарювання з вольфрамової ниттю доводиться на інфрачервоне випромінювання. Інфрачервоні хвилі розрізняються по довжині і умовно діляться на 3 області: 1) короткохвильові інфрачервоні промені (0,7-1,4 мкм); 2) середньохвильові інфрачервоні хвилі (1,4-3,0 мкм); 3) далеке інфрачервоне випромінювання (3,0 мкм-1,0 мм).

Одним із застосувань інфрачервоного випромінювання є прилади нічного бачення, що реєструють теплове випромінювання предметів оточення і перетворюють його у видиме зображення. У військовій техніці інфрачервоні промені використовуються також для наведення ракет на теплове випромінювання літаків і гелікоптерів.

Інфрачервоні світлодіоди і фотодіоди використовуються в пульсах дистанційного керування, системах автоматики, пожежних сповіщувачах, охоронних системах тощо. Вони не відволікають увагу людини в силу своєї невидимості.

Інфрачервоні випромінювачі застосовують у промисловості для сушіння лакофарбових поверхонь. Інфрачервоний метод сушіння має істотні переваги перед традиційним, конвекційним методом. У першу чергу, це, економічний ефект. Час роботи і витрачена енергія при сушінні інфрачервоними променями менше тих же показників при традиційних методах. Позитивним побічним ефектом так само є стерилізація харчових продуктів, збільшення стійкості до корозії поверхонь що покриваються фарбами. Недоліком же є істотно велика нерівномірність нагрівання, що в ряді технологічних процесів абсолютно неприйнятно. Особливістю застосування ІЧ-випромінювання в харчовій промисловості є можливість проникнення електромагнітної хвилі у такі капілярно-пористі продукти, як зерно, крупа, борошно тощо на глибину до 7 мм. Ця величина залежить від характеру поверхні, структури, властивостей і матеріалу частотної характеристики випромінювання.

Електромагнітна хвиля певного частотного діапазону надає не тільки термічний, а й біологічний вплив на продукт, сприяє прискоренню біохімічних перетворень в біологічних полімерах (крохмаль, білок, ліпіди). Конвеєрні сушильні транспортери з успіхом можуть використовуватися при закладці зерна в зерносовища і в борошномельній промисловості.

Інфрачервона спектроскопія дозволяє отримати інформацію що до структури молекул і твердих тіл та типів атомних коливань в них. На інфрачервоний діапазон припадають частоти коливань атомів у молекулах і твердих тілах, а також, частково, частоти електронних переходів. В цій області лежать ширини заборонених зон вузькозонних напівпровідників, що створює можливість для використання напівпровідникових речовин, як детекторів інфрачервоного світла й джерел електромагнітних хвиль у телекомунікаційних приладах.

ФІЗИКА В ПОБУТІ

Ст. Є.Я. Івер

Кер.: Н.Б. Фат'янова, Ю.В. Меньшов
Національний технічний університет «ХПІ»

Винахід мікрохвильової печі - це винахід абсолютно нового способу приготування їжі.

У 30-х роках 20-го століття одночасно в різних країнах велися роботи над отриманням потужних радіохвиль надвисокочастотного діапазону. Зовсім випадково в 1932 році співробітники однієї з лабораторій в США підсмажили без вогню дві сосиски, помістивши їх близько потужного генератора СВЧ.

У 1945 році американський інженер Спенсер експериментував з магнетроном - радіолампи, генеруючої радіохвилі в СВЧ-діапазоні. Спенсер узяв кілька зерен кукурудзи і помістив їх біля магнетрона, через кілька хвилин із зерен вийшов попкорн. Те ж саме він зробив із сирим яйцем. Сире яйце, що залишилося зовні холодним, в середині майже миттєво закипіло під дією електромагнітних хвиль.

У жовтні 1945 року фірма, в якій працював Спенсер, отримала патент на мікрохвильову піч і почала випускати пристрої під назвою "радарна піч" - великі шафи, набиті радіолампами, трансформаторами і охолоджуючими вентиляторами. Простір, куди слід було класти їжу, був не більше звичайної духової шафи. Використовували ці мікрохвильові печі для розморожування стратегічних запасів продуктів.

У 1952 році японці купили патент і налагодили виробництво мікрохвильових печей для будинку.

А ще через п'ятнадцять років в магазинах з'явилися наші вітчизняні мікрохвильові печі.

Поступово СВЧ-печі стали комбінованими і були оснащені грилем, конвектором і іншими додатковими функціями, за допомогою яких приготування їжі спростилося, а якоість зрівнялася зі стравами, приготованими традиційним способом.

Щоб нагріти їжу за допомогою мікрохвиль, необхідна присутність в ній дипольних молекул, тобто таких, на одному кінці яких є позитивний електричний заряд, а на іншому - негативний. Таких молекул в їжі багато - це молекули жирів, цукру і води. В електричному полі вони шикуються строго по напрямку силових ліній поля, "плюсом" в одну сторону, "мінусом" в іншу. Варто полю змінити напрямок

на протилежне, як молекули тут же перевертаються на 180 °. Поле хвилі, в якому знаходяться ці молекули, змінює полярність 4 900 000 000 разів в секунду!

Під дією мікрохвильового випромінювання молекули повертаються з шаленою частотою і труться одна об одну. При цьому виділяється тепло, яке і служить причиною розігріву їжі. Нагрівання продуктів відбувається за рахунок прогріву мікрохвилями поверхневого шару і подальшого проникнення тепла в глибину їжі за рахунок теплопровідності.

Закипання води в мікрохвильовій печі відбувається не так, як в чайнику, де тепло підводиться до води тільки знизу. Нагрів йде з усіх боків. У мікрохвильовій печі вода доходить до температури кипіння, але бульбашок не буде. Зате коли ви дістанете стакан з печі, сколихнувши його при цьому, - вода в склянці почне кипіти, але не з початку, а через декілька секунд, і окріп може ошпарити вам руки.

Якщо ви хочете довести воду в склянці чи в іншій вузькій посудині до кипіння, не забудьте опустити в нього чайну ложечку перед тим, як поставити стакан в піч.

Конструкцією печі передбачені жорсткі заходи для запобігання виходу випромінювання назовні. Хоча безпосередній вплив мікрохвиль може викликати опік, але ризик при правильному використанні справної мікрохвильової печі повністю відсутній.

1. О.В.Крилова «Чудеса в мікрохвильовій печі» Москва, 1993.
2. Приготування їжі в мікрохвильовій печі: \ Крок за кроком. Москва, АТ «Скорпіон» 1992.
3. «Ідеї вашого дома» 2001. №2 с.44-49 стаття Безель Б.
4. «Попит» 1999. №5 С.16-19 стаття «Обід - хвилинка справа»
5. В.І.Хлебніков Технологія товарів (продовольчих) Москва, 2002.

ФІЗИКА, ЩО ЗАХОПЛЮЄ

Ст. Д.В. Зайцева

Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс

Національний технічний університет «ХПІ»

Балет є найвідомішою танцювальною дією через його унікальні особливості і методи, такі як робота на пуантах, поворот ніг та великі розтяжки. Та далеко не всі шанувальники вбачають у балетних рухах сучо фізичні закони.

Фуєте - балетний рух, при виконанні якого робоча нога після закінчення кожного кутового обертання відкривається точно в сторону. В перекладі з французької фуєте означає «збивати чи хльостати», описуючи неймовірну здатність танцівниці кружляти без зупинки.

У третьому акті «Лебединого озера» чорний лебідь виконує, здавалося б, нескінченну низку обертів, підстрибуючи вгору і вниз на одній витягнутій нозі, кружляючи, кружляючи й кружляючи — близько 32 (тридцяти двох) разів.

Це один із найскладніших повторюваних рухів балету, і протягом цих тридцяти секунд балерина уподібнюється до дзиги, що безупинно обертається. Танцівниця починає фуєте, відштовхуючись ногою, щоб створити крутний момент. Але найважче — це підтримувати обертання.

Як і будь-яке інше обертання в балеті, фуєте визначається моментом імпульсу, який дорівнює кутовій швидкості танцівниці, помноженій на її момент інерції.

Без врахування втрат на тертя цей момент імпульсу повинен залишатися незмінним, доки балерина на пуантах. Це є проявом закону збереження моменту імпульсу.

Момент інерції можна розглядати як протидію тіла обертальному рухові. Він тим більший, чим далі від осі обертання розподілена маса, і буде зменшуватися, якщо масу розподілити ближче до осі обертання. Тому, коли балерина притискає руки до тіла, її момент інерції зменшується.

А щоб момент імпульсу зберігався, її кутова швидкість, тобто швидкість обертання, повинна збільшитися, що дозволяє незмінній кількості збереженого моменту імпульсу підтримувати її обертання.

У балеті чорний лебідь — це чаклунка, і її 32 чарівних фуєте й справді мають вигляд майже надприродних.

Але не магія робить їх можливими, а фізика.

ДЕМОНСТРАЦІЇ ФІЗИЧНИХ
ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ
(STEM EXPERIENCE)



МАШИНИ ГОЛДБЕРГА – ВЕСЕЛА НАУКОВА GRA ДЛЯ ДОРОСЛИХ І ДІТЕЙ

Уч. Я.А. Блюхер, О.Ю. Валеня

Кер. В.А. Діордиця

КЗ «Харківський обласний

Палац дитячої та юнацької творчості»

(гурток «Юний дослідник»)

Гра – вища форма дослідження
А. Айнштайн

Наукові ігри – новий напрям освітніх технологій, одним з видів яких являються STEM-ігри, які знайомлять учнів з роботою вченого та інженера, дають можливість дітям самим обирати фізичні та хімічні явища для створення видовищних ефектів. Хорошою базою для впровадження наукових ігор можуть стати заклади позашкільної освіти. Програми гуртків науково-технічного напрямку передбачають варіативність педагогічних технологій, методів і форм навчання, що дає можливість педагогу проявити свою креативність в створенні кожного заняття. Цікавим прикладом впровадження ігрових технологій в сучасний освітній процес є використання так званих «Машин Голдберга» в рамках творчо-пошукового підходу в пізнанні навколишнього світу.

Машини Голдберга в Америці (Робінсона в Англії, Сторма в Данії, Ауркруста в Норвегії, машини Zihni Sinir Proceleri, які малював художник Саяр в Турції та роботи художника Семенова для журналу «Мурзилка» в СРСР) – намальовані складні інженерні конструкції гумористичної спрямованості для виконання простої дії, які було вигадано карикатуристами протягом ХХ сторіччя. Починаючи з 1949 року, коли пройшов перший турнір зі створення реальних машин Голдберга в Америці, а потім після відродження змагань в 1988 році студенти та викладачі в багатьох країнах змагаються, вигадуючи найнезвичайніші моделі. Гумористичний характер цих складних споруд спонукав використовувати машини Голдберга в рекламі, художніх та мультиплікаційних фільмах. Герої улюбленого мультфільма «Літо kota Леополь-

да» теж стали авторами одного із численних варіантів цього механізму.

У нашому гуртку «Юний дослідник» ми започаткували проект зі створення машини Голдберга та виготовили одну з найпростіших моделей, яка виконує хімічний експеримент по виділенню вуглекислого газу при з'єднанні натрію двовуглекислого з оцтовою кислотою. Для досягнення цієї мети була розроблена схема з 10 пунктів, на прикладі якої ми досліджували використання фізичних принципів та законів (принцип доміно, принцип важеля, закон всесвітнього тяжіння, закон збереження та перетворення енергії, закони Ньютона, закон Гука) для створення послідовності пов'язаних друг з другом кроків. Інженерна конструкція формувалась з використанням простих деталей: гумові та металеві кульки, доміно, одноразові стаканчики, дитячі кубики, картонні коробки різних розмірів, конструктор LEGO, а також оцтова кислота, натрій двовуглекислий та різнокольорові блискітки.

Створюючи цю веселу іграшку, діти навчаються працювати в команді, відповідально ставитись до результату своєї праці, активно проявляють свої індивідуальні якості та набувають досвіду позитивного ставлення до життя. Знання, які вони отримують під час створення цього проекту, закріплюються надовго, а спроба проявити свої інтелектуальні та інженерні можливості розвиває креативне та критичне мислення.

1. Щербань П.П. Застосування ігрових технологій в освіті: історія і перспективи. *Витоки педагогічної майстерності*. 2014. Вип.13. С.286-291.

2. Иванов Ю. Машины Голдберга. История ненаучного поиска. *Лучшие компьютерные игры*. 2009. № 9(94). URL: <http://www.lks.ru> (дата звернення 02.02.2020)

МОДЕЛЬ ГІДРАВЛІЧНОГО ЛІФТУ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ЗАКОНА ПАСКАЛЯ

Уч. П.С. Альошина

Кер. Т.М. Дяченко

Маріупольська загальноосвітня школа I-III ступенів №68
Маріупольської міської ради Донецької області

Фізичні явища та закони оточують нас скрізь. Тому важливо не тільки знати формули та закони, але ще й вміти їх застосовувати у повсякденному житті. Розглянемо як ми можемо практично використовувати властивості рідин. Рідини зберігають об'єм, але, на відміну від твердого тіла, легко змінюють свою форму – вони набувають форми тієї посудини, в якій містяться, тобто рідини є плинними. Через свою плинність рідина здатна передавати тиск по всьому об'єму посудини, в якій міститься. Французький фізик Б. Паскаль відкрив закон, який зараз має назву закон Паскаля: тиск, створюваний на нерухому рідину, передається рідиною однаково в усіх напрямках [1].

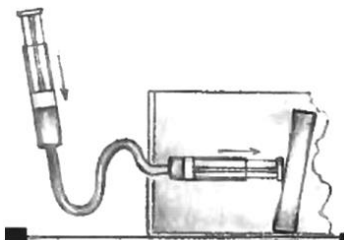


Рис. 1. Модель гідралічного преса [2]

Властивість рідин передавати тиск однаково в усіх напрямках покладена в основу дії гідралічних машин і насосів. Якщо з'єднати два шприци за допомогою тонкої пластикової трубки та наповнити їх рідиною, то при натисканні поршня одного із шприців ви примусите рухатися також і поршень іншого шприца (рис.1).

В межах «Всеукраїнського інженерного тижня 2020» із підручного матеріалу була виготовлена модель гідралічного ліфта, яка наочно демонструє закон Паскаля (рис.2). Ліфт збирається із картону, у якості поршнів використовуємо медичні шприци. Поршні шприців виступають в якості закритих рухомих поршнів преса. Важливою умовою створення такої моделі гідралічного ліфта є використання шприців різного діаметру [3]. Розглянемо чому.

Якщо до поршня меншого циліндра прикласти силу F_1 (рис. 3), то ця сила створить на поверхню рідини певний додатковий тиск p :

$$p = \frac{F_1}{S_1}, \quad (1)$$

де S_1 – площа меншого поршня.

Згідно із законом Паскаля цей тиск передаватиметься в усі точки рідини, що заповнює сполучені циліндри. Отже, рідина почне тиснути на поршень більшого циліндра з певною силою F_2 .

$$F_2 = p \cdot S_2, \dots (2)$$

де S_2 — площа більшого поршня;
 p — додатковий тиск.

Оскільки $p = \frac{F_1}{S_1}$, то маємо $F_2 = \frac{F_1}{S_1} \cdot S_2$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}. \quad (3)$$

Сила, що діє з боку рідини на великий поршень гідравлічної машини, є більшою від сили, що діє на малий поршень, у стільки разів, у скільки разів площа великого поршня більша від площі малого:

Відношення $\frac{F_2}{F_1}$ – це вигреш у силі. Гідравлічний прес дозволяє

одержати значний вигреш у силі: чим більше різнитимуться між собою площі поршнів, тим більший вигреш у силі будемо мати.

Саме тому при конструюванні моделі ліфта ми використовуємо шприци різного діаметру. За цим принципом працюють також і інші гідравлічні механізми: гальма, підйомники, тощо.

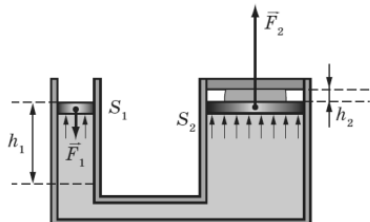


Рис.3. Схема дії сил у гідравлічному пресі.

Таким чином закон відкритий Б.Паскалем у 1653 році став основою винахода Джозефа Брама у 1795 році, і цей винахід допомагає людині вже кілька століть.

1. Фізика: підруч. для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл. за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. Х.: Вид-во «Ранок», 2015. – 256 с.

2. Ильин А. Тайны давления. Журнал «Юный техник» АО «Молодая гвардия». 2002. № 6.

3. Сайт проекту «Інженерний тиждень» <https://engineeringweek.org.ua>

ПРИНЦИП РОБОТИ ЕЛЕКТРОДВИГУНА НА ПОСТІЙНИХ МАГНІТАХ

Ст. В.Ю. Алабова

Кер. Д.О. Данильченко, К.О. Мінакова

Національний технічний університет "ХПІ"

В наш час неможливо уявити життя без використання електроенергії. Один з найбільш розповсюджених електричних пристроїв є електричний двигун.

В основу роботи більшості електричних машин закладено принцип електромагнітної індукції. Складається така машина зі статора та ротора/якоря. У ролі індуктора на двигунах із постійним струмом та малою потужністю використовують постійні магніти.

Розберемо принцип роботи електродвигуна, який працює на постійному струмі, на моделі зробленої з алюмінієвої банки. Матеріали, із яких складається дана установка: шпилька (невелика котушка для ниток) на яку намотана тонка мідна проволочка (діаметри 0,35-0,4 мм; довжина 10 м), мідна проволочка (діаметром 10мм) алюмінієва банка, постійні магніти (8 шт.), в'язальна спиця, підставка.

У ролі якоря виступає банка, а котушка є індуктором. До керуючих контактів підключаємо котушку. При проходженні струму через котушку, вона утворює навколо себе електромагнітне поле. Це поле таке саме як у звичайних магнітів.

При включенні струму магніти починають відштовхуватись від котушки. В цей час відбувається обертаючий момент за рахунок інерції. При відключенні струму електромагнітне поле зникає.

У даному електродвигуні, рух відбувається у момент підключення його до акумулятору (в експерименті використовували акумулятор для електродрилю напругою 12В). Струм передається на контакти, а ті в свою чергу передають струм на котушку. У цей момент в котушці виникає електромагнітне поле.

На спицю встановлено переривник струму, колектор, (дерев'яний брусок). Доторкаючись до контактів колектор буде з'єднувати та роз'єднувати ланцюг, який буде вмикати та вимикати електромагніт у потрібний час. Рух відбувається за рахунок електромагнітного поля, яке виникає між котушкою та магнітом.

Якщо увімкнути котушку у змінний струм, вона буде мати один опір. Якщо у неї вставити сердечник, то індукція у котушки збіль-

шиться, а отже і опір теж збільшиться. За рахунок цього швидкість обертання двигуна зменшиться.

Даний електродвигун можна використовувати у якості установки в школах або університетах для вивчення явища електромагнітної індукції. Вивчати як зміна струму, опору, матеріалу обмотки, кількість магнітів буде впливати на потужність роботи установки.

На фото зображено експериментальну установку створену за допомогою студентського наукового товариства Electrolium. Цей проект



Фото експериментальної установки

було зроблено для демонстрації в рамках STEMCampSchool for Educators.

1. О.Ю. Юр'єва Особливості проектування коаксіальних лінійних двигунів з постійними магнітами. / Юр'єва О.Ю. // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії*, 2017, (1 (1223)), 125-130.

2. Д.В. Матвеев Безколекторні двигуни постійного струму / Матвеев Д.В., Монахов Є.А., П'ятаков К.Р. // *Міжнародний науково-технічний журнал "Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики"*, 2018, 389-391.

РЕКУПЕРАТОР З ЕФЕКТОМ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ

Ст. Я.О. Боровенський

Кер. О.О. Копилов

*Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба*

Для підвищення енергозбереження та зменшення теплового забруднення навколишнього середовища доцільно утеплення будинків і споруд та використання при їх опаленні теплових насосів[1], які розсіюють теплову енергію повітря, ґрунту чи води трансформують у тепло для опалення. При цьому зібрана з навколишнього середовища опалювальна енергія може бути в декілька разів більша за енергію необхідну для роботи самого теплового насоса. Для зменшення втрат тепла при провітрюванні використовують рекуператори, призначені для використання тепла витяжного повітря для підігрівання припливного. Є різні конструкції рекуператорів, які повертають взимку від 40 до 90 відсотків теплової енергії. Особливо важливим є уникнення втрат теплової енергії при провітрюванні приміщень. Такий рекуператор буде не тільки повертати всі 100 відсотків тепла витяжного повітря, але й одночасно надавати йому енергію за рахунок охолодження витяжного повітря нижче температури зовнішнього середовища. Тобто він одночасно буде виконувати роль теплового насоса, який виконує функцію додаткового опалення приміщення. В зв'язку з системним підходом до пошуку шляхів підвищення енергозбереження виникає інтерес до додаткових можливостей теплових насосів та до використання з цією метою елементів Пельтьє[2].

Розглянуто різні види теплових насосів і обґрунтовано вибір елементів Пельтьє для формування штучних конвекційних потоків газу. Створено експериментальну установку – формувач штучних конвекційних потоків на елементах Пельтьє, яка показує можливість одночасного формування двох штучних конвекційних потоків: в одному каналі з температурою на виході вище, а в другому – нижче за температуру навколишнього середовища.

Розроблено пропозиції по використанню формувача штучних конвекційних потоків для створення рекуператорів з ефектом теплового насоса, а також кондиціонерів з припливним повітрям.

1. Арсенєв В. М. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навчальний посібник / В. М. Арсенєв, С. С. Мелєйчук. – Суми : Сумський державний університет, 2018

2. Христян, С. В., Титаренко І. В. Використання термоелектричних модулів у кондиціонерах повітря випарного типу. - Наука та прогрес транспорту// Вісник Дніпропетровського нац. ун-та заліз. транспорту, 2008 с.97-100.

ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИЙ ГЕНЕРАТОР – КРАПЕЛЬНИЦЯ КЕЛЬВІНА

Ст. **В.В. Ходукін**

Кер.: **О.М. Андреева, О.М. Андреев**

Національний технічний університет «ХПІ»

Відомий англійський фізик Уільям Томсон, який за свою досягнення у науці отримав титул лорда Кельвіна (рис.1), у 1867 р. запропонував цікавий спосіб розділення електричних зарядів за допомогою падаючих водяних крапель. Тому в історію фізики та техніки цей різновид електростатичного генератора увійшов під назвою крапельниця Кельвіна.

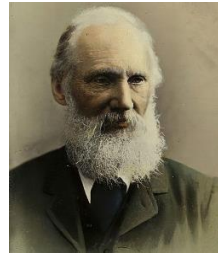


Рис.1. Вільям Томсон.

Крапельниця Кельвіна - це електростатичний генератор з позитивним зворотним зв'язком, що працює на індукційному принципі. Конструктивно (рис.2), він складається з резервуара з водою (на схемі не вказано), двох ізольованих металевих посудин, в які потрапляє вода після падіння (C1, C2) та двох провідників індукторів (I1, I2), крізь них тече вода. Індуктори, які виготовляють з алюмінію або міді, з'єднуються провідниками з металевими посудинами хрест на вхрест.

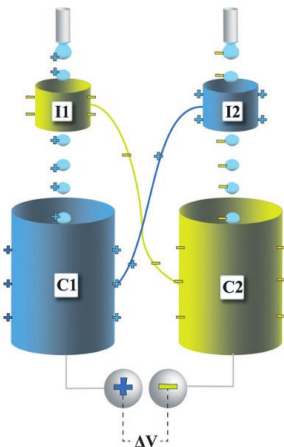


Рис.2. Крапельниця Кельвіна.

Індуктори, які виготовляють з алюмінію або міді, з'єднуються провідниками з металевими посудинами хрест на вхрест. Напір води регулюється за допомогою крана, що з'єднує верхній резервуар з трубками, котрі направляють воду крізь індуктори.

Працює цей електростатичний генератор наступним чином. У воді в певному об'ємі існують некомпенсовані електричні заряди. Нехай випадково позитивний заряд потрапляє разом з водою у посудину C1, яка поєднана з правим індуктором I2.

Заряд перерозподіляється між індуктором та посудиною в залежності від їх електричної ємності. Тому на індукторі I2 виникає позитивний за-

ряд, який починає притягувати заряди протилежного знаку завдяки явищу електростатичної індукції з водяного резервуару. Якщо підбрати потік води таким чином, щоб вода розпадалася на краплі біля індуктору, то від'ємний заряд буде «відриватися» від потоку та переноситися краплями води в посудину С2. При цьому на індукторі П з'явиться некомпенсований від'ємний заряд, який почне впливати на перерозподіл заряду у провіднику: водяній резервуар-струмінь. Це призведе до того, що в лівій посудині почне накопичуватися позитивний заряд. Накопичення заряду буде продовжуватися в геометричній прогресії доти, поки не виникне іскра у розрядному проміжку, що сполучає дві посудини. Потім процес розділення електричних зарядів знову повторюється до різниці потенціалів ΔV .

В роботі було створено діючу модель електростатичного генератора та проведено дослідження, які дозволили підібрати оптимальні параметри та розміри Крапельниці Кельвіна. Вивчалася залежність швидкості накопичення заряду між посудинами від електропровідності води, геометрії індукторів й від кількості та розмірів крапель, що пролітають крізь індуктор. Було встановлено, що збільшення електричної провідності води (шляхом додавання солі) та матеріалу індукторів різко збільшує швидкість накопичення електричного заряду. Індуктори були виготовлені у формі тору з мідного дроту. Замість розрядного проміжку використовувалася неоновна лампочка, а виникнення заряду на посудинах спостерігалось за допомогою власноруч виготовленого електроскопа.

1. Уокер Дж. Физический фейерверк. – М.: Мир, 1988. – С. 298.
2. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Том 4. - М.: Наука, 1967 - С.630с.
3. Marin A. G. The microfluidic Kelvin water dropper / A. G. Marin, W. van Hoeve, P. Garcia-Sanchez et al. // Lab on a Chip - 2013. - V.13, №23 – P.4489 – 4682.
4. Zigart M. The Kelvin water-drop generator / M. Zigart, M. Marhl // Physics Education - 2002. - V.37, №2 – P.155 – 156.

ІСКРОВИЙ РОЗРЯД: ДЕМОНСТРАЦІЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

Ст. Д.О. Павленко

Кер.: О.М. Андреев, О.М. Андреева

Національний технічний університет «ХПІ»

Іскровий розряд є різновидом самостійного розряду та являє собою пучок яскравих зигзагоподібних тонких розгалужених смужок, які миттєво пронизують розрядний проміжок, швидко гаснуть та постійно змінюють одна одну [1]. Ці смужки можуть і не досягати протилежного електроду та згасати на шляху до нього. Іскровий розряд виникає коли тиск газу між електродами близький до атмосферного, тому для запалювання розряду потрібна дуже велика напруга джерела живлення. Температура газу в іскровому каналі може сягати 10000 К. Це призводить до дуже швидкого збільшення тиску газу та є причиною звукових явищ, які супроводжують іскровий розряд. Прикладом наймасштабнішого іскрового розряду є блискавка [2].

В роботі було створено демонстрацію іскрового розряду за допомогою діодно-каскадного рядкового трансформатора (ТДКР), який являє собою імпульсний трансформатор та набір високовольтних діодів розташованих у герметичному корпусі. Первинна обмотка трансформатора була виготовлена самостійно із мідного дроту діаметром 1мм. Вона містить 7 та 16 витків з відведенням від середини. Намотка двох котушок здійснюється в одному напрямку. Висока напруга виникає між окремим високовольтним дротом, який розміщено у верхній частині трансформатора та одним з виводом, розташованим знизу. Оскільки ТДКР працює на частотах близько 15 кГц, то для перетворення постійного струму літій-іонного акумулятору у змінний використовується блокінг-генератор, виконаний на одному високовольтному біполярному транзисторі (рис. 1). Для охолодження, транзистор фіксували теплопровідним клеєм на мідному радіаторі. Усі елементи схеми закріплено на підставці із товстого діелектрика. Оскільки для живлення схеми використовується акумулятор 18650 напругою 4,2 В, то установка є автономною від мережі.

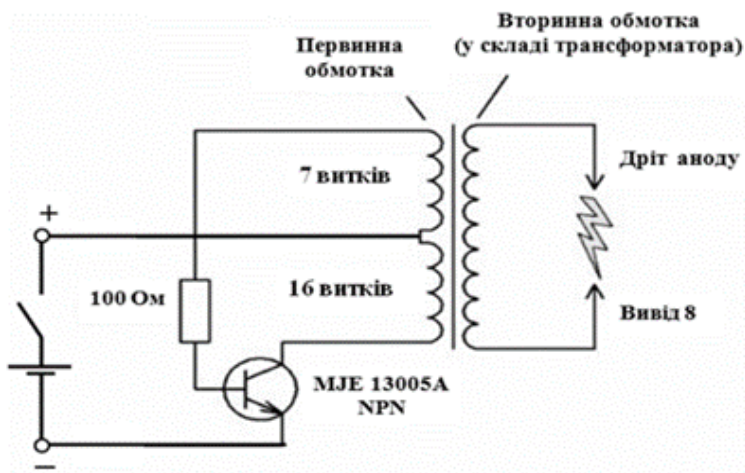


Рис.1. Електрична схема.

Схема працює наступним чином. Коли подається живлення, то струм крізь обмотку, яка складається із 7 витків та опір 100 Ом поступово відкриває транзистор. Крізь другу котушку первинної обмотки та транзистор починає протікати струм, який збільшує напругу в першій котушці і відповідно, на базі транзистору.

Що призводить до ще більшого відкривання транзистору. Цей цикл повторюється доки осердя трансформатору не досягнуть насичення. Магнітний потік досягає максимуму, електрорушійна сила індукції змінює полярність. Тоді струм крізь котушку, яка поєднана з колектором транзистора починає зменшуватися. Напруга на базі теж починає падати і транзистор зачиняється. І далі все знову повторюється. У процесі роботи на вторинній котушці трансформатора виникає висока напруга, яка призводить до виникнення іскрового розряду (рис. 2). При цьому



Рис.2. Іскровий розряд.

вихідна напруга має як постійну та змінну складові. Після відключення живлення ТДКР необхідно розрядити, замикаючи високовольтні виводи між собою.

Створений генератор високої напруги можна використовувати не лише для демонстрації самостійного газового розряду, а й для живлення газорозрядних ламп, озонатора, іонізатора, тощо. Якщо збільшити потужність, то за його допомогою можна проводити ряд цікавих дослідів – плазмова куля, драбина Якова, іонний двигун (ефект Біфельда-Брауна).

На практиці іскровий розряд використовується в електриці на електростанціях та в електричних мережах. Для вимірювання великої різниці потенціалів використовується іскровий вольтметр, котрий складається з двох металевих куль, одна з яких може плавно переміщуватися. Кулі приєднують до джерела напруги і зближують їх доки не виникне іскра. Вимірюючи відстань між кулями та використовуючи спеціальні таблиці, можна визначити напругу по довжині іскри. Також іскровий проміжок застосовується в якості запобіжника від перенапруги в електричних лініях передач (іскровий розрядник). Розрядник (рис.3) складається з двох електродів: один приєднаний до лінії, а інший заземлений. У разі появи перенапруги пробивається іскровий проміжок і через робочі резистори струм йде на землю [3], обмежуючи тим самим перенапруження в установці. При появі перенапруги проміжок пробивається раніше, ніж ізоляція обладнання.



Рис.3 Іскровий розрядник.

1. Левитський С.М. Фізична електроніка: Підручник. – К:Київський університет, 2005, 153 с.
2. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. — М.:Наука,1992. — 536 с.
3. Родштейн Л.А. Электричні апарати: Підручник для технікумів. - Л.: Вища школа., 1981. - 304 с.

ДЕМОНСТРАЦІЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ІМПУЛЬС ТІЛА: «ПОДВІЙНИЙ МОЛОТОК»

Курс. В.А. Селезень

Кер. Ю.І. Веретеннікова

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Демонстрації як частина викладання експериментального курсу сприяють більш легкому засвоєнню та запам'ятовуванню матеріала, водночас підвищуючи інтерес слухачів за рахунок активізації їх емоційної діяльності та уяви.

Для якісної демонстрації величини імпульсу тіла пропонується простий прилад (рис.1) з двома підвишеними молотками та шари суттєво різної маси (наприклад, дерев'яний та металевий).



Рис.1 «Подвійний молоток»

обидва молотки підчас руху. Використовуючи легший шар, здійснити удар водночас двома молотками, що відведені на однаковий кут. Шар рухатиметься під дією сумарної сили у напрямку прямої, що утворює рівні кути зі стінками приладу.

Як відомо, імпульс тіла (або матеріальної точки) \vec{p} є векторною величиною, яка чисельно дорівнює добутку маси тіла (матеріальної точки) на її швидкість і має напрям швидкості:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Перший експеримент демонструє залежність імпульсу тіла від його маси:

$$\vec{p}_1 = m_1\vec{v}_1;$$

$$\vec{p}_2 = m_2\vec{v}_2$$

Щодо випадку удару двох молотків, вочевидь, результуюча траєкторія руху шара це діагональ паралелограма (див. рис.2), побудованого на двох векторах \vec{p}_1 та \vec{p}_2

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2$$

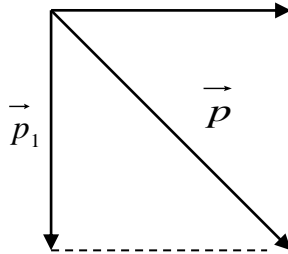


Рис.2 Діаграма складання векторів імпульсу

Перевагами цього фізичного експерименту є простота, наочність та переконливість.

М.А. Грабовский, А.Б. Млодзеевский и др. Лекционные демонстрации по физике. Москва, 1972. 640 с.

**ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ
СУЧАСНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ
(П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ОПТИЧНИХ)
ПЕРЕТВОРЕННЯ АКУСТИЧНИХ КОЛИВАНЬ
НА ЕЛЕКТРИЧНІ СИГНАЛИ
ДЛЯ СТРУННО-СМИЧКОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ**

Ст.: О.Д. Лебедєв¹, Є.Ю. Мельник¹, В.В. Нєсрат¹

Кер. Д.С. Сидоренко²

¹Харківський національний університет радіоелектроніки

²Компанія "Auscaler Pickups"

Перед кожним сучасним виконавцем на струнно-смичкових інструментах у певний момент постає питання: «Яким чином найкраще передати акустичне звучання інструменту під час запису в студії або виступу у великій (за розмірами) залі?». Те ж саме питання є актуальним і для будь-якого звукоінженера.

Якщо розглядати проблему лише у контексті студії звукозапису, то відповідь буде майже однозначною – використання сучасних високоякісних мікрофонних систем із подальшою обробкою сигналів засобами спеціальних підсилювачів-коректорів, систем компресії тощо.

Проте, більшу частину своєї діяльності музиканти проводять у репетиціях та гастролях. Не завжди є можливість використання мікрофонних систем, оскільки існує висока ймовірність виникнення небажаних зворотніх зв'язків, які слухачі сприймають у вигляді «завивання».

Активний розвиток звукознімачів співпадає із початком 50-х років ХХ століття. Саме тоді виникає поняття «електрогітара», «електроскрипка», «електроконтрабас» тощо.

Наведемо перелік основних типів звукознімачів, поширених у наш час: електромагнітні; п'єзоелектричні; електростатичні.

Стисло розглянемо основні переваги та недоліки кожного з типів звукознімачів.

Електромагнітні звукознімачі (рис. 1, а) мають переважно невеликий розмір, зручність у встановленні та налаштуванні, відносно легкість виготовлення у промисловості. До недоліків слід віднести необхідність використання лише струн із металу, великий вплив магнітного

поля на амплітуду струн та чутливість до зовнішнього електромагнітного випромінювання.



Рис. 1 – Звукознімачі: а) електромагнітний для гітари; б) п'єзоелектричний для контрабасу

П'єзоелектричні звукознімачі (рис. 1, б) добре зарекомендували себе для багатьох музичних інструментів, особливо тих, що мають незвичну конструкцію та габарити: контрабас, віолончель, скрипка, ауд, лютня, арфа, балалайка тощо. До переваг слід віднести: зручність у встановленні, відносну нескладність виготовлення подібних звукознімачів, низьку вартість. Недоліками таких звукознімачів є високий опір п'єзоелементу, що унеможливує підключення безпосередньо до звукопідсилювальної апаратури, а потребує спеціальних буферних каскадів, переважно на польових транзисторах, або операційних підсилювачах із польовими структурами на вході.

Одним із основних недоліків вищезазначених систем перетворення акустичних коливань на електричні сигнали є неможливість налаштування гучності та тембральних (частотних і фазових) характеристик кожної струни окремо. Тобто вони є монофонічними. Перспективними, на наш погляд, є поліфонічні системи (звукознімач для кожної струни) на базі оптоелектронних перетворювачів інфрачервоного випромінювання.

У доповіді розглядаються основні конструктивні особливості звукознімачів та попередніх підсилювачів системи “Auscaler Pickups” для контрабасу, віолончелі, гітари та балалайки.

1. Сидоренко Д.С. Віртуальні лабораторні комплекси в галузі радіотехніки, електроніки та телекомунікацій. Монографія. Том 1. – Х.: Найкраще місто, 2014. – 451 с.

ЧУМАЦЬКИЙ ШЛЯХ ТА СТРУКТУРА ГАЛАКТИК

Ст. К.В. Кулішова

Кер.: Н.Б. Фат'янова, І.В. Галуцак

Харківський національний університет «ХПІ»

Коли ясною темною нічю ми вдивляємося в безкраї простори Всесвіту, нашому погляду постає широка біляста смуга, що перетинає зоряне небо. Стародавні греки, спостерігаючи небо, порівнювали цю смугу з пролитим молоком і тому назвали її «галаксіас». Ця назва і стала основою терміну «галактика».

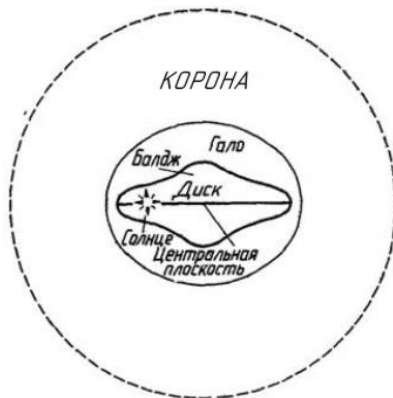
Пізнання Чумацького Шляху починається ще з давніх-давен. Ще стародавні греки придивлялися до небосхилу. У 1610 р Галілео Галілей створив телескоп і зміг розглянути небесну туманність. Він першим виявив, що наш Чумацький Шлях зібраний з безлічі зірок і темних хмар, які неозброєним оком розглянути неможливо. Через два століття Іммануїл Кант висунув припущення, що в просторі можна знайти ще кілька галактик, подібних до нашого Чумацького Шляху, а довели це припущення Едвін Хаббл і Ернест Епінк.

У Галактиці розрізняють три головні частини - диск (ядро, перемичка і «рукава» галактики), гало і корону.

Ядро, або центр галактики, знаходиться в сузір'ї Стрільця (якщо спостерігати за ним з Землі) і навколо нього обертаються всі зірки нашої галактики. Ядро - центральна, найбільш компактна область Галактики яке практично не схильне земним законам фізики.

Галактичне гало - гігантська сферична «зоряна хмара» або «зоряна сфера» сконцентрована навколо галактичного ядра. Фактично, кордон нашої Галактики визначається саме розмірами гало.

Зоряний диск - найбільша і масивна область галактики тягнеться на сотні і тисячі світлових років від центру. Поблизу площини диска концентруються молоді зірки і зоряні скупчення, вік яких не переви-



Найбільш близькими до Чумацького Шляху зараз вважаються Карликова галактика у Великому Псі, Карликова еліптична галактика у Стрільці і Велика Магеланова хмара.

Карликова галактика великий пес є супутником Чумацького Шляху. Вона поступово поглинається нашою галактикою, залишаючи потрійний кільцеподібний хвіст навколо неї. Від того і відноситься до неправильного типу. Через 2 мільярди років ця галактика остаточно "з'їстся" Чумацьким Шляхом.

Карликова еліптична галактика у Стрільці, на думку астрономів, є основною причиною утворення рукавів Чумацького Шляху. Вона також поступово віддає свої зоряні скупчення Чумацького Шляху. Остаточно зіллється через 3 мільярди років.

Велика Магеланова хмара - це найяскравіша галактика серед інших супутників. В даний момент часу, віддаляється від Чумацького Шляху, але через 900 мільйонів років почне наблизитися до самого центру. Через 2,5 мільярда років відбудеться зіткнення. Після 4 мільярдів поглине Чумацьким Шляхом.

Є версія, коли зіткнеться Велика Магеланова Хмара з центром Чумацького Шляху, найпотужніша чорна діра Стрілець А збільшиться в 8 разів. Сонячна система отримає такий імпульс, що вилетить з рідної галактики. Мандруватиме по просторах міжгалактичного простору.

ОПТИЧНІ ЯВИЩА В МИСТЕЦТВІ

Ст.: В.О. Проценко, Є.В. Малюшенко

Кер.: Т.М. Шелест, С.С. Кривоніс

Національний технічний університет «ХПІ»

Важко переоцінити значення світла в нашому житті. Все живе зароджується і розвивається під впливом світла, а людина більшість відомостей про навколишнє середовище одержує за допомогою зорових відчуттів, створюваних світлом. Світло – це електромагнітні коливання, які поширюються у просторі зі скінченою швидкістю, яка становить $3 \cdot 10^8$ м/с. Біле світло складне, його можна розкласти у спектр. Фізик Томас Юнг вказав, що відмінності в кольорі світла пояснюються різними довжинами хвиль. Кожна ділянка спектру характеризується своєю довжиною хвилі. Електромагнітні хвилі не мають кольору. Колір – це суб'єктивна характеристика сприйняття світлової хвилі, яка показує здатність зору розрізнити електромагнітне випромінювання з довжиною хвиль в області видимого діапазону (від 380 до 760 нм). Сприйнятий колір залежить не лише від спектрального складу світла, а й психофізичного стану людини. Розрізняють спектральні (червоний, оранжевий, жовтий, зелений, блакитний, синій, фіолетовий) і не спектральні кольори (наприклад, пурпурний або брунатний), а також ахроматичні кольори (білий, сірий, чорний). Колір предметів визначається їхньою здатністю відбивати світло певних довжин хвиль. Трава і листя найкраще відбивають зелену частину спектра, поглинаючи хвилі всіх інших довжин. Пелюстки червоної троянди, навпаки, відбивають червоний колір, поглинаючи інші. Відбите світло потрапляє на сітківку нашого ока, створюючи відповідне сприйняття.

Серед різноманіття барв, які сприймає наше око, є дуже багато кольорів, які гармонують у парі. Зрозуміти кольорову гаму і принцип гармонічних поєднань найпростіше за допомогою круга Іттена, яким користуються художники і дизайнери в усьому світі. В його основі – трикутник класичної тріади кольорів. На основі їх змішування утворюється вся відома колористична палітра. Кольори, розташовані на крузі Іттена навпроти – антиподи.

Емоційне сприйняття людиною явищ природи знайшли відображення на полотнах художників. Живопис – вид мистецтва, який спрямовано на передачу зорових образів. Твори митців минулих поколінь доводять, що живописці завжди використовували оптичні ефекти. Таким є використання світлотіні. Явище світлотіні безпосередньо залежить від кольору предметів та освітлення. За допомогою розташу-

вання світла з різною силою художник відокремлює предмети на полотні аби вони не зливались один з одним. Цей ефект використовують і для надання графічним об'єктам об'єму. Коли відбивання світла в тіні є рівномірним, то відбувається лише загальне зниження яскравості. На темно пофарбованих предметах при яскравому освітленні краще видно легкі тіні, адже при глибоких тінях світлі деталі є більш насиченими. Чим слабше освітлення, тим менша насиченість кольорів. Світло пишеться глибше, а тіні і півтіні прозора. При надлишку або нестачі освітлення предмети зливаються один з одним та втрачають об'єм.

Прямолінійність поширення світла художники використовували, застосовуючи камеру-обскура. Ймовірно першим для зарисовок пейзажів застосував її Леонардо да Вінчі. А широко серед художників камера-обскура стала використовуватися у XVIII ст.. Всі художники знають, що не можна поряд розміщувати кольори з «маленьким» перепадом у кольорі між собою. Тому, якщо художник малює зелене яблуко, у тінь до яблука він обов'язково помістить мазок червоного. Щоб колір сприймався краще, потрібно додати контраст.

Цікавим є мистецтво оп-арт, де в основі лежать геометричні фігури, розташовані в чіткій математичній проекції так, щоб створювалася ілюзія руху, глибини або коливань. Перші згадки про оп-арт з'явилися в кінці 19 століття. Послідовники оп-арту використовували у своїй творчості оптичні ілюзії, ґрунтуючись не тільки на особливостях сприйняття людським оком плоских і просторових фігур, а також, індивідуальних можливостях людини. Наприклад, розглядаючи чорні і білі концентричні кола, котрі чергуються, людина створює у своїй свідомості ілюзію, що з нізвідки з'являються промені, які перетинають їх, і обертаються на зразок пропелера. Якщо на малюнку зображена пряма, яка перетинає відрізок штрихами, то виникає ілюзія ламаної лінії. Взаємне накладення двох геометричних елементів створює, наприклад, ефект хвилі.

З метою дослідження особливостей та закономірностей оптичних ефектів в мистецтві ми спробували написати картину в стилі оп-арт. Для цього ми поділили аркуш полотна умовно на три зони. Нанесли вертикальні смуги, різної ширини вздовж всього аркуша. А потім наносили перпендикулярні їм смуги. Одержані прямокутники зафарбовувались у шаховому порядку, чергуючи чорний та білий кольори. По завершенні отримали цілісний малюнок, при розгляді якого здається, що зображення рухається.

КОМП'ЮТЕРНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ
ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ



АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ МІЖАТОМНИХ ЗВ'ЯЗКІВ, РОЗІРВАНИХ ПРИ ПЕРЕТИНІ КУБІЧНОЇ КРИСТАЛІЧНОЇ ГРАТКИ ДОВІЛЬНОЮ ПЛОЩИНОЮ

Ст. Бойко А.А.

Кер.: О.А. Галуза, А.О. Савченко

Національний технічний університет «ХПІ»

При формуванні нової поверхні кристала відбувається розрив міжатомних зв'язків. Енергія, що витрачена на формування нової поверхні, називається поверхневою енергією. Поверхнева енергія визначає всі поверхневі властивості матеріалів, тому її розрахунок є актуальним для багатьох задач фізики твердого тіла та поверхні [1].

В рамках моделі розірваних зв'язків, кількість міжатомних зв'язків, що розриваються при формуванні поверхні, є одним з основних параметрів, що визначають поверхневу енергію [2]. Цей параметр залежить від кристалічної орієнтації поверхні і визначає анізотропію поверхневої енергії. Розрахунок кількості розірваних зв'язків є складною задачею навіть для простих решіток і тривіальних орієнтацій площини перетину. Для більш складних випадків ця задача не може бути вирішена без застосування комп'ютера.

Перш за все було створено комп'ютерні 3D моделі всіх типів кубічної ґратки з різними перетинами. Аналіз цих моделей дозволив з'ясувати геометрію ґратки в околиці січної площини, та запропонувати алгоритм підрахунку розірваних зв'язків (PЗ).

На рис. 1 приведена модель ОЦК-ґратки та її перетину площиною (111). Розглянемо довільний атом (показано чорним кубом). Атоми його першої та другої координаційних сфер (КС), окрашені чорним та темно-сірим кольорами, відповідно. Розірвані зв'язки показано штриховими лініями. Видно, що при перетині площиною (111) атом, що лежить у площині поверхні S_1 втратив 4 атоми з першої КС (найближчі сусіди) та 3 атоми з другої КС (наступні найближчі сусіди) (рис. 1а). Однією з проблем при підрахунку кількості PЗ є те, що міжатомні зв'язки рвуться не лише у поверхневих атомах, а й у атомах, що лежать у приповерхневих площинах. Тому розглянемо також атомні шари, паралельні до поверхневого шару та площини, що їм відповідають. Позначимо ці площини через S_i , де $i = 1...N$ - номер площини починаючи з поверхні. Тоді, просуваючись вглиб кристалу бачимо, що

атом у площині S_2 також має розірвані зв'язки: він втратив 1 з найближчих сусідів та 3 з наступних найближчих сусідів (рис. 1б). Аналогічно, атом у площині S_3 втратив 1 з найближчих сусідів (рис. 1в). У атомів з наступних площин РЗ у межах перших двох КС немає. В результаті, для площини (111) і в 1-й КС, і в 2-й КС по 6 розірваних зв'язків.

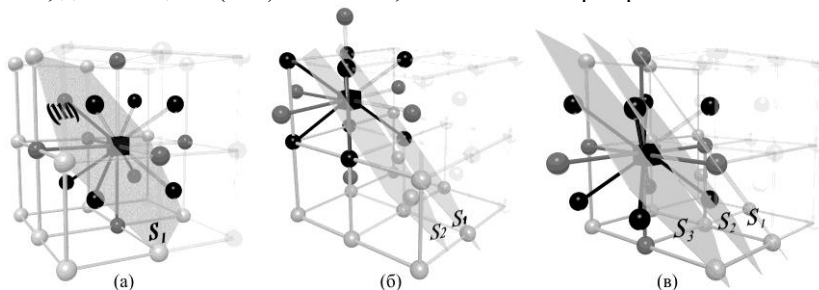


Рис. 1. Модель ОЦК-ґратки та її перетину площиною (111).

Ці міркування були формалізовані у вигляді алгоритму підрахунку кількості РЗ поверхневого атому у залежності від орієнтації січної площини. Аналіз та врахування особливостей кубічної ґратки дозволив створити алгоритм, який оперує лише цілими числами. Тому при розрахунках не виникає проблем, притаманних операціям з плаваючою точкою (втрата точності, помилки округлення тощо), а сам алгоритм є точним.

Крім кількості РЗ, програмне забезпечення, що реалізує створений алгоритм, дозволяє розраховувати ретикулярну щільність, яка є ще одним ключовим параметром, необхідним для оцінки поверхневої енергії у моделі розірваних зв'язків.

Результати роботи можуть бути використано для розв'язання різноманітних задач, пов'язаних з теоретичним аналізом поверхневих процесів.

1. Savchenko A.A., Belyaeva A.I., Galuza A.A., Kolenov I.V. The role of surface energy anisotropy in the formation of a stepped relief of polycrystalline W under sputtering with Ar ions. *J. Appl. Phys.* 2019. Vol. 125. 065307;

2. Belyaeva A.I., Savchenko A.A., Galuza A.A., Kolenov I.V. Surface energy anisotropy for the low-index crystal surfaces of the textured polycrystalline bcc tungsten: experimental and theoretical analysis. *Probl. Atomic Sci. Technol.* 2017. Vol. 5. P. 14–20.

МОДУЛЮВАННЯ ДИФРАКЦІЇ МІКРОЧАСТИНОК

Ст. Д. Музалевська

Кер. С.С. Авотін

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

Відомо, що корпускулярно-хвильовий дуалізм є особливістю не тільки оптичних явищ. Частинки речовини – електрони, протони, нейтрони одночасно з корпускулярними мають і хвильові властивості. Експериментальним доказом цього факту були дослідження Девіссона та Джермера, які в 1927 р. вперше спостерігали дифракцію електронів на кристалічній решітці монокристала нікелю. Потрібно відмітити, що для спостереження дифракції електронів розміри перешкоди повинні бути порівняні з довжиною хвилі де Бройля електрона $\lambda_{\text{дБ}} = h/mv$. Виготовити такий отвір або щілину неможливо через те, що довжина хвилі де Бройля електрона має порядок параметру кристалічної решітки, тому щілиною для електронів є сама кристалічна решітка.

Розглянемо модельний експеримент по дифракції електронів на щілині. Нехай на прямокутну «щілину» шириною $b = 5 - 10$ нм падає пучок моноенергетичних електронів. Після проходження щілини електрони розсіюються на різні кути і попадають в різні точки екрана.

Інтенсивність світла при дифракції на щілині описується формулою:

$$I_{\varphi} = I_0 \frac{\sin^2(0,5kb \sin \varphi)}{(0,5kb \sin \varphi)^2} = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \varphi\right)}{\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \varphi\right)^2},$$

де I_{φ} – інтенсивність світла в деякій точці екрана, I_0 – максимальна інтенсивність, $k = 2\pi/\lambda$ – хвильове число, φ – кут розсіювання.

Якщо замінити інтенсивність світла в деякій точці екрана на кількість електронів N_{φ} , максимальну інтенсивність світла на кількість електронів, що розсіялася на кут φ а довжину хвилі світла на довжину хвилі де Бройля $\lambda_{\text{дБ}} = h/mv$, тоді відносно число електронів, які розсіюються на кут φ описується рівнянням:

$$\frac{N_\varphi}{N_0} = \frac{\sin^2\left(\frac{\pi b}{\lambda_{\text{об}}}\sin\varphi\right)}{\left(\frac{\pi b}{\lambda_{\text{об}}}\sin\varphi\right)^2} = \frac{\sin^2\left(\frac{\pi b m v}{h}\sin\varphi\right)}{\left(\frac{\pi b m v}{h}\sin\varphi\right)^2},$$

де h – стала Планка, φ – кут розсіювання, m – маса електрона, v – швидкість електрона.

Кути розсіювання мінімальної кількості електронів можна знайти з умови:

$$\frac{\pi b m v \sin\varphi}{h} = n\pi, \quad \text{де } n = 1, 2, 3, \dots$$

Умови мінімумів для дифракції електронів на «щілині»:

$$b \sin\varphi = \frac{nh}{mv} = n\lambda_{\text{об}}.$$

Положення мінімумів відносно центру екрана описується формулою:

$$y = L \tan\varphi = L \frac{\sin\varphi}{\sqrt{1 - \sin^2\varphi}} = L \frac{nh}{\sqrt{b^2 m^2 v^2 - n^2 h^2}},$$

де L – відстань від щілини до екрану.

Якщо пропускати електрони одночасно через дві «щілини» то дифракційна картина виявиться принципово іншою: крива розподілу електронів не буде геометричною сумою кривих, що відповідають проходженню електронів через одну з щілин. Залишається припустити, що електрони немов би «обмацують» перешкоди перед собою і рухаються з урахуванням цієї інформації. Таке припущення суперечить «здоровому глузду», але відповідає експериментальним даним, що електрон має хвильові властивості.

При модулюванні процесу дифракції електронів рекомендується використовувати значення величин приведені в табл.

№	b , нм	U , ММ/с	L , м	№	b , нм	U , ММ/с	L , м
1	6	1,0	0,8	5	10	1,0	0,9
2	8	2,0	0,7	6	9	4,0	0,7
3	7	5,0	0,9	7	8	2,0	1,0
4	9	3,0	1,0	8	7	5,0	0,8

1. Ландсберг Г.С. Оптика. – М.; Наука, 1976. – с.150-172.
2. Борн М. Основи оптики. – М.; Наука, 1970. – с. 404-470.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ПО ВИЗНАЧЕННЮ МІКРОТВЕРДОСТІ

Ст. М.Р. Іюльський

Кер.: Н.Л. Дьяконенко, К.О. Хацько
*Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”*

Моделювання даних фізичного експерименту набуває поширення завдяки розвитку комп'ютерних технологій. До вирішення проблем матеріалознавства застосовуються математичні статистичні методи.

Наприклад, у процесі механічних випробувань або у важких експлуатаційних умовах можуть утворюватися нові фази, притаманні тільки даному виду зовнішнього впливу [1]. При наявності багатозафазної структури використання методу мікротвердості надає результати вимірювань, які не завжди відповідають кількісному та якісному фазовому складу. В цьому плані моделювання розподілення мікротвердості фазових складових представляє не тільки практичний, але й науковий інтерес, оскільки дозволяє отримати непрямі дані про процеси, які відбуваються.

Моделювання експериментальних даних значень мікротвердості хромонікелевої сталі у початковому, загартованому стані та після механічних випробувань на тертя проводилось за допомогою математичних методів програмного пакету Microsoft Excel [2].

Моделювання розподілення вимірювань мікротвердості здійснювалось у такій послідовності.

1. Задавали необхідні характеристики статистичного ряду: середнє значення, середнє квадратичне відхилення, проміжок генерації значень.

2. Згенерували ряд випадкових чисел з нормальним розподілом. При цьому використовували вбудовані функції бібліотеки Excel

3. Підготували таблицю, в якій задали проміжки значень мікротвердості і частоту потрапляння вимірювань в ці проміжки. За її допомогою побудували гістограму випадкового ряду.

4. Побудували криву нормального розподілу ймовірності випадкового ряду з використанням раніше визначених ймовірнісних характе-

ристик ряду. В якості параметрів використовували такі характеристики: межі інтервалів, середнє значення, стандартне відхилення.

5. Криву нормального розподілу і гістограму побудували на одній діаграмі для порівняння між собою.

Розрахунки показали, що як у початковому, так і загартованому станах набір значень мікротвердості феритне – мартенситної матриці описується кривою нормального розподілення ($A = 0$). Однак, крива розподілення для загартованого зразка має більшу дисперсію (у початковому стані 29, у загартованому – 47).

Цей факт можна пояснити тим, що лише частина зерен випробує мартенситне перетворення внаслідок гартування, та їх мікротвердість зростає. Інша частина зерен зберігає структуру фериту. Середнє значення зростає від 336 кг/мм^2 у початковому стані до 510 кг/мм^2 у загартованому.

Зовсім інший вигляд мають криві розподілення значень мікротвердості зразків, які пройшли механічні випробування на тертя. Для них криві розподілення значень мікротвердості мають деяку асиметрію. При цьому для феритне – мартенситної матриці асиметрія позитивна ($A = 0,59$), а для білої зони – негативна ($A = -0,59$). Це свідчить про те, що утворенню білої зони передують підвищення напруженого стану матриці до певного рівня, тобто вона утворилася внаслідок поступової зміни стану матриці.

Отримані результати моделювання розподілення мікротвердості можна використовувати для визначення зносостійкості вузла тертя, яка в значній ступені залежить від структури матеріалу пар, які труться. При виборі матеріалів для пар тертя вже недостатньо враховувати тільки вихідну структуру металу, оскільки під дією сили тертя у важко навантажених вузлах відбуваються процеси, які призводять до істотної зміни структури та фазового складу матеріалів. При цьому зносостійкість, довговічність і надійність пар тертя визначаються структурою металу, яка сформувалася в процесі приробітки.

1. Чичинадзе А.В. Основы трибологии (трение, износ, смазка): учебник для технических вузов. – М.: Машиностроение, 2001. – 664с.

2. Борздова Т. В., Основы статистического анализа и обработка данных с применением Microsoft Excel. Учебное пособие – Минск. ГИУСТ БГУ, 2011. –75 с.

ФІЗИКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

Ст. І.А. Бобошко

Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс

Національний технічний університет «ХПІ»

Комп'ютерні ігри - одне з найбільш перспективних і в той же час популярних захоплень сучасних людей. Зараз більшість людей хоч раз грали в комп'ютерні ігри але не всі замислювались що тут є фізика.

Першим прикладом можна взяти електронний пінбол, такі ігри як Extreme Pinball (1995), Digital Pinball: Last Gladiators (1995). В них моделюються звичайнісінькі закони Ньютона, звичайна механіка, пружні зіткнення, але при цьому моделюються бампери, пандуси, флиппери різної щільності і з різних матеріалів, що робить результат удару менш передбачуваним для звичайних людей.

Другим прикладом можна взяти "артиллеристские" ігри, такі як всесвітньо популярна серія ігор "Angry Birds" (2009) , серія ігор "Worms", гра "Scorched Earth" (1991), "Gorillas" (1990-1991). Мета ігор досить проста для розуміння, але через це не менш складна. З певного знаряддя гравець задає швидкість, висоту і напрямком пострілу снаряду і потрапити в певну точку, але при цьому гра модулює вплив на тіло опору повітря, гравітацію та безліч різних параметрів.

Третім прикладом можуть послужити симулятори машини, гонок. У сучасних симуляторах, таких як: "Dirt 4" (2011), "GTR 2 - FIA GT Racing Game" (2006), "F1 2019", "Drift19" враховується симуляція тертя, зносу, температури, тиску шин, взаємодія з різними видами трас, різна поведінки автомобіля на різних дорожніх покриттях та аеродинаміка машини.

Багато уваги в комп'ютерних іграх приділяється механіці твердого тіла, що деформується, а саме взаємодія персонажа гри з навколишнім світом, його складовими та іншими персонажами. В них є і повноцінні фізичні моделі об'єктів, і разрушаемость, навіть спосіб стрільби з вогнепалу був максимально інтерактивним. Ця гра змусила розробників і видавців придивитися до перспектив, які відкриває реалістична фізика.

Фізика може дати нам набагато більше, ніж красиві і плавні рухи героїв, а також анімації. Деякі з провідних розробників ігор вказують на те, що вони широко використовують фізику через її здатності привносити в ігри щось нове. Вона непередбачувана і втручається в звичний хід речей, але вона не виглядає нечесною.

ІСТОРІЯ ФІЗИКИ ТА ВИНАХОДІВ



ВІЙНА СТРУМІВ: ПРОТИСТОЯННЯ ТОМАСА ЕДІСОНА ТА НІКОЛИ ТЕСЛИ

Ст. Я.В. Олійник

Кер. І.В. Галуцак

Національний технічний університет «ХПІ»

В наш час, людство не може уявити своє життя без користування електроенергією, яка живить наші гаджети та автомобілі, які здатні проїхати велику відстань, важко уявити собі, що якихось 100 років тому електрична лампочка могла працювати всього 40 годин і на постійному струмі. Змінний струм був лише в думках геніальних вчених. Для його появи треба було здійснити технічну революцію.

Переваги змінного струму здаються більш очевидними, проте у 80-х рр. XIX ст. із-за питання, який струм краще і як вигідніше передавати електроенергію, почалося жорстке протистояння між двома талановитими винахідниками американцем Томасом Едісоном та сербом Н.Теслою. Все почалося в 1878 р. Американський винахідник Т. Едісон заснував власну компанію «General Electric», яка повинна була розв'язувати проблему електричного освітлення в побуті. Ціль була проста: витіснити газовий ріжок, але для цього електричне світло повинне стати більш дешевим та доступним для всіх. Передбачаючи свої майбутні відкриття Едісон сказав: «Ми зробимо електричне освітлення настільки дешевим, що тільки багаті будуть палити свічки». Спочатку вчений розробив план центральної електростанції, накреслив схеми підведення ліній електропередач до будинків і фабрик. У той час електрику отримували за допомогою динамо-машин, що приводилися в рух паром. Потім Едісон приступив до вдосконалення електричних лампочок, прагнучи продовжити їх дію. Перебравши понад 6 тисяч різних зразків для нитки розжарювання, Едісон нарешті зупинився на бамбуку. 27 січня 1880 р. Едісон отримав патент на свою лампу термін життя якої був фантастичним - 1200 годин. Трохи пізніше вчений запатентував всю систему виробництва і поширення електроенергії в Нью-Йорку. У той рік, коли Едісон зайнявся освітленням американського мегаполіса, Н. Тесла поступив в Празький університет. На другому курсі свого навчання в університеті в 1881 р Теслі приходить ідея індукційного генератора змінного струму. Професор цього університету Пешль з яким Тесла поділився своєю новаторською ідеєю, вважав її повною маячнею. Проте слова професора тільки підбадьорили молодого винахідника. Тесла не зміг продовжити своє навчання в університеті із-за нестачі коштів, тому в 1882 р. він їде працювати інженером-електриком в Будапешт, де була створена перша модель генератора

Тесла. Винахідник хотів щоб його ідею сприйняли. «Напевно, найвірніший спосіб обговорити даний винахід з великим винахідником в області електротехніки Т. Едісоном» роздумує Тесла у своєму щоденнику. Не довго думаючи він розпродав все своє майно і вирушає до Америки до легендарного Т. Едісона.

Прибувши в Нью-Йорк в 1884 р., Тесла приступає до роботи в компанії «Edison Machine Works» в якості інженера з ремонту двигунів-генераторів постійного струму. Тесла відразу ж поділився з Едісоном своїми думками щодо змінного струму, але американського вченого ідеї сербського колеги не надихнули він дуже несхвально відгукнувся і порадив Теслі займатися на роботі суто професійними справами, а не особистими дослідженнями. Рік по тому Едісон пропонує Теслі конструктивно поліпшити машини постійного струму і за цей обіцяє премію в 50 тисяч доларів. Тесла тут же взявся до роботи й дуже скоро надав 24 варіанти нових машин Едісону, а також новий комутатор і регулятор. Едісон роботу схвалив, але гроші платити відмовився пожартувавши при цьому, що емігрант погано розуміє американський гумор. Після цього випадку вони остаточно і назавжди посварилися. Н. Тесла до кінця своїх днів не міг пробачити «королю винахідників» цей злий жарт з глузуванням. У грудні 1915 р. Тесла відмовився прийняти дійсно заслужену їм Нобелівську премію з фізики, присуджену йому Шведською Академією наук спільно з Т. Едісоном за піонерські роботи в області багатofазних електричних машин. Пізніше в 1916 р. Н. Тесла про Т. Едісона скаже наступне: «Едісон не був вченим, а лише здатним винахідником, організатором наукової і комерційної діяльності великих колективів».

Едісон був впевнений в тому, що постійний струм краще ніж змінний. Він заявив «Змінний струм - це дурниця, що не має майбутнього». Інший американський підприємець, винахідник та засновник компанії «Westinghouse Electric Corporation» Джордж Вестінгауз побачив недоліки у використанні постійного струму. При передачі постійного струму значна кількість електроенергії втрачається. Струм з електростанції Едісона, виробляли напругу 110 вольтів, ефективно передавався лише на відстань трохи більше півтора кілометра. Ліквідувати цей недолік можна було, використовуючи мідні дроти дуже великого перерізу або будуючи безліч локальних електростанцій. Обидві перспективи виявилися не надто вигідними через їх складність і високу ціну. Відвідавши у травні 1888 р. виступ вченого на тему: «Нова система машин змінного струму і трансформаторів» в Американському інституті інженерів-електриків. Виступ Н. Тесли вразив Дж. Вестінгауза і з того часу він стає союзником серба в «війні» проти постійного струму і Т. Едісона. Отримавши матеріальну незалежність завдяки фінансовій підтримці свого «патрона» Дж. Вестінгауза, Н. Тесла в

зайнявся експериментальними дослідженнями в області електричних машин змінного струму та в 1888 р. запатентував індукційний двигун.

У 1887 р в США вже працювало понад 100 електростанцій постійного струму, однак процвітання компанії Едісона повинен був настати кінець. Винахідник розумів, що знаходиться на межі фінансового краху, а тому вирішив подати до суду на Westinghouse Electric Corporation за порушення патентних прав. Після того, як всі ці судові позови були відхилені, він перейшов до «чорного» піару. Його головним козирем був той факт, що змінний струм дуже небезпечний для життя. Спочатку Едісон зайнявся публічною демонстрацією вбивств тварин електричними розрядами, а потім йому підвернувся дуже вдалий випадок. Губернатор Нью-Йорка захотів знайти гуманний спосіб страти, альтернативу повішення Едісон тут же заявив, що самої людяною вважає смерть від змінного струму. Хоча особисто він виступав за скасування смертної кари, проте вирішити проблему вдалося.

Для створення електричного стільця Едісон найняв інженера Гарольда Брауна, який пристосував для каральних цілей генератор змінного струму Вестінгауза. Едісон купив три генератори через підставних осіб. Вестінгауз найняв засудженим до смерті найкращих адвокатів, одного зі злочинців вдалося врятувати, смертну кару йому замінили на довічне ув'язнення. Найнятий Едісоном журналіст опублікував величезну статтю в якій звинуватив Вестінгауза, що через нього помирили страчені в страшних муках. У 1893 р Вестінгауз і Tesla виграли замовлення на освітлення Чиказької ярмарки. 200 тисяч електричних лампочок працювали від змінного струму, а через три роки тандем вчених змонтував на Ніагарському водоспаді першу гідросистему для безперервного живлення змінним струмом міста Буфало.

Боротьба двох ділових людей завершилася, її результат визначили міркування економічної вигоди від використання змінного струму. Tesla і Вестінгауз виграли «війну струмів». Всі справи в «General Electric» Едісон передав в руки професійних менеджерів. Скриплячи зубами він змушений був визнати поразку і назвав свій виступ на підтримку постійного струму найбільшою помилкою у своїй кар'єрі.

1. Скарлет Хакинг. Tesla против Эдисона. Война великих изобретателей. Москва, 2009. 480 с.

2. Joel Martin, William J. Bimes. Edison vs. Tesla: The Battle over Their Last Invention. New York, 2017. 296 p.

КРАПЛІ ПРИНЦА РУПЕРТА

Ст. Д.С. Заратуйченко

Кер. Н.Б. Фатьянова

Національний технічний університет «ХПІ»

Батавські слізки, також болонські склянки, краплі принца Руперта (англ. Prince Rupert's drops) - застигли краплі загартованого скла, що мають надзвичайно високу внутрішню механічну напругу.

Принц Руперт, він же герцог Рупрехт фон дер Пфальц, привіз в Лондон скляні відливання у формі крапель з довгими викривленими хвостиками. Піднісши їх в дар королеві, Руперт розповів, що це - недавній германський винахід, і що міцність скляних крапель перевершує міцність сталі. Спосіб виробництва Руперт від короля приховав, пославшись на незнання. Карл II віддав отримані краплі на аналіз в Королівське Наукове Товариство. З цієї миті і почалася слава крапель Руперта. Міцність небачених доти стекол здивувала англійських учених. Міцність скляних крапель Руперта була, проте, нерівномірною. Якщо голівка краплі витримувала будь-який удар, хвостик - особливо кінчик хвостика - відрізнявся високою уразливістю. Найдивніше, що руйнування хвостика вело до моментального розпаду усього скляного відливання! Члени Королівського Наукового Товариства розіслали листи з питанням про природу незвичайного скла в усі доступні межі. Популярність незвичайної іграшки серед лондонської знаті стала рости. Принц Руперт зробив непоганий бізнес, то продаючи дивовижні скляні краплі за дорого, то зміцнюючи зв'язки за допомогою цікавих подарунків. Принц ніколи не наполягав на своєму авторстві забавної дрібнички, а честь винаходу скляних крапель приписував німецьким ремісникам. З'ясувалося, проте, що у близькій Голландії подібна дивина знає давно - знають і роблять на потіху публіці. Мало того, голландці возять краплі скла по світлу, і скрізь їх звать "батавськими слізками", на ім'я верфі "Батавія" на березі затоки Зейдерзее. За відомостями, отриманими від голландців, данці почали бавитися краплями Руперта раніше німців - але в Данію секрет виготовлення міцних скляних відливань прийшов з Італії. Увесь південь Європи знає їх як "болонські склянки" і нічого складного у виготовленні крапель із скла не бачить. Щоб отримати краплі характерної форми і небувалої міцності, повідомили склороби, досить розігріте до текучої в'язкості скло крапнути в ємність з холодною водою. Затверділе відливання і є болонська склянка, вона ж крапля Руперта - з точки зору серйозних ремісників порожня дрібниця і перевод дорогого матеріалу. Провівши ряд до-

слідів, учені лондонського Королівського Суспільства визначили: для отримання найбільш вдалих крапель Руперта скло слід брати найчистіше, і нагрівати його не вище чим до міри повного розм'якшення - крапля, що інакше впала у воду, покривається тріщинами. Міцність краплі Руперта зовсім не безмежна, і усього лише вчетверо перевищує міцність скла, що виготовляється по звичайних технологіях. Проте показники міцності сильно залежать від складу скляної шихти, і щільне кварцеве скло в загартованому виді і краплинній формі дійсно здатне протистояти ударам ковальського молота. Фізика пояснює появу крапель Руперта результатом давно відомого загартування - технології, широко застосованої до виробів із сталі, але що в даному випадку стосується скла. Аморфне по своїй структурі, напіврідке скло твердне без кристалізації, але зі зменшенням об'єму. Швидке остидження скляної краплі в середовищі, що ефективно знижує температуру, призводить до ущільнення зовнішніх шарів тіла, стискування масиву з одночасним розтягуванням ще гарячої серцевини відливання. Але якщо надламати хвостик, крапля миттєво розлітається на дрібні уламки. Загадкова поведінка звичайного скла стала зрозумілою тільки через сотні років. Коли краплі скла, розплавленого при температурі 400-600 градусів, падають у воду, їх зовнішній шар різко охолоджується і стискається. При цьому він сильно здавлює внутрішню частину краплі, так що вона давить зсередини на поверхню краплі, подібно до стислого газу у балоні. Ця-то внутрішня напруга і протидіє силі удару. Відламаний хвостик руйнує поверхневий шар, і "слізку" розносить в пил внутрішній тиск. Фронт "вибуху" рухається по краплі з великою швидкістю 1,2 км/з (швидкість звуку в повітрі 0,34 км/з, швидкість детонації вибухівки 2-9 км/с). Якщо досвід проводиться в темряві, помітна також трибололюмінесценція. Виникає вона, на відміну від звичної люмінесценції, не в товщі матеріалу, а в пограничному середовищі. Блакитнувато-червоні спалахи є світіння атомів атмосферних газів, що збуджуються слабкими електричними розрядами. Генерується електрика молекулами кварцу, що випробовують механічне навантаження.

1. Транковский.С. Батавские слёзки // Наука и жизнь. — 2006. — № 2. <https://www.nkj.ru/archive/articles/4087/>
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Батавские_слёзки#Ссылки
3. Капля Руперта – что это ?<https://finesell.ru/zagadki-gipotezi/kapla-ruperta.html>

**ЛЕВ ВАСИЛЬОВИЧ ШУБНИКОВ — ЗАСНОВНИК
ХАРКІВСЬКОЇ ШКОЛИ ФІЗИКИ І ТЕХНІКИ
НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР**

Ст. В. Алексенко

Кер.: С.Д. Гапченко, С.С. Ткаченко

Національний технічний університет «ХПІ»

Лев Васильович Шубников — один із найяскравіших вчених ХХ ст. — видатний український вчений з трагічною долею.

Лев Васильович Шубников народився 29 вересня 1901 р. у Санкт-Петербурзі у сім'ї бухгалтера і домогосподарки. Ще у роки навчання у гімназії він зрозумів, що його покликання — фізика. У 1918 р. по закінченню гімназії Лев Шубников вступає на фізико-математичний факультет Петроградського університету. Він був єдиним студентом-фізиком набору цього року. У 1921 р. він вимушено перервав навчання, а у 1922 р. поновив навчання вже як студент фізико-технічного факультету Політехнічного інституту. Навчання в інституті Лев Васильович поєднував із успішною роботою у лабораторії І.В. Обреїмова у Фізико-технічному інституті. По закінченню інституту він мав дві солідні наукові праці у співавторстві з Обреїмовим, тому продовжив роботу у Фізико-технічному інституті. У 1926 р. директор Фізико-технічного інституту А.Ф. Іоффе командирє Л.В. Шубникова на стажування у Лейденську лабораторію низьких температур. Ця лабораторія була заснована Нобелівським лауреатом Г. Камерлінг-Оннесом і мала багаті традиції. У Лейденській лабораторії він працював у відділі В.Й. де Гааза. Девізом лабораторії були слова «Через вимір — до знання» і дуже велика увага приділялася саме точності вимірів і чистоті зразків, які досліджувалися. Цей період відіграв величезну роль у формуванні Шубникова як фізика-експериментатора. За пропозицією де Гааза Лев Шубников почав вивчати властивості вісмуту у магнітному полі при низьких температурах. Дослідження тривали чотири роки. Головний результат досліджень — відкриття нового явища на чистих (з мінімально можливою у тих умовах концентрацією дефектів і домішок) кристалічних зразках вісмуту: низькотемпературних осциляцій опору вісмуту у магнітному полі. Це відкриття відоме як «ефект Шубникова — де Гааза». Але відкриття було не на часі і отримало заслужену оцінку лише через 30 років.

Л.В. Шубников працював у Лейденській лабораторії протягом чотирьох років. У ці роки там також працював П.С. Еренфест — заведу-

вач кафедри теоретичної фізики Лейденського університету, який проводив всесвітньовідомі семінари з теоретичної фізики. Лев Васильович брав участь у роботі цих семінарів і, завдяки цьому, познайомився з багатьма видатними фізиками: А. Ейнштейном, М. Планком, М. Борном, А. Зоммерфельдом, В. Паулі, П. Дебаєм, Е. Шредінгером, П. Діраком та інш.

У 1930 р. Л.В. Шубников повернувся до СРСР і отримав пропозицію займатися науковою роботою в Українському фізико-технічному інституті, який знаходився у Харкові. Спочатку він працював старшим фізиком, а з 1931 року очолив криогенну лабораторію. У становленні цієї лабораторії значну допомогу надали співробітники Лейденської лабораторії, зокрема Е. Вірсма, який часто приїздив до Радянського Союзу.

За роки діяльності в УФТІ (до 1937 р.) Л.В. Шубниковим було отримано низку фундаментальних результатів: **1931 р.** — отримано рідкий водень; **1932 р.** — отримано рідкий гелій; **1934 р.** — експериментально доведено ідеальний діамagnetизм чистих надпровідників (із Ю.М. Рябініним); виявлено антиферромагнітний фазовий перехід (стрибок теплоємності) у шаруватих хлоридах перехідних металів (із О.М. Трапезниковою); досліджено рівновагу між газоподібною і рідкою фазами у газових сумішах (із О.М. Трапезниковою); отримано температурну залежність в'язкості рідких азоту, кисню, окису вуглецю, метану, аргону, етилену (із М.С. Руденко); **1935 р.** — експериментально відкрито надпровідники другого роду (із В.І. Хоткевичем, Ю.Д. Шепелевим, Ю.М. Рябініним); **1936 р.** — виміряно магнітний момент протону (із Б.Г. Лазарєвим); досліджено поглинання нейтронів при низьких температурах у водні, срібні, борі і кадмії (із В.Г. Фомінім, Ф.Г. Хоутермансом, І.В. Курчатовим, А.І. Лейпунським, Л.І. Русиновим, Г.Я. Щепкінім); отримано перший доказ гіпотези Сільбі про природу руйнування надпровідності струмом; **1937 р.** — відкрито проміжковий стан у надпровіднику у магнітному полі (із І.Є. Нахутінім); виявлено проміжковий стан у надпровіднику із струмом (із Н.О. Алексєєвським), ідентифіковано магнітний характер фазового переходу у хлоридах перехідних металів (із С.С. Шалитом); досліджено фазовий перехід у твердому метані при високому тиску (із О.М. Трапезниковою, Г.О. Милютінім).

Л.В. Шубников був не тільки талановитим вченим, але й прекрасним організатором і керівником. Він створив першу у Радянському Союзі школу фізиків-криогенщиків. Зокрема, його учнями були академік Л.Ф. Верещагін, член-кореспондент Української АН В.І. Хоткевич, доктора фізико-математичних наук Ю.Н. Рябінін, О.М. Трапезнікова,

А.К. Кикоїн, С.С. Шалит *та інші*. За ініціативою Л.В. Шубникова була створена Дослідна станція глибокого охолодження — унікальне науково-технічне підприємство нового типу, в якому органічно поєдналися фундаментальні і прикладні роботи. У повоєнні роки аналогічні підприємства були створені на тих же принципах у всіх провідних країнах світу.

Здавалося, що доля йому усміхається і попереду його чекають нові наукові відкриття і звершення.

Але у 1937 р. життя Л.В. Шубникова трагічно обірвалося. 6 серпня 1937 р. його арештували. Слідство велося спочатку у Харкові, а потім у Москві. 28 жовтня 1937 р. він був засуджений на десять років ув'язнення без права листування. Згідно з архівно-слідчими документами він був розстріляний 10 листопада 1937 р. (архівна справа 012501). Вирок був підписаний наркомом внутрішніх справ М.І. Єжовим і прокурором СРСР О.Я. Вишинським. Після арешту Льва Васильовича позбавили прав на всі публікації. Чимало статей, написаних під його керівництвом і за його участю, були надруковані без його прізвища. Його жінка О.М. Трапезникова зазначала, що ніхто з його близьких так і не дізнався, чому його арештували і за що його засуджено. У липні 1957 р. він був посмертно реабілітований. Тоді й виявилось, що був він звинувачений по статтям 54-11, 54-6, 54-7 КК УРСР. Із обвинувального заключення [1] «.. У 1923 р., перебуваючи у Берліні, був завербований агентом німецької розвідки Десслером та із шпигунським завданням направлений до СРСР...був завербований Вайсбергом до контрреволюційної троцькістської шкідницької організації, яка існувала в УФТІ. Шубников особисто завербував до організації спеціалістів УФТІ Горського (арештований), Ландау і Бриліантова (не арештовані)...»

Лев Васильович Шубников пішов з життя не встигши повністю реалізувати свій безцінний науковий потенціал. Але його блискучі роботи увійшли до золотого фонду фізичної науки і його справу достойно продовжили його учні.

[1] Лев Васильевич Шубников. Открытый список. [<https://ru.openlist.wiki>]

[2] Таньшина А.В. Нариси з історії сучасної фізики. Книга 1: Харків. Харків: Квант. – 2007. – 552 с.

[3] Алексеевский Н.Е. Лев Васильевич Шубников // УФН. 1982. Т. 137. вып. 3. С. 467-473.

ІВАН ПУЛЮЙ – ПЕРШИЙ УКРАЇНСЬКИЙ ФІЗИК СВІТОВОГО РІВНЯ

Ст. П.Р. Орехова

Кер. І.В. Галушак

Національний технічний університет «ХПІ»

Серед українських вчених, що сягнули вершин світової науки, одне з почесних місць належить Іванові Пулюєві. Численні зарубіжні публікації свідчать про популярність в Чехословаччині та Австрії імені Івана Пулюя – як талановитого й невтомного фізика, електротехніка, педагога, громадського діяча, публіциста й перекладача. Яким же був життєвий і творчий шлях вченого? Народився Іван Пулюй 2 лютого 1845 р. в містечку Гримайлові в сім'ї землеробів. Закінчивши Тернопільську гімназію, він поступає у 1864 р. на теологічний факультет Віденського університету. Одночасно відвідує лекції з математики, фізики та астрономії. Ці науки так захопили його, що по закінченні курсу богослов'я він замість вигідного сану священника обирає, всупереч волі батьків, скромне звання студента філософського факультету Віденського університету. Завершивши в 1872 р. навчання, працює деякий час асистентом експериментальної фізики цього ж університету, а з 1873 по 1875 р. — асистентом-викладачем кафедри фізики, механіки та математики Військово-морської академії. За короткий час молодий вчений здобув авторитет і підняв роботу фізичної лабораторії на високий рівень. Восени 1875 р. він виїздить до Страсбурга, щоб в університеті вивчати нову галузь науки — електротехніку. Там у цей час працював відомий експериментатор Август Кундт, а також ровесник Пулюя — Рентген. У 1877 р. Пулюй захищає з відзнакою дисертацію і дістає ступінь доктора філософії Страсбурзького університету. Повертається до Відня, читає лекції з нового на той час предмета — молекулярно-кінетичної теорії газів та механічної теорії теплоти. Матеріальна скрута примушує Пулюя змінити напрямок наукової діяльності: він активно працює над проблемами електротехніки. У 1882р. обіймає посаду технічного директора електротехнічного бюро у Відні, потім працює технічним консультантом однієї з промислових електротехнічних фірм і директором фабрики електроламп власної конструкції. Привернувши до себе увагу винаходами та апаратами, одержує у 1884 р. посаду професора експериментальної та технічної фізики у

Німецькій вищій технічній школі у Празі, де й працював до виходу на пенсію.

Іван Пулюй — блискучий педагог, лектор. На 1889/1890 навчальний рік його обирають ректором, а в 1902 р. він стає першим деканом першого в Європі електротехнічного факультету, забезпечуючи найвищий рівень наукових досліджень у своїй лабораторії. Тут працювали не тільки викладачі й студенти-політехніки, а й професори інших закладів; як чеських, так і німецьких. Маючи глибокі знання, та веселу вдачу, наділений красномовством, професор Пулюй здобуває неабиякий авторитет серед учених, громадських діячів, промисловців. Характерною рисою наукової творчості Пулюя є те, що об'єктом його уваги завжди були проблеми, які перебували на передньому краї фізичної науки та технічного прогресу: молекулярна фізика (сімдесяті роки), катодні промені (початок вісімдесятих), електротехніка, властивості та природа рентгенівських променів. Творча спадщина Пулюя вражає своїм розмаїттям у кожній із зазначених вище основних сфер. Пулюй як фізик — це віртуозний конструктор і експериментатор. Він і блискучий популяризатор, що зумів поєднати у своїх лекціях, статтях і брошурах наукову строгість з прекрасним літературним стилем. Найважливіші досягнення Пулюя в галузі фізики стосуються катодних та X-променів. Пулюєві праці пробивали шлях до епохальних відкриттів кінця XIX століття, а саме X-променів та електронна як складової частинки атомів усіх речовин. Великі заслуги Пулюя в дослідженні та практичному використанні самих X-променів, і це дає підстави вважати його співзасновником рентгенології у широкому сенсі цього поняття — як наука про невидимі X-промені, їхню природу і сфери застосування. Він домігся найвищої на той час якості X-променевих фотографій, опублікованих у європейській пресі. А виконана у США одним з Пулюєвих електровакуумних апаратів рентгенограма вперше у світі зафіксувала перелом людської кінцівки. Важливо також відзначити, що Пулюєві належить перша вдала спроба з'ясувати механізм виникнення рентгенівських променів. Для порівняння зауважу, що Рентген протягом десяти років після відкриття електрона не вірив у його існування й тому не зміг зрозуміти механізм утворення X-променів. Рентген надавав значення тільки фактам, а не їх поясненню, він заперечував вивчення механізму явищ, в тому числі й нововідкритих променів. Пулюй же прагнув зрозуміти мікроскопічні (на атомно-молекулярному рівні) процеси, що приводять до спостережуваних на досліді макрос-

копічних явищ, пов'язаних з рентгенівськими променями. Підсумовуючи порівняльний аналіз публікацій Рентгена і Пулюя, можна твердити, що вже через півтора місяця від першого повідомлення Рентгена і до появи його другої статті Пулюй подає до друку ґрунтовну працю, присвячену вивченню Х-променів, що містила не тільки нові важливі експериментальні результати, але й значно глибше, порівняно з Рентгеном, пояснювала природу та механізм виникнення цих променів. Кожному, хто захоче прочитати оригінальні статті Рентгена і Пулюя, стане ясно, що такі похвали треба було б розділити між двома вченими, а можливо, і переадресувати на нашого земляка.

Іван Пулюй був також одним із піонерів у бурхливому розвитку електротехніки, а отже, і промислової революції на переломі ХІХ і ХХ століть. Досліди Пулюя з газорозрядними трубками дали йому змогу встановити ряд нових наукових фактів. Виготовляючи власноручно всі скляні частини апаратури, І. Пулюй робить великий внесок у розвиток вакуумної техніки. Сконструйовані Пулюєм газорозрядні трубки різних типів експонувалися на міжнародних виставках, де привертали до себе велику увагу і були відзначені преміями, а одна з різновидностей трубок Пулюя була фактично першою у світі «рентгенівською» трубою, хоча було сконструйована за 14 років до винайдення Х-променів.

Окремо треба сказати про напружену і плідну, упродовж усього життя, діяльність Івана Пулюя, спрямовану на національне відродження України. Про ту роль, яку відіграло в його житті служіння українській національній ідеї, можна судити з висловлювання самого Пулюя: “Електротехніка, та найновіша в величава наука, на котрої полі я чимало потрудився, близька і дорога мому серцю, але ще ближша і дорожша наша мова, наша література і доля народу нашого”.

1. Л. Оленич. Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України: Бібліографічний покажчик – Тернопіль: ТНТУ, 2010. – 84 с.

2. С. Нагорняк, М. Медюх. Фізико-технічні ідеї Івана Пулюя – Тернопіль: Джура, 1999. – 212 с.

3. Іван Пулюй – перший український фізик світового рівня.
URL:<https://works.doklad.ru/view/etHRL7vUThE.html>

ШВИДКІСТЬ СВІТЛА- ПЕРША ФУНДАМЕНТАЛЬНА КОНСТАНТА

Ст. А.В. Новикова

Кер. К.О. Мінакова

Національний технічний університет «ХПІ»

Серед невдач Галілея одна настільки повчальна, що язик не повертається назвати її невдачею.

У своїй останній книзі Галілей розповів про спробу виміряти швидкість світла, і, судячи з усього, приводом для відкриття стала спроба вимірювання іншої швидкості- швидкості звуку. Це, звичайно, «дві великі різниці». Почувши відлуння свого голосу, легко зрозуміти, що звук повернувся через маленький, але помітний час, і, це означає, що він поширюється не миттєво, а з якоюсь, нехай і великою швидкістю. Однак в повсякденному житті немає ніяких ознак того, що і світлу потрібен якийсь час на подорож від джерела світла до освітленого предмета. Аристотель підвів філософські висновки: «світло - це присутність чогось, а не рух чого-небудь». Так само думали і все колеги-сучасники Галілея. Він першим вжив вислів «швидкість світла».

Миттєвість - або нескінченна швидкість-світла передбачалась і в перших вимірах швидкості звуку. Спостерігаючи здалеку постріл гармати і вважаючи, що спалах пострілу бачать негайно, вимірювали час між спалахом і звуком пострілу. Розділивши відстань до гармати на цей час, визначили, що швидкість звуку-близько 500 метрів в секунду (що всього в півтора рази більше істинного значення).

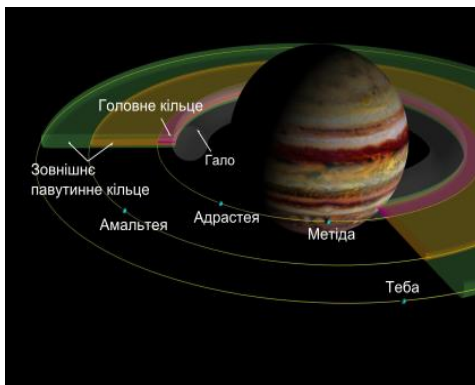
Галілей, однак, вважав, що миттєвість світла - лише гіпотеза, і придумав, як її перевірити. Для цього потрібні дві людини з ліхтарями, які можна відкривати і закривати зараз би сказали: вмикати і вимикати. Спочатку вони, перебуваючи поблизу, тренуються вмикати ліхтар, побачивши світло іншого ліхтаря. Потім розходяться на велику відстань. Перший вмикає ліхтар,



побачивши світло якого, вмикає свій ліхтар другий. І перший вимірює час від моменту, коли він вимкнув свій ліхтар, до моменту, коли побачив світло другого ліхтаря. За цей час світло пройшло шлях туди і назад. «Якщо другий ліхтар відкриється так само швидко, як і поблизу, - пише Галілей, значить, світло доходить миттєво, а якщо світлу потрібен час, то відстані в три милі вистачило б, щоб виявити затримку». Судячи зі слів Галілея, він виконав такий досвід лише на відстані однієї милі і затримку не помітив. І все ж висловив здогад, що світло поширюється не миттєво, хоч надзвичайно швидко.

Батько сучасної фізики не пояснив, чому трьох миль вистачило б, щоб виявити немиттєвість світла. Якщо мінімальним проміжком часу злічити один удар пульсу, то виконаний їм досвід означав, що світло пройшло дві милі за час, менше секунди, тобто зі швидкістю, як мінімум в 10 разів більшою за швидкість звуку. А якби затримки не виявилися і на відстані 10 миль, то це означало б, що швидкість світла як мінімум в 100 разів більше швидкості звуку. Галілей не винен, що насправді швидкість світла більше швидкості звуку в мільйон разів.

Якби він це запідозрив, то міг би збагнути, що земних миль для його досвіду не вистачить, і згадав би відкриті їм супутники Юпітера. Адже, обертаючись, супутник грає роль ліхтаря, який відкривається, виходячи тіні Юпітера, і закривається, заходячи в його тінь. Звичайно, для досвіду Галілея такий ліхтар не годиться, що відкривається без будь-якої команди через рівні інтервали часу. Але досвід можна змінити, помітивши, що земний спостерігач не сидить на місці, навіть вдивляючись в телескоп: разом з телескопом і з планетою Земля він рухається навколо Сонця. Коли спостерігач наближається до Юпітера, кожен наступний «схід»



супутника спостерігається раніше «графіка» (усередненого), тому що першого променя від супутника треба пройти меншу відстань до Землі. Перший промінь прибуде раніше на частку періоду, пропорційну

швидкості Землі і обернено пропорційну швидкості світла. Значить, швидкість світла можна вирахувати, вимірюючи випередження (або запізнювання) сходу супутника Юпітера.

До такого способу сам Галілей не додумався, хоча в його душі були земні застосування астрономії, і додаток земної фізики до розуміння небесних явищ. Він же запропонував використовувати телескоп в земній досвіді по вимірюванню швидкості світла. А відкривши супутники Юпітера вимірявши періоди їх обертання, розгледів в цьому небесний годинник «з боем» в момент сходу кожного супутника. Такі годинники, доступні всім (у кого є телескоп), висновки Галілея, можна використовувати для визначення географічної довготи. А це було життєво важливо для далекого мореплавства і економіки.

Так що батько сучасної фізики не тільки винайшов її, а й продемонстрував взаємозв'язок науки, техніки і економіки.

У фізиці Галілея проявилось хитра взаємодія теорії і експерименту в пошуку фундаментальних законів природи. Зрозуміло, як важливо перевіряти закон зі все більшою точністю. Однак нерідко мала точність вимірювань допомагала робити відкриття. Наприклад, найважливіший для Галілея закон про те, що період коливань маятника не залежить від амплітуди коливань, виконується тим точніше, чим менше амплітуда. Тому, якби Галілей перевіряв цей закон не своїм пульсом, а дуже точним хронометром, йому було б важче.

Аналогічно- з супутниками Юпітера. Вимірявши їх періоди обертання, Галілей залишив їх подальше вивчення астрономам. Залишив він їм у спадок і свою ідею використовувати ці супутники в якості універсальних годинників для визначення довготи. Для цього потрібно знати періоди обертання супутників, або розклад їх затемнень, як можна точніше, чим астрономи і зайнялися, коли прагнули досягти власної їм астрономічної точності. Через тридцять років після смерті Галілея астрономи накопичили достатню кількість спостережень, щоб виявити дивну нерівномірність ходу космічних годин. Період обертання супутника іноді був коротше, іноді довше. У цій нерівномірності виявилася своя закономірність: коротше період ставав, коли Земля наближалася до Юпітеру, а довше коли віддалялась. Тоді-то астрономи, які вивчали галілейські супутники, згадали про впевненість Галілея в тому, що світло поширюється з величезною, але кінцевою швидкістю. Поєднавши спостереження періодів супутників зі знанням планетних рухів, вони отримали вперше величину швидкості світла-220 тисяч

кілометрів на секунду, що було близько до істинної величиною близько 300 тисяч кілометрів на секунду.

Таким чином, інтуїція Галілея, як не дивно, виправдалася. А це дуже дивно. Адже не було ніяких спостережуваних свідочств на користь кінцевої швидкості світла. І видатні сучасники Галілея Кеплер і Декарт, які займалися наукою про світло, вважали швидкість світла нескінченної. Чому Галілей виявився більш прозорливим за своїх колег? Тому що був генієм і фундаментальним фізиком. Розмірковуючи про швидкість світла, Галілей бачив весь світ фізичних явищ і вірив в глибинну єдність цього світу. Знаючи, що сонячне світло, зібраний в увігнутому дзеркалі, здатний розплавити свинець, він зіставив цю «шалену» дію світла з розрядом блискавки і вибухом пороху, які «супроводжуються рухом і до того ж дуже швидким». І дійшов висновку: «Тому я не уявляю собі, щоб дія світла обходилося без руху, до того ж найшвидшого». Галілей був упевнений, що Книга Природи «написана на мові математики», але знав, що зміст цієї книги-фізика. Тому, слухаючи свою інтуїцію, він не вірив їй на слово, а придумував, як перевірити її найнадійнішим для фізика шляхом-вимірювальними експериментами. Зі світлом йому це не вдалося, але він зміг подарувати фізиці саму ідею кінцевої швидкості світла. Ця ідея, завдячує іншому подарунку -галілейським супутникам Юпітера, стала достовірним фактом науки лише через декілька десятиліть після його смерті, на самому початку його безсмертної слави.

Чи здогадувався Галілей, що швидкість світла фундаментальна константа природи, яка причетна до будь-якого фізичного явища, навіть протікає в кромішній тьмі? Наука відповіла на ці питання три століття по тому, після кількох драматичних переворотів фундаментальної фізики, пов'язаних з іменами Ньютона, Максвелла і Ейнштейна. Залишається лише дивуватися, що винахідник фундаментальної фізики відкрив шлях і до першої фундаментальної константи в історії фізики.

1. Горелик. Г.С. Нові слова науки- від маятника Галілея до квантової гравітації Бібліотечка Квант випуск 127. Додаток до журналу "Квант" № 3/2013

2. <https://subject.com.ua/physics/cholpan/123.html>

3. <https://naurok.com.ua/vimiryuvannya-shvidkosti-svitla-39276.html>

ДОСЛІДИ ВІДНОВЛЕННЯ ЛЮДСЬКОЇ ПАМ'ЯТІ

Ст. І.В. Корнило

Кер. І.В. Галушак

Національний технічний університет «ХПІ»

На відміну від цифрових камер із заповненою до кінця картою пам'яті, які більше не можуть зберігати нові знімки, наш мозок, схоже, ніколи не відчуває нестачі в вільних обсягах для зберігання інформації. І все ж буденна логіка не може примиритися з тим, що мозок дорослої людини, "просочена кров'ю губка", як висловився свого часу письменник Курт Воннегут, здатний без обмежень зберігати нові факти і досліди.

Нейрофізіологи давно намагаються виміряти максимальний обсяг нашої пам'яті. Проте всі зусилля, спрямовані на те, щоб обчислити, які можливості має людська пам'ять, зводяться до якихось когнітивним подвигам, що здійснюються окремими індивідами і людьми з атиповим мозком.

Об'єднана команда вчених з медичного центру Уейк Форест і Університету Південної Каліфорнії сьогодні продемонстрували в дії унікальну комп'ютерну модель, що дозволяє використовувати патерни спогадів і мозкової активності людини для того, щоб збільшити ефективність мозку розшифровувати і відновлювати спогади - настільки цікавий результат вже був описаний в науковому журналі *Journal of Neural Engineering*.

Дана комп'ютерна модель МІМО являє собою багатофункціональну модель вимірювання активності нейронів під час задіяння тих чи інших ділянок гіпокампу - ділянки, відповідального за генерування спогадів. Наявні факти свідчать, що гіпокамп використовується для зберігання та обробки просторової інформації. Дослідження на щурах показали, що нейрони гіпокампу мають області, чутливі до положення в просторі. Ці нейрони називаються просторовими клітинами (place cells).

Мак-Коннелл вважав, що безпосередніми носіями сліду пам'яті в ЦНС є молекули РНК, і спробував довести це, поставивши експеримент щодо доцільності згодовування частин тіла планарій, навчених умовного рефлексу (реакції на світло), «ненавченим» черв'якам і спостерігаючи відтворення умовного рефлексу у «ненавчених». Численні спроби інших лабораторій відтворити дослід, в тому числі і прямими

ін'єкціями РНК, не давали ніяких стійких результатів, і репутація Мак-Коннелла виявилася сильно підірваною.

Вважається, що тип РНК, який використовували у цьому дослідженні, регулює різноманітні функції в клітині, зокрема, пов'язані з розвитком та захворюванням.

Вчені кажуть, що клітини і молекулярні процеси у морських слимаків дуже схожі до людських, попри те, що центральна нервова система слимаків має всього із 20 тисяч нейронів, тоді як людська - понад 100 мільярдів.

Науковці також вважають, що їхні висновки можуть допомогти у боротьбі із наслідками таких хвороб, як посттравматичний стресовий розлад чи хвороба Альцгеймера.

У березні 2013 року бразильські і американські вчені змогли об'єднати мозок двох щурів, які живуть в тисячах кілометрів один від одного, в своєрідну "локальну мережу", або, як назвали цю конструкцію самі вчені, "органічний комп'ютер", і навчити їх обмінюватися інформацією.

Пізніше вони створили аналогічний "колективний розум", об'єднавши мозок трьох мавп, а два роки тому команда Хемпсона змогла замінити пошкоджену частину гіпокампу, центру пам'яті в мозку мишей, і позбавити їх від "синдрому бабака", нездатності запам'ятовувати нову інформацію.

Хемпсон і його колеги, що працюють за грантом DARPA, зробили наступний логічний крок у розвитку подібних нейроінтерфейсів - вони створили чіп, здатний "читати" думки людини і посилювати їх, примушуючи мозок "повторювати" їх, що поліпшує роботу пам'яті. Разом з тим, поки що жоден з аналогічних проєктів не досяг результатів.

Р.В.Павелків. Види пам'яті // Загальна психологія / — Київ : Кондор, 2009. — Розділ «Пам'ять». — С. 570

Abbott A. (1988). Transcending general linear reality // Sociological Theory. Vol. 6. № 2. P. 169–186.

Swaab Dick. Wir sind unser Gehirn : Wie wir denken, leiden und lieben/ Dick Swaab.- Munchen : Droemer Verlag, 2011. – 512S.

Земля. Хроніки життя: Создан киберчип, усиливающий память человека: электрон. журн. 2018. URL : <http://earth-chronicles.ru/news/2018-03-28-114033>.

ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ АТМОСФЕРНОЇ ЕЛЕКТРИКИ

Ст. Д.В. Тутевич

Кер.: С.С. Кривоніс, Т.І. Храмова

Національний технічний університет «ХПІ»

Розглядаючи перші досліди зі штучним електричним розрядом, не можна не відзначити той інтерес, який проявило людство до дослідження такого могутнього явища природи, як атмосферна блискавка і грім. Аристотель, наприклад, вважав блискавку результатом самозаймання в повітрі масляних і сірчаної пари, до яких нібито домішувалася селітра. Навіть Декарт думав, що блискавка - це явище світла внаслідок «стягування» частин хмар з виділенням великої теплоти, а грім відбувається тому, що маси хмар з великої висоти раптово обрушуються на хмари, що лежать внизу.

Англійський фізик Уолл першим в 1708 р спостерігаючи за іскорками і тріском при терті бурштину, зіставив їх з громом і блискавкою. Пізніше Вінклер підтверджував тотожність цих явищ, відзначаючи, що єдина відмінність між іскрою, що витягується з кондуктора електричної машини, і блискавкою полягає лише у відносній силі обох. Дійсне ж доказ цього твердження дав шляхом прямого досвіду Бенджамін Франклін. За допомогою паперового змія на провідному шнурку, що запускається їм прямо в грозову хмару, Франклін витягував з останнього електрику і проводив з ним ті ж досліди, що і з електрикою, одержуваних при обертанні скляного круга.

У 1748 р Франклін сформулював висновок, що гроза є не що інше, як поєднання двох протилежних електрики, а блискавка - величезна електрична іскра, яка, якщо потрапляє на добре проводять тіла, не робить ніяких руйнівних дій на своєму шляху, але при переході через ізолятори від одного провідника до іншого може заподіяти величезні руйнування, запалювати і плавити предмети. Спостереження, що блискавка вдаряє переважно в гострі виступи (вежі, щогли, дерева і т.п.), навело Франкліна на сміливу думку спробувати витягти електрику з грозової хмари. Коли змій піднявся високо і був щільно оточений грозовими хмарами, а нитка від дрібного дощучку, дощу намокла, на превелику свою радість Франклін зауважив, що окремі волокна шовкового шнурка стали підніматися в точності так, як якщо б вони висіли на кондуктора електричної машини. Це служило очевидною ознакою того, що з грозових хмар вниз по шнурку тече електрика.

РАДІОАКТИВНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. ВИДИ РОЗПАДУ

Ст. Г.Ю. Лідовський

Кер. Л.Г. Петренко

Національний технічний університет «ХПІ»

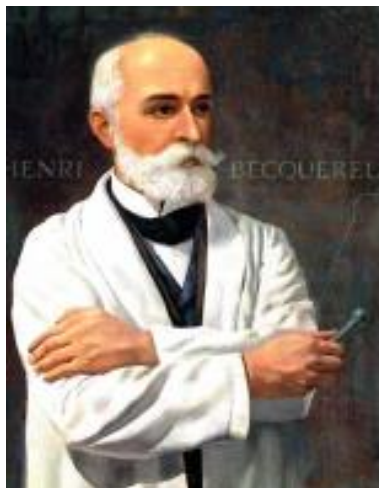
Радіоактивність з'явилася на Землі з часу її створення, і людина за всю історію розвитку своєї цивілізації знаходилася під впливом природних джерел радіації. Земля оточена радіаційним фоном, джерелами якого служать випромінювання Сонця, космічне випромінювання, випромінювання від радіоактивних елементів, які залягають в Землі.

Поняття «радіація» походить від латинського слова «radiatio» - радіаційний. Радіація - це іонізуюче випромінювання, що поширюється у вигляді потоку квантів або елементарних частинок, з яким ми зустрічаємося кожен день, запалюючи електричне світло (електромагнітне випромінювання), вмикаючи телевізор (випромінювання електронів) або загоряючи на сонці (ультрафіолетове випромінювання).

Якщо радіоактивності було відкрито французьким фізиком Анрі Беккерелем 1 березня 1896 року за випадковими обставинами [1]. Беккерель поклав кілька фотографічних пластинок в ящик свого столу і, щоб на них не потрапило видиме світло, придавив їх шматком солі урану.

Після прояви і дослідження він помітив почорніння пластинки, пояснивши це випромінюванням сіллю урану невидимих променів. Від солей урану Беккерель перейшов до чистого металевого урану і зазначив, що ефект випускання променів посилюється. Так сталося відкриття радіоактивності.

Дослідження показали, що ці промені проникають крізь тонкі металеві екрани і іонізують газ, через який проходять. Їх проникаюча



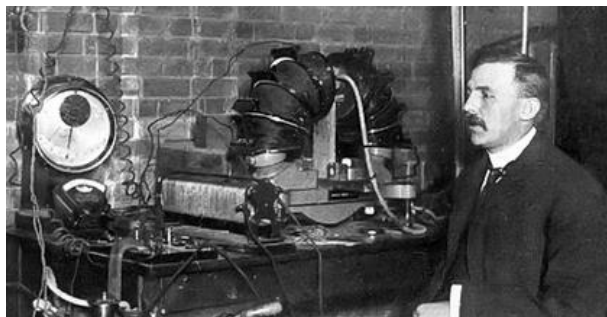
здатність не залежить ні від температури, ні від освітлення, ні від тиску. Їх інтенсивність не змінювалася з часом. Чудовою здатністю радіоактивного випромінювання виявилася його мимовільність. Ці промені назвали пізніше рентгенівськими.

Пошуками речовин, здатних до випромінювання, за пропозицією Беккереля зайнялися молодий професор П'єр Кюрі і його дружина Марія Складовська-Кюрі. Ці вчені виявили, що уранова смоляна руда має здатність давати випромінювання, яке в 4 рази перевищує за інтенсивністю випромінювання урану.

Це свідчило про те, що в руді присутнє джерело випромінювання, більш потужне, ніж уран. У 1898 році подружжя Кюрі відкрили два нові елементи - полоній, названий так на честь батьківщини Марії Складовської-Кюрі Польщі, і радій, що означає по латині "випускаючий промені".

На честь подружжя Кюрі одержав свою назву штучно отриманий трансурановий елемент з номером 96 - Кюрій. Серед елементів, що містяться в земній корі, радіоактивними є всі починаючи з вісмуту, тобто з порядковим номером більше 83 в таблиці елементів Менделєєва.

Незабаром після відкриття полонію і радію Резерфордом було встановлено, що радіоактивне випромінювання неоднорідне за своїм



складом. Одна частина випромінювання поглиналася тонкою алюмінієвою фольгою, а інша проходила без зміни. Аналіз складу випромінювання проводився по

відхиленню його в магнітному полі. В експериментах було виявлено, що радіоактивне випромінювання містить три види променів - альфа, бета, гамма. Серед них є два, які складаються із заряджених частинок

протилежного знаку, а третє - нейтральне. При цьому негативний компонент випромінювання відхилився набагато сильніше позитивного. Третя складова не відхилилася магнітним полем.

Альфа-промені - важкі частинки з малою проникаючою спроможністю.

Бета-промені - легкі частинки з великою проникаючою спроможністю. Бета-промені є потоком швидко летючих електронів. Їх швидкість близька до швидкості світла.

Гамма-промені - вид електромагнітного випромінювання з надзвичайно малою довжиною хвилі $< 3\text{нм}$, внаслідок цього, яскраво вираженими корпускулярним і слабо вираженими хвильовими властивостями.

При радіоактивних розпадах утворюються різні ізотопи - це ядра, що містять однакове число протонів, але різну кількість нейтронів. Радіоактивні ізотопи знаходять застосування [2].

Наприклад, при стерилізації з їх допомогою проводиться повне звільнення різних речовин, предметів, харчових продуктів від мікроорганізмів.

Радіотерапія - лікування іонізуючою радіацією (рентгенівським, гамма-випромінюванням, бета-випромінюванням, нейтронним випромінюванням, пучками елементарних частинок з медичного прискорювача). Використовується в основному для лікування злоякісних пухлин.

Мічені атоми (ізотопні індикатори) містять ізотопи, які за своїми властивостями (радіоактивності, атомній масі) відрізняються від інших ізотопів даного елемента.

В археології явище радіоактивності допомагає визначати вік предметів, знайдених при розкопках.

Випромінювання, що випускається радіоактивними ізотопами, яке використовується в малих дозах, служить на благо людині [3,4].

1. Ландсберг, Г.С. Элементарный учебник физики. Т.3. Колебания волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. -М.: Физматлит, 2016. - 664 с.

2. Сивухін Д. В., Загальний курс фізики. Атомна і ядерна фізика, ч. 1-2, М., 1986-89.

3. Воздействие радиации на человека. – [Электронный ресурс]. http://nuclphys.sinp.msu.ru/radiation/rad_10.htm.

4. Радіація і її біологічна дія. – [Електронний ресурс]. <http://oppb.com.ua/articles/radiaciya-i-yiyi-biologichna-diya>.

РАДІАЦІЯ НАВКОЛО І ЇЇ ВПЛИВ НА НАС

Ст. І.С. Щепілов

Кер. Л.Г. Петренко

Національний технічний університет «ХПІ»

Вибір теми моєї доповіді не є випадковим. Мій дідусь є ліквідатором наслідків аварії на Чорнобильській АЕС. Він був командиром хімічного взводу, в його завдання входило керувати людьми, які їздили на водовозах і змивали залишки радіоактивного пилу та іншого сміття, яке лежало на асфальті, прямо на землю.

Коли я ще був школярем, я слухав його розповіді на тему радіації і дуже зацікавився цією темою. Багато навколишніх людей радіацією називають потоки енергії, які поширюються навколо у вигляді електромагнітних хвиль - радіохвилі, звичайне світло, мікрохвильове і рентгенівське випромінювання. Але радіоактивне випромінювання можуть створювати і природні елементи, які розпадаються протягом десятиліть і століть, випромінюючи кванти енергії.

Атомне ядро, як відомо, складається з протонів і нейтронів. Їх компоновка у деяких елементів може бути, спрощено говорячи, «не зовсім вдалою», через що вони стають нестабільними. У таких ядер є «зайва» енергія, від якої вони прагнуть позбутися різними способами: а) викидаючи маленькі «шматочки» з двох протонів і двох нейтронів (альфа-розпад); б) перетворюючи протони в нейтрони, і навпаки; при цьому викидаються бета-частинки - це електрони або їх двійники з протилежним знаком заряду – позитрони (бета-розпад); в) викидаючи з ядра зайву енергію у вигляді електромагнітної хвилі (гамма-розпад).

Крім цього, ядро може випромінювати протони, нейтрони і повністю розвалитися на шматки.

Таким чином, незважаючи на тип і походження будь-які види радіації представляють собою високоенергетичний потік частинок, що мають величезну швидкість ($10^7 \div 10^8$ м/с). Він дуже згубно діє на організм. Хвилі або частинки, які можуть пошкодити ДНК і тканини організмів, називають іонізуючим випромінюванням [1].

Для оцінки та порівняння негативного впливу радіації на тканини організмів були створені спеціальні одиниці виміру - зіверти (Зв, Sv), що характеризують рівну дозу іонізуючого випромінювання, поглинену тканинами організму [2]:

- 1 мЗв – фонове опромінення за рік;
- 0,03 Зв – опромінення при рентгенографії зубів (місцеве);
- 0,3 Зв – опромінення при рентгенографії шлунку (місцеве).

Допустимі дози опромінення:

- 0,75 Зв – короткочасна незначна зміна складу крові;
- 1,0 Зв – нижній рівень розвитку легкого ступеня променевої хвороби;
- 4,5 Зв – важка ступінь променевої хвороби (гине 50% опромінених).

Розглянемо деякі джерела радіації, з якими ми зустрічаємося щодня: банани - вони містять природні радіоактивні атоми, а їх еквівалентна доза становить 0,1 мкЗв; сканер в аеропорту із застосуванням рентгенівських хвиль – 0,015÷0,88мкЗв; рентген грудної клітини (в клініці) – 20мкЗв; старий телевізор з ЕЛТ кінескопом – за рік 10 мЗв; вода (природна з наявністю тритію) – за рік 50 мкЗв; цемент – за рік 30 мкЗв; власне тіло - за рік 0,39 мЗв; сигарети - (за рахунок скупчення в легенях свинцю) - за рік 160 мЗв.

У нашому організмі безперервно тривають два протилежні процеси - загибель і регенерація клітин. У нормальних умовах радіоактивні частинки ушкоджують в молекулах ДНК до 8000 різних сполук за годину, які організм потім самостійно відновлює. Тому медики вважають, що малі дози радіації активізують систему біологічного захисту організму. Але великі - руйнують і вбивають.

Пошкодження атомів клітин. Процес впливу радіації на організм називається опроміненням. Це вкрай руйнівна сила, яка трансформує клітини, деформує їх ДНК, призводить до мутацій і генетичних ушкоджень. Деструктивний процес може запустити всього одна частинка радіації. Дія іонізуючого випромінювання фахівці порівнюють зі сніжною грудкою. Починається все з малого, потім процес наростає до тих пір, поки не настануть незворотні зміни. На атомарному рівні це відбувається так. Радіоактивні частинки летять з величезною швидкістю, вибиваючи при цьому електрони з атомів. В результаті останні набувають позитивний заряд - перетворюються в позитрони [3]. «Чорна» справа радіації полягає тільки в цьому. Але наслідки таких перетворень бувають катастрофічними.

Вільний електрон і іонізований атом вступають в складні реакції, в результаті яких утворюються вільні радикали. Наприклад, вода (H₂O), складова 80% маси людини, під впливом радіації розпадається на два радикала - Н і ОН. Ці патологічно активні частинки вступають в реакції з важливими біологічними сполуками - молекулам ДНК, білків, ферментів, жирів. В результаті в організмі зростає кількість пошкоджених молекул і токсинів, страждає клітинний обмін. Через деякий час уражені клітини гинуть або їх функції серйозно порушуються [4].

Через пошкодження ДНК і мутації генів клітина не може нормально ділитися. Це найнебезпечніший наслідок радіаційного опромінення. При отриманні великої дози кількість постраждалих клітин настільки велика, що можуть відмовляти органи і системи. Найважче сприймають радіацію тканини, в яких відбувається активне ділення клітин: кістковий мозок, легені, слизова шлунку, кишечник, статеві органи.

Величезна небезпека впливу радіації на живі організми полягає в тому, що довгий час вона ніяк себе не проявляє. «Ворог» проникає через легені, шлунково-кишковий тракт, шкіру, а людина навіть не підозрює про це. Залежно від ступеня і характеру опромінення його результатом стають: гостра променева хвороба, порушення роботи центральної нервової системи, місцеві променеві ураження («опіки»), злоякісні новоутворення, лейкози, імунні захворювання, безпліддя, мутації.

Від зовнішніх джерел захиститися простіше. Альфа-частинки затримає звичайний паперовий лист. Бета-випромінювання не проникає крізь скло. «Прикрити» від гамма-променів зможе товстий свинцевий лист або бетонна стіна.

Найгірші справи відбуваються з внутрішнім опроміненням, при якому джерело перебуває всередині організму, потрапивши туди, наприклад, після вдихання радіоактивного пилу або ввечері з «приправленими» цезієм грибочками. У цьому випадку наслідки опромінення набагато серйозніші.

Радіація оточує нас всюди, але лише одна її частина, а саме іонізуюче випромінювання несе в собі значну шкоду всім системам нашого організму. Хоч воно і страшно, але досить вивчено, щоб не мати первісного страху перед ним. Сама по собі радіація цікаве явище, яке застосовується сучасною людиною з користю, хоча деякі досі вважають це грою з вогнем, але в нашому нудному житті без цього нікуди.

1. Воздействие радиации на человека. – [Электронный ресурс]. http://nuclphys.sinp.msu.ru/radiation/rad_10.htm.

2. Владимиров В.И. Физика ядерных реакторов: Практические задачи по их эксплуатации. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016. - 478 с.

3. Трофимова Т.И. Курс физики. М., Высшая школа, 1990, с.433-435.

4. Радіація і її біологічна дія. – [Електронний ресурс]. <http://oppb.com.ua/articles/radiaciya-i-yiyi-biologichna-diya>.

ІСТОРИЯ СТВОРЕННЯ ФОТОЕЛЕМЕНТА

Ст. С.О. Руднєва

Кер. К.О. Мінакова

Національний технічний університет "ХПІ"

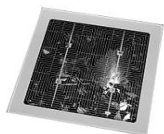


Рис.1.Фотоелемент

Незважаючи на те, що свій активний розвиток сонячна енергетика отримала лише нещодавно, свій початок вона бере в 19 столітті. Створення фотоелемента пов'язано з явищем фотоелекту, який першим почав досліджувати французький вчений Олександр-Едмон Беккерель. На даному етапі розвитку фізики, джерела енергії є однією з найважливіших проблем. Фотоелемент, як частина геліоенергетики

допомагає в її вирішенні. Фотоелемент - електронний прилад, який перетворює енергію фотонів в електричну енергію (рис.1). Практичному створенню фотоелемента сприяло відкриття англійського вченого Віллоубі Сміта, який в

1873 році виявив, що хімічний елемент селен служить фотопровідником. Заснований на цій властивості селену, в 1883 році, був створений перший фотоелемент, автором якого став американець Чарльз Фріттс. Вчений вкрив селен золотом, яке під дією світла виробляло поновлювану електроенергію. Коефіцієнт корисної дії (ККД) цього приладу становив 1%, що в 15 разів менше, ніж в сучасних. Подальшими дослідженнями фотоелекту займався Олександр Столетов. Вони привели вченого до створення, в 1888 році, першого фотоелемента, заснованого на зовнішньому фотоелекті. Це явище, як і принцип роботи пристрою витлумачить в своїй роботі Альберт Ейнштейн, за що отримає Нобелівську премію. У сучасній геліоенергетики застосовуються кремнієві фотоелементи. Перший кремнієвий фотоелемент був створений 25 березня 1948 року працівниками компанії Bell Laboratories: хіміком Кельвіном Фуллером, фізиком Джеральдом Пирсоном і інженером Дерілом Чапінім. Можливість подальшого розвитку даного фотоелементу і пояснення принципу його дії дасть американський інженер Рассел Шумейкер Ол, відкриттям p-n переходу.

- 1.<https://tridentenergy.ua/ru/the-history-of-solar-panels-who-invented-them/>
- 2.<https://indicator.ru/engineering-science/solnechnyje-batareji.htm>
- 3.https://hexagon-energy.com.ua/articles/78.solnechnaya_batareya_chto_vnutri

БІОГРАФІЯ ЁРВІНА РЎДОЛЬФА ЙЌЗЕФА АЛЕКСА́НДЕРА ШРЕ́ДІНГЕРА

Ст.: Д.М. Павлов, І.О. Подгайський

Кер.: Н.Б. Фатьянова, І.В. Галущак

Національний технічний університет «ХПІ»



Австрійський фізик-теоретик, один із творців квантової механіки. Лауреат Нобелівської премії з фізики (1933). Член низки Академій наук світу, зокрема, іноземний член Академії наук СРСР (1934). Ервіну Шредінгеру належить низка фундаментальних результатів у галузі квантової теорії, які лягли в основу хвильової механіки: він сформулював хвильові рівняння, довів тотожність розвинуеного ним формалізму й матричної механіки, розробив квантовомеханічну теорію збурень, отримав розв'язки багатьох конкретних задач. Шредінгер запропонував оригінальне трактування фізичного змісту хвильової функції; у наступні роки неодноразово піддавав критиці загальноприйнятій копенгагенській інтерпретації квантової механіки. Крім того, він є автором багатьох робіт у різних галузях фізики: статистичній механіці та термодинаміці, фізиці діелектриків, теорії кольору, електродинаміці, загальній теорії відносності та космології; він зробив кілька спроб побудувати єдину теорію поля. У книзі «Що таке життя?» Шредінгер звернувся до проблем генетики, поглянувши на феномен життя з погляду фізики. Він приділяв велику увагу філософським аспектам науки, античним та східним філософським концепціям, питанням етики та релігії.

Народився Ервін Шредінгер 12 серпня 1887 в віденській родині. До одинадцяти років він здобував домашню освіту, а 1898 року вступив до престижної Академічної гімназії. Близьку частину випускні іспити в школі, Ервін вступив до Віденського університету. У жовтні 1911 року, після річної служби в австрійській армії, Шредінгер повернувся до фізичного інституту Віденського університету.

У 1921 року Шредінгер перебрався до Цюриха. Тут він став професором теоретичної фізики Берлінського університету. Час, проведений у Берліні, Шредінгер описав як «чудові роки, коли я вчив і навчався». Аспектом дискомфорту, який відчував Шредінгер в Оксфордському університеті, були особливості суспільного життя, повні умовностей і формальностей, які, за його визнанням, обмежували його свободу. Ситуація ускладнювалася незвичайним характером його особистого й сімейного життя, що викликала справжній скандал у

клерикальних колах Оксфорда. Зокрема, Шредінгер вступив у гострий конфлікт із професором англійської мови та літератури. Ця проблема, а також згорання на початку 1936 року програми фінансування вечних-емігрантів, змусили Шредінгера розглянути варіанти продовження кар'єри поза Оксфордом. Після відвідин Единбургу, восени 1936 року він прийняв пропозицію повернутися на батьківщину і обійняти посаду професора теоретичної фізики в Грацькому університеті.

Перебування Шредінгера в Австрії не забарилосся: уже в березні 1938 р. відбувся аншлюс країни, в результаті якого вона увійшла до складу нацистської Німеччини. Шредінгер поспішно полишив Австрію і попрямував до Рима. В нього встановився зв'язок із прем'єр-міністром Ірландії Еймоном де Валера, математиком за освітою, який надумав організувати в Дубліні аналог Принстонського інституту перспективних досліджень. Де Валера, який перебував тоді в Женеві як президент Асамблеї Ліги Націй, виклопотав для Шредінгера і його дружини транзитну візу для проїзду Європою. Восени 1938 р., вони прибули до Оксфорда. Поки йшла організація інституту в Дубліні, учений погодився обійняти тимчасову посаду в бельгійському Генті, оплачувану з коштів Фонду Франкі. Тут його й застачив початок Другої світової війни. Завдяки втручання де Валера Шредінгер, що після аншлюсу був громадянином Німеччини, дістав змогу проїхати через Англію й 7 жовтня 1939 р. прибув до столиці Ірландії.

Шредінгер організував постійний семінар, читав лекції в Дублінському університеті, ініціював проведення при інституті щорічних літніх шкіл, що відвідувалися провідними фізиками Європи. У роки, проведені в Ірландії, його основними науковими інтересами стали теорія гравітації й питання, що лежать на стику фізики та біології. Він працював на посаді директора Відділення теоретичної фізики у 1940—1945 рр. і з 1949 - 1956 рр., коли вирішив повернутися на батьківщину. У квітні 1956 р. Шредінгер повернувся до Відня й урочисто вступив на посаду професора теоретичної фізики Віденського університету, прочитавши лекцію в присутності відомих осіб, зокрема президента республіки. Він був вдячний австрійському уряду, який організував його повернення туди, де починалася його кар'єра. Через два роки вчений, що часто хворів, остаточно залишив університет і пішов у відставку. Останні роки життя він мешкав здебільшого в гірському селі Альпбах. Шредінгер помер внаслідок загострення туберкульозу в одній з віденських лікарень 4 січня 1961 р. був похований в Альпбасі.

Вчення про колір. Продовження й розвиток робіт Томаса Юнга, Джеймса Клерка Максвелла і Германа Гельмгольца в цій галузі. Шредінгер вивчав теоретичний бік питання, зробивши важливий внесок у колориметрію. Результати здійсненої роботи виклав у великій статті, опублікованій у журналі *Annalen der Physik* 1920 року. За осно-

ву вчений взяв не плоский колірний трикутник, а тривимірний колірний простір, базисними векторами якого є три основні кольори. Чисті спектральні кольори розташовуються на поверхні деякої фігури (колірного конуса), тоді як її об'єм займають змішані кольори (наприклад, білий). Кожному конкретному кольору відповідає свій радіус-вектор у цьому колірному просторі. Наступним кроком у напрямку так званої вищої колориметрії було чітке визначення низки кількісних характеристик (таких, як яскравість), щоб мати можливість об'єктивно порівнювати їхні відносні величини для різних кольорів. Для цього Шредінгер, використавши ідею Гельмгольца, запровадив у тривимірному колірному просторі закони ріманової геометрії, найкоротша відстань між двома точками такого простору (по геодезичній лінії) мала слугувати кількісною величиною відмінності двох кольорів. Далі він запропонував конкретну метрику колірного простору, яка дозволяла обчислювати яскравість кольорів в узгодженні з законом Вебера — Фехнера

Статистична фізика. Уже в одній зі своїх перших статей (1912) він застосував методи кінетичної теорії для опису діамантних властивостей металів. Хоча ці результати мали лише обмежений успіх і в цілому не могли бути вірними за відсутності правильної квантової статистики для електронів, незабаром Шредінгер вирішив застосувати больцманівський підхід до складнішої задачі — до побудови кінетичної теорії твердого тіла і, зокрема, для опису процесів кристалізації й плавлення. Відштовхуючись від останніх результатів Петера Дебая, австрійський фізик узагальнив рівняння стану для рідини й інтерпретував наявний у ньому параметр (критичну температуру) як температуру плавлення. Після відкриття 1912 року дифракції рентгенівських променів постало проблема теоретичного опису цього явища і, зокрема, врахування впливу теплового руху атомів на структуру спостережуваних інтерференційних картин. У статті, яку було видано 1914 року, Шредінгер (незалежно від Дебая) розглянув цю задачу в рамках моделі динамічних ґраток Борна — фон Кармана й отримав температурну залежність для розподілу інтенсивності рентгенівських променів за кутами. Цю залежність незабаром було підтверджено експериментально. Ці та інші ранні роботи Шредінгера мали для нього інтерес також з погляду утвердження атомістичної будови речовини та подальшого розвитку кінетичної теорії, яка, на його думку, мала в майбутньому остаточно витіснити моделі неперервних середовищ.

Квантова механіка. У січні 1921 року Шредінгер завершив свою першу статтю з атомної теорії й теорії спектрів, розглянувши в межах теорії Бора — Зоммерфельда вплив взаємодії електронів на деякі особливості спектрів лужних металів. Особливий інтерес для нього становило запровадження релятивістських міркувань у квантову теорію. Восени 1922 року він проаналізував електронні орбіти в атомі з

геометричного погляду, скориставшись методами відомого математика Германа Вейля. Ця робота, в якій було показано, що квантовим орбітам можна зів'язати певні геометричні властивості, стала важливим кроком, який передбачав деякі особливості хвильової механіки.

Створення хвильової механіки. Успіх діяльності Шредінгера в цьому напрямку був забезпечений володінням відповідним математичним апаратом, зокрема методикою розв'язку задач на власні значення. Шредінгер зробив спробу узагальнити хвилі де Бройля на випадок взаємодіючих частинок, враховуючи, як і французький вчений, релятивістські ефекти. Через деякий час йому вдалося подати енергетичні рівні як власні значення деякого оператора. Однак перевірка для випадку найпростішого атома — атома водню — розчарувала: результати розрахунку не збігалися з експериментальними даними. Пояснюється це тим, що фактично Шредінгер одержав релятивістське рівняння, відоме нині як рівняння Клейна — Гордона, яке справедливе лише для частинок із нульовим спіном (на той час поняття спіну було невідомим). Після такої невдачі вчений залишив цю роботу й повернувся до неї лише через деякий час, виявивши, що його підхід дає задовільні результати в нерелятивістському наближенні.

Електромагнетизм і загальна теорія відносності. Іншим напрямком роботи Шредінгера були спроби створення єдиної теорії поля шляхом об'єднання теорії гравітації й електродинаміки. Цій діяльності безпосередньо передувало, починаючи з 1935 року, вивчення австрійським ученим можливості нелінійного узагальнення рівнянь Максвелла. Створення квантової механіки дозволило закласти надійні теоретичні основи хімії, за допомогою яких було отримано сучасне пояснення природи хімічного зв'язку. Розвиток хімії, в свою чергу, справив глибокий вплив на формування молекулярної біології.

1. Журнал: International Journal of Scientific Research and Management
2. Видавництво «Ріміс» - Что такое жизнь с точки зрения физики? 2009р., 176с.
3. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D1%80%D0%B2%D1%96%D0%BD_%D0%A8%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%96%D0%BD%D0%B3%D0%B5%D1%80
4. Шредінгер.Е.: Избранные труды по квантовой механике. Москва, 1976р., 420с.
5. Шредінгер.Е.: Статистическая термодинамика. Іжевськ, 1999., 90с.

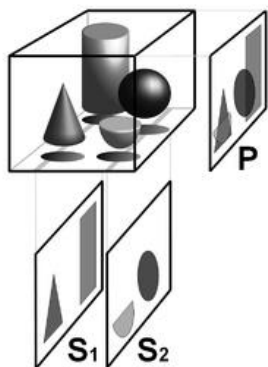
ТОМОГРАФІЯ. ВИДИ. ПРИЗНАЧЕННЯ. ПРИНЦИПИ ДІЇ

Ст. В.К. Платонов

Кер. І.В. Галушак

Національний технічний університет «ХПІ»

Томографія - це візуалізація за допомогою зрізів, з використанням будь-якого виду проникаючої хвилі. Метод використовується в радіології, археології, біології, науці про атмосферу, геофізиці, океанографії, фізиці плазми, матеріалознавстві, астрофізиці, квантової інформатиці та інших областях науки;



Основний принцип томографії: накладення вільних томографічних перерізів S_1 і S_2 в порівнянні з (НЕ томографічним) проектованим зображенням P . Принцип дії зображено на Рисунку 1:

Існує багато різних алгоритмів реконструкції. Більшість алгоритмів потрапляють в одну з двох категорій: відфільтрована зворотна проекція (ВЗП) і ітеративна реконструкція (ІР);

ВЗП вимагає менше обчислювальних ресурсів, в той час як ІР зазвичай виробляє менше артефактів (помилки при реконструкції) при більш високих обчис-

лювальних витратах;

У 2D випадку найбільш часто використовувана аналітична формула для відновлення f з його перетворення Радону виходить формула зворотної фільтрації або формула інверсії Радону:

$$f(x) = \int_0^{\pi} (Rf(\cdot, \theta) * h)(x, n_{\theta}) d\theta$$

де h такий, що $\hat{h}(k) = |k|$

Ядро згортки згадується як Рамп-фільтр (пилкоподібний фільтр (використовується в реконструкції зображень, отриманих при томографії);

У комп'ютерній рентгенівської томографії лінійка детекторів вимірює поглинання досліджуваним об'єктом паралельного пучка ви-

промінювання;

Ітеративна реконструкція відноситься до ітераційних алгоритмів використовуваним для реконструкції 2D і 3D зображень в певних методах візуалізації;

В останніх дослідженнях вчені показали, що для ітеративної реконструкції можливі надзвичайно швидкі обчислення і масивний паралелізм, що робить ітеративну реконструкцію практичною для комерціалізації;

ЕТАПИ РОЗВИТКУ ТОМОГРАФІЇ

До ХХ в. математики Фредгольма і Абель досліджують властивості сімейства інтегральних рівнянь, пізніше стали основою томографії.

У 1895 р В. К. Рентген відкриває проникаючі «Х-промені», пізніше названі його ім'ям - «рентгенівські».

Томографія в фокальній площині була розроблена в 1930-х роках радіологом Алессандро валлебона і довела свою корисність у вирішенні проблеми накладення структур в проєкційної рентгенографії;

Томографія в фокальній площині залишалася звичайною формою томографії до тих пір, поки в кінці 1970-х років значною мірою не була замінена в основному комп'ютерною томографією;

Томографія в фокальній площині використовує той факт, що фокальна площина виглядає більш чіткої, а структури в інших площинах виглядають розмитими;

Переміщуючи джерело рентгенівського випромінювання і півку в протилежних напрямках під час експонування і змінюючи напрямки і ступінь руху, оператори можуть вибирати різні фокальні площини, які містять структури, що представляють інтерес;

У 2010 році створена так звана чотирирівнірна електронна томографія - техніка візуалізації динаміки тривимірних об'єктів в часі. Ця техніка дозволяє спостерігати за просторово-часовими характеристиками мікрооб'єктів;

ОСНОВНІ ВИДИ ТОМОГРАФІЇ

Комп'ютерна томографія - метод неруйнівного пошарового дослідження внутрішньої будови предмета. Метод заснований на вимірюванні і складній комп'ютерній обробці різниці ослаблення рентгенівського випромінювання різними за щільністю тканинами.

Оптична томографія - це форма комп'ютерної томографії, яка створює цифрову об'ємну модель об'єкта шляхом реконструкції зобра-

жень, отриманих з світла, що пройшло і розсіяного через об'єкт.

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) - спосіб отримання томографічних медичних зображень для дослідження внутрішніх органів і тканин з використанням явища ядерного магнітного резонансу. Спосіб заснований на вимірюванні електромагнітного відгуку атомних ядер.

Анатомічна, або руйнівна томографія (біотомія) заснована на фізичному виконанні зрізів досліджуваного організму з їх подальшою фіксацією за допомогою хімічних речовин.

Акустична томографія океану - це метод, який використовується для вимірювання температури і течій на великих ділянках океану. Цей метод заснований на точному вимірі часу, який потрібен звуковим сигналам для переміщення між двома інструментами, одним з яких є джерело звуку, а іншим – приймачем.

Аналогова реконструктивна томографія - реконструктивна томографія, яка використовує для відновлення розподілу параметра об'єкта не цифрові, а аналогові обчислювальні пристрої (наприклад, оптичні).

Ультразвукова модульована оптична томографія (УОП) - це форма томографії з використанням ультразвуку. Він використовується для візуалізації біологічних м'яких тканин і має потенційні можливості для раннього виявлення раку.

Рентгенівська мікротомографія, як томографія і рентгенівська комп'ютерна томографія, використовує рентгенівські промені для створення перетинів фізичного об'єкта, які можна використовувати для відтворення віртуальної моделі (3D-моделі) без руйнування вихідного об'єкта.

1. Герман Г. Т. Основи комп'ютерної томографії: реконструкція зображення по проєкції/ Г. Т. Герман/ 2-е видання, Springer/ 2009

2. Літлтон, Дж. Т. "Звичайна томографія". Історія радіологічних наук. Американське суспільство рентгенівських променів/ Дж. Т. Літлтон/ 2014

3. Банхарт Джон Передові томографічні методи дослідження матеріалів і техніки. Монографії з фізики і хімії матеріалів/ Джон Бернхарт/ Оксфорд; Нью-Йорк: видавництво Оксфордського університету/ 2008

4. Френк Дж. Електронна томографія: методи тривимірної візуалізації структур в клітці/ Дж. Френк/ 1940- (2-е изд.). Нью-Йорк: Спрингер. 2006.

ДЛЯ НОТАТКІВ

А В Т О Р С К И Й І Н Д Е К С

- Bilienskis I.* 17, 20
Chubukin O.S. 61
Dolhiy A.I. 61
Garifulin K. 20
Ivanchenko P. 17
Karmeshov V. 20
Kirzhner I. 17, 20
Krasnikov A. 17, 20
Авотін С.С. 69, 72, 121
Алабова В.Ю. 101
Алексенко В. 132
Алісе Р.Д. 26
Алмазова О.Б. 25, 44
Альошина П.С. 99
Андреев О.М. 23, 29, 104, 106
Андреева О.М. 23, 29, 104, 106
Блюхер Я.А. 97
Бобошко І.А. 125
Богуцький В.Р. 36
Бойко А.А. 119
Боровенський Я.О. 103
Бурлаєнко К.В. 25, 44
Валеня О.Ю. 97
Веретеннікова Ю.І. 109
Винник-Крупчан А.В. 62
Вовк Р.В. 36
Гаврилюк К.П. 14
Галуза О.А. 119
Галуцук І.В. 78, 113, 127, 135,
142, 152, 156
Гапochenко С.Д. 132
Голюк А.С. 76
Данильченко Д.О. 101
Діордиця В.А. 97
Доброжан А.І. 31
Дорошенко Г.М. 60
Дьяконенко Н.Л. 47, 123
Дяченко Т.М. 99
Жежера О.В. 47
Зайцева Д.В. 95
Заратуйченко Д.С. 130
Зелінська А.В. 15
Зімненко В.В. 34
Іванова Є.Л. 76
Івер Є.Я. 93
Іюльський М.Р. 123
Камчатна С.М. 36
Киричик О.Р. 23
Кирпота Ф.В. 39
Коваленко О.М. 48
Козар А.І. 37
Коліснік В.В. 41
Копач Г.І. 31
Копилов О.О. 103
Корнило І.В. 142
Костюченко Є.Р. 31
Кривоніс С.С. 88, 95, 116, 125,
144
Кузьменко А.С. 55
Кулішова К.В. 113
Лавров В.Д. 25, 44, 74
Літвінова А.Ю. 888
Лебедєв О.Д. 111
Лідовський Г.Ю. 145
Локтіонова В. 72
Малюшенко Є.В. 116

- Медова К.Г.** 57
Мельник Є.Ю. 86, 111
Меньшов Ю.В. 93
Меньшикова С.І. 34
Мешков С.М. 62
Милославська О.В. 13
Мінакова К.О. 101, 138, 151
Морозова О.В. 13
Музалевська Д. 121
Недошитко А.А. 84
Недошитко Л.М. 82, 84, 89
Недошитко О.М. 82
Нсбрат В.В. 111
Новикова А.В. 138
Овчаренко О.П. 47
Олійник Я.В. 127
Орел Р.П. 39, 52, 55, 57, 66
Орехова П.Р. 135
Павленко Д.О. 106
Павлов Д.М. 152
Петренко Л.Г. 41, 145, 148
Платонов В.К. 156
Плутахіна А.С. 74
Погорєлова Л.А. 48
Подгайський І.О. 152
Потупіс Д. 80
Похляба А.В. 52
Приходько Г.С. 64
Прокопенко В. 69
Проценко В.О. 116
Редькин К.С. 66
Рогачова О.І. 60
Рудий М.Г. 91
Руднєва С.О. 151
Руцька С.П. 48
Савченко А.О. 119
Савченко О.М. 13, 14
Саснко С.О. 60
Селезень В.А. 109
Сидоренко Д.С. 86, 111
Симоненко Д.В. 50
Степанов В.Я. 89
Таєріна Т.В. 50
Ткаченко С.С. 132
Токар В.В. 52
Тутевич Д.В. 144
Фат'янова Н.Б. 15, 93, 113, 130,
152
Франчук Є.Р. 78
Хацько К.О. 123
Ходукін В.В. 104
Храмова Т.І. 88, 95, 125, 144
Шелест Т.М. 64, 80, 116
Щепілов І.С. 148
Юрченко О.Д. 37
Яриновський Д. 47

Наукове видання

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇЇ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Матеріали
всеукраїнської наукової студентської конференції

(21-22 квітня 2021 року)

Відповідальний за випуск проф. О.А. Любченко

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка – О.М. Андреева

Підп. до друку 15.04.2021 р. Формат 60x84 1/16 Папір офісний.
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 10.
Безкоштовно. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ “ХП”.
Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова 2

Друкарня НТУ “ХП”, 61002, Харків, вул. Кирпичова 2