

**ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАДМІНІСТРАЦІЯ  
УПРАВЛІННЯ ОСВІТИ І НАУКИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

# **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

**Тези доповідей**

**XVI регіональної наукової студентської конференції**

**(20-21 квітня 2016 року)**

**ХАРКІВ**

**НТУ «ХПІ»  
2016**

ББК 22.3  
А 43  
УДК 53.02

Організаційний комітет:

**Є.І. Сокол**, д.т.н., проф., ректор НТУ «ХПІ» (голова);  
**А.П. Марченко**, д.т.н., проф., проректор з наукової роботи НТУ «ХПІ»(заступник голови);  
**О.П. Сук**, к.ф.-м.н, в.о. зав. кафедри загальної та експериментальної фізики НТУ «ХПІ»  
(заступник голови).

Програмний комітет:

**О.П. Сук**, проф. (голова);  
**Г.Я. Дульфан**, доц. (зас. голови, керівник науково-дослідної секції);  
**Г.І. Копач**, доц. (зас. голови, керівник навчально-методичної секції);  
**І.В. Синельник**, доц. (керівник секції інформаційного забезпечення навчального процесу та фізичних досліджень);  
**С.Д. Гапоченко**, доц. (керівник секції з історії фізики);  
**Т.М. Шелест**, доц. (керівник інженерної секції);  
**О.М. Андрєєва**, ст.вик. (вч. секретар).

Друкується за рішенням вченої ради НТУ «ХПІ», протокол №12 від 8.04.2016р.

**Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення**  
[Текст]: тези доповідей XVI регіон. студ. наук. конф.  
А43 (20-21 квітня 2016 року) / оргкомітет: Є.І.Сокол (голова) [та  
ін.]. –Харків : НТУ «ХПІ», 2016-116с.

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

## РЕГЛАМЕНТ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

20 апреля 2016 г., среда

12<sup>00</sup> – 12<sup>20</sup> – регистрация участников конференции

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12<sup>35</sup> ФИЗИЧЕСКИЙ КОРПУС, 105 АУДИТОРИЯ

**Открытие XVI региональной студенческой научной конференции  
«Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение»**

Ректор Национального технического университета  
«Харьковский политехнический институт»,  
д.т.н., **проф. Сокол Е.И.**

Проректор по научной работе Национального технического универси-  
тета «Харьковский политехнический институт»,  
д.т.н., **проф. Марченко А.П.**

И.о. заведующего кафедрой общей и экспериментальной физики,  
к.ф.-м.н., **проф. Сук А.Ф.**

### **21 апреля секционные заседания:**

10<sup>25</sup> атом. пр. У2 **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕК-  
ЦИЯ**

12<sup>35</sup> 213 ауд. У2 **НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ**

10<sup>25</sup> 213 ауд. У2 **СЕКЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И  
ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

10<sup>25</sup> 9 ауд.  
мех.пр. У2 **ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ**

12<sup>35</sup> атом. пр. У2 **СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ**

## ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

### 12<sup>35</sup> ФИЗИЧЕСКИЙ КОРПУС, 105 АУДИТОРИЯ

1. **ВИЗНАЧЕННЯ ПРИСКОРЕННЯ ВІЛЬНОГО ПАДІННЯ** 12  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»  
Уч. 9-В кл. ЗОШ №124 Р. Овсянніков  
Кер. доц. С.Д. Гапоченко*
  
2. **ЗАДАЧА ПРИШЛА С ЭКРАНА** 13  
*\*Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина  
\*\* Колледж Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова  
\*\*\* Universidade de Coimbra, Portugal  
Ст.: А. Сауленко \*, А. Усова \*, И. Хромюк \*, М. Конкин \*\*  
Рук.: доц. А.Р. Казачков \*, доц. Н.А. Макаровский \*, I. Reva \*\*\**
  
3. **ГОЛОГРАФИЧЕСКОЕ КИНО** 16  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: О.С. Беляев, Б.Д. Почапский  
Рук. проф. А.Ф. Сук*
  
4. **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЛЛЮЗИЙ С ПОМОЩЬЮ ДИСКА БЕНХЕМА** 19  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Ю.В. Субботовская  
Рук.: доц. И.В. Синельник, инж. А.В. Синельник,  
инж. С.М. Колубаева*
  
5. **КОЛЕБАНИЯ МАГНИТА В ОСЕСИММЕТРИЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ** 20  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: А.А. Богдан, Ю.С. Мизюк  
Рук.: доц. А.Н. Андреев, ст. пр. О.Н. Андреева*

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ

### 10<sup>25</sup> АТОМНЫЙ ПРАКТИКУМ У2

1. **КОНЦЕНТРАЦІЙНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> - Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>** 25  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»  
Ст. Н.В. Сосницька  
Рук.: асп. К.В. Мартинова, проф. О.І. Розгачова.*
2. **ФОТОХРОМНИЙ ЕФЕКТ В ТОНКИХ ПЛІВКАХ AgCl-CuCl** 27  
*Харківський національний університет радіоелектроніки  
Ст.: О.О. Сичова, Д.М. Хістева  
Кер. доц. О.М. Коваленко*
3. **ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ АКУСТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ МЕТОДОМ ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ** 29  
*Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
Ст.: Д.Ю. Гориславец, А.Д. Наливкин  
Рук. доц. Р.П. Орёл*
4. **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ** 32  
*Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
Ст.: А.Г. Дегтярёв, В.Б. Рыжов  
Рук. доц. Р.П. Орёл*
5. **ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ВИДОБУТКУ ГРАФЕНУ** 35  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»  
Кур. Д.О. Крячко  
Кер. доц. О.А. Рожков*

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

### 12<sup>35</sup> 213 АУДИТОРИЯ У2

1. **ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ** 36  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст.: И.В. Букреев, С.А. Заец, Б.А. Хаустов*  
*Рук.: доц. А.Н. Андреев, ст. пр. О.Н. Андреева,*  
*зав. лаб. П.Л. Вейцман*
2. **К 100-ЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ХОД ИСТОРИИ** 43  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. А. Р. Дунаева*  
*Рук. доц. А. Г. Лазаренко*
3. **КІШКА ЯК ОБ'ЄКТ ФІЗИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ** 47  
*Національний технічний університет «ХПІ»*  
*Ст. В.А. Сілаїчев*  
*Кер. доц. Т.І. Храмова*
4. **ИОНИЗАЦИЯ ГАЗОВ** 48  
*Национальный технический университет «ХПИ»,*  
*Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина*  
*Ст.: С.И. Михайлов, А.В. Труш, Э.О. Нелюбов*  
*Рук.: ст.пр. С.С. Кривонос, доц. Н.Б. Фатьянова*
5. **ДЕМОНСТРАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДРУЧНЫМИ СРЕДСТВАМИ** 49  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст.: М.В. Бофанова, А.В. Овчаренко*  
*Рук.: ст. пр. И.В. Галуцак, доц. Ю.В. Меньшов*
6. **ФІЗИЧНІ ДЕМОСТРАЦІЇ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ** 51  
*Національний технічний університет «ХПІ»*  
*Ст.: Д.С. Дерев'янку, Є.В. Мирошниченко*  
*Кер. доц. Ю.В. Меньшов*

**СЕКЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**  
**УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И**  
**ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**10<sup>25</sup> 213 АУДИТОРИЯ У2**

1. **ЗАДАЧА ГАЛИЛЕЯ НА НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ С ТРЕНИЕМ** 52  
*Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина*  
*Ст. В. Шабленко*  
*Рук. доц. А.Р. Казачков*
  
2. **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ** 55  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст.: Н.О. Бронников, Б.О. Медведев, Д.С. Дюженко*  
*Рук.: доц. Т.Н. Шелест, ст. пр. С.С. Кривonos*
  
3. **ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ** 57  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. В.А. Зеенко, В.В. Скиба, Е.А. Халин*  
*Рук.: доц. И.В. Синельник*
  
4. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА БИФЕЛЬДА – БРАУНА ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ ИОНОЛЕТА** 58  
*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. М.О. Польшиков*  
*Рук.: доц. И.В. Синельник, ст. преп. Н.Е. Оверко*
  
5. **ГЕНЕРАТОР НЕЗАТУХАЮЩИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ОСНОВЕ ТУННЕЛЬНОГО ДИОДА** 59  
*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. Д.А. Коваленко*  
*Рук.: доц. И.В. Синельник, инж. А.В. Синельник*

## ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ

### 10<sup>25</sup> 9 АУДИТОРИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА У2

1. **ГИРОСКОПЫ. УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ** 61  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. Д.В. Манько*  
*Рук.: ст.пр. С.С. Кривонос, доц. Т.Н. Шелест*
2. **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЭП В ЭНЕРГО-СИСТЕМАХ** 62  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. Д.А. Вертиёв*  
*Рук. доц. Г.И. Копач*
3. **УСКОРИТЕЛИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ** 64  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст.: В. Белевцов, И. Белов, Б. Федорчак*  
*Рук.: асс. К.А. Минакова, ст.пр. Ю.И. Чекрыгина, проф. Е.С. Сыркин*
4. **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНЕ** 67  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. Е.С. Гулина*  
*Рук.: доц. А.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова*
5. **ФОТОНИКА, КАК НОВЫЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ** 70  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. Р.В. Черкасов*  
*Рук. доц. Т.И. Храмова*
6. **ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ И ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ** 72  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст.: Д.С. Рыбальченко, М.А. Кузьмин*  
*Рук. доц. Ю.В. Меньшов*



7. **НАЙВАЖЛИВІШІ ТЕОРІЇ ВИНИКНЕННЯ ВСЕСВІТУ** 74  
*Національний технічний університет «ХПИ»*  
*Ст. Земцова К.О.*  
*Кер.: доц. Фатянова Н.Б., доц. Дульфан Г.Я.*
8. **ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ОРУЖИЕ** 80  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Кур.: О.С.Кондратенко, С.И.Мащенко*  
*Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, О.А. Макогон*
9. **ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ – ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО** 82  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Кур. О.О.Зимников*  
*Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, О.А. Макогон*
10. **24 УНИКАЛЬНЫЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ УКРАИНЦЕВ, КОТОРЫЕ ПОМОГЛИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ** 84  
*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: К.В. Дубняк, Ю.А. Ткачѐва*  
*Рук. ст.пр. Е.Б. Алмазова*
11. **ГРАВИТАЦИЯ ВОЛНУЕТСЯ РАЗ** 88  
*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. А. Тринитко*  
*Рук.: ст.пр. Ю.И. Чекрыгина, асс. Н.А. Сухина*
12. **РІДКІ КРИСТАЛИ** 90  
*Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”*  
*Ст.: А.А. Фандеева, Д.Д. Остапчук*  
*Кер.: ст.викл. І.В. Галуцак, доц. А.Я. Дульфан*
13. **НАШЕСТВИЕ ВОЛН** 92  
*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: Ю.А. Михайлова, М.В. Черенов*  
*Рук.: ст.пр. С.С. Кривонос, доц. Т.И. Храмова*

14. **ИЗОБРЕТАТЕЛЬ ПЕРВОГО МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕ-  
ФОНА – РОДОМ ИЗ УКРАИНЫ** 93  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Д.А. Зинченко  
Рук. ст.пр. Е.Б. Алмазова*
15. **БИОТОПЛИВО. ЗА И ПРОТИВ** 95  
*Харьковский национальный аграрный университет  
им. В.В. Докучаева  
Ст. В. Ишкильдин  
Рук. проф. С.С. Авотин*
16. **ЦЕМЕНТ ТА ЕКОЛОГІЯ** 97  
*Харківський національний аграрний  
університет ім. В.В. Докучаєва  
Ст. А. Орленко  
Кер. проф. С.С. Авотін*

## СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

### 12<sup>35</sup> АТОМНЫЙ ПРАКТИКУМ У2

1. **РИЧАРД ФЕЙНМАН И НАНОТЕХНОЛОГИЯ** 99  
*Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст.: Е. Петренко, А. Терновой  
Рук.: асс. К.А. Минакова, доц. В.А. Лыках, проф. Е.С. Сыркин*
2. **ПЕРВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТАТОР – ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ** 102  
*Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст. В.В. Дементьева  
Рук.: доц. А.Н. Андреев, ст. пр. О.Н. Андреева*
3. **ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ** 108  
*Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст. Д.В. Моргун  
Рук. доц. Г.И. Копач*
4. **КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ – ДВУЕДИНСТВО МАТЕРИАЛЬНОГО МИРА** 110  
*Национальный техничний університет «ХПИ»  
Ст. В.В. Черенко  
Кер. доц. Л.Г. Петренко*
5. **Л.В. ШУБНИКОВ – ОСНОВОПОЛОЖНИК ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР В ХАРЬКОВЕ** 112  
*Национальный технический университет «ХПИ»  
Сл.: Я. Д. Путренко, Д. В. Возруд  
Рук.: доц. В. И. Белозерцева, асс. Ю. С. Овчаренко*
6. **ИСТОРИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА** 114  
*Харьковский национальный аграрный университет  
им. В.В. Докучаева  
Ст.: А. Кандыба, Д. Лемзякова  
Рук. проф. С.С. Авотин*

## ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

### ВИЗНАЧЕННЯ ПРИСКОРЕННЯ ВІЛЬНОГО ПАДІННЯ

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Уч. 9-В кл. ЗОШ №124 Р. Овсянніков*

*Кер. доц. С.Д. Гапochenко*

Вимірювання прискорення вільного падіння  $g$  має наукове і прикладне значення. Це зумовлене тим, що  $g$  чутливе до багатьох чинників: висоти на поверхню Землі, широти місцевості, несферичності Землі, неоднорідності рельєфу земної поверхні і густини порід, які прилягають до поверхні Землі. Дані по прискоренню вільного падіння використовуються у геодезії і геофізиці, а також у космічних дослідженнях із застосуванням супутників Землі. Розробка нових методів вимірювання  $g$  і підвищення точності його вимірювання складає основну задачу гравіметрії. Методи вимірювання прискорення вільного падіння вивчаються у школі і вищих технічних закладах. Для вимірювання цієї величини можна використати будь-який рух тіла під дією сили тяжіння. Однак, визначенню похибки вимірювань зазвичай приділяється недостатньо уваги. Зокрема, це стосується визначення методичної похибки, зумовленої нехтуванням силою опору повітря. Окрім того, відсутні дані з впливу методу обрахунку даних вимірювань на обчислене значення  $g$  і похибку його визначення.

Таким чином, *актуальною* є проблема удосконалення методики вимірювання  $g$  в лабораторних умовах, що потребує обчислення методичної похибки, а також дослідження залежності значення  $g$  і похибки його визначення від методу обробки результатів та визначення оптимального методу обробки результатів вимірів. Прискорення вільного падіння визначалося за допомогою законів руху вільно падаючої кульки.

Розрахована методична похибка, яка зумовлена нехтуванням сили опору повітря. Сила опору повітря розрахована за формулою Ньютона на основі молекулярно-кінетичної теорії газів. Встановлено вплив методу обробки результатів вимірів на значення  $g$  і похибку його вимірювання і визначено оптимальний метод обрахунку результатів вимірів.



## ЗАДАЧА ПРИШЛА С ЭКРАНА

*\*Харьковский национальный университет  
им. В.Н. Каразина*

*\*\* Колледж Государственного университета морского  
и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*

*\*\*\* Universidade de Coimbra, Portugal*

*Ст.: А. Сауленко\*, А. Усова\*, И. Хромюк\*, М. Конкин\*\**

*Рук.: доц. А.Р. Казачков\*, доц. Н.А. Макаровский\*,  
I. Reva\*\*\**

Современное телевидение регулярно транслирует познавательные и научно-популярные программы, посвященные эффективным, необычным природным явлениям, оригинальным экспериментам и наблюдениям, в том числе физическим. Всемирная сеть Интернет также изобилует видеосюжетами, фотографиями и описаниями на подобные темы, привлекающими тысячи, а порой и миллионы пользователей. Такой неизменно большой интерес зрителей, прежде всего учащихся, зачастую перерастает в желание повторить оригинальные «опыты», показанные в ТВ программе или увиденные в сети. Трудно переоценить позитивную роль перехода учащихся к самостоятельным экспериментам и наблюдениям, особенно если кроме воспроизведения увиденного на экране они меняют условия эксперимента, проводя самостоятельное исследование. Это позволит проверить объяснение, данное авторами передачи/сетевого сюжета, или самостоятельно разобраться в интересном эффекте, более того, открыть новые, порой еще более впечатляющие свойства изучаемого явления.

Поводом для самостоятельного учебного исследования может стать и «пришедший с экрана» видео/фоторяд, в котором интересное явление было запечатлено случайно или не было основой сюжета. Хорошим примером служит картина Н.П.Богданова-Бельского «Устный счет», где при всем внимании художника к проработке характеров изображенных им учителя и сельских школьников, представляет интерес и сама приведенная на классной доске арифметическая задача, «провоцирующая» дальнейшие исследования [1].

Мы воспроизвели и исследовали несколько физических явлений, которым были посвящены телевизионная программа «Разрушители мифов» и ряд сетевых сюжетов.

## 1. Неразъединяемые тетради.

Если заложить в тетрадь листок бумаги, то вытащить его, не открывая тетрадь на соответствующей странице не представляет никаких усилий. Но если сложить две толстые тетради так, чтобы их листы поочередно перекрывались (Рис.1), то разъединить тетради растягиванием в противоположные стороны оказывается невозможно.

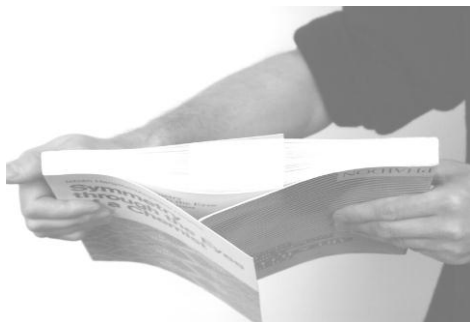


Рис. 1. Неразъединяемые тетради [2].

Легко заметить, что в той области, где тетрадные листы перекрываются, толщина полученной системы листов больше (вдвое для одинаковых тетрадей), чем у корешков. Поэтому при растягивании приложенные к каждому листу силы не параллельны плоскости тетрадей, а составляют с ней некоторые углы, что приводит к прижиму листов разных книг в направлении, перпендикулярном растягиванию. Этот прижим сам по себе не обеспечивает сцепление тетрадей, но приводит к трению тем большему, чем больше листов перекрывается. Оценка, выполненная в [2] и более точное суммирование [3] сил трения между отдельными листами книг или тетрадей, сложенных как на Рис.1, показывает, что интегральная сила трения пропорциональна растягивающей силе и квадрату числа листов. Таким образом, начиная с некоторого числа взаимно перелистанных страниц, книги невозможно разъединить растягиванием в противоположные стороны.

В данной работе экспериментально исследовались схемы слистывания страниц (например, Рис.2), однозначно доказывающие правильность приведенной выше модели фрикционного зажима.

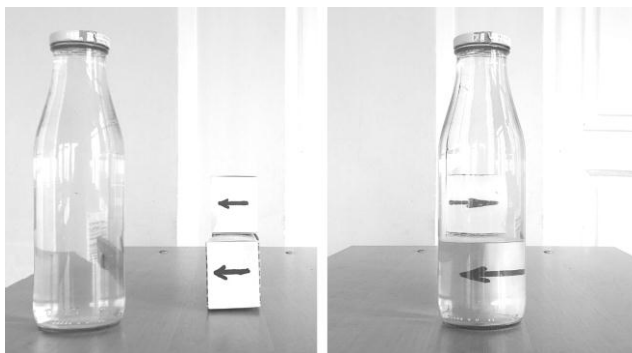
### 1. Водяные цилиндрические линзы.

Любопытный эксперимент [4], наглядно демонстрирующий свойства цилиндрических линз (стаканы или бутылки, полностью или



Рис. 2. Схемы слистывания страниц, при которой зажим отсутствует.

частично заполненные водой), был воспроизведен с многочисленными вариациями, позволяющими получать комбинации прямых и перевернутых изображений объектов разной симметрии. Так, стрелки на Рис.3 расположены на разном расстоянии от бутылки с водой.



**Рис. 3.** Изображения, формируемые цилиндрической линзой.

## **2. Марш проникающих колонн.**

Впечатляющий марш японских студентов, при котором их колонны, двигающиеся в перпендикулярных направлениях, проходят друг сквозь друга без столкновений [5], послужил основой для компьютерных моделей разнообразных сценариев марша, выполненных в электронных таблицах *Microsoft Office Excel* с использованием для их анимации ранее созданных программных алгоритмов-макросов [6].

### *Литература.*

1. Фаермарк Д. С. Задача пришла с картины. Наука, М. 1974.
2. Muller A. Paper Science. *Hands-on Experiments in Physics Education*, Duisburg, 1999, p.444-453.
3. Казачков А.Р., Димитрова Л.В., Аникеева И.В., Чередник В.В. Friction force: surprising aspects. *Материалы студ. конференции «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение»*, НТУ «ХПИ» - Х., 2001, с. 37-38.
4. <http://raznogo.com/ne-ver-glazam-svoim-opticheskij-opyt/>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=usUYRZwVX48&feature=youtu.be>
6. Казачков А.Р., Аверков С.С., Игнатова О.С. Применение анимации в электронных таблицах Excel при решении задач по физике. *Материалы студ. конференции «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение»*, НТУ «ХПИ» - Х., 2007, с. 20-22.



## ГОЛОГРАФИЧЕСКОЕ КИНО

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: О.С. Беляев, Б.Д. Почапский*

*Рук. проф. А.Ф. Сук*

**Цель работы** – выяснить перспективы голографического кинематографа и телевидения.

Голография — одно из замечательных достижений современной науки и техники. Это набор технических и технологических принципов и устройств, благодаря которым можно создать точную объемную световую копию любого объекта. Идея голографии была впервые высказана Д. Габором в 1948 году [1]. Техническая реализация метода оказалась сложной и только с появлением лазеров в 60-х годах прошлого столетия появились возможности практического использования голограмм в радиоэлектронике, оптике, физике и различных областях техники. Большой вклад в развитие голографии внес Ю. Денисюк [2], который предложил и успешно реализовал на практике метод отражательных голограмм.

Одним из перспективных направлений применения голографии являются голографические кинематограф и телевидение. Многие специалисты полагали и полагают, что будущее кинематографа в использовании трехмерного изображения. Первым шагом на этом пути стало т.н. стереокино (3D фильмы). Однако стереокино имеет серьезный недостаток – неестественное для человеческого мозга восприятие видеoinформации, вызывающее неудобство, напряжение, утомляемость зрения. Это связано с нарушением естественного сочетания между аккомодацией и конвергенцией глаза, т.е. с неестественными движениями мышц, сжимающих хрусталик глаза, и мышц, поворачивающих глазные яблоки. Только голографическое изображение, естественное для восприятия человеком, может решить проблему трехмерного изображения. Более того, голографическое изображение можно сделать интерактивным.

В основе голографии лежит дифракция света. Для создания и считывания голограммы требуются лазеры - мощные источники света с высокой пространственной и временной когерентностью. Физически голограмма представляет собой сложную структуру пятен, расстояние между которыми порядка длины волны, в связи с чем, для изготовле-

ния голограмм нужны специальные высококачественные фотоматериалы.

Один из вариантов голографического кинематографа был предложен в 1974 г. В. Комаром. В его основе лежат четыре идеи [3-4]: применение отражательного голографического экрана, фокусирующего в пространстве зрительного зала трехмерные цветные изображения, представляющие собою световые копии снятых сцен; использование для цветных киносъемок и изготовления проекционных экранов толстослойных голографических кино- и фотопленок, сверхвысокого разрешения (до 10000 линий на миллиметр); применение съемочных и проекционных объективов с большой апертурой и светосилой, без виньетирования для обеспечения широкого диапазона ракурсов голографического изображения; использование двух методов киносъемки; съемка малых и средних сцен – в лазерном когерентном свете, а съемка больших сцен - многоракурсным методом в обычном свете с последующим переводом изображения на голографическую кинопленку. Хотя многие из этих идей актуальны до сих пор, но, созданный на их основе экспериментальный кинотеатр оказался слишком дорогим и малоэффективным изобретением.

Интерес к голограммам уже сегодня активно используется в реальной постановочной деятельности. Голографическая проекция - уникальный продукт, идеально подходящий для проведения презентаций, форумов, продвижения новых продуктов, визуализации брендов компании. Это инновационная проекционная система для создания свободно плавающего голографического изображения, с ее помощью можно *моделировать* движущиеся и статичные объекты. Ярким примером голографической проекции может служить Мику Хацунэ. Это японская виртуальная певица, созданная компанией Crypton Future Media в 2007 году и успешно «выступающая» до сих пор. Благодаря технологии лазерной 3D-голографии, она даёт и живые концерты. Другим красивым примером может быть впечатляюще реальная голограмма огня.

Идея взаимодействия с голограммами также уже не является предметом только научно-фантастических рассказов. Например, специалисты Digital Nature Group создали голограмму, которую можно безопасно потрогать руками [4]. Хотя технология пока и не позволяет создать настоящую виртуальную реальность, создаваемые с ее помощью осязаемые голограммы планируются использовать в витающих в воздухе голографических интерфейсах.

К основным проблемам, из-за которых до сих пор настоящего голографического кино не существует, относятся: трудности голографической съемки *движущихся* объектов, проблемы натурных съемок (пейзажи и т.д.) и съемок живых объектов; переизбыток информации при записи, хранении и передаче голографического изображения; конструкция экрана, на котором могла бы образовываться *динамическая* голограмма; сложность и высокая стоимость оборудования.

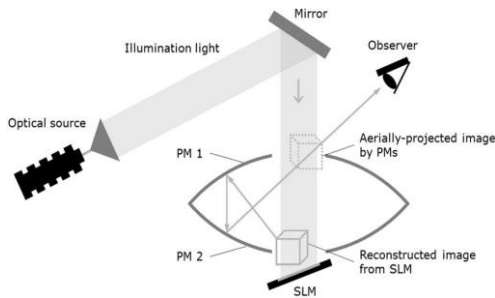


Рис. 1

Однако, быстрое развитие исследований в направлении создания голографического кино позволяет высказать осторожный прогноз о возможности появления первых голофильмов в ближайшие 10 лет. Примером подобных обнадеживающих результатов может служить работа

[5], в которой описана проекционная система для восстановления 3D движущихся изображений в воздухе на основе электроголографии (рис.1). Электроголография базируется на использовании пространственного модулятора света (SLM) в качестве голографического регистрирующего материала и способа отображения голограммы. Недостатком системы является необходимость значительных вычислительных мощностей для воссоздания голограмм.

Литература:

1. Gabor D. A new microscopic principle // Nature 161: 777–778, 1948
2. Денисюк Ю.Н. Голография с записью в трехмерных и двухмерных средах. // Труды государственного оптического института имени С. И. Вавилова. Т. 36 Вып. 165, с. 121—131, 1969
3. Komar V.G. Principle of the Holographic Cinematography // Selected Papers on Fundamental Techniques in Holography. SPIE Milestone, Series, vol. MS 171, 2001
4. Researchers in Japan show off super-fast laser holograms you can touch. - <http://mashable.com/2015/07/02/holograms-you-can-touch/#grrFpUfiZmqT>
5. Takashi K., etc. Aerial projection of three-dimensional motion pictures by electroholography and parabolic mirrors // Scientific Reports 5, Article number: 11750 (2015) - <http://www.nature.com/articles/srep11750>

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЛЛЮЗИЙ С ПОМОЩЬЮ ДИСКА БЕНХЕМА

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст. Ю.В. Субботовская*

*Рук.: доц. И.В. Синельник, инж. А.В. Синельник,  
инж. С.М. Колубаева*

Особенности восприятия человеком визуальной информации и возникающие при этом оптические иллюзии широко используются в современной компьютерной графике, в кинематографии и телевидении, в медиатехнологиях, поэтому знание механизмов и закономерностей их возникновения является важной прикладной задачей. Оптические иллюзии – феномен искаженного восприятия объектов и их изображений, возникающий вследствие совместно действия физических законов распространения света в различных средах, физиологических особенностей строения и работы зрительного аппарата человека и обработки сигналов, поступающих в процессе восприятия визуальной информации, человеческим мозгом. Механизмы и закономерности возникновения многих из оптических иллюзий до сих пор изучены не до конца. Одной из таких иллюзий является диск Бенхема – диск с нанесенным на его поверхность черно-белым узором

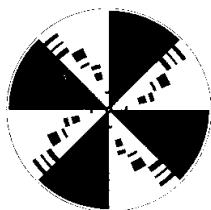


Рисунок 1.

при вращении которого возникают цветовые ощущения. Целью настоящей работы было экспериментальное изучение закономерностей возникновения цветовой иллюзии при вращении диска. Для экспериментального исследования была изготовлена установка на основе привода CD-ROM. Графическое изображение распечатывалось на принтере и наклеивалось на поверхность компакт-диска стандартного размера. Исследовалось влияние различных параметров: частоты и скорости вращения, характера изображения на поверхности диска, позиции наблюдателя (угла, под которым ведется наблюдение), направления вращения, характера (отраженный свет или излучение) и спектрального состава света, которым освещался диск, субъекта наблюдения. Выявлены субъективные и объективные параметры в возникновении иллюзии диск Бенхема. На основании изученных основных теорий цветового зрения человека сделаны предположения о механизмах возникновения цветовых ощущений при вращении диска

Бенхема.

## КОЛЕБАНИЯ МАГНИТА В ОСЕСИММЕТРИЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.А. Богдан, Ю.С. Мизюк*

*Рук.: доц. А.Н. Андреев, ст. пр. О.Н. Андреева*

Несмотря на большое разнообразие колебательных процессов, встречающихся в природе и технике, все они могут быть описаны одинаковыми дифференциальными уравнениями. Используя общность математического аппарата колебаний различной природы, в работе изучены свободные затухающие колебания магнитного маятника.

Магнитный маятник состоит из двух одинаковых кольцевых магнитов, один из которых (нижний) покоится, а второй движется вдоль вертикальной оси (рис. 1., а). Если верхний магнит вывести из положения равновесия, то в системе возникнут колебания, обусловленные возвращающей силой, всегда направленной к положению устойчивого равновесия. В отсутствие диссипации энергии эта сила является результирующей силы тяжести и силы магнитного взаимодействия.

Взаимодействие между магнитами возникает благодаря магнитному полю. Неподвижный кольцевой магнит создаёт магнитное поле, обладающее осевой симметрией, а движущий магнит испытывает силовое действие со стороны этого поля. Напомним, что магнитное поле называется осесимметричным, если существует такая цилиндрическая система координат  $r, \varphi, z$ , что в каждой точке вектор индукции магнитного поля зависит лишь от  $r$  и  $z$ , но не от  $\varphi$ . Другими словами, такое поле переходит само в себя при повороте вокруг оси  $z$ . Поэтому для описания осесимметричного магнитного поля используется цилиндрическая система координат.

Разложим вектор индукции  $\vec{B}$  магнитного поля, создаваемого неподвижным магнитом, в месте расположения второго магнита на две составляющие: осевую  $B_z$  – направленную вдоль оси магнита и радиальную  $B_r$  – перпендикулярную ей (рис. 1., б).

Если вывести верхний магнит из положения равновесия и отпустить, то он начнет совершать колебательные движения. Будем считать, что эти колебания малы, а потери энергии в системе отсутствуют. Тогда на магнит массой  $m$ , кроме силы тяжести  $F = mg$  действует и магнит-

ная сила:

$$F_A = \frac{2p_m}{r} B_r(z), \quad (1)$$

где  $r$  и  $p_m$  – радиус и магнитный момент движущегося магнита, соответственно.

Радиальную составляющую  $B_r(z)$  внешнего магнитного поля  $\vec{B}$  можно выразить через градиент параллельной составляющей  $B_z(z)$  этого же поля, используя соотношение  $\text{div}\vec{B} = 0$ .

Тогда магнитную силу можно определить по формуле:

$$F_A = -p_m \frac{dB_z}{dz}, \quad (2)$$

В этом случае, уравнение гармонических колебаний магнита будет:

$$-p_m \frac{dB_z}{dz} - mg = m \frac{d^2z}{dt^2}.$$

Разложим градиент аксиальной составляющей поля вблизи положения равновесия ( $z = 0$ ) в ряд Маклорена и, ввиду малости колебаний, ограничившись двумя первыми слагаемыми имеем:

$$\left. \frac{dB_z}{dz} \right|_z = \left. \frac{dB_z}{dz} \right|_{z=0} + \left. \frac{d^2B_z}{dz^2} \right|_{z=0} \cdot z.$$

Учитывая, что в положении равновесия магнитная сила и сила тяжести уравновешивают друг друга:

$$-p_m \left. \frac{dB_z}{dz} \right|_{z=0} - mg = 0$$

получим уравнение колебаний магнита:

$$\frac{d^2z}{dt^2} + \frac{p_m}{m} \left. \frac{d^2B_z}{dz^2} \right|_{z=0} \cdot z = 0. \quad (3)$$

Сравнивая уравнение (3) с дифференциальным уравнением гармонич-

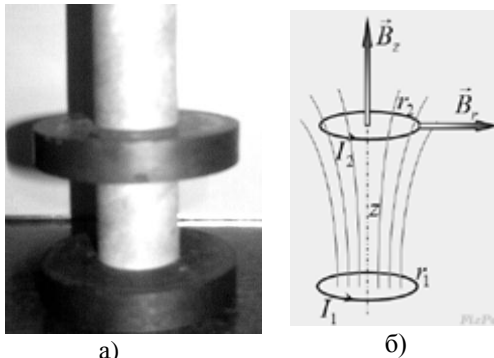


Рис. 1. Магнитный маятник: а) общий вид; б) конфигурация осесимметричного магнитного поля.

ческих колебаний:  $\frac{d^2z}{dt^2} + \omega_0^2 z = 0$ , находим квадрат циклической частоты колебаний магнитного маятника:

$$\omega_0^2 = \frac{P_m}{m} \frac{d^2 B_z}{dz^2} \Big|_{z=0}. \quad (4)$$

В работе экспериментально была определена временная зависимость смещения движущегося магнита от положения равновесия (точки на рис. 2., а). Затем, с помощью геометрического метода сглаживания кривой, типа *B-сплайна*, была получена осциллограмма затухающих колебаний (кривая на рис. 2., а), которая позволила установить: 1) условный период колебаний магнитного маятника  $T = (0,209 \pm 0,004)$ , с; 2) зависимость амплитуды колебаний  $A$  от времени. Выполнив линейную аппроксимацию (рис. 2., б) функции  $\text{Ln}A(t)$  определили тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс, который равен коэффициенту затухающих колебаний магнитного маятника:  $\beta = (1,80 \pm 0,08)$ ,  $\text{с}^{-1}$ . Далее, были рассчитаны характеристики затухающих колебаний: а) логарифмический декремент  $\delta = \beta T = 0,3758$ ; б) добротность  $Q = \frac{\pi}{\delta} = 8,36$ .

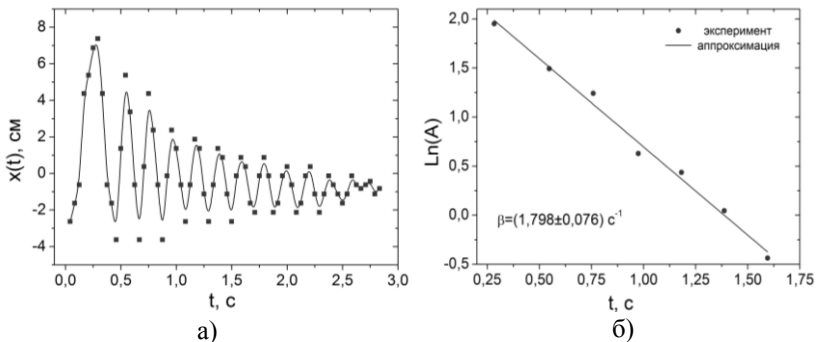


Рис 2. Затухающие колебания магнитного маятника: а) временная зависимость смещения магнита от положения равновесия; б) зависимость логарифма амплитуды колебаний от времени.

Зная коэффициент затухания и условный период затухающих колебаний можно вычислить собственную частоту незатухающих ко-



лебаний магнитного маятника:

$$\omega_0 = \sqrt{\omega^2 + \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 + \beta^2} = 30,1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Поскольку  $\omega_0^2 \gg \beta^2 \Rightarrow \omega_0 \approx \omega$ .

Для определения магнитного момента магнита вычислим силу взаимодействия двух кольцевых магнитов. Заменим магниты с однородной намагниченностью  $J_1$  и  $J_2$  на круговые токи, текущие по боковой поверхности магнитов, которые будем считать цилиндрическими. Приравнивая радиусы магнитов и круговых токов, определим поверхностную силу тока:

$$I_{1,2} = J_{1,2} h_{1,2}, \quad (5)$$

где  $h_1, h_2$  – высота магнитов.

Чтобы вычислить силу, действующую на кольцо, необходимо разбить его на малые элементы  $l$  и просуммировать силы Ампера, действующие на каждые такой элемент тока. Используя правило левой руки, легко показать, что осевая составляющая магнитного поля приводит к появлению сил Ампера, стремящихся растянуть (или сжать) кольцо – векторная сумма этих сил равна нулю. Наличие радиальной составляющей поля приводит к возникновению сил Ампера, направленных вдоль оси магнитов, то есть к их притяжению или отталкиванию. Так как рассматриваемая система обладает осевой симметрией, то модуль радиальной составляющей постоянен во всех точках кольцевого тока второго магнита. Следовательно, проекция силы, действующей на второй магнит, с учетом правила левой руки, определяется формулой:

$$F = -I_2 B_r l = -I_2 B_z 2\pi r_2. \quad (6)$$

Положительное направление силы соответствует притяжению магнитов, положительное направление тока – против часовой стрелки.

Магнитное поле, создаваемое первым магнитом, эквивалентно полю кругового тока. Учитывая, что  $z \approx 4r$ , запишем осевую составляющую магнитного поля:

$$B_z \approx \frac{\mu_0 p_{m1}}{2\pi z^3}, \quad (7)$$

где  $p_{m1} = I_1 S_1 = J_1 h_1 \pi r_1^2 = J_1 V_1$  – магнитный момент первого магнита ( $V_1$  – его объем).

Радиальная составляющая поля в месте расположения второго кругового контура:

$$B_r = -\frac{r_2}{2} \frac{\Delta B_z}{\Delta z} = \frac{3\mu_0 p_{m1}}{4\pi z^4} r_2. \quad (8)$$

Следует отметить, что сила взаимодействия между магнитами определяется скоростью изменения осевой составляющей поля вдоль оси  $z$ :  $\frac{\Delta B_z}{\Delta z}$ .

Подставляя (8) в (6) находим силу взаимодействия двух кольцевых магнитов:

$$F = -I_2 2\pi r_2 B_r = -I_2 2\pi r_2 \frac{3\mu_0 p_{m1}}{4\pi z^4} r_2 = -\frac{3\mu_0 p_{m1} p_{m2}}{2\pi z^4}, \quad (9)$$

где  $p_{m2} = I_2 S_2 = J_2 h_2 \pi r_2^2 = J_2 V_2$  – магнитный момент второго магнита ( $V_2$  – его объем).

Приравняв силу тяжести для верхнего магнита с силой взаимодействия (9), можно определить магнитный момент. Поскольку магниты одинаковые ( $p_{m1} = p_{m2} = p_m$ ), получим:

$$p_m = \sqrt{\frac{2\pi z^4 mg}{3\mu_0}}. \quad (10)$$

Для изучаемого маятника, состоящего из магнитов массой  $m = 0,349 \text{ кг}$  расстояние между, которыми в положении равновесия  $z = 5,9 \text{ см}$  –  $p_m = 8,31 \text{ А} \cdot \text{м}^2$ .

Кроме того, с помощью соотношений (2) и (4) можно определить градиент аксиальной составляющей магнитного поля и  $\frac{d^2 B_z}{dz^2}$  в положении равновесия магнитного маятника.

Таким образом, в работе: 1) исследованы свободные затухающие колебания магнитного маятника и установлены их основные характеристики; 2) определены магнитный момент магнита и градиент аксиальной составляющей магнитного поля.

Литература:

1. Лопатинський І.Є., Чіх В.І. Лекційні демонстрації з курсу загальної фізики. - Л.: Національний університет «Львівська політехніка». – 2001. – 288 с.

2. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. – М.: Физматлит. – 2003. – 496 с.

3. Боровик Е.С., Мильнер А.С. Лекции по ферромагнетизму. – Х.: ХГУ им. А.М. Горького. – 1960. – 235 с.

4. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. – М.:

Вышая школа. – 1991. – 288 с.

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ

### **КОНЦЕНТРАЦІЙНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ЕЛЕКТРО- ПРОВІДНОСТІ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ $Sb_2Te_3$ - $Bi_2Te_3$**

*Національний технічний університет «ХПІ»*

*Ст. Н.В. Сосницька*

*Рук.: асп. К.В. Мартинова, проф. О.І. Рогачова.*

Напівпровідникові термоелектричні (ТЕ) матеріали вживаються у термоелементах для перетворення теплової енергії на електричну. Сьогодні в якості основних матеріалів для термоохолоджуючих пристроїв та термогенераторів, які працюють за температури нижчої, ніж 300 - 350 К, використовують тверді розчини  $Sb_2Te_3$  -  $Bi_2Te_3$ . На практиці найширше застосування знайшли пресовані матеріали, завдяки простоті та низькій вартості їх виготовлення і високій надійності у використанні. Ефективність ТЕ матеріалів визначається їх ТЕ добротністю  $ZT$  ( $ZT = S^2\sigma/\lambda$ , де  $\sigma$  - електропровідність матеріалу,  $\lambda$  - теплопровідність,  $S$  - коефіцієнт Зеєбека), яка безпосередньо впливає на значення ККД ТЕ перетворювача. Тому важливим напрямом досліджень в плані підвищення ефективності ТЕ матеріалів є пошук оптимального співвідношення їх ТЕ параметрів з метою досягнення максимального значення  $ZT$ . Одним із добре відомих методів підвищення ТЕ добротності є метод твердих розчинів, заснований на тому, що у твердому розчині відношення  $\sigma/\lambda$  зростає у порівнянні із чистими матеріалами. Для отримання оптимальних значень концентрації носіїв заряду та типу провідності тверді розчини додатково легують домішками. Виходячи із загальних уявлень про властивості твердих розчинів, слід було б очікувати їх монотонної зміни із збільшенням вмісту одного із компонентів. Але останнім часом з'явилися повідомлення (див., напр., [1, 2]) про виявлення аномалій на концентраційних залежностях ряду властивостей у різних твердих розчинах при малих (~ 1%) концентраціях домішки. Автори цих робіт пов'язували існування таких аномалій із критичними явищами, що супроводжують фазовий перехід перколяційного типу від розбавлених твердих розчинів до концентрованих. Зрозуміло, що при інтерпретації експериментальних результатів і розробці ТЕ матеріалів з високою ТЕ ефективністю треба брати до уваги наявність концентраційних аномалій властивостей. На сьогоднішній день, не дивлячись на те, що існує ве-

лика кількість робіт по дослідженню ТЕ властивостей твердих розчинів  $\text{Sb}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Te}_3$ , практично відсутня інформація про залежності ТЕ характеристик від складу цих твердих розчинів в областях концентрацій поблизу вихідних компонентів ( $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  і  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ).

Мета даної роботи - дослідження залежності електропровідності  $\sigma$  твердих розчинів на основі  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  в системі  $\text{Sb}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Te}_3$  від складу в області малого вмісту  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  з метою виявлення концентраційних аномалій.

Дослідження проводилося на пресованих зразках  $\text{Sb}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Te}_3$ . Синтез зразків в інтервалі складів 0 - 3.5 мол. %  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  здійснювався шляхом прямого сплавлення високочистих елементів у вакуумованих кварцових ампулах за температури  $T = 1073$  К протягом 2 год. і подальшого відпалу при  $T = 653$  К протягом 300 год. Холодне пресування литих відпалених сплавів  $\text{Sb}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Te}_3$  проводилося на пресі ЗІМ Р-25 із (тиск  $P = 7$  т/см<sup>2</sup>, час витримки під навантаженням - 1 хв.). Ступінь дисперсності порошоків складала  $\sim 200$  мкм. Після пресування усі зразки піддавалися відпалу у вакуумованих ампулах із жаростійкого скла протягом 300 год

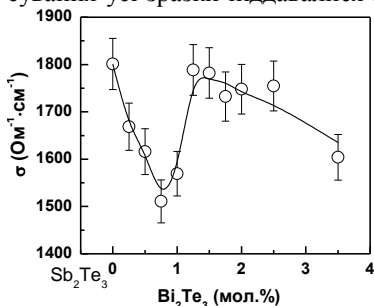


Рис. 1 – Залежність коефіцієнта електропровідності  $\sigma$  пресованих разків  $\text{Sb}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Te}_3$  від вмісту  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  за кімнатної температури.

ростійкого скла протягом 300 год ( $T_{\text{відп}} = 420^\circ\text{C}$ ). Електропровідність  $\sigma$  вимірювалася чотирьох зондовим методом за кімнатної температури. В результаті проведених вимірювань була отримана залежність  $\sigma$  твердих розчинів  $\text{Sb}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Te}_3$  від вмісту  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  в інтервалі 0 - 3.5 мол. %  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ . Було встановлено, що залежність  $\sigma$  від складу твердого розчину має немонотонний характер: після швидкого падіння  $\sigma$  при збільшенні концентрації  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  до  $\sim 0.8$  мол. %  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  при подальшому збільшенні концентрації  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$   $\sigma$  різко зростає до  $\sim 1.5$  мол.%  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  після чого монотонно знижується. Припускається, що наявність концентраційної аномалії на залежності  $\sigma$  - склад є ще одним підтвердженням існування у будь-якому твердому розчині фазового переходу перколяційного типу, який супроводжується критичними явищами. Отримані результати необхідно враховувати при розробці ТЕ матеріалів на основі твердих розчинів  $\text{Sb}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Te}_3$ .

1. Рогачева Е.И. Перколяционные эффекты и термоэлектрическое материаловедение // Термоэлектричество. – 2007. – № 2. – С. 64 - 72.

2. Rogacheva E.I. Percolation effects in semimetallic Bi-Sb solid solutions/E.I. Rogacheva,



# ФОТОХРОМНИЙ ЕФЕКТ В ТОНКИХ ПЛІВКАХ AgCl-CuCl

*Харківський національний університет  
радіоелектроніки*

*Ст.: О.О. Сичова, Д.М. Хістева*

*Кер. доц. О.М. Коваленко*

Явище фотохромізму досліджується більш 100 років, і із самого початку фундаментальних досліджень викликало інтерес можливістю практичного використання. З розвитком лазерної техніки значно зріс інтерес до фотохромних матеріалів (ФХМ) як середовищ для реєстрації й оптичної обробки інформації.

Відповідно до природи фотохромних речовин ФХМ можна розділити на органічні і неорганічні. В усіх ФХМ основним компонентом є фотохромна сполука, що зазвичай знаходиться в матриці. В якості матриці найчастіше використовують розчинники, полімерні зв'язувальні речовини і стекла. Відповідно до цього розрізняють рідинні ФХМ, фотохромні полімерні плівки і фотохромні стекла.

На відміну від звичайних світлочувливих матеріалів у фотохромних матеріалах можливі багаторазові оборотні процеси переходу речовини з вихідного стану у фотоіндукований і навпаки. Цим визначаються основні характеристики фотохромних матеріалів. До числа основних характеристик ФХМ відносяться спектри поглинання вихідної і фотоіндукованої форм, спектральна область і величина світлочувливості, час одержання і збереження фотоіндукованої форми, роздільна здатність, оборотність фотохромного процесу.

Тонкі плівки AgCl-CuCl є гарним модельним об'єктом для вивчення фотохромного ефекту. При їхньому дослідженні виключається неясна роль матриці-скла на різних стадіях фотохромного процесу, з'являється можливість більш широкого вивчення оптичних і структурних властивостей активного компонента фотохромних сполук.

Метою роботи є приготування тонких плівок AgCl-CuCl з яскраво вираженим фотохромним ефектом, дослідження оптичних спектрів отриманих зразків, вивчення наведеного поглинання на різних стадіях фотопроцесу.

Були досліджені спектри фотохромних плівок AgCl-CuCl з метою вивчення природи наведеного поглинання в них.

Зразки готувалися шляхом випаровування суміші порошків AgCl і CuCl заданого молярного складу на нагріті до 100 °С кварцові підкладки. При такому способі приготування утворюються змішані двофазні плівки, про що свідчать їх спектри поглинання і електронограми. В спектрі поглинання в таких плівках спостерігаються екситонні смуги властиві CuCl і AgCl.

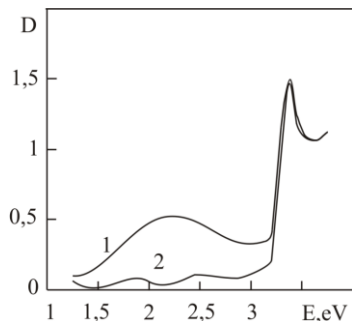


Рис.1 Спектр поглинання тонкої плівки AgCl-CuCl: 1 – опроміненої, 2 – до опромінення.

Необхідною умовою фотохромізму тонких плівок AgCl-CuCl є їх двофазність, тобто наявність гетеропереходу на кордоні між зернами CuCl і AgCl. В двофазних плівках спостерігається помітний фотохромний ефект. Під дією опромінення ртутної лампи в області прозорості з'являється широка смуга поглинання з максимумом  $E_m \sim 2,3$  eV (рис.1).

Ця смуга поглинання відповідає колоїдному поглинанню Ag в AgCl і іонів  $Cu^{2+}$  в AgCl, про що свідчить і хімічний аналіз.

Зі збільшенням експозиції смуга наведеного поглинання в тонких плівках AgCl-CuCl зсувається в довгохвильову область спектра, що вказує на збільшення розмірів колоїдних частинок Ag.

Литература:

1. O.N. Yunakova, V.K. Miloslavsky, M.S. Gromov, E.N. Kovalenko. On the nature of photoinduced absorption in photochromic  $(AgCl)_x(CuCl)_{1-x}$  films. // *Funct. Mater.*, 2005, v.12, N2 p. 224-226.

2. В.А. Барачевский, Г.И. Лашков, В.А. Цехомский. Фотохромизм и его применение. М., Химия, 1977, 279с.

3. А.А. Кузьмичев, Б.А. Будкевич, А.М. Поликанич, В.В. Свиридов, В.А. Пилипович. Фотохромные пленки  $AgNaI-CuNaI$  и запись голограмм на них. // *Письма в ЖТФ*, 1978, т.4, №16, с. 950-953.



# ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ АККУСТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ МЕТОДОМ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ

*Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники*

*Ст.: Д.Ю. Гориславец, А.Д. Наливкин  
Рук. доц. Р.П. Орёл*

Распространённым и эффективным среди методов диагностики электронной техники является бесконтактный тепловой метод. Главное достоинство бесконтактного метода теплового контроля заключается в том, что он относится к средствам неразрушающего контроля: тепловизор, находящийся на определённом расстоянии от объекта интереса, считывает тепловое излучение и передает полученные данные компьютеру для их дальнейшего просмотра и анализа. Нахождение на расстоянии от исследуемой ячейки исключает влияние на изменение температурных и электрических характеристик объекта исследования, тем самым давая наиболее правдоподобную и точную картину происходящих явлений.

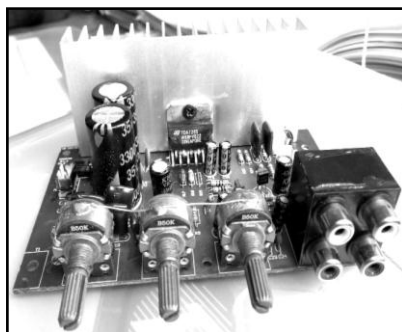
При всех перечисленных преимуществах бесконтактного теплового контроля следует учитывать особенности применения этого метода в электронной промышленности. Основной проблемой при тепловом контроле объекта является сложность его конструкции. Обычно электронное изделие изготовлено из множества материалов с различными коэффициентами излучения, а плотность компоновки велика, что обуславливает усиление эффекта взаимотражений внутри объекта контроля. Также исследование тепловых полей изделий радиоэлектроники осложняется их малыми габаритами.

Важным критерием работоспособности электронных компонентов является их тепловой режим. Аномальный нагрев значительно увеличивает вероятность выхода из строя электронного узла и сокращает срок службы компонента исследуемого прибора и изделия в целом. Помимо этого, измененное тепловое поле может сигнализировать о дефектах, поиск которых обычными способами (например, визуально или при помощи специального электрического стенда) может быть затруднен по ряду причин или неэффективен[1].

В результатах исследования представлен анализ теплового контроля платы усилителя акустической системы GEMBIRD TDA 7265. Для исследования теплового контроля платы усилителя использовался тепловизор ИРТИС-200, который позволяет измерять абсолютные температуры и обладает чувствительностью  $0,1^{\circ}\text{C}$  при  $80^{\circ}\text{C}$ . При подключении к компьютеру данного устройства по цифровому каналу и использовании специального программного обеспечения возможна дополнительная статистическая обработка температурной информации, учет коэффициента излучательной способности исследуемого объекта (повышение достоверности результатов измерений), представление получаемой информации в виде графиков и диаграмм, запись массивов измерений в файл и т.п. [2].

После проведения экспериментов и при просмотре результатов были получены термограммы функционирующего изделия при различных режимах эксплуатации:

без нагрузки; с нагрузкой на левый канал, с нагрузкой на правый канал и с нагрузкой на два канала. При анализе термограммы были подтверждены теоретические сведения о зависимости выделяемого усилителем тепла от электрической нагрузки. Также был обнаружен аномально нагревающийся элемент в работе усилителя – резистор, находящийся возле микросхемы усилителя, температура которого заметно превышала температуру нагрева других элементов схемы усилителя акустической мощности (до  $84^{\circ}\text{C}$ ). Причиной этого, скорее всего, является выход из нормального режима работы усилителя правого канала, или же некачественная пайка выводов указанного резистора усилителя (см. рисунок, резистор белый).



Видимое изображение



Термограмма

Обратив внимание на термограмму объекта можно заметить, что температура алюминиевого радиатора существенно меньше, чем у микросхемы усилителя (отличие более 50°C на максимальной мощности). Так как радиатор сделан из алюминия, а алюминий является материалом с высоким коэффициентом теплопроводности – это мало вероятно. Причиной этого является то, что значение температуры, определяемой по термограмме, выставляется тепловизором по тепловому излучению от радиатора, а так как радиатор изготовленного из алюминия, то следует учитывать коэффициент излучения этого материала (колеблется от 0,05 до 0,2 в зависимости от состояния поверхности). Микросхема отдаёт большую часть тепла радиатору, иначе усилитель не мог бы работать в стационарном режиме на максимальной мощности. Следовательно, области радиатора, расположенные ближе к микросхеме, имеют температуру, близкую к температуре самой микросхемы, что подтверждают расчеты с учётом коэффициента излучения из полученных термограмм.

Также при проведении эксперимента было обнаружено, что при большой нагрузке на усилитель нагревается разъем питания, что свидетельствует о том, разъем тоже имеет своё сопротивление и при большой нагрузке на усилитель выделяет тепло.

Ещё на термограмме отчётливо видно как слева от цилиндрических конденсаторов нагревается диодный мост. Он нагревается равномерно и не настолько интенсивно как резистор или микросхема (на термограмме резистор белый, а микросхема розовая). Из этого можно сделать вывод, что на этом диодном мосту также рассеивается мощность, подаваемая на усилитель по цепи питания.

При проведении экспериментальных исследований, которые были проведены на кафедре физики ХНУРЭ, были подтверждены основные преимущества метода бесконтактного теплового контроля изделий, такие как: портативность, простота, эффективность и высокий уровень быстродействия. Также был исследован усилитель акустической мощности и выявлены некоторые дефекты в его работе.

#### Литература:

1. Панфилова С. Бесконтактный тепловой контроль изделий электронной техники. // “Производство электроники: технологии, оборудование, материалы”. 2007, №3 – 1-8с.

2. Компания «ИРТИС» – ведущий Российский производитель инфракрасных приборов для визуализации и измерения тепловых полей // <http://www.irtis.ru>.

# **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

*Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники*

*Ст.: А.Г. Дегтярёв, В.Б. Рыжов  
Рук. доц. Р.П. Орёл*

Тепловой метод контроля основан на измерении, мониторинге и анализе температуры контролируемых объектов [1]. Он нашел применение во многих отраслях промышленности, где по неоднородности теплового поля можно оценить техническое состояние производимой продукции. Во всем мире применение тепловизоров в системах технической диагностики является одним из эффективных направлений проведения мониторинга различных процессов [2].

Для низковольтного и высоковольтного оборудования очень важно контролировать состояние без вывода его из рабочего состояния. Так при помощи тепловизора устанавливают наличие недостатков на ранней стадии развития, прогнозируют сроки и объем ремонтных работ, сокращают затраты на техническое обслуживание, повышают надежность и безопасность эксплуатации.

Особое перспективы развития в настоящее время имеет применение теплового контроля при обследовании изделий радиоэлектронной промышленности.

Процедура термографического контроля состоит из следующих операций:

- установка контролируемого объекта с подключенным питанием перед тепловизором;
- регистрация теплового излучения его компонентов;
- передача полученных данных на экран монитора в виде термограммы и/или компьютерной программе для дальнейшей обработки.

Дальнейшая обработка может включать в себя различные методы фильтрации термограмм для удаления тепловых и прочих шумов, их наложения друг на друга, группового анализа, анализа динамики развития тепловых процессов. Также при тепловом контроле печат-

ных плат весьма удобно и эффективно производить сравнение результатов - термограмм с подобными для эталонного образца [3].

В данной работе, исследования проводились с использованием тепловизора ИРТИС-200, для которого программное обеспечение предоставлялось компанией-разработчиком [4]. В роле объекта для исследования использовалась системная плата от игровой консоли SEGA (рисунок 1). Данное устройство было протестировано в разнообразных режимах: режим ожидания и режим активной работы с подключением игрового картриджа и контролера.

Весь процесс был зафиксирован в виде термограмм и фотографий, но в качестве примера приведем термограмму с наиболее высокими показателями температуры (рисунок 2).

В процессе мониторинга тепловых процессов была определена температура нагрева таких элементов печатной платы:

- Чип ТСТ6035 (DB016AA 15N) – 29,95°С;
- Микросхема UM61512AM-25 – 33,04°С;
- Алюминиевый радиатор со стабилизатором NY7805 – 25,2°С;
- Прозрачный полимерный компаунд – 34,21 и 30,29°С.

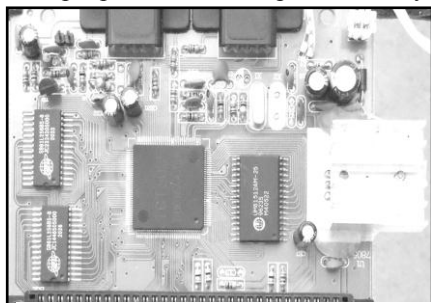


Рисунок 1

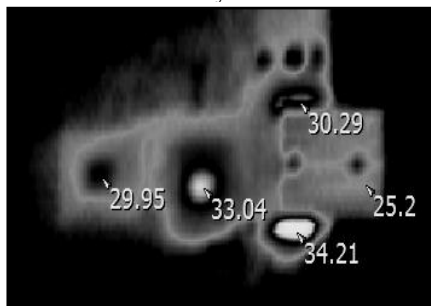


Рисунок 2

В результате стоит учесть тот факт, что каждый материал обладает своим коэффициентом излучения относительно «абсолютно черного тела». Так у алюминия, материал из которого изготовлен радиатор, этот коэффициент составляет от 0,05 до 0,2. Следовательно, фактическая температура радиатора, нагретого стабилизатором, будет больше, чем регистрируемая на термограмме.

Это иллюстрируется областями прозрачного полимерного компаунда (коэффициент излучения приблизительно 0,8), служащего для фиксации радиатора на печатной плате; с температурой более 34°С, источником тепла для которого

служит сам радиатор.

Температура нагрева рассмотренных элементов платы не превышает показателей, указанных в нормативных документах.

Исходя из выше перечисленных сведений, было определено, что для получения достоверных результатов необходимо корректировать коэффициент излучения для определенных областей, что выполняется с помощью обработки термограмм в специальных программах в реальном времени.

В ходе проведения работы подтверждается, что тепловой неразрушающий контроль - одним из лучших методов диагностики электронной (и не только) продукции. Среди его достоинств нужно отметить: дистанционность, высокая скорость обработки информации, возможность исследования динамических и статических тепловых процессов преобразования и передачи энергии, а также перспективная возможность создания автоматизированных систем контроля в производственных процессах.

Применение тепловизоров не ограничивается задачами неразрушающего контроля. Этот инструмент для визуализации тепловых полей и дистанционного измерения температуры нашел применение в военной технике, навигации, медицине, системах безопасности, противопожарном деле, экологии.

Таким образом, характер избыточного температурного поля может точно показать специфику нарушения состояния исследуемых объектов и позволит вовремя принять меры по предотвращению неисправностей.

#### Литература:

1. Неразрушающий контроль: Справочник в 7 т. / Под ред. В.В.Клюева. Т.5: В 2 кн. Кн. 1: Тепловой контроль М.: Машиностроение, 2004.
2. Маслова В.А, Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле. / Харьков: «Компания СМИТ», 2004.
3. Стороженко В.А. Малик С.Б. Применение термографии для контроля печатных плат. / Техническая диагностика и неразрушающий контроль, №1, 2007.
4. Компания «ИРТИС» – ведущий Российский производитель инфракрасных приборов для визуализации и измерения тепловых полей <http://www.irtis.ru/>.

# ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ВИДОБУТКУ ГРАФЕНУ

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Кур. Д.О. Крячко  
Кер. доц. О.А. Рожков*

## **I. Постановка проблеми**

Сучасні портативні енергоносії не в змозі підтримувати енергозабезпеченість переносної електронної техніки. Одним з способів поліпшення роботи електронних пристроїв є використання акумуляторів з графену – нового матеріалу з нетиповими властивостями. Однак графен досить складний в отриманні. В даному докладі представляються 4 найновіші способи отримання графену.

## **II. Мета роботи**

Ознайомити учасників конференції з найтипівшими методами отримання графену, розпочати наукову дискусію по цій проблемі.

## **III. Відомі способи отримання графену**

1. Механічний метод. Мікромеханічне розслоювання.
2. Метод CVD (хімічне осаджування)
3. Отримання у пламенах (термічне розкладення карбїду кремнію)
4. Окислення графіту.

## **Висновок**

Сучасні методи отримання графену багаточисельні, однак мають ряд недоліків, для виправлення яких необхідно виробити нову теорію мономолекулярних алотропних модифікацій вуглецю, яка б була спроможна виявити новітні шляхи для видобутку цього найцікавішого матеріалу.

Література:

- 1.БАБИЧЕВ А.В. «Влияние интерфейсов и поликристаллической структуры cvd-графена на транспорт носителей заряда», СПб, 2014, 107с.
  - 2.ЕЛЕЦКИЙ А.В., КНИЖНИК А.А. «Графен: методы получения и теплофизические свойства», 2011, 36с.
  - 3.FERRARI ANDREA «Graphene technology: roadmap to applications», Cambridge, Nanomaterials and spectroscopy group, 76с.
- процессах горения», Институт проблем горения, Алматы, 7с.





## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

### ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: И.В. Букреев, С.А. Заец, Б.А. Хаустов  
Рук.: доц. А.Н. Андреев, ст. пр. О.Н. Андреева,  
зав. лаб. П.Л. Вейцман*

Для понимания работы электронных ламп и устройств на их основе необходимо изучить основные закономерности явления термоэлектронной эмиссии и особенности протекание электрического тока в вакууме, чему и посвященная представленная работа.

#### **Теория**

*Электронной эмиссией* называется явление испускания электронов твёрдыми, жидкими телами в вакуум или другую среду обусловленное внешним воздействием. В зависимости от способа воздействия различают следующие основные виды электронной эмиссии: фотоэлектронная, ионно-электронная, вторичная электронная, автоэлектронная и термоэлектронная.

Рассмотрим более подробно *явление термоэлектронной эмиссии*, возникающее при нагревании твердого тела в вакууме. Для выхода за пределы тела (эмиттера) электронам необходимо преодолеть потенциальный барьер на границе металл - вакуум, совершив работу против сил, удерживающих их в металле. Минимальная энергия  $A_{\text{вых}}$ , необходимая для удаления электрона из металла, называется *работой выхода*. Количество электронов, обладающих энергией достаточно для преодоления потенциального барьера, с повышением температуры резко возрастает, в результате чего возникает эмиссия.

Термоэлектронную эмиссию можно исследовать с помощью двухэлектродной лампы, называемой *вакуумным диодом* – стеклянный баллон, из которого выкачан воздух. Внутри баллона помещены два электрода различной формы: анод и катод.

Катод электронных ламп чаще всего изготовлен из вольфрама, торированного вольфрама либо покрыт оксидом. Вольфрамовые катоды работают при  $T = 2200 - 2400$  °С, что обусловлено значительной

работой выхода электронов из вольфрама ( $A_{вых} = 4,5$  эВ). Торированные вольфрамовые катоды (вольфрам, покрытый мономолекулярным слоем тория) позволяют получить большую электронную эмиссию при меньших температурах ( $T = 1650$  °С). Оксидный катод состоит из металла (например, никеля) покрытого оксидами щелочноземельных металлов (BaO, SrO), значительно снижающими работу выхода.

Одной из основных характеристик лампы является вольт-амперная характеристика (ВАХ) - это зависимость анодного тока  $I$  от напряжения  $U$  между катодом и анодом при постоянной температуре катода. Если пренебречь начальными скоростями электронов вылетающих из катода, то ВАХ вакуумного диода можно разделить на три области (рис. 1): а) объемного заряда (нелинейный участок) – в которой электроны, вылетающие из нагретого катода, движутся в электрическом поле, состоящем из внешнего поля и поля, создаваемого совокупностью электронов (объемный заряд) находящихся в промежутке между катодом и анодом; б) промежуточной; в) насыщения – анодный ток практически не зависит от напряжения между анодом и катодом.

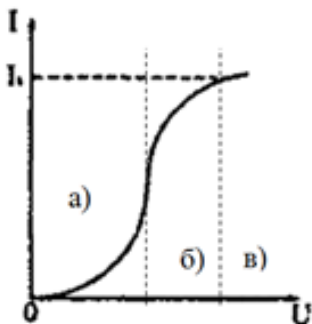


Рис.1 Общий вид ВАХ вакуумного диода.

При небольших положительных анодных напряжениях, зависящих от температуры эмиттера, в пространстве между катодом и анодом, возникает отрицательный заряд, который влияет на движение электронов испущенных катодом. В этой области зависимость  $I(U)$  является нелинейной и описывается «законом 3/2» установленным Богуславским и Ленгмюром:

$$I = GU^{\frac{3}{2}}, \quad (1)$$

где  $G$  – коэффициент пропорциональности – первеанс диода (зависящий от формы и размеров электродов). Для электродов в форме коаксиальных цилиндров теоретический расчет дает:

$$G = \frac{8\sqrt{2}}{9} \pi \epsilon_0 \sqrt{\frac{e}{m}} \frac{l}{r_a \beta^2}, \quad (2)$$

где  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная;  $m$  – масса электрона;  $r_a$  – радиус анода;  $l$  – длина катода;  $\beta$  – коэффициент, зависящий от отношения

радиусов анода и катода.

При определенном значении напряжения  $U$  анодный ток достигает насыщения:

$$I_{нас} = en, \quad (3)$$

где  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл – заряд электрона;  $n$  – число электронов, вылетающих из катода за 1 с.

Ток насыщения характеризует эмиссионные способности катода. Если считать, что катод является чистым металлом и нагрев происходит равномерно, то плотность тока насыщения описывается формулой Ричардсона-Дэшмана:

$$j_{нас} = \frac{I_{нас}}{S} = DT^2 e^{-\frac{A_{эмк}}{kT}}, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь катода;  $T$  – температура катода;  $k$  – постоянная Больцмана,  $D$  – константа Ричардсона, зависящая от материала из которого изготовлен катод (для вольфрама  $75 \cdot 10^4$  А/м<sup>2</sup> К<sup>2</sup>).

Для полупроводниковых оксидных катодов, характеризующихся высокой удельной эмиссией электронов, плотность тока термоэлектронной эмиссии описывается формулой Козляковской-Тягунова:

$$j_{нас} = BT^4 e^{-\frac{A_{эмк}}{kT}}, \quad (5)$$

где  $B$  – постоянная, зависящая от степени активации оксидного катода.

Дальнейшее повышение анодного напряжения приводит к резкому возрастанию тока насыщения, обусловленного эффектом Шоттки: электрическое поле, существующее вблизи катода, понижает высоту потенциального барьера на границе катод – вакуум в результате чего, сила тока насыщения возрастает и начинает зависеть от анодного напряжения. В этом случае плотность тока термоэлектронной эмиссии определяется уравнением Шоттки:

$$j_E = j_{нас} \exp(a\sqrt{U}), \quad (6)$$

где  $j_{нас}$  – плотность тока насыщения, определяемая формулой (4) или (5);  $a$  – величина постоянная для данной температуры, зависящая от напряженности электрического поля.

С возрастанием напряженности электрического поля число электронов, покинувших катод при постоянной температуре, будет увеличиваться вследствие уменьшения работы выхода электрона, что приводит к росту тока насыщения. Поэтому для определения тока насыщения используется зависимость тока эмиссии от внешнего элек-

трического поля. Если учесть, что  $I=jS$ , где  $S$  – площадь катода, то, прологарифмировав формулу (6), получим:

$$\ln I = \ln I_{нас} + a\sqrt{U}, \quad (7)$$

### Эксперимент, результаты и выводы

В данной работе исследовался диод с электродами в форме коаксиальных цилиндров (рис. 2). Цилиндр с меньшим радиусом – катод подогревается расположенной внутри проволоочной нитью (катод косвенного накала), через которую пропускается электрический ток (ток накала). Нить накала изготовлена из вольфрама.



Рис. 2. –  
Высоковольтный кенотрон 2Ц2С.

Для исследования термоэлектронной эмиссии в работе применяется установка, схема которой представлена на рис. 3. Катод нагревается за счет тепла, выделяющегося при прохождении тока накала  $I_H$  по нити накала (в лампе 2Ц2С один из выводов нити накала и катода объединены вместе). Напряжение для питания тока накала подается от блока питания через ключ  $K_1$ . Температура катода регулируется путем изменения тока накала  $I_H$  с помощью реостата  $R_1$ .

Ток накала  $I_H$  измеряется миллиамперметром  $mA$ , напряжение  $U_H$  на нити накала измеряется вольтметром  $V_1$ . Анодное напряжение  $U$  (разность потенциалов между анодом и катодом) подается от стабилизированного блока питания через ключ  $K_2$ , а регулируется потенциометром  $R_2$  и измеряется вольтметром  $V_2$ .

Под действием приложенной разности потенциалов  $U$  электроны, испущенные нагретым катодом, движутся к положительному электроду – аноду, и через лампу идет анодный ток  $I$ , который измеряется микроамперметром  $\mu A$ .

На рис. 4 представлены полученные экспериментально зависимости анодного тока от напряжения между катодом и анодом при различных токах нити накала, которые можно разделить на три области, характерные для вакуумных диодов.

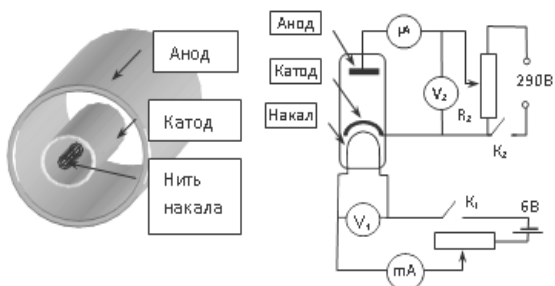


Рис. 3. Схема экспериментальной установки.

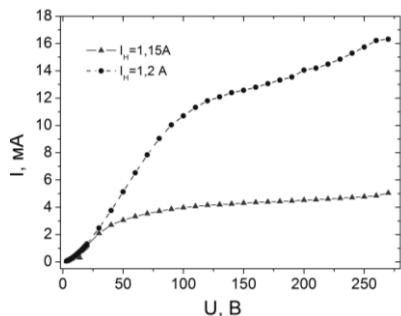


Рис. 4. ВАХ для вакуумного диода 2Ц2С.

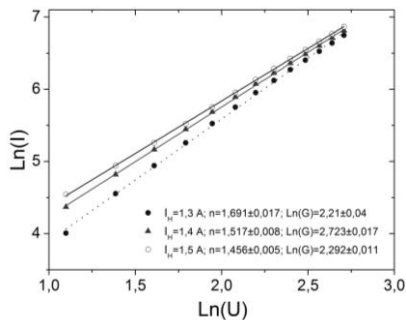


Рис. 5. Зависимость  $LnI(LnU)$  для различных токов накала катода.

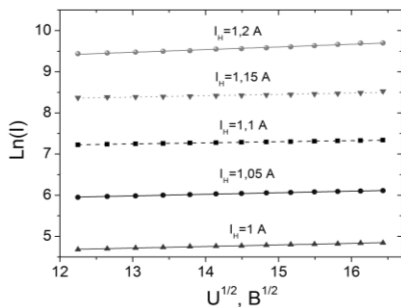


Рис. 6. Зависимость для различных токов накала катода.

В работе были построены зависимости  $LnI(LnU)$  при различных величинах тока накала (рис. 5). Аппроксимация экспериментальных данных прямой линией (по методу наименьших квадратов) позволила установить, значение коэффициента  $n$ . Согласно проведенным расчетам тангенс угла наклона прямой к оси  $LnU$  находится в диапазоне

от  $n = 1,456 \pm 0,005$  до  $n = 1,691 \pm 0,017$ , что в пределах погрешности измерений согласуется с теоретическим значением –  $n = 1,5$

Как отмечалось ранее, зная зависимость тока эмиссии от внешнего электрического поля можно определить ток насыщения. Для этого в работе были построены зависимости  $LnI(\sqrt{U})$  при постоянной температуре катода, которые согласно выражению (7) аппроксимируются прямой (рис. 6). Экстраполяция, представленных на рис. 6 зависимостей, к значению  $U = 0$ , позволила определить ток эмиссии при нулевом электрическом поле для различных токов нити накала (см. рис. 6).

Зная ток насыщения при различных значениях тока нити накала можно определить экспериментально работу выхода из катода. Для этого с помощью косвенного метода следует вычислить температуру катода. Сначала необходимо определить температуру нити накала с помощью температурной зависимости сопротивления проводника, которую в диапазоне температур 300 – 2500 К можно считать практически линейной:

$$T_{нити} = d + R \frac{T_0 - d}{R_0}, \quad (9)$$

Для проверки закона Богуславского – Ленгмюра опытным путем прологарифмируем формулу (1):

$$LnI = LnG + \frac{3}{2} LnU \quad (8)$$

Из формулы (8) видно, что зависимость  $LnI(LnU)$  является линейной, а тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс –  $n = 3/2 = 1,5$ .

где  $d$  – константа (для вольфрама 114 К);  $R = U_H / I_H$  – сопротивление нити накала при температуре  $T_{\text{нити}}$  ( $U_H$  – напряжение накала;  $I_H$  – ток протекающий через нить накала);  $R_0$  – сопротивление нити накала при комнатной температуре  $T_0$ , которое определяется экспериментально при нулевом токе накала (см. рис. 7).

Затем необходимо определить зависимость температуры нити накала катода от тока накала нити (см. рис. 8). При этом температура катода косвенного накала меньше на 300 - 500 °С температуры нити накала (в работе принималось, что  $T = T_{\text{нити}} - 400$ ).

Прологарифмировав формулы (4) или (5) с учетом,  $I_{\text{нас}} = j_{\text{нас}} S$  и учтя, что  $\ln T^2$  или  $\ln T^{5/4}$  изменяется медленно по сравнению с  $1/T$ , получаем:

$$\ln I_{\text{нас}} = \text{const} - \frac{A_{\text{вых}}}{k} \frac{1}{T}. \quad (10)$$

Из выражения (10) следует, что график зависимости  $\ln I_{\text{нас}} = f(1/T)$  представляет собой прямую линию, угловой коэффициент которой позволяет определить работу выхода.

На основе зависимости, представленной на рис. 9, в работе было установлено, что работа выхода электронов из оксидного катода составляет  $A_{\text{вых}} = 0,97 \pm 0,04$  эВ.

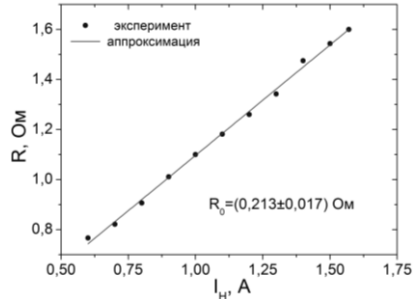


Рис. 7. Зависимость сопротивления нити от тока накала.

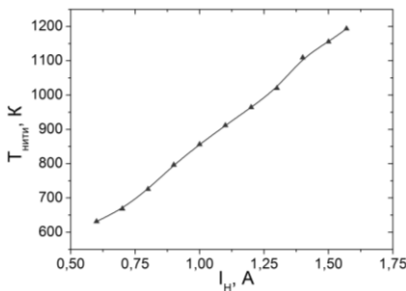


Рис. 8. Зависимость температу-

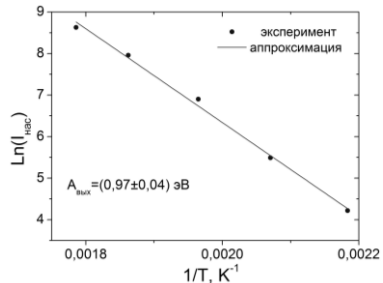


Рис. 9. Зависимость

ры катода от тока накала нити  
для вольфрама.

$$\ln I_{нас} = f(1/T) \text{ для вольфра-}$$

ма.

Таким образом, изучение явления термоэлектронной эмиссии, с помощью высоковольтного кенотрона 2Ц2С позволило:

- 1) исследовать ВАХ диода при различных токах накала;
- 2) экспериментально доказать справедливость закона Богуславского-Ленгмюра в режиме объемного заряда;
- 3) определить анодный ток насыщения и наблюдать эффект Шоттки;
- 4) построить зависимости сопротивления и температуры нити накала от тока накала;
- 5) методом прямых Ричардсона определить работу выхода электронов из оксидного катода.

Литература:

1. Соболев В.Д. Физические основы электронной техники. – М.: Высшая школа, 1979. – 448 с.
2. Жеребцов И.П. Основы электроники. – М.: Энергия, 1967. – 416 с.
3. Фридрихов С.А. Физические основы электронной техники. – М.: Высшая школа, 1982. – 608 с.
4. Шимони К. Физическая электроника. – М.: Энергия, 1977. – 608 с.
5. Клейнер Э.Ю. Основы теории электронных ламп. – М.: Высшая школа, 1974. – 368 с.



## **К 100-ЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ХОД ИСТОРИИ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. А.Р. Дунаева*

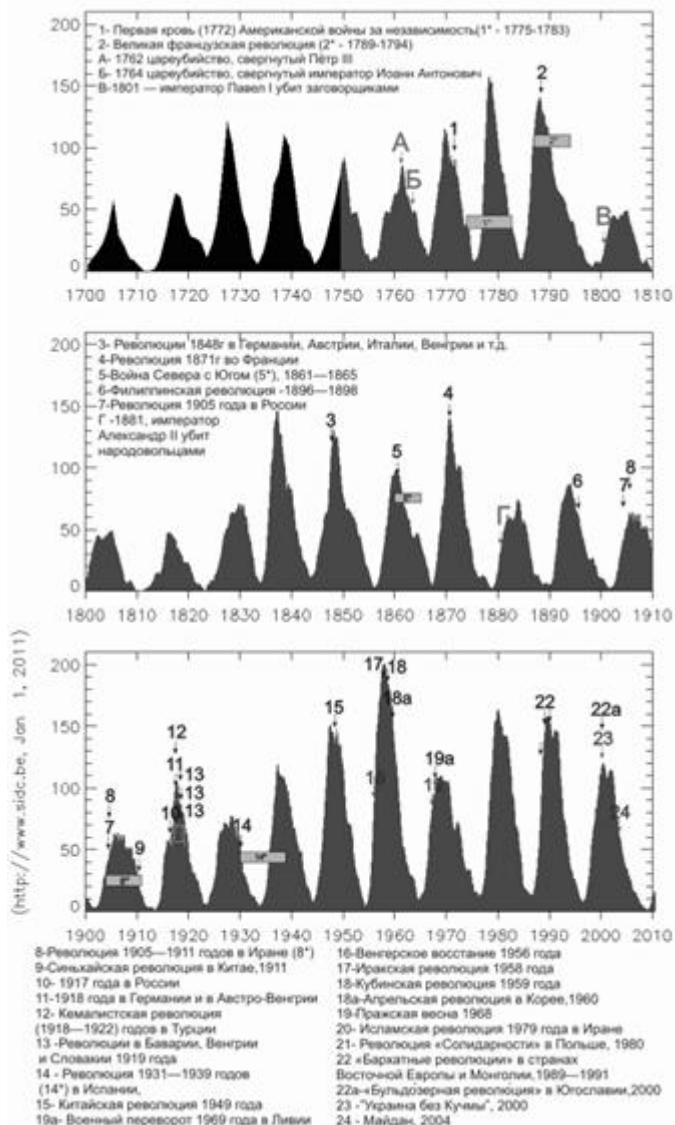
*Рук. доц. А.Г. Лазаренко*

Влияние Солнца на жизнедеятельность людей не вызывает сомнений. Его активность и вызванные им магнитные бури на Земле увеличивают число аварий, инфарктов, инсультов и обострений прочих болезней.

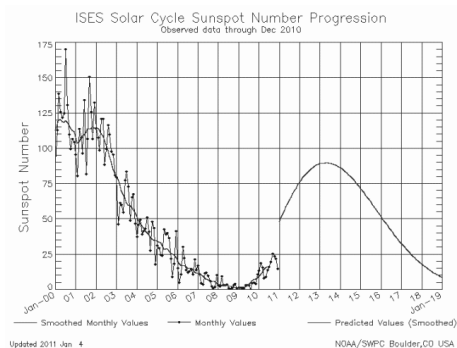
Менее явно его влияние на поведение больших групп людей. Ровно сто лет назад на галицийском фронте будущий изобретатель аэроионаторов 19-летний А. Чижевский заметил связь активности боевых действий с солнечной. Впоследствии, проанализировав хронологию истории человечества за 3000 лет, он обнаружил 11-12-летние циклы, совпадавшие с главным циклом солнечной активности (в среднем – 11.5 лет). А также двух-трех-летние «четвертинки» цикла (минимум, подъем, максимум и спад) влияющие на число событий в мировой истории - от 5% событий для минимума до 60% для максимума (см. рис. 1 на следующей странице. Отмечены все революции за последние 300 лет и некоторые другие неординарные события, удостоившиеся статей в Википедии и связанные с народным недовольством, на фоне графика – чисел Вольфа (характеризующих солнечную активность) по годам. Серые прямоугольники – длительные события (соответствующий номер со звездочкой)).

Кстати, в первой половине 1990х еще по крайней мере один человек (входивший в число главных создателей пакистанской атомной бомбы) - Султан Башир Махмуд додумался до того же и в 1998 опубликовал первым изданием, а в 2006 – вторым 117 страниц книги «COSMOLOGY AND HUMAN DESTINY. Impact of Sunspots on Earthly Events» («Космология и человеческая судьба. Воздействие солнечных пятен на земные события»), где тоже предупреждает человечество об опасностях терроризма и конфликтов в ближайшем будущем, без ложной скромности для краткости называя свое открытие «правило СБМ» (по своим инициалам, видать, другого пояснения я не нашел... О Чижевском он, судя по всему, не знал. Жаль, что адреса его найти нам не удалось - поделиться ссылкой на английский перевод Чижев-

СКОГО, а то



не солидно такому крупному ученому не знать, что запоздал с открытием лет на 80-90. Стоит отметить, что СБМ таки кое в чем дополнил



Майдан на пике цикла в 2013-2014 <sup>1</sup> (см. выше график зависимости уже зарегистрированного тогда числа солнечных пятен и его прогноз на ближайшие годы от Центра космической погоды Национального управления океанических и атмосферных исследований США, ниже – их же текущий график и прогноз).

Напоследок несколько цитат из Чижевского:

«Более или менее длительные исторические события, продолжающиеся в течение нескольких лет и получающие решительное проявление в эпоху максимума солнцедятельности и сопутствующая этим событиям эволюция идеологий, массовых настроений протекают по всеобщему историческому циклу, претерпевая следующие ясно обнаруживаемые этапы:

- I - период минимальной возбудимости (длится 3 года)
- II - период нарастания (2 года)
- III - период максимальной активности (3 года)
- IV - период падения (3 года)»

Сейчас мы уже в четвертом периоде историометрического цикла (период падения возбудимости).

«Период падения возбудимости является как бы отголоском предшествовавшего ему бурного периода борьбы, волнений, высшая степень напряженности которых уже миновала, и чувствуется общая потребность в успокоении и мире. Если идет война - жар ее мало по малу угасает, наблюдается вялость в военных действиях, темп их замедляется.

Вновь возникшие войны или восстания не разгораются, а быстро утихают, заканчиваясь миром на снисходительных условиях. Если годом или двумя ранее и можно было бы поднять восстание, то теперь это не удастся и все попытки ни к чему не приведут. Историки

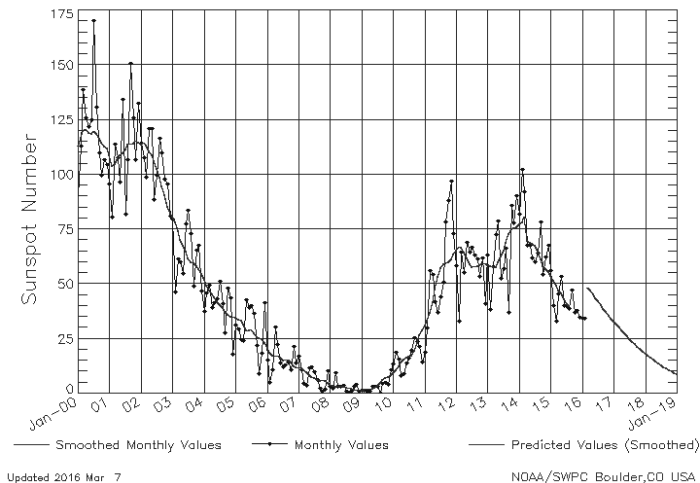
Чижевского, например, учетом сезонных всплесков влияния поля Солнца и большим количеством данных по изобретениям и открытиям, - которые тоже, оказываются, подчиняются той же зависимости.

Теория Чижевского позволила предсказать еще в 2010г (на самом «дне» периода фактически предсказать

часто удивляются тому факту, что элементы противодействия не собираются воедино, как это имело место в жизни страны так недавно, не возмущаются, не поднимаются одновременно во многих местах, а, наоборот, медлят, не решаются, действуя этой медлительностью разлагающим образом на все военные и политические союзы.

ISES Solar Cycle Sunspot Number Progression

Observed data through Feb 2016



Это отсутствие единодушия в четвертом периоде историометрического цикла может быть названо подводным камнем, о который рискует разбиться всякое вновь начатое восстание, всякая массовая деятельность становится уже невозможной. Затяжные походы или военные экспедиции готовятся без воодушевления, даже с явным нежеланием. Восторженное настроение масс в пользу реформ, народного представительства, войн, восстаний ослабевает, сменяясь полным равнодушием. Действительно, все высказывают склонность к примирению, начинаются толки о мире. Эти толки слышатся даже в самых воинственных странах». Все это позволяет надеяться на скорый мир в Украине.

Литература:

<sup>1</sup> <http://bit.ly/1SYfRfd>

# КІШКА ЯК ОБ'ЄКТ ФІЗИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Ст. В.А. Сілаїчев*

*Кер. доц. Т.І. Храмова*

**Метою** цієї роботи є пояснення життя та поведінки кішки з точки зору фізики.

При спостереженні за кішкою і спілкуванні з нею було встановлено, що кішка розрізняє інтонації людського голосу, вміє висловлювати задоволення і невдоволення, радість, сум, страх, надію, гнів. Під час руху кішки, сила тяжіння, сила тертя, опір середовища вступають у «взаємодію» з внутрішніми силами організму. Кішка має обтічне тіло, підвищену акустичну чутливість, здатна вловлювати ультразвуки. Привертають увагу очі - найважливіший «інструмент» кішки: адже в своєму житті вона покладається в основному на зір. Очі у кішок мають дивовижну властивість: вони світяться у темряві. Сяйво котячих очей пояснюється дуже просто – вони відбивають світло виключно від зовнішнього джерела. Кішка відчуває збільшення статичної електрики в земній корі, має здатність реєструвати зміни в навколишньому магнітному полі. Біополе кішки може вступати у взаємодію з біополем людини, що дає змогу стверджувати: кішка - лікар. Було встановлено, що температура тіла тварини залежить від фізичної та психічної активності кішки. Терморегуляційну функцію забезпечують численні потові залози, що знаходяться на шкірястих кінцях лапок.

Кішка - єдина з живих істот, що володіє «очним слухом», тобто другим органом слуху. Акустична картина місцевості, яку запам'ятовує кішка, служить їй орієнтиром. У власників тварин показники кров'яного тиску кращі, вміст холестерину нижче, а її муркотіння здатне лікувати, зміцнювати кістки і навіть заживляти рани. Вчені вважають, що муркотіння кішки діє аналогічно ультразвуковій терапії.

І ще про одну особливість кішок, яка вже стала людям на користь. Перед польотами в космос вчені придумували способи правильного орієнтування космонавтів в просторі, позбавленому ваги. При пошуку відповіді звернулися до дивовижної здатності падаючої кішки: з якого б положення падіння не почалося - приземлятися на всі чотири лапи. Коли була вивчена техніка приземлення kota, її намагалися пристосувати для людини. Оскільки природа не наділила людину хвостом, були запропоновані відповідні обертальні рухи ніг.

## ИОНИЗАЦИЯ ГАЗОВ

*Национальный технический университет «ХПИ»,  
Харьковский национальный университет  
им. В.Н. Каразина  
Ст.: С.И. Михайлов, А.В. Труш, Э.О. Нелюбов  
Рук.: ст.пр. С.С. Кривонос, доц. Н.Б. Фатьянова*

Газы являются диэлектриками, если они находятся в обычных физических условиях. В этом случае газы состоят в основном из нейтральных атомов и молекул, а заряженные частицы (электроны, ионы), имеющиеся в некотором объеме газа лишь в незначительном количестве, не могут образовать заметного тока. Газ становится проводником электричества, когда некоторая часть его молекул ионизируется, т.е. произойдет расщепление нейтральных атомов и молекул на ионы и свободные электроны. Для этого газ надо подвергнуть действию какого-либо ионизатора, например, поднести к заряженному электрометру пламя свечи. При этом будет наблюдаться спад его заряда, в этом случае электропроводность газа вызвана нагреванием. При ионизации газов, под действием какого-либо ионизатора происходит вырывание из электронной оболочки атома или молекулы одного или нескольких электронов, что приводит к образованию свободных электронов и положительных ионов. Электроны могут присоединяться к нейтральным молекулам и атомам, превращая их в отрицательные ионы. Следовательно, в ионизованном газе имеются положительные и отрицательные ионы и свободные электроны. Прохождение электрического тока через газы называется газовым разрядом. Опыт показывает, что перечисленные ионизирующие факторы сами по себе не могут вызывать значительного роста числа заряженных частиц в единице объема, тем более, что наряду с ионизацией идет обратный процесс образования нейтральных молекул и атомов, называемый рекомбинацией. Электропроводность газа, возникающая в результате внешнего ионизирующего воздействия, называется несамостоятельной. Если внешний ионизирующий фактор перестает действовать, то в силу рекомбинации электропроводность газа исчезает. Наибольшее значение имеет ионизация атомов и молекул газа, вызываемая столкновением их с быстро движущимися электронами. При таком столкновении энергия движущегося электрона частично или полностью передается нейтральному атому или молекуле.

# ДЕМОНСТРАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДРУЧНЫМИ СРЕДСТВАМИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: М.В. Бофанова, А.В. Овчаренко*

*Рук.: ст. пр. И.В. Галушак, доц. Ю.В. Меньшов*

## **1. 3D голограмма с помощью смартфона**

Из прозрачного пластика (коробки из-под диска) вырезаем 4 трапеции одинакового размера. Далее составляем из них пирамиду и склеиваем торцы липкой лентой. Пирамида устанавливается на экран смартфона, где включаем специальное видео для получения голограммы.

Голограмма фиксирует не само изображение предмета, а структуру отраженной от него световой волны (ее амплитуду и фазу). Для получения голограммы необходимо, чтобы на фотографическую пластинку одновременно попали два когерентных световых пучка: предметный, отраженный от снимаемого объекта, и опорный - приходящий непосредственно от лазера.

Свет обоих пучков интерферирует, создавая на пластинке чередование очень узких темных и светлых полос - картину интерференции. На экспонированной таким образом и проявленной пластинке отсутствует какое-либо изображение, но его в зашифрованном виде содержит система интерференционных полос. Если голограмму просветить, как диапозитив, лазерным светом той же частоты, что была использована при записи, возникнет "восстановленная голограмма" - объемное изображение снятого предмета, словно висящего в пространстве.

Меняя точку наблюдения, можно заглянуть за предметы на первом плане и увидеть детали, ранее скрытые от взгляда. Свет, проходя сквозь систему черно-белых полос голограммы, испытывает дифракцию и воспроизводит волновой фронт, исходивший от снятого предмета.

## **2. Исследование поляризации света с помощью 3D очков**

Посмотрев на источник света через светофильтр 3D очков можно увидеть затемнение изображения. Что будет, если посмотреть

через два сразу? При некотором положении светофильтров свет перекрывается практически полностью. Свет проходит через каждый светофильтр, но не через два сразу, когда они находятся в определенном положении друг за другом.

Опыт состоит в том, что имея две поляризационные пленки, проверяем как действует закон Малюса. Пленки устроены так, что они пропускают свет, поляризованный вдоль оси пленки, и не пропускают свет поперек оси пленки.

Одна из пленок 3D очков является поляризатором, которая пропускает свет, электрическое поле которого ориентировано вдоль оси пленки. На пути света после поляризатора поставим вторую пленку, повернутую по отношению к поляризатору на некоторый угол  $\alpha$ , она является анализатором.

Она раскладывает волны электрического поля на две составляющие: продольную, с некоторой  $E\cos\alpha$ , и перпендикулярную с амплитудой  $E\sin\alpha$ . Продольная составляющая проходит через анализатор, а перпендикулярная нет.

Интенсивность света пропорциональна квадрату амплитудного значения напряженности электрического поля, поэтому она зависит от угла наклона анализатора ( $\alpha$ ). Что отражено в законе Малюса:  $I=I_0\cos^2\alpha$ .

### ***3. Опыт, который позволяет увидеть внутренние напряжения материала.***

В этот раз в качестве источника света возьмем экран монитора, который представляет собой первый поляризатор. Перед ним поставим пластиковую линейку и посмотрим на нее через второй поляризатор, например светофильтр 3D очков.

В результате видно, что прозрачная линейка окрасилась в цвета радуги. Это явление называется фотоупругостью, а цветные полосы позволяют увидеть напряжение материала, возникшее при застывании пластика из расплавленного (вязкотекучего) состояния. Данный опыт демонстрирует интерференцию поляризованных волн.

### **Литература:**

1. Трофимова Т.И. Курс физики :учеб. пособие для вузов / – 11-е изд. – М. :Издательский центр «Академия », 2006. – 560 с., 2. Савельев И.В. Курс общей физики: [в 3 т.]. – М.: Наука, 1989.



# ФІЗИЧНІ ДЕМОНСТРАЦІЇ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

*Національний технічний університет «ХПІ»*

*Ст.: Д.С. Дерев'яно, Є.В. Мирошніченко*

*Кер. доц. Ю.В. Меньшов*

Навчальний фізичний експеримент: температура, тиск та інші фізичні явища Розглядається п'ять модернізованих видозмінених з розширеним обсягом досліджень демонстраційних експериментів з розділу “Молекулярна фізика та термодинаміка” а саме:

1 «Кип'ятильник» Франкліна. Довготривалі дослідження показали, що за допомогою цього простого та давнього приладу не можливо показати кипіння ефіру при температурі людського тіла (36,6°). При нагріванні кулі з ефіром газ випаровується, збільшується тиск насиченої пари. Підвищення тиску насиченої пари може тільки перешкоджати кипінню.

2 Каченя, що п'є. Рух, «качєняти» відбувається за рахунок температури, яка досягається завдяки випаровуванню води. Якщо «качєня» накрити ковпаком, то через деякий час, коли пара над ним стане насиченою і випаровування з пристрою припиниться, різниця температур не буде, і «качєня» перестанє коливатись, але якщо ковпак прибрати, процес коливання відновиться.

3. Кипіння рідини при пониженому тиску. Ми знаємо, що вода може кипіти при нижчій температурі, ніж 100°C. Для цього треба понизити тиск над рідиною, а зі зменшенням тиску знизиться точка кипіння.

4. Потрійна точка води. Якщо достатньо швидко відкачувати повітря і пару, то випаровування охолоджує рідину до «потрійної» точки і перетворює якусь частину води в лід, тоді як кипіння в цей час триває, а продовження інтенсивної відкачки приводить до повного замерзання води.

5. Заморожування води ефіром. Вакуумний насос дуже швидко відкачує пару етилового ефіру (температура замерзання мінус 116°C), а пару води повільно. Ефір при кипінні, інтенсивно випаровуючись, охолоджує воду (замерзання 0°C) та сприяє її замерзанню. Дану розробку можна використовувати при читанні курсу «Молекулярна фізика і термодинаміка» в загальноосвітніх школах, гімназіях, ліцеях, коледжах, а також вищих навчальних закладах.

**СЕКЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**  
**УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И ФИЗИЧЕСКИХ**  
**ИССЛЕДОВАНИЙ**

**ЗАДАЧА ГАЛИЛЕЯ НА НАКЛОННОЙ  
ПЛОСКОСТИ С ТРЕНИЕМ**

*Харьковский национальный университет*

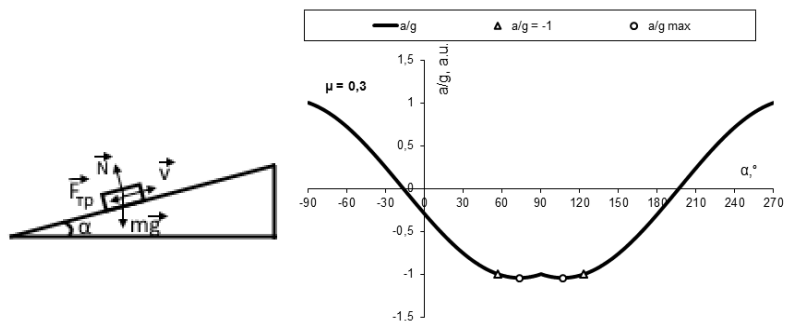
*им. В.Н. Каразина*

*Ст. В. Шабленко*

*Рук. доц. А.Р. Казачков*

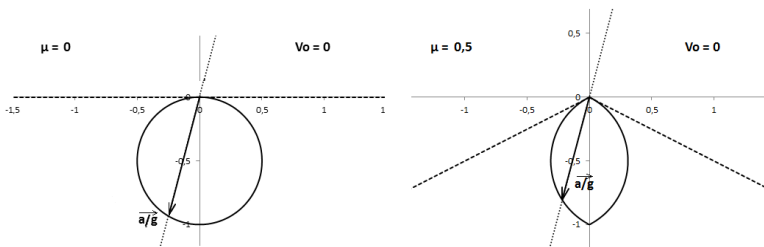
Задача о скольжении тела вдоль наклонной плоскости, подробно рассматриваемая в школьном и университетском курсах механики [1], казалось бы, не должна таить никаких сюрпризов и красот. Однако если подойти к ней с более общих позиций, чем это делается в стандартных задачах по теме, то интересные результаты не заставят себя ждать.

Так, рассмотрим скольжение тела с трением вверх и вниз по плоскости, составляющей произвольный угол  $\alpha$  с горизонтом. Чтобы тело могло двигаться по плоскости вверх, его начальная скорость должна быть отлична от нуля.



Как видно из графика зависимости ускорения тела от угла наклона плоскости, при движении вверх под углами, такими, что  $tg\alpha > 1/\mu$ , где  $\mu$  коэффициент трения, ускорение тела  $a$  по абсолютной величине превышает ускорение свободного падения  $g$ ; результат весьма неожиданный.

Далее, изобразим нормированный вектор ускорения тела  $a/g$  при разных углах запуска. В отсутствие трения его конец по мере изменения угла запуска описывает окружность, которая в условиях трения «расщепляется» на две окружности, дуги которых являются геометрическим местом концов вектора  $a/g$  (рис. ниже).



При нулевой начальной скорости невозможно движение тел вверх по плоскости. Трение накладывает ограничение и на углы, при которых они могут скользить *вниз*:  $tga > \mu$ . Предельные положения наклонных плоскостей, допускающие скольжение без начальной скорости, показаны на рис. пунктиром (это лучи).

Перейдем к сценарию, аналогичному изучавшемуся Г.Галилеем для скольжения *без начальной скорости* и без трения [2]. Проследим за телами, отпущенными из одной точки под разными углами без начальной скорости. Поскольку путь, пройденный телами вдоль плоскости пропорционален ускорению, все они в любой момент времени лежат на окружности увеличивающегося радиуса, если трение отсутствует, и на дугах двух окружностей в условиях трения. Уравнение таких окружностей:

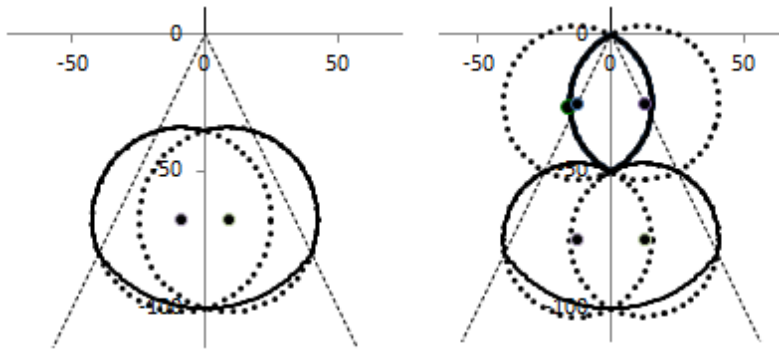
$$(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 = R_1^2,$$

где  $x_c, y_c$  координаты центров окружностей, а  $R_1$  их радиус:

$$\begin{cases} x_c = \pm \frac{\mu g t^2}{4} \\ y_c = -\frac{g t^2}{4} \end{cases} R_1 = \frac{g t^2}{4} (1 + \mu^2),$$

Траектория движения центров «обобщенных колец Галилея»  $y = \pm \frac{x}{\mu}$ , таким образом, это лучи.

Другая исследованная Галилеем система тел, скользящих по плоскостям без начальной скорости и трения, изначально располагается на окружности. Все наклонные плоскости ведут к нижней точке этой окружности [2]. Будучи отпущены одновременно, тела движутся так, что все время находятся на окружности переменного радиуса. В условиях трения окружность «расщепляется» на две (рис. ниже слева).



Радиус и координаты центра этих окружностей зависят от времени как:

$$R_2 = \sqrt{\left(R_0 - \frac{gt^2}{4}\right)^2 + \left(\frac{\mu gt^2}{4}\right)^2},$$

$$\begin{cases} x_c = \pm \frac{\mu gt^2}{4} \\ y_c = \frac{gt^2}{4} - R_0 \end{cases},$$

где  $R_0$  – начальный радиус окружности.

На правом рисунке показано движение обеих систем тел, запущенных одновременно с окружности Галилея и из ее вершины.

В ходе работы над проектом были созданы анимационные компьютерные модели движения тел и исследованы другие интересные особенности таких систем с учетом трения.

#### Литература:

1. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М., Наука, 1988, 416с.
2. Перельман Я.И. Занимательная механика. М., ОГИЗ, 1948,172с.



## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ**

*Национальный технический университет «ХПИ»  
Ст.: Н.О. Бронников, Б.О. Медведев, Д.С. Дюженко  
Рук.: доц. Т.Н. Шелест, ст. пр. С.С. Кривонос*

Компьютеры это одна из важнейших составляющих современной промышленности, сельского хозяйства, медицины, образования. Без них невозможно представить такие привычные вещи как навигация или космическая связь, поэтому с уверенностью можно сказать, что развитие компьютеров определяет развитие всей человеческой науки.

Развитие компьютеров началось в конце сороковых годов прошлого века. За это время мы сильно продвинулись в их развитии, начав с ламповых компьютеров, способных обрабатывать лишь простейшие арифметические операции и придя к компьютерам, основанным на транзисторах, которые составляет основу современной компьютерной техники. Они используются во всех устройствах начиная от кофеварок и заканчивая космическими кораблями. Но их развитие подходит к своему логическому завершению, так как дальнейшая миниатюризация и увеличение производительности становится все более затруднительны. Технический директор компании Intel заявил, что предел развития микропроцессоров будет достигнут в 2018 году, когда дальнейшая миниатюризация станет невозможной из-за “Туннельного эффекта”. Поэтому уже сейчас ученые разрабатывают процессоры основанные на новых физических принципах. Основными направлениями считаются: фотонные и квантовые устройства.

В фотонном компьютере операции будут производиться с помощью фотонов, сгенерированных лазерами или диодами. Основные проблемы современных фотонных устройств является создание, так называемого фотонного транзистора, который должен стать подобием своего электронного аналога. Существует несколько типов фотонных транзисторов. Квантовый транзистор использует луч света, чтобы изменять свойства другого луча. Один луч света контролирует свойства другого, почти как в обычных транзисторах напряжение контролирует ток, проходящий через транзистор. Это позволяет передавать информацию из точки *A* в точку *B* без необходимости создания каналов передачи.

Оптические транзисторы содержат один нано-алмаз. В структуру кристаллической решетки алмаза искусственно введена примесь из атомов азота. И благодаря именно примесям азота кристаллом алмаза можно управлять как оптическим ключом, переключая его в состояние, в котором он пропускает или не пропускает проходящий через него луч света лазера. Такое поведение позволило превратить нано-алмаз в оптический транзистор, способный переключаться с невероятной высокой скоростью.

Для того чтобы в световую волну вложить необходимую информацию и передать ее, требуется как-то воздействовать на поток фотонов. Существуют разные методы решения проблемы управления фотонами. Например, если распространять фотоны через какой-нибудь материал, то на них станет возможно воздействовать при помощи электрического или магнитного поля. Этим занимаются такие разделы современной оптики, как электрооптика и магнитооптика.

Основными преимуществами фотонных устройств станут снижение потребляемой мощности, повышение производительности и возможное уменьшение размеров электронных схем. На сегодняшний момент недостатком этих технологий является недоступности памяти. Но сейчас эта проблема решается и уже сейчас создаются наноконструкции, которые смогут хранить свет практически неограниченно долго.

Вторым направлением в перспективных вычислительных устройствах являются квантовые компьютеры. Работа квантового компьютера связана с понятием спина. Определенное направление спина частицы принимается за 1, а обратное ему за 0. Это схоже с устройством транзистора. Основным элементом будет уже называться квантовым битом или кубитом. В качестве него могут выступать фотоны, атомы, ионы, ядра атомов. Главным условием здесь является наличие двух квантовых состояний. Изменение состояния определенного бита в обычном компьютере не ведет к изменению других, а вот в квантовом компьютере изменение одной введет к изменению состояния других частиц. Этим изменением можно управлять, и представьте, что таких частиц сотни. Представьте только, во сколько раз возрастет производительность такой машины.

Сообщения будут передаваться с огромной скоростью и не будет проблем связаться с любой точкой на земном шаре, а может даже за ее пределами.

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст.: В.А. Зеенко, В.В. Скиба, Е.А. Халин*

*Рук. доц. И.В. Синельник*

Математический маятник является интересной математической моделью, позволяющей описывать разнообразные физические системы и процессы – от колебания грузика в механических часах до распространения солитонов или динамики электронов в кристаллах.

Математический маятник представляет собой материальную точку массой  $m$ , подвешенную на невесомой нерастяжимой нити или абсолютно твердом невесомом стержне длиной  $\ell$  и совершающую колебания в вертикальной плоскости. Точка движется вдоль дуги окружности под действием возвращающей силы, роль которой играет проекция силы тяжести на ось, касательную к траектории (см. рис. 1).

Количественно колебания математического маятника могут быть описаны зависимостью от времени углового  $\theta(t)$  и линейного  $x(t)$  смещения точки от положения равновесия;  $h$  – высота поднятия относительно нулевого уровня,  $h = \ell(1 - \cos\theta)$ . Как известно, при небольших углах отклонения и в отсутствие сил сопротивления математический маятник совершает гармонические колебания, в случае увеличения энергии, а значит и амплитуды колебаний решение уравнения движения может быть выражено через эллиптические функции Якоби. При наличии вязкого трения получить аналитическое решение уже не удастся, поэтому необходимо использовать численные методы. Целью настоящей работы было изучение характера свободных колебаний математического маятника с учетом силы сопротивления среды в широком диапазоне энергий, переход между вращательным и колебательным движениями. Для этого методом Эйлера решалось уравнение движения математического маятника:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\omega_0^2 \sin\theta - 2\beta \frac{d\theta}{dt},$$
 где  $\omega_0^2$  – собственная циклическая частота колебаний маятника,  $\beta$  – коэффициент затухания.

По результатам расчета в процессе моделирования могут быть получены график зависимости смещения от времени, фазовый портрет маятника, компьютерная анимация движения маятника.

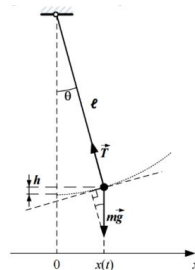


Рис. 1.



## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА БИФЕЛЬДА – БРАУНА ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ ИОНОЛЕТА**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. М.О. Польшиков*

*Рук.: доц. И.В. Синельник, ст.преп. Н.Е. Оверко*

Эффект Бифельда-Брауна – явление возникновения ионного ветра в сильном электрическом поле, возникающем между двумя электродами, один из которых имеет заостренную форму. Был открыт в 1921 году Томасом Таусендом Брауном, который ошибочно считал его электрогравитационным эффектом.

Целью настоящей работы было теоретическое и экспериментальное исследование возможностей применения эффекта Бифельда-Брауна к созданию летательных аппаратов. Явление основано на коронном разряде в сильных электрических полях вблизи острых и резких граней, который сопровождается ионизацией воздуха. Для демонстрации явления обычно используется пара из двух электродов, один из которых тонкий или острый, вблизи него напряженность электрического поля максимальна и может достигать значений, вызывающих ионизацию воздуха, и более широкий с плавными гранями (обычно используется тонкая проволока и металлическая фольга, соответственно). Явление возникает при напряжении между электродами в десятки киловольт. Когда вблизи тонкого электрода происходит ионизация воздуха, полученные ионы начинают двигаться к широкому электроду, сталкиваясь с окружающими молекулами, и отдавая им часть своей кинетической энергии, либо превращая молекулы в ион, либо сообщая им дополнительное ускорение. За счет движения заряженных частиц вследствие кулоновского притяжения создаётся поток воздуха, достаточный, чтобы поднять в воздух лёгкую летающую модель, которую называют лифтером или ионолётом. Наибольшая эффективность явления достигается при напряженности электрического поля в воздушном зазоре порядка 1 кВ/мм, то есть при чуть ниже, чем начало электрического пробоя для воздуха. В работе рассмотрена возможность поднять в воздух конструкцию состоящую пары электродов – треугольника, выполненного из проводящей фольги и расположенного параллельно на расстоянии 3 см треугольника из медной проволоки – между которыми создается разность потенциалов 25-30 кВ.

# ГЕНЕРАТОР НЕЗАТУХАЮЩИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ОСНОВЕ ТУННЕЛЬНОГО ДИОДА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д.А. Коваленко*

*Рук.: доц. И.В. Синельник, инж. А.В. Синельник*

Туннельный эффект – это квантовомеханическое явление, заключающееся в прохождении частицей энергетического барьера, который, согласно классическим представлениям она не может преодолеть. На явлении туннельного эффекта основана работа целого ряда приборов: туннельного диода, сканирующего туннельного микроскопа, квантового компьютера.

Туннельные диоды отличаются способностью работать на сверхвысоких частотах ( $10^{10} - 10^{11}$  Гц), низким уровнем собственных шумов, малыми габаритами и весом, малым энергопотреблением, устойчивостью к воздействию ионизирующего излучения, длительным сроком службы. Туннельные диоды применяются в СВЧ-генераторах, схемах синхронизации осциллографов, схемах быстродействующих счетчиков, импульсных генераторах с очень крутыми фронтами.

Особенностью вольт-амперной характеристики (ВАХ) туннельного диода является наличие падающего участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением  $R_d = dU / dI$ . При конструировании схем с использованием туннельных диодов рабочую точку выбирают так, чтобы она находилась на падающем участке ВАХ диода. Если схема состоит из последовательно включенных источника тока, сопротивления  $R$  и туннельного диода, то эта схема будет генерировать электрические колебания с частотой  $\frac{1}{2\pi C_d |R_d|}$ , где  $C_d$  – емкость р-п-перехода диода. При этом должно выполняться условие возникновения генерации:  $R < |R_d|$ , то есть сумма положительного  $R$  и отрицательного  $R_d$  должна быть положительной. Если туннельный диод

включить в колебательный контур, то частота генерации будет определяться элементами колебательного контура по формуле  $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ,

где  $L$  и

$C$  – индуктивность катушки и емкость конденсатора контура. Отрицательное сопротивление диода будет компенсировать потери в контуре, которые можно представить некоторым последовательно включенным сопротивлением, и колебания при этом будут незатухающими.

В настоящей работе для создания источника незатухающих колебаний с частотой 100 МГц использовался туннельный диод 3И306Е. Генератор может быть использован как источник переменного напряжения для изучения электрических цепей с нелинейностью.

Литература:

1. Янчук Е.В. Туннельные диоды в приемно-усилительных устройствах. – М.: Энергия. – 1967. 56 с.

## ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ

### ГИРОСКОПЫ. УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст. Д.В. Манько*

*Рук.: ст.пр. С.С. Кривонос, доц. Т.Н. Шелест*

Гироскоп – устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчета. По принципу действия гироскопы делятся на два типа: механические гироскопы с вращающимся ротором и оптические гироскопы.

Механическим гироскопом называется массивное тело, быстро вращающееся вокруг одной из своих главных осей инерции. Изменение вектора момента количества движения гироскопа в результате действия на него внешних сил называется прецессией. Точный расчет скорости прецессии сложен. В первом приближении принимают, что ось вращения гироскопа, мгновенная ось вращения и направление вектора момента количества движения совпадают. Поэтому прецессию можно наблюдать, если следить за движением оси гироскопа. Впервые это свойство использовал Фуко в 1852 г. для экспериментальной демонстрации вращения Земли.

Принцип действия оптического гироскопа основан на эффекте Саньяка. По круговому оптическому пути, благодаря расщепителю луча свет распространяется в двух противоположных направлениях. Если при этом система находится в покое относительно инерциального пространства, оба световых луча распространяются встречно по оптическому пути одинаковой длины. Поэтому при сложении лучей в расщепителе по завершении пути нет фазового сдвига. Однако, когда оптическая система вращается в инерциальном пространстве с угловой скоростью  $\Omega$ , между световыми волнами возникает разность фаз. Это явление и называется эффектом Саньяка.

Разработан новый тип гироскопа, основанного на интерференции атомов, позволяющий определить широту.

Сегодня гироскопы, как неотъемлемая часть навигационной системы, устанавливаются на роботах, в антиблокировочных системах (предотвращающих пробуксовывание колёс автомобиля), на автомобильных приборных досках, в космических летательных аппаратах и

космических телескопах, марсоходах и системах индивидуального передвижения космонавтов в открытом космосе.

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЭП В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст. Д.А. Вертиёв*

*Рук. доц. Г.И. Конач*

Линия электропередачи (ЛЭП) - один из компонентов электрической сети, система энергетического оборудования, предназначенная для передачи электроэнергии посредством электрического тока. Различают кабельные и воздушные линии электропередачи. Основными конструктивными элементами воздушных линий являются:

- Опоры - для подвески проводов и грозозащитных тросов;
- Провода различных конструкций и сечений - для передачи по ним электрического тока;
- Грозозащитные тросы - для защиты линий от грозовых разрядов;
- Изоляторы, собранные в гирлянды - для изоляции проводов от заземленных частей опоры;
- Линейная арматура - для крепления проводов и тросов к изоляторам и опорам, а также для соединения проводов и тросов;
- Заземляющие устройства - для отвода токов грозовых разрядов или короткого замыкания в землю.

На сегодняшний день существует два пути развития электрических энергосистем: первый – локальный, когда небольшие генерирующие устройства используются каждым потребителем; второй – объединение энергосистем отдельно взятого региона (страны) в единую энергосистему. Существуют положительные и отрицательные стороны создания единой энергосистемы. К положительным аспектам можно отнести следующие:

- В электротехнике уделяется пристальное внимание резервированию мощности. Согласно правилам проектирования энергосистем, резерв должен обеспечивать работу энергосистемы при потере любого ее элемента.
- Как правило, электростанции расположены в отдалении от крупных городов и поселений. Без линий электропередачи электроэнергия не может быть использована по прямому назначению. За счет более грамотного управления процессом передачи электроэнергии можно достигнуть значительной экономии энергоресурсов.
- Разветвленная энергосистема позволяет оптимизировать за-

грузку электростанций. Вначале загружаются электростанции с более дешевым производством каждого кВт\*ч, а затем уже электростанции с более дорогим производством электроэнергии.

- Для стран с многими часовыми поясами - решение проблемы пиковых потреблений электроэнергии. Отдавая дешевую электроэнергию в разные часовые пояса, можно стабилизировать нагрузку генераторов и свести к минимуму издержки производства электричества.

К отрицательным аспектам построения разветвленной электросети можно отнести: а) сложное диспетчерское управление; б) трудную задачу автоматического управления и работы релейной защиты; в) появление необходимости дополнительного контроля и регулирования частоты передаваемой мощности.

Можно сделать вывод, что мировые энергетические компании, скорее всего, пойдут по пути расширения и развития уже существующих энергосистем. Это обеспечит большую надёжность в передаче электроэнергии к потребителю и экономическую выгоду. Следует отметить, что существует два принципиальных подхода к передаче электроэнергии - использование переменного или постоянного тока. При передаче электроэнергии на небольшие расстояния гораздо эффективнее использовать переменный ток. Но при передаче электроэнергии на расстояния свыше 300 км преимущества использования переменного тока не так очевидны. Это связано с волновыми свойствами передаваемой электромагнитной волны. Перенос мгновенной энергии электромагнитного поля в пространстве вдоль линии электропередачи характеризуется вектором Умова-Пойнтинга. При использовании переменного тока в протяженных ЛЭП возникает емкостное и индуктивное сопротивление проводов, что оказывает значительное влияние на потери напряжения и мощности при передаче электроэнергии. Возникает необходимость компенсации реактивной составляющей электросопротивления, что влечет увеличение стоимости прокладки километра провода. Потери энергии при передаче зависят от значения электрического тока в проводе и от материала, из которого он изготовлен. Повышение напряжения для минимизации потерь при передаче электроэнергии необходимо использовать большее количество гирлянд изоляции, а также накладывает ограничение на сечение провода. Все эти факторы увеличивают суммарный вес всей конструкции, что влечет за собой необходимость использовать более устойчивые и сложные по своей конструкции опоры ЛЭП. Дальнейшее развитие электроэнергетики направлено на создание единых энергосистем, использующих, переменное напряжение.

## УСКОРИТЕЛИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст.: В. Белевцов, И. Белов, Б. Федорчак*

*Рук.: асс. К.А. Минакова, ст.пр. Ю.И. Чекрыгина,*

*проф. Е.С. Сыркин*

В современной физике используют пучки заряженных частиц для проникновения вглубь атомов с целью их изучения. Но энергия частиц, испускаемых при естественном распаде радиоактивных веществ, относительно невелика. Поэтому возникла необходимость создания искусственных источников заряженных частиц высоких энергий — ускорителей. Известно, что, попав между электродами с разными зарядами, заряженная частица, например электрон или протон, ускоряет движение под действием электрических сил. Это явление и породило идею создания в 1930-е гг. линейного ускорителя. Линейный ускоритель представляет собой длинную трубу, в которой поддерживается вакуум [1]. Заряженные частицы (электроны или протоны) движутся по прямой, последовательно проходя сквозь цепочку трубчатых электродов (их называют трубками дрейфа). От специального высокочастотного генератора на электроды подают переменное электрическое напряжение так, что, когда первый электрод оказывается заряженным, допустим, положительно, второй электрод будет заряжен отрицательно и т. д. Попадая в ускоритель из электронной «пушки», пучок электронов под действием потенциала первого, положительного электрода начинает ускоряться, пролетая сквозь него. В этот же момент фаза питающего напряжения меняется, и электрод, только что заряженный положительно, становится отрицательным. Теперь он уже отталкивает от себя электроны. А второй электрод, став за это время положительным, притягивает электроны к себе, еще более ускоряя их. Таким образом, частица ускоряется всякий раз, когда оказывается в промежутке между соседними трубками дрейфа (его называют ускоряющим промежутком). Существующие линейные ускорители позволяют увеличить энергию электронов до 1 - 10 ГэВ. В ускорителе в Стэнфорде (США) длиной 3 км достигнута энергия 20 ГэВ. В последние годы в рамках международного сотрудничества с Юлихским научным центром (Германия) ННЦ «ХФТИ» НАНУ (г. Харьков) для проведения совместных ядерных исследований в области радиационного материаловедения был передан электростатический ускоритель «ELIAS, об-



щий вид основных элементов которого приведен на рис. 1 [2,3].

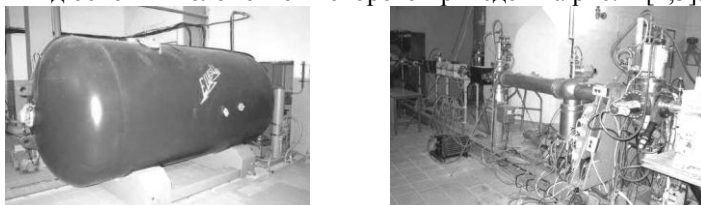


Рис.1. Внешний вид элементов электростатического ускорителя заряженных элементарных частиц типа «ELIAS» (НИЦ «ХФТИ», 2010)

Итак, энергия, сообщаемая частицам, зависит от длины ускорителя. Поскольку линейный ускоритель имеет ограниченную длину, необходимо было разрабатывать и другие типы ускорителей.

Изучая заряженные частицы, учёные наблюдали их движение в магнитном поле вокруг магнитных силовых линий. Так возникла идея создания циклотрона.

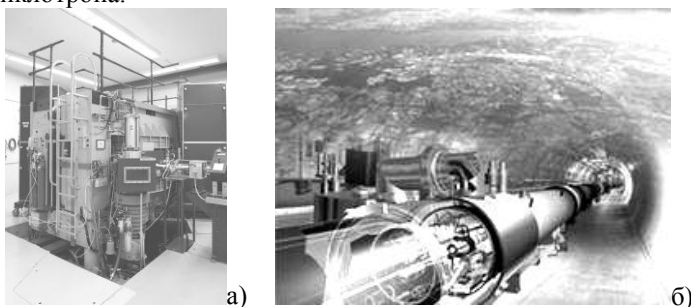


Рис. 2 – а) современный циклотрон, используемый для радиационной терапии; б) LHC (Large Hadron Collider) – Большой адронный коллайдер (ЦЕРН, Швейцария)

Основная часть циклотрона — мощный электромагнит. Между его полюсами помещена вакуумная камера, внутри которой находятся электроды, напоминающие по форме половинки консервной банки (так называемые дуанты) и разделенные небольшим зазором. Электроды соединены с полюсами генератора переменного напряжения. В центре камеры находится источник заряженных частиц — протонов. Вылетев из источника, протон сразу же притягивается к электроду, заряженному в данный момент отрицательно. Внутри электрода электрическое поле отсутствует, поэтому частица летит в нем по инерции.

На одном из крупнейших фазотронов (Рис.3) в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне получают протоны с энергией 680 МэВ и дейтроны (ядра тяжелого водорода — дейтерия) с энергией 380 МэВ.

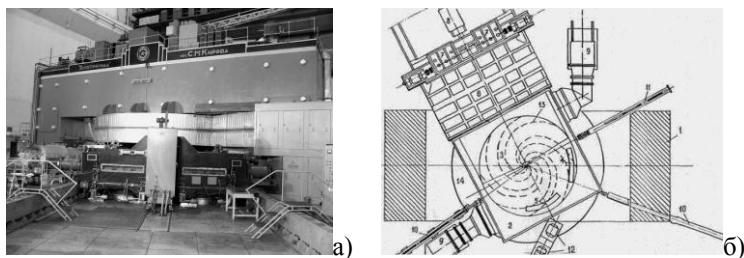


Рис. 3. а) фазотрон Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ; б) Схема фазотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

По мере того как физики все глубже проникали в структуру ядра, требовались частицы все более высоких энергий. Возникла необходимость строить еще более мощные ускорители — синхротроны и синхрофазотроны, в которых частицы движутся не по спирали, а по замкнутой окружности в кольцевой камере. Траекторию частицы поддерживает уже не один магнит, а большое число магнитных секций, расположенных друг за другом вдоль кольца. Специальные электростатические или индукционные устройства разгоняют частицы до громадных энергий. Максимальная энергия протонов в современных синхрофазотронах — 500 ГэВ. Один из крупнейших в мире — протонный синхрофазотрон Института физики высоких энергий под Серпуховом (Рис.4). Длина его кольцевой вакуумной камеры, находящейся в магнитном поле, составляет 1,5 км; он позволяет реализовать энергию протонов 76 ГэВ.



Рис. 4 – Серпуховской синхрофазотрон У-70, энергия 70 ГэВ.

Растут энергии заряженных частиц, и все глубже проникают физики в таинственный микромир, открывая неизвестные прежде явления природы. Могучий арсенал ускорительной техники берут на вооружение многие отрасли науки и производства. С помощью небольших циклических ускорителей — бетатронов — получают пучки электронов с энергией порядка 100 МэВ. Их используют для дефектоскопии в технике и лучевой терапии в медицине.

Растут энергии заряженных частиц, и все глубже проникают физики в таинственный микромир, открывая неизвестные прежде явления природы. Могучий арсенал ускорительной техники берут на вооружение многие отрасли науки и производства. С помощью небольших циклических ускорителей — бетатронов — получают пучки электронов с энергией порядка 100 МэВ. Их используют для дефектоскопии в технике и лучевой терапии в медицине.

1. Иванов И.Н., Лебедев А.Н. Введение в теорию ускорителей. Ускорители заряженных частиц – от В.И. Векслера до наших дней. // М.: Наука - 2001. – С. 133–146

2. Баранов М.И., Веселова Н.В. Ускорители заряженных частиц «ХФТИ» – средоточие техники и электрофизики высоких и сверхвысоких напряжений // Вісник НТУ «ХП».. – Х.: НТУ «ХП», 2013. – № 60(1033) – С. 21-30.

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНЕ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Е.С. Гулина*

*Рук.: доц. А.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова*

История ядерной энергетики охватывает период более полувека, и за это время она уже стала традиционной отраслью энергетики, в настоящее время доля выработки электроэнергии на АЭС во многих странах достигает довольно больших значений. Сейчас в мире насчитывается 436 энергетических реакторов общей мощностью 369,818 ГВт и 61 в стадии сооружения. Сам академик Сахаров говорил: «Я убежден, что ядерная энергетика необходима человечеству и должна развиваться, но только в условиях практически полной безопасности».

Украина делает ставку на ядерную энергетику. Сегодня почти половина отечественной электроэнергии производится на атомных станциях. Использование ядерной энергии обусловлено дефицитом энергоресурсов, который испытывает наша страна.

За годы независимости Украина ввела в действие 3 новых энергоблока, доведя общее количество работающих реакторов до 15. В ближайшей перспективе продлить сроки эксплуатации 9-ти энергоблоков украинских АЭС до 2020 года.

Также практическим воплощением курса на развитие атомной энергетики стало создание государственного предприятия «Национальная атомная энергогенерирующая компания «Энергоатом».

Выбор в пользу развития атомной энергетики для нашей страны был непростым по ряду причин. Во-первых, потому, что Чернобыльская катастрофа со всей очевидностью поставила вопрос о цене использования «мирного атома», о рисках связанных с атомной энергетикой. Во-вторых, в частности, к середине 90-х г. прошлого столетия обострилась проблема обращения с ядерными отходами. Украина вывозит свои ядерные отходы в Россию.

Сегодня установленная мощность атомных энергоблоков страны составляет 13,83 МВт. По этому показателю мы находимся на 4 месте в Европе после Франции, России и Германии. В настоящее время в

Украине действуют 4 атомные электростанции установленной мощности 12 818 млн. кВт:

- Запорожская АЭС
- Южно-Украинская АЭС
- Хмельницкая АЭС
- Ровенская АЭС

Конечно атомная энергия – незаменимый ресурс для Украины. А развитие ядерной энергетики позволяет стране с оптимизмом смотреть вперед. Но несмотря на очевидные плюсы АЭС такие как:

1. Малая стоимость произведенной на украинских АЭС электроэнергии является самой низкой на отечественном энергорынке. Цена электроэнергии от «Энергоатома» всего 27,82 коп./кВт-ч.
2. Более экологически чистая, чем ТЭС и ГЭС: т.к. АЭС работает на уране и частично на газе, она более экологически чистая, чем ТЭС или ГЭС, которые работают на мазуте, торфе и другом топливе.
3. В частности, Украина располагает богатыми запасами урана.
4. Не зависит от дополнительного источника энергии: АЭС не зависит от источника энергии, как например ГЭС, работа которой зависит от мощности течения реки, на которой она стоит.

У нее также имеются и минусы:

Такие как устаревшие реакторы: в 2010 году должна была начаться процедура вывода из эксплуатации 1 энергоблока РАЭС, в 2011 2 энергоблока. В 2012 году 1 энергоблока Южно-Украинской АЭС. До сегодняшнего дня к выведению из эксплуатации перечисленных энергоблоков так и не приступили.

Существует и множество проблем, которые волнуют экологов во всем мире. Они связаны с проблемой захоронения ядерных отходов. Эта проблема также остро стоит и для Украины ведь только на Запорожской АЭС, первой среди атомных станций Украины с реакторами типа ВВЭР, сооружено сухое хранилище отработанного ядерного топлива (СХОЯТ).

Учитывая проблемы в других энергоотраслях Украины атомная энергетика единственная которая демонстрирует рост производства электроэнергии. В прошлом году Энергоатом произвел 65,5% от общего производства электроэнергии в стране. Совместный с польской энергетической компанией «Polenergia International S.a.r.l.» проект «Энергетический мост «Украина-Европейский Союз» предусматривает поставки электроэнергии с Хмельницкой АЭС в Польшу и другие страны ЕС, что сделает Украину мощным игроком на энергорынке Европы. Проект предусматривает выделение второго энергоблока для

работы на европейский рынок, что поможет привлечь средства на достройку энергоблоков №3 и №4 ХАЭС.

В будущем планируется решение такой важной проблемы как захоронение ядерных отходов. Сооружение СХОЯТ решит для Украины проблему длительного и безопасного хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), ведь до последнего времени ОЯТ с 3-х украинских АЭС отправлялось на переработку и хранение в РФ. Наличие ЦХОЯТ позволит экономить около 200 млн долл. ежегодно. Строительство СХОЯТ оценивается примерно в 7 млрд 740 млн грн., окупаемость составит менее двух лет.

Также 5 ноября 2015 года представители Запорожской АЭС и компании Westinghouse подписали договор про тестирование на станции программного комплекса BEACON TSM назначенного для нейтронно-физических расчетов параметров активной зоны реактора, в котором эксплуатируется топливо двух производителей. Также 22 февраля 2016 года на Запорожскую АЭС была привезена первая партия ядерного топлива компании Westinghouse. В настоящее время на рассмотрении в Государственной инспекции ядерного регулирования находится техническое решение о внедрении топлива Westinghouse на ЗАЭС. Это нужно для получения разрешения регулирующего органа на загрузку тепловыделяющих сборок Westinghouse в активную зону энергоблока №5, проведение которого запланировано на май 2016 года. Если все пройдет успешно то загрузка такого топлива будет выполнена на энергоблоках №3, №4, №1.

За последнее время атомная энергетика идет вперед огромными шагами, и несмотря на немалые проблемы вселяет уверенность в успешном завтрашнем дне атомной энергетике Украины в частности на европейском энергетическом рынке.

#### Литература:

[http://www.energoatom.kiev.ua/ru/press/conferences/ned2015/44119-priority\\_atomnoyi\\_energetiki\\_taktika\\_i\\_strategiya\\_\\_diskussiya\\_v\\_ramkah\\_dnya\\_atomnoyi\\_energetiki/](http://www.energoatom.kiev.ua/ru/press/conferences/ned2015/44119-priority_atomnoyi_energetiki_taktika_i_strategiya__diskussiya_v_ramkah_dnya_atomnoyi_energetiki/)  
[http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245089681&cat\\_id=245070653](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245089681&cat_id=245070653)  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная\\_энергетика\\_Украины](https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная_энергетика_Украины)  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная\\_энергетика\\_по\\_странам](https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная_энергетика_по_странам)  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Ядерная\\_энергетика\\_Германии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ядерная_энергетика_Германии)

# ФОТОНИКА, КАК НОВЫЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Р.В. Черкасов  
Рук. доц. Т.И. Храмова*

Наночастицы, нанометры, наноматериалы, нанокристаллы и даже нанороботы... каждый день мы слышим эти слова и вроде бы уже перестали удивляться и воспринимать их как что-то неизвестное и футуристическое. Нанотехнологии прочно вошли в нашу жизнь и перестали удивлять.

Сфера применения нанотехнологий широка и многообразна: от промышленности и медицины до космоса. Но «прикладным» флагманом наноиндустрии, тем с чем современный человек взаимодействует ежедневно, являются компьютеры и микроэлектроника.

Компания Intel- крупнейший производитель процессоров для персональных компьютеров уже «покорила» 14 нанометровую отметку в производстве транзисторов, о чём заявила на международной конференции по полупроводниковым схемам в Сан-Франциско, в феврале 2015 года. Эмпиричный «Закон Мура» (в современной формулировке) гласит, что : «количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 18 месяцев». Усовершенствования технологии производства транзистора – основного электронного компонента всей полупроводниковой электроники описанного этим «законом» ведет к ускорению развития микроэлектроники семимильными шагами. Но все же, бытуют мнения, что и технология производства процессоров подходит к своему физическому пределу и скоро уменьшение кремниевых транзисторов достигнет своего пика. Кремниевой технологии начинают искать замену уже сегодня. Причем на рассмотрение предлагаются абсолютно разные варианты замены – от биокомпьютера до оптических процессоров. Эти технологии пока находятся лишь на этапе исследований, но внимание к ним от этого не меньше. Фотонные (оптические) транзисторы очень перспективная отрасль прикладной инженерии, и возможно за ними будущее, ведь фотоны не сталкиваются друг с другом, в отличии от

электронов и скорость передачи информации с их помощью может возрасти в колоссальные разы. Исследования в этой области уже ведутся.

Недавно группа исследователей из Швейцарского федерального технологического института (Swiss Federal Institute of Technology, ETH) в Цюрихе разработала фотонный транзистор, первый в своем роде оптический переключатель, основу которого составляет единственный атом серебра. А исследователи из Массачусетского технологического института, Калифорнийского университета в Беркли и Университета Колорадо в Боулдере (США) разработали целый процессор, который обменивается данными с другими компонентами вычислительной системы с помощью фотонов, а не электронов. Конечно это все опытные образцы и впереди еще сотни новых экспериментов и исследований, но очевидно, что фотоника очень перспективна и ближайшие годы выйдет на рынок.

Уменьшение размеров «традиционных» - электронных кремневых транзисторов и возможное появление вслед за опытными образцами на рынке оптических транзисторов позволит не только увеличить вычислительные мощности микропроцессоров, но и уменьшить их размеры и стоимость производства, тем самым сделав вычисления проще, быстрее, а вычислительную технику доступнее и ближе потребителю.

Ведь еще несколько десятилетий назад ЭМВ занимали огромные по площади залы и вычисления которые сегодня производятся за доли секунды требовали недель, а иногда и месяцев. Сегодня микропроцессоры основанные на достижениях нанонауки находятся в каждом смартфоне и компьютере и рядовые пользователи даже не представляют себе, какие преобразования прошла микропроцессорная техника, чтобы уменьшить транзистор со времени его появления до того размера и той мощности, которая находится у них в руках. И развитие этой отрасли происходит прямо сейчас и будет развиваться дальше. Транзисторы переходят уже на атомный уровень и скоро возможно нас ждет полный переход на фотонику, как это произошло с вытеснением оптоволоконными медными линиями связи.

С ускорением и удешевлением процессоров возможным станет решение проблем которые стоят перед человечеством таких как, расшифровка генома человека, расчет астрофизических данных, решение фундаментальных научных проблем и др. и выведут цивилизацию на новый уровень.

## ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ И ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст.: Д.С. Рыбальченко, М.А. Кузьмин*

*Рук. доц. Ю.В. Меньшов*

Темная материя сродни обычному веществу в том смысле, что она способна собираться в сгустки (размером, скажем, с галактику или скопление галактик) и участвует в гравитационных взаимодействиях так же, как обычное вещество. Скорее всего, она состоит из новых, не открытых еще в земных условиях частиц.

Темная материя имеется и в галактиках. Это опять-таки следует из измерений гравитационного поля, теперь уже в галактиках и их окрестностях. Чем сильнее гравитационное поле, тем быстрее вращаются вокруг галактики звезды и облака газа, так что измерения скоростей вращения в зависимости от расстояния до центра галактики позволяют восстановить распределение массы в ней. По мере удаления от центра галактики скорости обращения не уменьшаются, что говорит о том, что в галактике, в том числе вдалеке от её светящейся части, имеется несветящаяся, темная материя. В нашей Галактике в окрестности Солнца масса темной материи примерно равна массе обычного вещества.

Частицы темной материи чрезвычайно слабо взаимодействуют с нашим веществом, иначе они были бы уже обнаружены в земных экспериментах. Существует несколько гипотез. Наиболее правдоподобной представляется гипотеза о том, что частицы темной материи в 100–1000 раз тяжелее протона, и что их взаимодействие с обычным веществом по интенсивности сравнимо с взаимодействием нейтрино. Частицы темной материи интенсивно рождались и аннигилировали в очень ранней Вселенной при сверхвысоких температурах (порядка  $10^{15}$  градусов), и часть их дожила до наших дней.

Имеется несколько путей поиска частиц темной материи. Один из них связан с экспериментами на будущих ускорителях высокой энергии — коллайдерах. Если частицы темной материи действительно тяжелее протона в 100–1000 раз, то они будут рождаться в столкновениях обычных частиц, разогнанных на коллайдерах до высоких энергий (энергий, достигнутых на существующих коллайдерах, для этого не хватает). Ближайшие перспективы здесь связаны со строящимся в международном центре ЦЕРН под Женевой Большим адронным коллайдером (LHC), на котором будут получены встречные



пучки протонов с энергией  $7 \times 7$  Тераэлектронвольт. Другой путь состоит в регистрации частиц темной материи, которые летают вокруг нас. При массе, равной 1000 масс протона, этих частиц здесь и сейчас должно быть 1000 штук в кубическом метре. Проблема в том, что они крайне слабо взаимодействуют с обычными частицами, вещество для них прозрачно. Тем не менее, частицы темной материи изредка сталкиваются с атомными ядрами, и эти столкновения можно надеяться зарегистрировать. Наконец, еще один путь связан с регистрацией продуктов аннигиляции частиц темной материи между собой. Эти частицы должны скапливаться в центре Земли и в центре Солнца (вещество для них практически прозрачно, и они способны проваливаться внутрь Земли или Солнца). Там они аннигилируют друг с другом, и при этом образуются другие частицы, в том числе нейтрино.

Темная энергия — гораздо более странная субстанция, чем темная материя. Начать с того, что она не собирается в сгустки, а равномерно «разлита» во Вселенной. В галактиках и скоплениях галактик её столько же, сколько вне них. Самое необычное то, что темная энергия в определенном смысле испытывает антигравитацию. Вселенная расширяется с ускорением: темп расширения растет со временем. В этом смысле и можно говорить об антигравитации: обычное гравитационное притяжение замедляло бы разбегание галактик, а в нашей Вселенной, получается, всё наоборот.

Такая картина, вообще говоря, не противоречит общей теории относительности, однако для этого темная энергия должна обладать специальным свойством — отрицательным давлением. Это резко отличает её от обычных форм материи. Не будет преувеличением сказать, что природа темной энергии — это главная загадка фундаментальной физики XXI века. Один из кандидатов на роль темной энергии — вакуум. Плотность энергии вакуума не изменяется при расширении Вселенной, а это и означает отрицательное давление вакуума. Другой кандидат — новое сверхслабое поле, пронизывающее всю Вселенную; для него употребляют термин «квинтэссенция». Есть и другие кандидаты, но в любом случае темная энергия представляет собой что-то совершенно необычное. Другой путь объяснения ускоренного расширения Вселенной состоит в том, чтобы предположить, что сами законы гравитации видоизменяются на космологических расстояниях и космологических временах.

Литература: 1. <http://www.bankreferatov.ru>, 2. <https://ru.wikipedia.org/wiki>, 3. <http://elementy.ru> > Библиотека > Публичные лекции, 4. <http://victorpetrov.ru>, 5. <http://www.nkj.ru>

# НАЙВАЖЛИВІШІ ТЕОРІЇ ВИНИКНЕННЯ ВСЕСВІТУ

*Національний технічний університет «ХПІ»*

*Ст. Земцова К.О.*

*Кер.: доц. Фат'янова Н.Б., доц. Дульфан Г.Я.*

*Ми маємо вибір: покращити життя та пізнати Всесвіт,  
якому ми забов'язані своїм існуванням чи піддати  
15 мільярдів років спадщини безглуздому знищенню.  
Карл Саган*

Одним із найважливіших елементів світогляду людини є уявлення про оточуючий світ і своє місце у цьому світі, або, як часто кажуть, про єдину картину світу. З моменту виникнення людства як соціальної спільноти, воно весь час робило спроби створити картину світу відповідну своєму рівню розуміння оточуючої реальності, але перша наукова картина світу була побудована лише після появи науки, як форми суспільної свідомості.

Що, взагалі, картина світу? Картина світу-це система уявлень про те, як влаштований Всесвіт, про закони і принципи устрою світу, що базується на наукових підвалинах.

Є дуже багато теорій про виникнення Всесвіту, але я пропоную взяти лише найбільш популярні та найімовірніші, на мій погляд, та на погляд досить відомих астрономів сучасності, теорії, що, може, і не справдились, але відкрили нові простори мислення, допомогли побачити більш детальну картину Всесвіту та висвітлили деякі моменти його утворення і взагалі, які відкрили нам щось нове в області астрономії і фізики: Теорія Великого Вибуху, Теорія Струн (М-теорія), Модель Розширюючогося Всесвіту, Космологічна Теорія Канта-Лапласа.

*Космологічна теорія Канта-Лапласа*

По-перше, треба зазначити, що сам Ньютон зробив значний внесок у розвиток цієї теорії. Ньютонівська теорія стала відома на континенті завдяки Вольтеру. Разом з космологією Коперника вона дала сильний поштовх для інтелектуального та духовного розвитку Канта. Спираючись на новий, потужний аналітичний апарат механіки, Лаплас прийшов до висновку, що, оскільки, по-перше, усі планети обертаються в одному напрямку, по-друге, їх орбіти повинні мало відрізнятися від кіл, по-третє, тому що їх взаємні засоби до екліптики

мають незначні величини, то загального тяжіння достатньо для збереження Сонячної системи. Загальне тяжіння дозволяє змінюватися формам і нахилам орбіт, але тільки в певних межах; ці зміни носять періодичний характер і після закінчення певного часу повертаються до свого середньому стану.

Роблячи висновок з його роботи, можна сказати, що все що відбувається навколо нас, не випадкове; весь Всесвіт пов'язаний причинно-наслідковими зв'язками. Лаплас довів, що, якщо ти знаєш координати положення тіла на даний момент, ти можеш абсолютно чітко визначити його положення через деякий відрізок часу. І, навіть, якщо десь система дасть збій, то це не вплине, або вплине дуже незначно на протікання природних процесів. Основні сили, що залучив Кант для пояснення розвитку матерії: гравітаційне тяжіння, відштовхування, хімічна сполука. У результаті дії цих трьох фундаментальних сил здійснювалося, на думку Канта, розвиток матерії, створювалися початкові неоднорідності в розподілі щільності матерії.

#### *Модель Розширюючогося Всесвіту*

У 1922 році російський вчений Олександр Фрідман, спираючись на загальну теорію відносності Ейнштейна, довів, що Всесвіт не може знаходитись у стані спокою. Він не може бути стаціонарним, як вважали вчені до нього, навіть сам Ейнштейн. Всесвіт постійно має розширюватись або стискатись в усіх напрямках.

Спочатку Ейнштейн вважав, що робота Фрідмана занадто смілива та неаргументована, та, ознайомившись з його концепцією, вченому довелося прийняти те, що Всесвіт не може бути стаціонарною системою. Та, на жаль, Фрідман не застав піку слави своєї теорії, померши ще в 1925 році. Але його роботу продовжував видатний американський астроном Едвін Хаббл: він у 1929 році зробив надзвичайно важливе відкриття: довів, що у Всесвіті все «розбігається». Спостерігаючи, він виявив, що всі скупчення та над скупчення Галактик розділені відстанями, що перевищують 100-300 Мпс, віддаляються одна від одної. Це відкриття і по сьогодні є фундаментальним законом сучасної космології. Давно відомо, що чим далі від нас джерело звуку, тим менша частота звукових коливань і, відповідно, ми чуємо звук гірше. Така сама ситуація і зі світловими явищами. Цей ефект дістав назву «ефект Доплера»: якщо джерело світла рухається від нас на великій швидкості, то частота «коливань» зміниться тим більш. Але колір при цьому зміниться, переходячи, наприклад, від жовтого до червоного ( світло, яке випромінюється

далекими від нас Галактиками ,наближається до червоного). До того ж, чим більша відстань від нас до галактики, тим більше, так званий, «червоний зсув». І з цього випливає, що чим далі від нас галактика, тим швидше вона віддаляється від нас. Та, як відомо, наша Галактика-зовсім не центр Всесвіту, а звідси випливає, що галактики віддаляються не від нас, а одна від одної.

Якщо відстань від скупчень  $L$ , то швидкість їхнього взаємного віддалення розраховується за формулою:  $V=H \cdot L$  –закон Хаббла, де  $H$ -постійна величина Хаббла, яка, за сучасними оцінками, 55-75 км/с•Мпс. Якщо радіус Всесвіту безупинно збільшується, то це свідчить про те, що колись він був близький до нуля і вік Всесвіту, згідно дослідженням Хаббла, приблизно 15-18 млрд років. У Всесвіті Фрідмана початок-це сингулярність, що означає нескінченно щільну речовину. Та нескінченність-поняття математичне, якщо у фізичних розрахунках виникає нескінченність з боку математичних розрахунків, то для фізики це знак тривоги. Нескінченність означає, що сталось щось надзвичайне і дана теорія невірною описує факт. Космологічна сингулярність вказує на кордони використання цієї теорії. Скоріше за все, у зоні сингулярності стає непридатною і сама теорія відносності, їй на зміну повинна прийти квантова теорія гравітації.

Тож можна сказати, що хоч дійсність теорії можна поставити під сумнів, вона зробила величезний внесок у розвиток сучасної космології, показала наш Всесвіт з іншого боку.

#### *Теорія суперструн (М-Теорія) та Теорія Великого Вибуху*

Багато років вчені вважали, що все, що оточує нас складається за маленьких, невидимих часточок, але у світі останніх відкриттів їм довелось змінити свою точку зору: усе складається з...струн! Що все що нас оточує з'являється наче музика, а наш Всесвіт-величезна симфонія.

Це була на стільки грандіозна теорія, що потрясла весь науковий світ і цю теорію почали застосовувати усюди. Але якщо ця теорія є справді основною для всього, тоді вона повинна пояснити найголовнішу подію-народження Всесвіту. Так як Теорія Великого Вибуху є найбільш вірогідною теорією виникнення Всесвіту за рядом причин, що будуть описані, тоді Теорія Суперструн і Теорія Великого Вибуху повинні досить вдало доповнювати одна одну. Тоді одна з теорій повинна пояснювати те, як влаштований Всесвіт, а інша те, з чого він складається. Проблемаю Великого Вибуху стало те, що, згідно досліджень, усі фундаментальні закони фізики руйнувались у момент самого Вибуху. За долі секунди, під час Великого Вибуху

виник Всесвіт. Спочатку немає нічого. Зовсім. Ні часу, ні матерії, ні світла. Є лише пустота. Але раптом з'являється шар менше за атомне ядро, але гарячіше у трильйони-трильйони разів за Сонце. Все, що пізніше називатиметься Всесвітом, і з неймовірною швидкістю розлітається з точки, що є меншою за вістря голки. Учені вважають, що в перші секунди після Великого Вибуху були створені всі компоненти, з яких створені усі зорі та галактики. Але, так як Великий Вибух відбувся неймовірно швидко, швидше за будь-яку людську діяльність, необхідно було створити нову часову шкалу. Таким чином було встановлено Планківський відлік часу.

Одна одиниця цієї шкали дорівнює  $10^{-43}$ . Але за цей неймовірно маленький відрізок часу утворюються 4 головні сили, завдяки яким взагалі існує Всесвіт у тому виді, в якому він є, це: гравітація, завдяки якій існують зорі, планети, вона регулює відливи та приливи, утримує нас на Землі; завдяки електромагнітній силі ми маємо змогу освітлювати приміщення, розмовляти по телефону та спостерігати за блискавкою під час дощу; а дві ядерні з'єднують частинки, з яких складаються наші тіла та підтримують жар у пічі нашого Сонця. Якби не ці сили, то нас би не було. Нічого не відбувалося би. Наш Всесвіт являв би з собою хмару опромінення. Але у цей надзвичайно малий час ці 4 сили складають одну — Суперсилу. У наступний відрізок Планківського часу, тобто  $10^{-36}$ , у цей час ці сили розпались, розкололись, наче кристал. Першою від'єдналась гравітація, а потім дві ядерні. Великий Вибух був на стільки сильним та гарячим, що залишки цього тепла ще присутні сьогодні. Спочатку тепло було надгарячим рентгенівським випромінюванням, яке витягувалось та охолоджувалось перетворюючись у видиме світло, яке змістилося від синього до червоного. Це світло постійно світить на Землю. Його називають КМФ (космічне мікрохвильове фонове випромінювання). КМФ-це «ехо» самого акта творіння Всесвіту. Якщо б наші очі сприймали його, ми кожної ночі мали би змогу спостерігати Великий Вибух на небі. Всесвіт перетворюється з точки, меншої за атом, за мить до розмірів бейсбольного м'яча. Таким чином, ми можемо бачити, що з часом і до сьогодні Всесвіт охолоджується і розширюється. Потрібно ввести новий термін, без якого подальше пояснення було б дуже проблематичним. Отже - «сингулярність». Сингулярність - це стан Всесвіту в початковий момент Великого Вибуху, що характеризується нескінченною щільністю й температурою речовини. Космологічна сингулярність є видом гравітаційних сингулярностей, які пояснювали ЗТВ (загальна теорія відносності) та

інші теорії гравітації.

Як саме відбувся вибух та що йому передувало-сказати важко, але найбільш імовірне те, що він відбувся через суміщення матерії та антиматерії, матерії, звісно, було більше. Тепер повернемося до того, яке розчарування чекало на вчених, які намагались поєднати теорію Великого Вибуху з теорією суперструн.

Для них найбільшою проблемою та головною біллю стало те, що сама можливість Великого Вибуху порушувала всі закони фізики, що існували від початку існування цієї науки. Але проблеми виникли і з М-теорією. І фізики почали її розвивати. У різних напрямках. Таким чином виникло 5 теорій суперструн. Чи, можливо, одна? Та сама, що поєднує їх у єдине. Почали казати, що це не теорія усього, а теорія нічого. Але теорію продовжували розвивати. Згідно неї, ми існуємо, не так, як звикли: у трьохмірному просторі, а у 10-мірному. Так, я розумію, що уявити це майже неможливо, сам Стівен Хоккінг важко уявляв собі чотирьохмірний простір, але так і є. Зараз поясню, як це діє: тож, почнемо ми з точки. Як нам відомо з геометрії, точка-це ідея, а не конкретне тіло, вона не матеріальна, не має ні величини, ні розмірів. Друга точка, може указувати на місце знаходження в системі, але вона знову ж не має ні розмірів, ні виміру. Для того, щоб створити перший вимір, потрібно з'єднати ці дві точки однією лінією. В першому вимірі тіло має довжину, але не має ні висоти, ні ширини, ні жодних інших параметрів. Якщо ми проведемо ще одну пряму, що буде пересікати цю пряму, то ми отримаємо двомірну систему виміру, тіла в якій мають і довжину, і висоту. Перші три виміри ми характеризували такими словами: ширина, довжина то висота, то для четвертого досить вдалим буде слово «глибина». Також Ейнштейн ввів до четвертого виміру нову ознаку: час. Якщо провести лінію між нами, які ми були хвилину тому, та нами, якими ми стали зараз, то ця лінія буде у четвертому вимірі. Але якщо б ми мали змогу бачити чотирьохмірний світ, то ми би його бачили, як Лімбо бачив наш вимір, у трьохмірному просторі. Але час, що ми уявляємо як пряму лінію, насправді вигинається у п'ятому вимірі. І якщо в четвертому вимірі час здається нам прямою лінією, у п'ятому представляє з себе гігантську структуру з великою кількістю відгалужень, доступний нам у будь-який момент. І залежить від наших рішень, раптовостей та дій інших людей. Якби ми раптом вирішили повернутись назад, у минуле, зробити так, щоб змінився хід нашого життя, то ми могли б повернутися назад у часі і якимось чином спровокувати такий ланцюжок подій, щоб ця подія відбулась. Але це дуже складний спосіб. Є набагато легший: треба лише повернути п'ятий вимір через шостий, що дозволило би нам моментально обрати потрібний нам

варіант подій. Щоб уявити сьомий вимір, ми повинні уявити, що весь шостий вимір є однією точкою і уявити всі можливі варіанти подій, тобто нескінченність і тоді сьомий вимір стане для нас такою самою нескінченністю. Щоб уявити восьмий вимір, нам потрібно поєднати нашу точку нескінченність з іншою точкою. Але що може бути більше за нескінченність? Можуть бути інші нескінченності, які відрізняються від першої умовами виникнення цих обставин. Щоб створити восьмий вимір, ми повинні створити ще одну точку, ще одну нескінченність і провести від нашої утвореної сьомим виміром лінії відгалуження. Щоб переміститись з однієї точки в восьмому вимірі в іншому, досить прогнати його через дев'ятий вимір. Коли ми казали про перший вимір, ми мали на увазі, нульовий, точку, яка не має жодних координат. Щоб створити ще один вимір, ми повинні уявити всі можливі відгалуження, усіх можливих відгалужень, але для цього нам потрібно провести ще лінію, та це неможливо, адже усі лінії вже проведені. Здається, з цим ми нарешті закінчили. Так ось, повернемося до струн. Довго мучачись, прибічники цієї теорії навіть, коли здавалось, що вона не має минулого, розвивали її. Її 5 інтерпретацій. Але згодом вони додали 11-й вимір, який належав теорії супергравітації, і сталося чудо-виявилось, що всі 5 теорій є одним й тим самим. Просто різні частини однієї фундаментальної теорії. Але з появою 11 виміру виявилось, що все складається не з окремих струн, а струни видовжуються і зменшуються, утворюючи одну велику структуру, яку називають мембраною. І взагалі, весь наш Всесвіт-мембрана. Така чином з'явилась на світ Мембранна Теорія, або М-теорія, та вона виявилась настільки неймовірною та загадковою, що букві «М» приписували й інші значення: «магічна», «містика», «мати». У вчених ця теорія викликає надзвичайне хвилювання. Можливо, ця теорія пояснить все у світі. Але перед цим потрібно в'яснити усі подробиці 11 виміру, в якому, зрозуміло, потрібно забути про всі нормальні та звичні нам закони фізики та правила здорового глузду. Він нескінченно довгий, але в той же час існує на нескінченно великих відстанях. Максимальний розмір 11 виміру може бути 10-20 мм. Він існує усюди, у нашому трьохвимірному просторі, але відчуті його ми не можемо. М-теорія довела та пояснила те, що в нашому Всесвіті така слабка гравітація тим, що, можливо, існують паралельні світи, через які до нас не доходить сильне гравітаційне поле. Але М-теорія, щоб отримати право на існування, повинна була пояснити сингулярність перед Великим Вибухом. Хоча це ще не, має чіткого пояснення, та М-теорія з кожним днем стає більш популярною і вже зараз проводяться дослідження, які мають своєю метою створення нового Всесвіту у лабораторних умовах за допомогою Великого

Вибуху.



## ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ОРУЖИЕ

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Кур.: О.С.Кондратенко, С.И.Мащенко*

*Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, О.А. Макогон*

Физико-математическая подготовка дает возможность военным специалистам хорошо ориентироваться в новых технологиях производства и эксплуатации военной техники, которая непрерывно совершенствуется. Изучение разделов физики “магнитное поле”, “электромагнитные волны”, “полупроводники” и др. позволяет проанализировать идею создания источников сверхмощных магнитных полей и сверхвысоких электрических токов для создания электромагнитного оружия.

Известно электромагнитное оружие (ЭМО) двух видов. В первом магнитное поле необходимо для придания начальной скорости снаряду (как альтернатива взрывчатым веществам в огнестрельном оружии)[1], во втором – энергия электромагнитного излучения используется непосредственно для поражения цели за счет наведения токов высокого напряжения и выведения из строя электрического оборудования в результате возникающего перенапряжения, либо вызывание болевых эффектов у человека. Оружие второго типа служащее для вывода из строя техники или приводящее к негодности живой силы противника; относится к категории “Оружие нелетального действия”. Специалисты оценивают электромагнитное оружие как одно из наиболее эффективных средств ведения современной войны в связи с высокой значимостью информационных потоков в управлении обороной страны.

По спектральным характеристикам ЭМО можно разделить на два вида: низкочастотное, создающее электромагнитное импульсное излучение на частотах ниже 1 МГц, и высокочастотное СВЧ-диапазона. Оба вида ЭМО имеют различия в путях воздействия на радиоэлектронные устройства. Проникновение низкочастотного электромагнитного излучения к элементам устройств обусловлено, в основном, наводками на проводную инфраструктуру, включающую телефонные линии, кабели внешнего питания, подачи и съема информации. Электромагнитное излучение СВЧ-диапазона помимо этого еще и проникает в радиоэлектронную аппаратуру через антенную систему, поскольку СВЧ-спектр охватывает и рабочую частоту аппаратуры.

Элементная база радиоэлектронных устройств чувствительна к энергетическим перегрузкам, поток электромагнитной энергии высокой плотности способен выжечь полупроводниковые переходы, нарушив их нормальное функционирование. Так, например, у кремниевых сильноточных биполярных транзисторов, обладающих повышенной прочностью к перегревам, напряжение пробоя находится в пределах от 15 до 65 В, а у арсенидгаллиевых приборов этот порог равен 10 В, запоминающие устройства, составляющие существенную часть любого компьютера, имеют пороговые напряжения порядка 7 В, интегральные схемы – от 7 до 15 В, а микропроцессоры обычно прекращают свою работу при напряжениях 3,3–5 В. Помимо необратимых отказов импульсное электромагнитное воздействие может вызвать потерю чувствительности радиоэлектронного устройства на какой-то отрезок времени. Возможны также ложные срабатывания чувствительных элементов, что может привести, например, к детонации боеголовок ракет, бомб, артиллерийских снарядов и мин. Электромагнитное оружие обладает биологическим воздействием на животных и человека. В результате нагрева кожного покрова и внутренних органов в организме возможны хромосомные и генетические изменения, активация и дезактивация вирусов, трансформация иммунологических и поведенческих реакций.

Главным техническим средством получения мощных электромагнитных импульсов, составляющих основу низкочастотного ЭМО, является генератор с взрывным сжатием магнитного поля. Другим потенциальным типом источника низкочастотной магнитной энергии высокого уровня может быть магнитодинамический генератор, приводимый в действие с помощью ракетного топлива или взрывчатого вещества. При реализации высокочастотного ЭМО в качестве генератора мощного СВЧ-излучения могут использоваться такие электронные приборы, как широкополосные магнетроны и клистроны, работающие в миллиметровом диапазоне гиротроны, генераторы с виртуальным катодом (виркатеры), использующие сантиметровый диапазон, лазеры на свободных электронах и широкополосные плазменно-лучевые генераторы. В настоящее время в оборонной промышленности существует огромное количество технологий электромагнитного оружия, однако все они имеют ряд недостатков и требуют дальнейшего усовершенствования.

1. Рейкотрон – перспективна зброя. Н.Л. Дьяконенко, О.А. Макогон, О.В. Базелюк. Тези доповідей XV Регіональної наукової студентської конференції "Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення", с.90.

# ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ – ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Кур. О.О.Зимников*

*Рук.: доц. Н.Л. Дьяконенко, О.А. Макогон*

Рост населения Земли, исчерпание природных ресурсов и загрязнение окружающей среды приводит к необходимости использовать альтернативные источники энергии. Физики связывают будущее энергетики с управляемым термоядерным синтезом. В термоядерных реакторах происходят реакции синтеза более тяжелых элементов из легких, в отличие от существующих (ядерных) реакторов, где инициируются процессы распада тяжелых ядер на более легкие. Топливом для термоядерного синтеза является вода, содержащая изотопы водорода — дейтерий и тритий. Калорийность термоядерного топлива в миллион раз выше любого из современных неядерных источников энергии. При этом окружающей среде будет нанесен минимальный вред, а топливо для термоядерной электростанции доступно всем без исключения странам. Известно, что ядерная реакция происходит, когда атомные ядра сближаются. На расстояниях порядка размера ядер величина сильного взаимодействия, которое стремится их связать, возрастает и становится больше величины кулоновского отталкивания. Чтобы вступить в реакцию дейтерий - тритий, ядра должны преодолеть потенциальный барьер 0,1 Мэв. Для этого необходима большая кинетическая энергия. Кинетическую энергию движущихся микрочастиц вещества (атомов, молекул или ионов) можно увеличить, нагревая вещество. Поэтому вещество, участвующее в термоядерной реакции, представляет собой ионизированную плазму, разогретую до температур свыше  $10^7$  К. Изоляция плазмы достигается магнитным полем. Сегодня в мире существуют два перспективных проекта термоядерных реакторов. Токамак - тороидальная камера с магнитными катушками и стелларатор - от латинского stella- звезда, так как функционирует при температуре звезд. В обеих установках плазма удерживается магнитным полем, в токамаке она имеет форму тороидального шнура, по которому пропускается электрический ток. Удержание плазмы происходит благодаря магнитному полю от вихревого электрического поля. Токамак может работать (без вспомогательных устройств) исключительно в импульсном режиме.

В стеллараторе магнитное поле, имеющее сложную конфигурацию, наводится внешними катушками. Магнитные поверхности, удерживающие плазму в состоянии равновесия, создаются сложной системой внешних проводников на вакуумной камере (внутри которой и находится топливо), из-за чего конечная форма плазменного шнура не имеет азимутальной симметрии. Магнитная поверхность имеет форму «мятого бублика». 10 декабря 2015 года в Германии в Институте физики плазмы имени Макса Планка успешно запущен термоядерный реактор Wendelstein 7-X (по названию горы Вендельштейн в баварских Альпах), в котором удержание плазмы происходит по принципу стелларатора. Главной деталью реактора служит тороид наружного диаметра 11 м. В нём вращающаяся плазма заключена в магнитном поле индукцией 3 тесла таким образом, чтобы не касаться стенок. При этом температура плазмы  $6\text{--}13 \cdot 10^7$  градусов Цельсия (в несколько раз выше, чем температура в центре солнечного ядра). Магнитное поле производится пятьюдесятью 3,5-метровыми неподвижными магнитными ниобий-титановыми катушками. Другие 20 подвижных магнитов служат для целенаправленного воздействия на магнитное поле. Жидкий гелий при температуре близкой к абсолютному нулю охлаждает магнитные катушки. Вся конструкция окружена криостатом (прочной теплоизолирующей оболочкой) для поддержания температуры сверхпроводимости магнитных катушек. Высокоточные расчеты конфигурации магнитных полей были произведены на суперкомпьютере. Стелларатор способен в течение длительного времени работать в непрерывном (стационарном) режиме. 3 февраля 2016 года стелларатор выполнил первый простой эксперимент с водородом, сгенерировав водородную плазму с температурой около  $8 \cdot 10^7$  градусов и сроком жизни в четверть секунды. После успешного завершения экспериментов ученые надеются удерживать водородную плазму в течение 10 секунд.

В 2019 году начнётся серия испытаний позволяющих удерживать плазму в реакторе до получаса. Если установка Wendelstein 7-X оправдает возлагаемые на нее надежды, физики сделают выводы о возможности использования стеллараторов в качестве термоядерных электростанций будущего.

Получение практически неисчерпаемого источника энергии требует не только взаимодействия международного сообщества ученых и государств мира и привлечения огромных финансовых средств, но и завидного терпения и уверенности в успешности проекта.

## **24 УНИКАЛЬНЫЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ УКРАИНЦЕВ, КОТОРЫЕ ПОМОГЛИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: К.В. Дубняк, Ю.А. Ткачёва  
Рук. ст.пр. Е.Б. Алмазова*

Украинцы славятся революционными изобретениями, которые перевернули представление о мире и значительно облегчили жизнь человечеству. Именно в Украине придумали первый вертолёт, трамвай, искусственный спутник Земли, рентгеновский снимок, гипсовую повязку и много других полезных вещей, без которых сейчас не может обойтись целая планета. Во времена независимой Украины список таких революционных изобретений наших соотечественников стремительно пополняется с каждым годом. Но, к сожалению, эти открытия почему-то часто не известны либо не ценятся на Родине в то время, когда на них есть огромный спрос за рубежом.

Мы собрали интересные изобретения украинцев за период независимости:

### **1. Ветряк “на балкон”**

Уникальный ветрогенератор изобрёл украинец Алексей Онипко. Агрегат может начать работу даже при скорости ветра меньше 1 м/с. Устройство можно поставить прямо на балконе и экономить на электроэнергии. Изобретение заказали несколько зарубежных стран. Эта разработка получила награду “Зелёный Оскар”.

### **2. Автомобиль, работающий на воздухе**

Харьковчанин Олег Збарский создал автомобиль, который работает на сжатом воздухе. Экомашина ездит со скоростью 40 км/ч и вместо углекислого газа высвобождается кислород.

### **3. Экотопливо из опилок**

Инженер из Славутича Владимир Мельников сконструировал машину, которая превращает отходы древесины в топливные брикеты. Под сверхвысоким давлением разогреваем опилки до 300 градусов, далее работает пресс. В результате получается топливный брикет, похожий на антрацит.

#### **4. Тёплые жалюзи**

Дмитрий Чулков изобрёл жалюзи, которые благодаря солнечной энергии поддерживают температуру 22-24 градуса в двухкомнатной квартире даже в лютые морозы. Они работают по принципу солнечных коллекторов, превращая энергию солнца в тепловую.

#### **5. Экологические батарейки**

Украинские специалисты разработали инновационные батарейки, состоящие из нейтральных химических соединений, которые легко утилизируются. Их преимущество – быстрое время заряда устройства (5-8 секунд), большое количество циклов перезарядки. (не менее 500 тысяч раз). Применение: часы, компьютерные мышки, клавиатуры и прочее.

#### **6. Опреснение морской воды**

Профессор Одесской государственной академии холода Леонард Смирнов разработал технологию опреснения морской воды, что делает её пригодной для питья (вода замораживается особым способом). Технологию собираются использовать в Африке и Южной Америке.

#### **7. “Укротитель” ураганов**

Виктор Бернацкий изобрёл устройство, которое уменьшает энергию урагана, заставляя мощный вихрь уничтожать самого себя путём противодействия встречным потоком воздуха. За свое изобретение украинец получил награду Европейской научно-промышленной палаты.

#### **8. Измеритель скорости автомобиля в момент ДТП**

Виталий Огородников разработал устройство для определения скорости автомобиля в момент аварии, которое вычисляет скорость по остаточной деформации автомобиля, а не по тормозному пути.

#### **9. “Костюм супермена”**

Украинский студент Антон Головаченко создал роботизированный «костюм супермена», экзоскелет, который увеличивает физическую силу человека с помощью управляемой механики. Устройство может помочь людям с ограниченными возможностями.

#### **10. Сенсорные стены**

16-летний Андрей Коноваленко из Луганской области разработал проект Samtouch, позволяющий превратить стены, пол или стол в сенсорную поверхность, используя компьютер, проектор, веб-камеру, лазерную указку. Внедрение проекта стоит всего 200 грн.

### **11. Умная кепка: «Digicap»**

Киевлянин Игорь Дидошин поместил MP3-плеер, радио и Bluetooth в свою кепку, под козырёк. Вся эта система работает на солнечных батареях, а все элементы конструкции помещаются в кулак. Управление осуществляется с помощью джойстика.

### **12. Конкурент Skype и Viber**

Киевлянин Александр Коновалов создал приложение для VoIP-телефонии - Droid Translator. Изобретение автоматически переводит голос и текстовые сообщения на любой из 14-ти языков, это первый в мире сервис с функцией автоматического синхронного перевода.

### **13. CD-диск на тысячи лет**

Учёные НАН Украины разработали сапфировые оптические диски. На диски не влияет ни влажность, ни высокая температура. Информация объемом до 210 Мбайт может храниться десятки тысяч лет.

### **14. Аэроролики**

Днепропетровчанин Виктор Костенко придумал аэрольжи и аэроролики, которые используют энергию солнечного тепла. Изобретение позволит разогнаться до 30 км/ч.

### **15. “Домашний сторож”**

Днепропетровские разработчики Макс Метц и Николай Богун придумали умный гаджет для дома - Branto, который превращает жильё в управляемую систему. Branto может вычислить непрошенных гостей и известить хозяина, управлять электроприборами, а так же удаленно проследить за детьми!

### **16. Шоколадные конфеты для похудения**

Луганчанка Людмила Сеногонова создала шоколадные конфеты для похудения. Рецепт она держит в секрете, но известно, что в конфетах есть курага, изюм и орехи.

### **17. Съедобный полиэтилен**

Харьковчанин Сергей Тимчук решил проблему утилизации упаковочных материалов. Он разработал съедобную плёнку для продуктов из кукурузного крахмала.

### **18. Часы-глюкометр для диабетиков**

Ученый из Закарпатья Пётр Бобонич изобрёл глюкометр в виде наручных часов. С его помощью можно узнать уровень сахара в крови в любой момент времени без сдачи крови.

### **19. Бескровный анализ крови**

Харьковский ученый Анатолий Малыхин придумал прибор

который сделает анализ крови бескровным. Пять датчиков устройства прикрепляются на определенные участки тела человека, после чего на компьютер выводится 131 показатель здоровья.

#### **20. Перчатка EnavleTalk, которая “говорит”**

Четыре украинских студента создали “умные перчатки”, которые превращают движения рук, при помощи 15 сенсорных датчиков, в текст и голос. Изобретение помогает немым людям найти общий язык друг с другом. Это одно из лучших изобретений 2012 года (по материалам журнала Time).

#### **21. Жидкий струйный скальпель**

Учёные Аэрокосмического института изобрели жидкий скальпель, который практически не повреждает сосудистую систему при удалении опухолей, а также во время операций на внутренних органах. Скальпель не имеет аналогов на Западе, является инструментом многократного использования.

#### **22. Шов-молния**

Полтавчанин Виталий Запека создал изобретение, заменив послеоперационные швы на пластиковую молнию. Вместо шва к телу клеится молния с помощью клейкой перфорированной плёнки на подбине пластыря, чтобы кожа могла дышать. Неартериальное кровотечение шов-змейка останавливает за считанные секунды, что дает возможность наложить шов даже человеку без подготовки, например и самому пострадавшему!

#### **23. Электродерматом, который спасает украинских воинов**

Тернопольчанин Андрей Ковальчук создал устройство - электродерматом, повышающее качество и значительно удешевляющее операции по пересадке кожи. Оборудование способно срезать кожу толщиной с волос – одну десятую миллиметра. Такого оборудования не делают больше нигде в мире. Сейчас такие устройства есть в военных госпиталях по всей Украине.

#### **24. Высокоточное оружие для наших Героев**

Украинские волонтеры собрали устройство для наблюдения. Прибор состоит из камеры с 36-кратным зумом и 2-х аккумуляторов, wi-fi моста и ноутбука. Устройства дают полную панорамную картинку. Дальность идентификации движения – до 1,5 километров, дальность устойчивой идентификации цели – до 800 метров. Чтобы выстрелить, бойцам теперь не нужно выглядывать из окопов.



## ГРАВИТАЦИЯ ВОЛНУЕТСЯ РАЗ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. А. Тринитко*

*Рук.: ст.пр. Ю.И. Чекрыгина, асс. Н.А. Сухина*

В первой половине XX века активно развивающаяся квантовая физика не обходит стороной и теорию всемирного тяготения: опубликована работа «О гравитационных волнах» А.Эйнштейна (1918) [1]. В ней приводится обоснование, что теория тяготения должна учитывать изменения свойств пространства-времени – волны гравитации (ГВ). Было обнаружено, что своим существованием гравитационное излучение обязано квадрупольному электрическому моменту, в отличие от излучения диполя в электромагнетизме. Другими словами, получать ГВ и легче, и сложнее, чем электромагнитные. Легче потому, что излучающее волны тело может быть незаряженным. А труднее потому, что необходимым условием «волнения» пространства-времени является неравномерное изменение силы притяжения вне тела во время его движения.

Чтобы подтвердить догадку Эйнштейна потребовалось сотня лет, десятки неудачных экспериментов и небывалый технический прогресс. Вековой поиск, однако, увенчался успехом – 14 сентября 2015 года существование ГВ было подтверждено экспериментально [2]. Согласно оценкам компьютерного моделирования, сверхсильный выброс энергии произошел в галактике, расположенной от нашей на расстоянии 1,3 млрд. световых лет, в результате слияния двух черных дыр с массами, близкими к 30 масс Солнца.

Согласно классическому определению, волна – это процесс распространения колебания в упругой среде. Тогда гравитационная волна – это процесс распространения колебания пространственно-временного континуума, возникающий в результате сильного изменения гравитационного взаимодействия (например, коллапса) орбитально движущихся с несферической симметрией массивных тел (рис.1), и приводящий к высвобождению энергии.

При достижении ГВ Земли, зафиксировать такой всплеск можно, измерив изменение расстояния между физически не связанными друг с другом объектами.

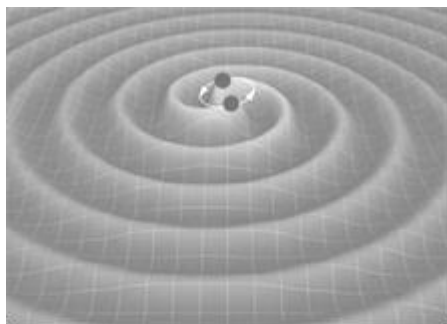


Рис.1 Рождение гравитационной волны двумя вращающимися черными дырами

Амплитуда колебания источника ГВ существенно ослабевает по пути к Земле (по оценкам экспертов LIGO [3] в  $10^{22}$  раз), поэтому для регистрации волны прибор должен быть сверхчувствительным и полностью изолированным от любых воздействий. В основе его работы лежит принцип действия интерферометра Майкельсона: два длинных вакуумных оптических резонатора, перпендикулярные друг другу, установлены таким образом,

что лазерный луч на входе расщепляется и идет по обоим камерам. Отражаясь от зеркал в торце камер, луч многократно проходит путь длиной порядка 4 км и на выходе принимается массивным ( $\approx 40$  кг) полупрозрачным зеркалом. Благодаря особой стабилизации частоты и мощности излучения, в отсутствие воздействия ГВ на систему результатом наложения волн двух когерентных источников света будет полное погашение их друг друга. Но даже минимальное смещение зеркал под действием ГВ нарушит компенсацию лучей, и фотодетектор уловит свет.

Данное открытие не относится только к успехам астрономии. Главная современная задача гравитационно-волновой науки – это «заглянуть» как можно дальше, в истоки Вселенной. Беспрецедентно то, что гравитационное излучение позволяет проникнуть вглубь пространственно-временного континуума за пределы, недоступные ранее человечеству и электромагнитным технологиям [4].

Список литературы:

- [1] А. Эйнштейн Собрание научных трудов. – М.:Наука, 1965. – т.1. – с.631-646.
- [2] B.P. Abbott et al. Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger // Phys.Rev.Lett., 2016. **116** 061102.
- [3] D. Blair et al. Gravitational wave astronomy: the current status // arXiv: 1602.02872.
- [4] Липунов В.М. Гравитационно-волновое небо // Соровский образовательный журнал, 2000. – т.6. - №4. – с 77-83.

## РІДКІ КРИСТАЛИ

*Національний технічний університет  
“Харківський політехнічний інститут”*

*Ст.: А.А. Фандеева, Д.Д. Остапчук*

*Кер.: ст.викл. І.В. Галушак, доц. А.Я. Дульфан*

Наприкінці XIX століття було відкрито речовини, властивості внутрішньої структури яких в рідкому стані мали риси, характерні як для рідини, так і для твердого тіла. Такий стан речовини було названо мезоморфним, що означає стан з проміжною структурою, а речовини - рідкими кристалами.

Рідкий кристал — це специфічний агрегатний стан речовини, в якій воно проявляє одночасно властивості кристала і рідини.

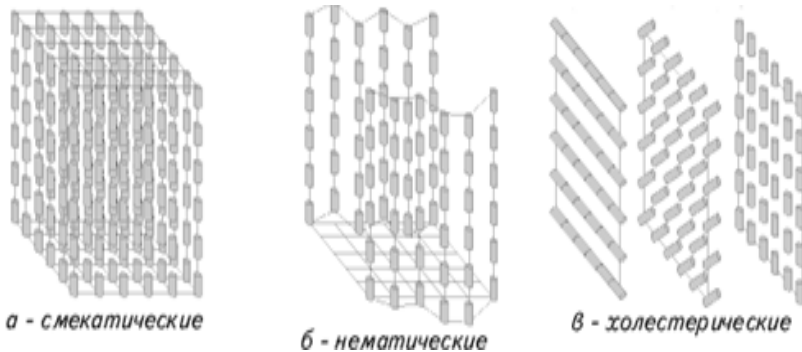
Далеко не всі речовини можуть знаходитися в рідкокристалічному стані. Більшість речовин можуть знаходитися тільки в трьох, всім добре відомих агрегатних станах: твердому або кристалічному, рідкому і газоподібному. Деякі органічні речовини, що володіють складними молекулами, окрім трьох названих станів, можуть утворювати четвертий агрегатний стан — рідкокристалічне. Цей стан здійснюється при плавленні кристалів деяких речовин. При їх плавленні утворюється рідкокристалічна фаза, що відрізняється від звичайних рідин. Подібно звичайній рідині, рідкий кристал володіє текучістю і приймає форму судини, в яку він поміщений. Цим він відрізняється від відомих всім кристалів. Проте не дивлячись на цю властивість, об'єднуючи його з рідиною, він володіє властивістю, характерною для кристалів. Це — впорядкування в просторі молекул, утворюючих кристал. Правда, це впорядкування не таке повне, як в звичайних кристалах, проте воно істотно впливає на властивості рідких кристалів, чим і відрізняє їх від звичайних рідин.

### **Застосування рідких кристалів**

Рідкі кристали володіють дуже важливими оптичними властивостями, які забезпечили їх численне застосування і великий інтерес до їх вивчення. Як нематрики, так і деякі смектики є одноосними кристалами, властивості яких легко і в широких межах змінюються зовнішніми діями. Це відкриває широкі можливості управління світловими потоками за допомогою рідких кристалів. Холестерики унаслідок спіральної періодичності їх структури проявляють дифракційні

властивості у видимій частині спектру. Оскільки крок спіралі змінюється під впливом зовнішніх дій, наприклад температури, то за допомогою цих зовнішніх дій також можна управляти світловим потоком.

### Типи рідких кристалів



У 18-19 ст існування рідких кристалів уявлялося якимось курйозом, і ніхто не міг припустити, що їх очікує майже через сто років велике майбутнє в технічних додатках. Тому після деякого інтересу до рідких кристалів відразу після їх відкриття про них через деякий час практично забули.

Наприкінці дев'ятнадцятого - початку двадцятого століття багато дуже авторитетні вчені досить скептично ставилися до відкриття рідких кристалів.

Справа в тому, що не тільки описані суперечливі властивості рідких кристалів представлялися багатьом авторитетам вельми сумнівними, а й у тому, що властивості різних рідкокристалічних речовин (сполук, що володіли рідкокристалічною фазою) виявлялися істотно різними.

Література:

1. Чандрасекар С. Рідкі кристали - М.: Світ, 1980 с.344
2. УСЕ. Універсальний словник-енциклопедія / Гол. ред. ради чл.-кор. НАНУ М. Попович. — Київ, «Трина», 1999. -VII +1551с., іл.

Інтернет-ресурси

<http://www.bestreferat.ru/referat-215654.html>.

## НАШЕСТВИЕ ВОЛН

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Ю.А. Михайлова, М.В. Черенов*

*Рук.: ст.пр. С.С. Кривонос, доц. Т.И. Храмова*

Цунами – длинные морские волны, возникающие главным образом при подводных землетрясениях, когда происходят быстрые смещения участков морского дна. Цунами могут возникать также в результате взрывов подводных вулканов и сильных обвалов. Длина волн цунами составляет десятки и даже сотни километров.

В открытом море цунами не только не разрушительны, они незаметны, высота волн не превышает 1 – 3м. Если такая волна пронесется под кораблем, то он всего лишь плавно поднимется, а затем опустится. А пронесется волна цунами по океанским просторам со скоростью 700 – 1000 км/ч.

Будучи совершенно безопасной в открытом океане, волна цунами становится крайне опасной в прибрежной полосе. Всю свою нерастраченную энергию вкладывает она в сокрушительный удар по берегу. При этом скорость волны снижается до 100 – 200км/ч, существенно уменьшается ее длина; высота же возрастает до десятков метров.

Вся жизнь волны цунами может быть разделена на четыре последовательных этапа. Первый этап – зарождение волны. Второй этап – движение волны по просторам океана. Третий – взаимодействие волны с прибрежной зоной, когда уменьшается скорость и длина волны, начинает расти ее высота. Четвертый – обрушивание гребня волны на береговую полосу, перемещение водных масс над сушей.

Для волн цунами все моря и океаны являются мелкой водой. Поэтому скорость распространения цунами описывается формулой:  $v = \sqrt{gH}$ . Допустим, что глубина океана равна 4 км. Подставляя в формулу значения, получаем скорость  $v=720$ км/ч.

Высота и длина волны цунами зависят от силы подземных толчков, от того, насколько близко к поверхности дна находится эпицентр землетрясения. Очевидно, что волна цунами будет тем мощнее, чем крупнее масштабы смещения дна и чем быстрее совершаются эти смещения. Все это, однако, не влияет на скорость волны цунами, которая определяется фактически только глубиной океана. Зная рельеф дна и место зарождения, можно рассчитать через какое время волна дойдет до побережья.



## **ИЗОБРЕТАТЕЛЬ ПЕРВОГО МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА – РОДОМ ИЗ УКРАИНЫ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д.А. Зинченко*

*Рук. ст.пр. Е.Б. Алмазова*

В истории развития телекоммуникаций можно отметить два события: в 1876 году Александр Белл совершил первый звонок, а уже в 1973 году украинец Мартин Купер использовал для этого удивительное устройство, который сегодня является неотъемлемой частью нашей жизни. И это устройство - мобильный телефон.

В этом году нашим «волшебным палочкам» исполняется 43 года. И речь здесь пойдет об истории их возникновения и изобретателе мобильных телефонов — Мартине Купере. Мартин Купер, которому сейчас 86 лет, родился в семье украинских эмигрантов в Чикаго, которые приехали из местечка под Киевом.

Его карьерный путь начался в компании Motorola, конкурирующей с Bell Labs в разработке автомобильных сотовых телефонов.

Здесь он создал свое первое мобильное устройство DynaTAC. Команде Купера удалось разработать и собрать несуществующий к этому времени продукт за 90 дней. Телефон весил около 2,5 кг, за что был назван «кирпичом».

Аккумулятора хватало на 20 минут разговора. Рука все равно не могла удержать такую трубку дольше.

Впервые Купер позвонил с мобильного телефона в 1973 году председателю конструкторского отдела компании Bell Labs: «Не помню, что он тогда ответил, но мне показалось, что я слышал, как скрипят его зубы».

В 1989 году в магазины поступает новая версия телефона. В этот раз он был в два раза меньше и мог поместиться в карман. Так Купер начал эру «чем тоньше, тем лучше».

На протяжении своей карьеры в Motorola изобретатель работал над многими проектами. В его наследие входят портативные карманные рации и пейджеры.

Сегодня Купер является соучредителем многочисленных успешных компаний вместе со своей женой и деловым партнером Арлином Харрисом.

Сейчас Мартин планирует создать устройство, подобное мобильному телефону, которое позволит пользоваться высокоскоростным Интернетом.

Единственное, что мешает Куперу — это возраст. Сегодня, когда ему 86, его основными конкурентами являются 20-30 летние изобретатели.

Но вернемся к мобильным телефонам. В 1992 году началась эра цифровой связи.

Первый телефон поколения 2G представила компания Motorola. 1994-й год принес новую услугу — смс.

Далее эстафету переняла Nokia, сделав первый шаг к мобильному Интернету.

Следующим этапом стало усовершенствование внешнего вида телефона. Революционным скачком стал выход смартфона от Apple в 2007 году.

В свете всего этого, можно сказать, что Мартин Купер сделал невозможное — он создал устройство, которым пользуются все: от бизнесменов до подростков.

Изобретатель часто критикует современные телефоны. Он считает телефоны на базе Android лучше, чем на базе iPhone.

А вот, что изобретатель думает о годах эволюции сотовой связи: «Больше всего меня поражает то, сколько дополнительных функций встроены в мобильный аппарат и насколько они бесполезны. Единственное преимущество смартфона в том, что вам не нужно носить с собой много устройств — все умещается в одном.

Настоящую революцию в сфере сотовой связи сделал первый телефон. Все следующие нововведения делали его более удобным, но уже не вносили таких фундаментальных изменений, которые дала сама возможность связаться с человеком в любой точке планеты.

В 1973 году, когда мы сделали первый звонок с помощью сотового телефона, не было персональных компьютеров, цифровых фотоаппаратов и ничего похожего на Интернет.

Мы думали только о том, как сделать возможным общение между людьми в мобильном режиме.



## **БИОТОПЛИВО. ЗА И ПРОТИВ**

*Харьковский национальный аграрный  
университет им. В.В. Докучаева  
Ст. В. Ишкильдин  
Рук. проф. С.С. Авотин*

Полезные ископаемые в виде газа, нефти, угля исчерпываются. В поисках нового вещества, которое будет использоваться для производства энергии всё более и более популярным становится биотопливо. Биотопливо производится из растительного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов.

Для двигателей внутреннего сгорания используются такие виды биотоплива: этанол, метанол, биодизель. Каждое из этих видов имеет свои преимущества и недостатки. В некоторых странах мира автомобилисты уже используют биотопливо в смеси с бензином.

Преимуществами биотоплива считаются:

- 1) экологичность – меньше засорение окружающей среды выхлопными газами и продуктами сгорания;
- 2) цена – стоимость биотоплива на порядок ниже чем бензина;
- 3) топливная система не засоряется, на двигателе не образуется гарь, сажа.

К числу недостатков относят:

- 1) недостаточное количество заправок с биотопливом.
- 2) при переходе на биотопливо – необходимо почистить топливную систему
- 3) двигатель зимой греться дольше обычного

Однако согласно отчёту неправительственной организации «Институт мировых ресурсов», попытки перевода ощутимой части потребителей энергии на биотопливо фактически не имеют смысла.

### **Повышенная добыча биомассы для топлива уменьшает возможности по производству пищи.**

В 2050 году по прогнозам потребуется производить пищи на 70% больше, чем сейчас. При переводе порядка 20% потребителей на биотопливо, количество собираемой биомассы нужно будет как минимум удвоить – а это нереально.

### **Использование биоэнергетики слишком не эффективно.**

Выращиваемый в тропиках сахарный тростник преобразовывает всего лишь 0.5% солнечной энергии в сахар, и всего лишь 0.2% в этанол. Маис, который можно выращивать в Айове, перерабатывает 0.3% энергии в сахар и 0.15% в этанол. На трёх четвертях поверхности Земли сегодняшние солнечные батареи способны производить примерно в 100 раз больше энергии, чем когда-либо смогут растения, даже по самым оптимистичным прогнозам.

### **Использование биотоплива не уменьшает выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу**

Существует теория, по которой излишние выбросы углекислого газа в результате человеческой деятельности влияют на климат планеты. Сторонники биотоплива любят доказывать, что поскольку растениям нужно сначала вырасти и потребить углекислый газ, то это количество газа можно «вычесть» из результирующего выхлопа при сгорании биотоплива. Однако, поскольку эти растения в любом случае выросли бы (например, в пищу), то тот факт, что они будут использоваться для производства топлива, не убирает углекислый газ из атмосферы.

### **Польза биотоплива преувеличена**

Конечно, существуют, например, отходы при обработке растений — опилки, обрезки, стебли и проч. Но их объём и возможность использования ограничены. Отчёт появился в результате многолетних опасений разных учёных, которые критиковали наполеоновские планы США и Европы по увеличению выращивания культур для производства биотоплива. Например, по указу, который работает со времён администрации Дж. Буша, 30–40% урожая зерна должно быть преобразовано в биотопливо для автомобилей, чтобы заместить порядка 6% потребности в бензине.

Другим примером является переход Европы на сжигание спрессованных древесных отходов вместо ископаемого угля. Американцы, поставляющие эти отходы в Европу, убеждают всех, что сжигание этих отходов не увеличивает количество углекислоты в атмосфере, поскольку заново растущие деревья её поглощают — а вот ископаемый уголь добавляет в атмосферу CO<sub>2</sub>, который до этого хранился в связанном виде под землёй. Однако учёные обеспокоены, что в реальности этот процесс уменьшает количество деревьев на планете.

## ЦЕМЕНТ ТА ЕКОЛОГІЯ

*Харківський національний аграрний  
університет ім. В.В. Докучаєва*

*Ст. А. Орленко*

*Кер. проф. С.С. Авотін*

У сфері виготовлення цементу сучасним будівельникам є чому повчитися у давніх римлян. Зараз у світі найбільш широко застосовується портландцемент, який вважається дуже якісним. Але для його виробництва потрібно підігрівати суміш вапняку та глини до 1450°C, від горіння палива виділяється вуглекислий газ. Римляни ж, навпаки, для виробництва цементу застосовували менше вапна і розжарювали його тільки до 900°C. В цьому процесі вони використовували менше палива – відповідно меншими були і викиди в атмосферу від його спалення. Давньоримська технологія виготовлення цементу виявилась більш передовою за сучасну – вона вимагає менших витрат енергії і є більш екологічною, а сам цемент за міцністю перевершує сучасний,

**Давня технологія.** До складу цементу у римлян входило вапно та магматичні гірські породи. Для зведення підводних конструкцій змішували вапно та вулканічний попіл, і таку суміш вкладали в дерев'яну опалубку. Морська вода викликала гарячу хімічну реакцію. Вапно гасилось (проходила реакція гідратації) і взаємодіяло з вулканічним попелом, і вся суміш починала застигати.

З давніх часів збереглися і записи стародавніх римлян про якість цементу та вулканічного попелу.

Вітрувій, інженер імператора Августа, а пізніше Пліній Старший записав, що кращий цемент виготовляли із попелу, взятого з регіону Неаполітанської затоки, поблизу одного з приморського міста Поццуолі. Такий вулканічний попіл має спеціальну назву – пуцолан, і є поширеним по всьому світі. Зокрема, його відкладення є і в Україні, в карпатських та кримських горах.

**В чому різниця?** Вчені виділяють кілька особливостей, які роблять стародавню технологію виготовлення цементу більш передовою, ніж сучасну.

По-перше, змінився склад бетону. Бетон на основі портландцементу складається з кальцію, силікатів та гідратів (К-С-Г). До складу римського бетону входило менше кремнію, натомість замість нього

додавався ще один компонент – алюміній. Таке поєднання кальцію, алюмінію, силікатів та гідратів (К-А-С-Г) давало дуже міцний матеріал.

По-друге, давньоримський та сучасний цементи мають різну структуру. Цемент на основі К-С-Г, застигаючи, стає схожим за структурою на такі природні матеріали, як тоберморіт та жеміт. Проте він є тільки подібним до них – ідеальної кристалічної структури в сучасних цементах не побачити. Проте тоберморіт є в складі стародавнього римського бетону завдяки додаванню в процесі виготовлення алюмінію. Поєднання алюмінію з тоберморітом дає надзвичайно міцний та довговічний матеріал.

Аналіз показав, що за римським рецептом виготовлення цементу потрібно значно менше вапна — його додається тільки 10% від ваги всіх компонентів. Температура, якої зазнає суміш, також на третину менша, ніж потрібна при виготовлення портландцементу. А вапно при реакції з багатим на алюміній пуцоланом та морською водою дає дуже міцні поєднання К-А-С-Г та алюміній-тоберморіту.

«В середині 20-го століття бетонні конструкції були розраховані на 50 років, і чимало таких будівель вже доживає свій вік», – говорить Пауло Монтейро, професор цивільної і екологічної інженерії в Університеті Каліфорнії.

За словами фахівця, теперішні споруди розраховані на 100–120 років. Однак римські портові споруди збереглися протягом 2 тисяч років та вистояли за умов хімічного впливу та підводних течій.



## ИСТОРИЯ ФИЗИКИ

### РИЧАРД ФЕЙНМАН И НАНОТЕХНОЛОГИЯ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Е. Петренко, А. Терновой*

*Рук.: асс. К.А. Минакова, доц. В.А Лыхах,  
проф. Е.С. Сыркин*

*There's plenty of room at the bottom.  
(R. Ph. Feynman)*

Мысль о том, что в будущем человечество сможет создавать объекты, собирая их на нанометровом уровне, принадлежит американскому физическому Ричарду Фейнману, изложенная 29 декабря 1959 года на рождественской лекции, которая называлась “There’s plenty of room at the bottom” [1]. В адаптированном переводе на русский язык эта фраза была переведена следующим образом: «Внизу полным полно места: приглашение в новый мир физики» [2].

Фейнман был уверен, что принципы физики позволяют манипулировать веществом на уровне атомов. «Внизу располагается поразительно сложный мир малых форм и когда-нибудь (например, в 2000 году) люди будут удивляться тому, что до 1960 года никто не относился серьезно к исследованиям этого мира...» [1,2] - писал он.

В то время многие предположения Фейнмана его современники относили к своеобразию творческой природы физика.

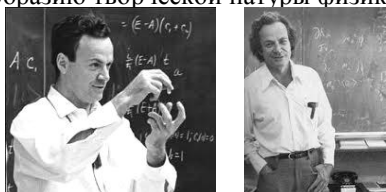


Рис.1 Ричард Филлипс Фейнман (Richard Phillips Feynman, 11 мая 1918 - 15 февраля 1988) — выдающийся американский физик-теоретик. Лауреат Нобелевской премии по физике 1965 года.

Р. Фейнман также писал «... Рискну предложить еще одну идею (рассчитанную, возможно, лишь на очень далекое будущее), которая мне представляется исключительно интересной. Речь идет о возможности располагать атомы в требуемом порядке — именно атомы, самые мелкие строительные детали нашего мира! Что произойдет, когда

мы научимся реально выстраивать или укладывать атомы поштучно в заданной последовательности...»[1].

И мы с вами живём в этом будущем...

Несколько последних десятилетий общественной жизни были ознаменованы появлением и бурным развитием нанотехнологии, науки занимающейся изучением свойств объектов и разработкой устройств порядка нанометра ( $10^{-9}$  м)

Появление таких методов исследования как атомно-силовая микроскопия и туннельная электронная микроскопия позволили не только увидеть атомную структуру материалов, но и проводить различные реальные эксперименты. В настоящее время принято считать, что нанотехнология является важным этапом развития электроники и других наукоёмких производств.

Сегодня умеют массово выращивать однослойные и многослойные углеродные нанотрубки длиной сотни микрон. И это притом, что диаметр такого волокна не превышает нескольких десятков нанометров. Растут они на подложке из кремния, словно густой лес, который потом можно «срубить» и сплести в одну длинную нить. Сотрудники Техасского университета в Далласе (The University of Texas at Dallas) из  $1 \text{ м}^2$  такого «леса» вытягивают несколько метров высокопрочной почти невидимой нити толщиной несколько микрон[3]. Сделанные из нее 20-микронные «канаты» оказались в 5 раз прочнее самых крепких кевларовых нитей такого же диаметра.

Особый интерес к углеродным волокнам проявляют сегодня космические агентства, надеющиеся с их помощью сделать более компактными и мобильными будущие автоматические космические аппараты. С надеждой смотрят на углерод и мечтатели о космическом лифте, который должен открыть дорогу в космос всем желающим.

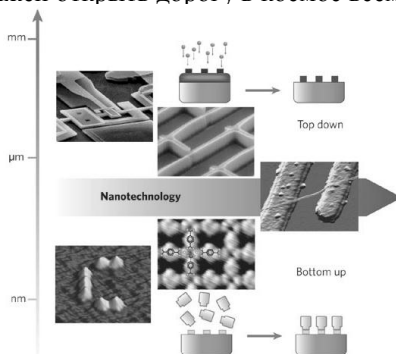


Рис.2 Метод «Снизу вверх»: упорядочение процессов супрамолекулярных или твердотельных архитектур от атомного до мезоскопического масштаба.

На рис.2 показано (по часовой стрелке сверху вниз): электронная микроскопия изображения наномеханического электрометра, полученного методом электронно-лучевой литографии; узорчатые пленки углеродных нанотрубок, полученные методами микроконтактной печати и каталитического роста; одна углеродной нанотрубка, соединяющей два электрода (самый тонкий в мире провод из углеродных нанотрубок на фоне платиновых электродов, толщина провода всего около 10 атомов, увеличение около 500 000x); постоянные металл-органические нанопористые структуры с включениями атомов железа и функциональных молекул; семь молекул монооксида углерода, образующих букву 'C', расположенную на игле сканирующего туннельного микроскопа[4].

Большая часть разработок в области нанотехнологии связана с углеродными наноструктурными материалами. На сегодняшний день объектами исследования являются углеродные наноструктуры, открытые в течение последних 20 лет, такие как углеродные нанотрубки, их многотерминальные соединения и графены [5,6]. Интерес к этим наноструктурам вызван тем, что вследствие молекулярного масштаба они обладают новыми необычными физическими и химическими характеристиками[7]. В настоящий момент благодаря своим уникальным свойствам нанотрубки считаются одними из наиболее перспективных материалов нанoeлектроники и наномеханики.

Предстоящий прорыв физиков и инженеров в мир атомов будет не менее значим, чем освоение ядерной энергии или выход в космос. Причем особую актуальность исследования в области наномира приобретают в связи с планируемым активным изучением биологических процессов. Выяснение законов, по которым организуются живые и неживые системы, может кардинально изменить наш мир к лучшему.

Литература:

1. Feynman, R. P. There's plenty of room at the bottom. // Eng. Sci. – 1960. - № 23. – P.22–36.
2. Фейнман Р. Внизу полным полно места: приглашение в новый мир физики. // Химия и жизнь. – 2002. - №12. – С.20-26.
3. Lepro X., Lima M.D., Baughman RH. Spinnable carbon nanotube forests grown on thin, flexible metallic substrates. // Carbon. – 2010 - №48 – P.3621-3627.
4. Johannes V. Barth, Giovanni Costantini, and Klaus Kern. Engineering atomic and molecular nanostructures at surfaces. // Nature. . – 2005. - № 437. – P.671–679.
5. Manzhelii E.V., Feodosyev S.B., Gospodarev I.A., Syrkin E.S., Minakova K.A. Phonon spectrum and vibrational characteristics of linear nanostructures in solid matrices // Low Temp. Phys. – 2015. – №.7. – P.557-563
6. Klochko M.S., Syrkin E.S., Voinova M.V. Application of the surface waves for studying the nonlinear the characteristics of gas-trapping sensors located on a solid surface. // УФЖ – 2014. – №12. - С.1167-1172
7. Bagatskii M.I., Barabashko M.S., Dolbin A.V., Sumarokov V.V. The specific heat and the radial thermal expansion of bundles of single-walled carbon nanotubes. // Fiz. Nizk. Temp. – 2012 - №38. - С.667-673

## ПЕРВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТАТОР – ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. В.В. Дементьева*

*Рук.: доц. А.Н. Андреев, ст. пр. О.Н. Андреева*

*«Такова сила истины: вы пытаетесь ее опровергнуть, но самые ваши нападки возвышают ее и придают ей большую ценность».*

Галилео Галилей

Несмотря на то, что зачатки экспериментально-математического метода исследования природы можно найти еще у Леонардо да Винчи, его основоположником по праву считается великий итальянский ученый Галилео Галилей, который оставил развернутое изложение этого метода и сформулировал важнейшие принципы механического мира.

Галилео Галилей родился 15 февраля 1564 г. в Пизе. Отец Галилео, Винченцо, был известным музыковедом, он давал уроки музыки и занимался торговлей сукном. Начальное образование Галилео получил дома. В 1575 г., когда семья переехала во Флоренцию, он был направлен в школу при монастыре Валломброса, где изучал тогдашние «семь искусств» (грамматику, риторику, диалектику, арифметику и др.). В возрасте 15 лет отец забрал Галилео из школы и он полтора года учился дома. Винченцо обучал его музыке, литературе, живописи.

В 1581 г. Галилео поступил, по настоянию отца, в Пизанский университет, где изучал медицину. Именно здесь Галилей, отличавшийся необыкновенной любознательностью, начал посещать лекции по геометрии и практической механике. В это время Галилео впервые познакомился с физикой Аристотеля, с работами древних математиков – Евклида и Архимеда.

Среди преподавателей юноша быстро завоевал репутацию спорщика, который почти по всем научным вопросам высказывал собственное мнение. В то же время молодой человек обратил на себя внимание профессоров не только умными рассуждениями и оригинальными



нальными изобретениями, но и наблюдательностью.

Так во время лекций Галилео обратил внимание на то, что у люстры, качающейся под потолком университета, одна и та же частота колебаний за одну единицу времени. Это явление называется изохронностью – колебания в одну и другую сторону занимают одинаковое время, не зависимо от того как далеко они идут. Фактически данное утверждение применимо к малым углам, но в действительности это привело к созданию часов, поскольку малые промежутки между колебаниями в одну и другую сторону независимы от того какой длинны само колебание. Описанное событие имеет большое значение для науки, поскольку, оно впервые объединило в себе две ее области: наблюдение и необходимость точного описания наблюдаемых природных явлений математически.

В Пизе Галилей пробыл четыре года, а затем, оставив университет, вернулся во Флоренцию. Здесь ему удалось найти замечательного учителя математики Остилио Риччи, который на своих занятиях обсуждал не только чисто математические проблемы, но и применял математику к практической механике, в особенности к гидравлике. В результате Галилей написал небольшое сочинение «Маленькие гидростатические весы» (*La bilancetta*, 1586 г.). Работа преследовала чисто практические цели: усовершенствовав уже известный метод гидростатического взвешивания, Галилей применил его для определения плотности металлов и драгоценных камней. Он изготовил несколько рукописных копий своей работы и попытался их распространить. Так он познакомился с известным математиком того времени – маркизом Гвидо Убальдо дель Монте, автором Учебника по механике. Монте сразу оценил выдающиеся способности молодого ученого и по его рекомендации в 1589 г. Галилей получил должность профессора математики в Пизанском университете, где ранее был студентом.

Галилей решил проверить утверждение Аристотеля о том, что тяжелые предметы падают с большей скоростью, чем легкие. Оказалось, что и тяжелые, и легкие предметы падают с одинаковой скоростью, за исключением тех случаев, когда их движение замедляется из-за трения воздуха. Далее тщательно измерив, расстояние, которое проходит падающий предмет за определенный период времени и, проанализировав результаты серии экспериментов, он сформулировал математический вывод. Согласно которому, путь падающего предмета пропорционален квадрату времени, за которое происходило падение.

Не менее великим достижением Галилея было открытие закона инерции. Изначально люди полагали, что движущийся объект мог

бы иметь естественную тенденцию к замедлению движения, если бы к нему не прилагались силы, заставляющие его двигаться дальше. Но опыты ученого показали, что это общее представление ошибочно: если бы силы, задерживающие движение (такие, например, как трение), можно было исключить, то падающий предмет стремился бы продолжать движение бесконечно. Этот важный принцип, который был заново сформулирован Ньютоном и включен им в его собственную систему в качестве первого закона движения, входит в число первостепенных принципов физики.

На основе полученных результатов Галилея пишет труд «О движении» (*De Motu*, 1590 г.). В нем он впервые приводит доводы против аристотелевского учения о падении тел, которые позже были сформулированы в виде закона о пропорциональности пути, пройденного телом, квадрату времени падения.

В 1592 г. Галилей возглавил кафедру математики Падуанского университета в Венецианской республике, где должен был преподавать геометрию, механику, астрономию. Курс астрономии он читал, придерживаясь официально принятых воззрений Аристотеля – Птолемея, и даже написал краткий курс геоцентрической астрономии.

В 1597 году началась переписка Галилея с Иоганном Кеплером. Кеплер прислал Галилею свою первую книгу «Тайны Вселенной», написанную с коперниканских позиций. Галилей ответил Кеплеру, что разделяет мнение Коперника. 10 октября 1604 г. в созвездии Змееносца вспыхнула неизвестная ранее звезда. В максимуме блеска она была ярче Юпитера. Галилей наблюдал ее до конца 1605 г. Теперь известно, что это была вспышка сверхновой звезды в нашей галактике.

В мае 1609 г. до Венеции дошли слухи, что в Голландии изобретена зрительная труба. Галилей сразу же занялся сооружением подобного инструмента в своей мастерской. Галилей сделал трубу с трехкратным увеличением и двумя линзами: собирающей и рассеивающей. В августе ученый изготовил трубу с увеличением в 30 раз. Его телескоп был на порядок мощнее и лучше всех зрительных труб того времени. Основное назначение зрительной трубы – наблюдение небесных тел. С 30-кратной трубой Галилей сделал все свои телескопические открытия. Она до сих пор хранится в музее во Флоренции. С помощью телескопа Галилей приступил, прежде всего, к наблюдениям Луны. Он увидел лунный пейзаж — цирки и кратеры, горные цепи и вершины, а также несколько больших темных пятен, которые назвал морями. Поверхность Луны оказалась схожей с земной.

В конце 1609 г. и в начале 1610 г. Галилей начал первый обзор неба при помощи телескопа. Он обнаружил, что Млечный Путь — не что иное, как огромное скопление звезд. В ночь на 7 января 1610 г. Галилей заметил вблизи Юпитера три звездочки. Во время последующих наблюдений он убедился, что видел спутники, которые остаются возле Юпитера, меняя свое положение относительно него.

В марте 1610 г. вышло сочинение Галилея «Звездный вестник» (тиражом 550 экземпляров), информирующее мир о новых астрономических открытиях. Галилей отправил экземпляр книги Кеплеру и попросил поддержки. В высказанных Кеплером мыслях о своей книге Галилей многого не смог оценить и не хотел принять. Поскольку Кеплер видел дальше Галилея, понимая, что планеты испытывают воздействие Солнца. Галилей же полагал, что небесные тела не взаимодействуют.

Галилей не только демонстрировал в телескоп небесные объекты своим согражданам, но и разослал экземпляры зрительной трубы по дворам многих европейских правителей. «Медицейские звезды» сделали свое дело: в 1610 г. Галилей был пожизненно утвержден в должности профессора Пизанского университета с освобождением от чтения лекций, и ему было назначено втрое большее жалование, чем он получал прежде. В том же 1610 г. Галилей перебрался во Флоренцию.

В октябре 1610 г. Галилей открыл фазы Венеры, похожие на фазы Луны. Ученый сделал вывод, что Венера и другие планеты не светятся, а лишь отражают свет Солнца. При этом фазы планеты меняются так, что стало бесспорным: Венера движется не вокруг Земли, а вокруг Солнца. Тогда же Галилей обнаружил на Солнце темные пятна. Новые открытия подтверждали систему мира Коперника.

В марте 1616 г. был опубликован декрет Священной Конгрегации по вопросам веры, в котором учение Коперника объявлялось еретическим, а его сочинение о вращении небесных сфер вносилось в «Индекс запрещенных книг». Имя Галилея не упоминалось, однако Священная Конгрегация поручила Беллармину «увещевать» Галилея и внушить ему необходимость отказаться от взгляда на теорию Коперника как на реальную модель, а не как на удобную математическую абстракцию. Галилей вынужден был подчиниться. Отныне он фактически не мог проводить какую бы то ни было научную работу, поскольку в рамках аристотелевских традиций он эту работу не мыслил. Но Галилей не смирился и продолжал осторожно собирать доводы в пользу учения Коперника. В 1632 г. после долгих лет был опублико-

ван его замечательный труд «Диалоги о двух важнейших системах мира – Птолемеевой и Коперниковой» (*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo ptolemaico e copernicano*).

Через несколько месяцев после выхода книги был получен приказ из Рима прекратить ее продажу. Галилей по требованию инквизиции прибыл в феврале 1633 г. в Рим, где против него начался процесс. Шестидесятидевятiletнего ученого признали виновным в нарушении церковных запретов и приговорили к пожизненному тюремному заключению. Согласно легенде, Галилей уже после приговора произнес ставшую знаменитой фразу: «А все-таки она вертится!». 22 июня 1633 г. он был вынужден, стоя на коленях, публично отречься от учения Коперника. Ему было предложено подписать акт о своем согласии впредь никогда не утверждать ничего, что могло бы вызвать подозрения в ереси. С учетом этих выражений покорности и раскаяния трибунал заменил тюремное заключение домашним арестом, и Галилей 9 лет оставался «узником инквизиции».

Сначала Галилей жил в доме своего друга архиепископа Сиены, где продолжил исследования по динамике, а затем возвратился на свою виллу под Флоренцией. Здесь, несмотря на папский запрет, он написал трактат «Беседы и математические обоснования двух новых наук, касающихся механики и законов падения» (*Discorsi e dimonstrazioni mathematiche intorno due nuove scienze attenenti alla meccanica ed movimenti locali*), который в 1638 г. был опубликован в протестантской Голландии. Беседы по своей структуре похожи на Диалоги, между персонажи, олицетворявшими старую науку, не укладывающуюся в рамки развиваемой Галилеем науки, и передовыми учеными той эпохи. Этот труд подытожил мысли Галилея по различным проблемам физики; он содержал основные положения динамики, оказавшие огромное влияние на развитие физической науки в целом. Уже после выхода «Бесед» Галилей сделал свое последнее астрономическое открытие – он обнаружил либрацию Луны (небольшие периодические покачивания Луны относительно центра).

В 1637 г. зрение Галилея стало ухудшаться, и в 1638 г. он полностью ослеп. Окруженный учениками (В. Вивиани, Э. Торричелли и др.), он, тем не менее, продолжал работать над приложениями к «Беседам» и над некоторыми экспериментальными проблемами. В 1641 г. здоровье Галилея резко ухудшилось, он умер в Арчетри 8 января 1642 г. В 1737 г. была исполнена последняя воля Галилея – его прах был перенесен во Флоренцию, в церковь Санта-Кроче. Только в 1992 г., более чем через 350 лет, папа Иоанн Павел II объ-

явил решение суда инквизиции ошибочным, реабилитировал Галилея, публично принес извинения ученому и вернул ему «право быть законным сыном церкви». Выяснилось, что в течение девяти лет, до самой кончины, Галилей направлял послания римскому папе, опровергая приписываемое ему безбожие.

Подводя итоги жизни и деятельности Галилея, хотелось бы отметить:

- Благодаря всем своим открытиям Галилей заслуженно приобрел всеевропейскую славу «Колумба неба». Астрономические открытия Галилея, в первую очередь четырех спутников Юпитера, стали наглядным доказательством истинности гелиоцентрической теории Коперника, а явления, наблюдаемые на Луне, представлявшей планетой, вполне аналогичной Земле, и пятна на Солнце подтверждали идею Бруно о физической однородности Земли и неба. Открытие же звездного состава Млечного Пути явилось косвенным доказательством бесчисленности миров во Вселенной.

- Общепризнан огромный вклад Галилея в развитие науки. Наибольшее значение имеют такие его исследования, как открытие закона инерции, изобретение телескопа, астрономические наблюдения и его гениальные труды, в которых он доказал правоту гипотез Коперника.

- Еще большего признания заслуживает роль ученого в развитии научной методологии. Галилей подходил к явлению с позиции его точности и проводил многочисленные количественные наблюдения. Этот акцент на тщательном измерении стал впоследствии основным методом научного исследования.

- Принцип относительности, сформулированный Галилеем, дал толчок для разработки более совершенной теории. Таким образом, возникла современная теория относительности.

#### Литература:

1. Аблеев С.Р. История мировой философии. М., 2005.
2. Галилей Г. Избранные труды, тт. 1–2. М., 1964.
3. Кузнецов Б.Г. Галилей. М., 1964
4. Ольшки Д. История научной литературы на новых языках, т. 3. М., 1933.
5. Рассел Р. История западной философии. М., 2001.
6. Фредерик Колпстун. История философии. М., 2000.
7. Штекли А. Галилей. М., 1972.

# ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д.В. Морзун  
Рук. доц. Г.И. Конач*

Электрическая лампа накаливания – это источник света, в котором преобразование электрической энергии в световую происходит в результате накаливания электрическим током тугоплавкого проводника.

Впервые - световая энергия таким способом была получена при пропускании электрического тока через угольный стержень, помещенный в замкнутый сосуд, из которого был откачан воздух.

В 1879 Эдисон создал достаточно долговечную конструкцию лампы накаливания с угольной нитью.

В 1898-1908 годах в качестве нити накала использовали различные тугоплавкие металлы (осмий, вольфрам, тантал), а с 1909 стали применяться лампы накаливания с зигзагообразно расположенной более экономичной вольфрамовой нитью.

В 1912-13 годах для увеличения долговечности лампы накаливания стали наполнять азотом и инертными газами (аргоном и криптоном); вольфрамовую нить стали изготавливать в виде спирали.

Дальнейшее совершенствование ламп накаливания велось в направлении улучшения световой отдачи путём повышения температуры нити накала при сохранении срока службы лампы. Заполнение лампы накаливания высокомолекулярными инертными газами с добавками галогенов позволило уменьшить загрязнение колбы лампы частицами расплывшегося вольфрама и снизило скорость его испарения. Использование тела накала в форме биспирали (спирали, навитой из спирали) и триспирали сократило потери тепла через газ.

Многочисленные разновидности ламп накаливания состоят из однотипных частей, различающихся размерами и формой. Внутри колбы на стеклянном или металлическом штенгеле с помощью держателей из молибденовой проволоки закреплено тело накала (спираль из вольфрама). Концы спирали прикреплены к концам вводов; средняя часть вводов с целью создания вакуумно-плотного соединения со стеклянной лопаткой выполняется из платинита или молибдена.

В процессе вакуумной обработки колба лампы наполняется инертным газом, после чего штенгель заваривается с образованием носика. Для защиты носика, а также для крепления в патроне лампа снабжается цоколем, прикрепляемым к колбе цоколевочной мастикой.

Лампы накаливания классифицируют по областям применения (осветительные лампы общего назначения, для автомобильных фар и т.д.), по основной конструктивной форме и светотехническим свойствам колбы (зеркальные лампы, декоративные, с рассеивающим покрытием и др.), по форме тела накала (лампы с плоской спиралью, биспиралью и др.).

По габаритным размерам различают сверхминиатюрные, миниатюрные, малогабаритные, нормальные и крупногабаритные лампы накаливания; например, к сверхминиатюрным лампам относятся лампы с длиной менее 10 мм и диаметром менее 6 мм, у крупногабаритных ламп длина более 175 мм, а диаметр более 80 мм.

Лампы накаливания рассчитаны на напряжение от долей единицы до сотен вольт, мощностью до десятков киловатт. Увеличение напряжения на лампе накаливания на 1% повышает световой поток на 4%, но снижает срок службы на 15%. Кратковременное включение на напряжение, превышающее номинальное на 15% выводит лампу из строя.

Вот почему так часто в нашей действительности перепады напряжения сказываются на частом перегорании лампочек.

Срок службы лампы накаливания колеблется от 5 ч (например, самолетные фарные лампы) до 1000 ч и более (например, транспортные лампы), поэтому лампы должны устанавливаться в местах, обеспечивающих лёгкость их замены.

Световая отдача зависит от конструкции, напряжения, мощности и продолжительности горения и составляет 10-35 лм/Вт.

Ежегодное производство ламп накаливания в мире достигает 10 млрд. штук, количество разновидностей более 2 000.

# КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ – ДВУЕДИНСТВО МАТЕРИАЛЬНОГО МИРА

*Національний технічний університет «ХПИ»*

*Ст. В.В. Черенко*

*Кер. доц. Л.Г. Петренко*

Слово «дуализм» происходит от латинского «двойственный». В философии это понятие возникло ещё в 5 веке до новой эры в Иране (Заратустра), затем в Греции (Платон), затем в 17 веке в Европе (Спиноза, Декарт). В философии античности и христианства дуализм развивался в сильно выраженной этической форме, перенесенной в сферу духа и материи. Это учение, содержащее понятие о том, что в мире существуют два самостоятельных начала. Их двойственность выражена в материальном и духовном воплощениях.

В естествознании понятие дуализма впервые возникло при попытках объяснить природу света. В 5-ом веке до новой эры Пифагор выдвинул гипотезу о корпускулярной природе света, а, спустя столетие, Аристотель - гипотезу о волновой его природе.

Через 2 тысячи лет, в конце 17 века для объяснения оптических явлений опять были выдвинуты две гипотезы: 1) корпускулярная (И.Ньютон) - свет – это поток частиц, вызывающих колебания эфира; 2) волновая (Х.Гюйгенс) – свет – это и есть упругие колебания эфира. Гюйгенс не смог построить последовательную волновую теорию и до начала 19-го века в науке господствовала Ньютоновская корпускулярная теория света. В 1865г. английский физик Дж.Максвелл завершил построение классической теории электромагнитного поля, составной частью которой явилась волновая теория света. Согласно этой теории, свет – это поперечные электромагнитные волны.

Но уже в конце 19-го века были открыты законы теплового излучения, рассеяния рентгеновского излучения, внешний фотоэффект, которые не могла объяснить волновая теория света. Для объяснения вновь открытых явлений нужны были новые революционные теории.

Первыми шагами к созданию такой теории явились гипотезы М.Планка и А.Эйнштейна (1905г.), согласно которым свет испускается, распространяется и поглощается в виде отдельных квантов – фотонов. На их основе была создана современная квантовая теория света.

В отличие от прежних этапов развития оптики, квантовая теория не отвергла волновую теорию света, а лишь установила границы её применимости. Так был установлен фундаментальный принцип со-



временной физики – корпускулярно-волновой дуализм света, согласно которому свет в одних явлениях природы ведёт себя как волна, а в других – как поток частиц (фотонов).

В 1923 году французский физик Луи де Бройль выдвинул гипотезу: любые микрочастицы вещества, наряду с корпускулярными свойствами, обладают также и волновыми. Любой микрочастице, обладающей импульсом  $\mathbf{p}=\mathbf{mv}$  ( $\mathbf{m}$  – масса частицы,  $\mathbf{v}$  – её скорость) сопоставляется волновой процесс с длиной волны, определяемой по формуле де Бройля:  $\lambda=\mathbf{h}/\mathbf{p}$ , где  $\mathbf{h}=6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка.

Важнейший вывод де Бройля - корпускулярно-волновой дуализм универсален, присущ любым видам материи - и полю, и веществу.

В 1928 году волновые свойства электронов были обнаружены экспериментально Дж.П. Томсоном и П.С. Тартаковским. Они наблюдали дифракцию электронного пучка при прохождении его через тонкие (0,1÷1,0мкм) плёнки меди, золота и никеля. Полученная электронная дифракция оказалась подобной рентгеновской дифракции.

В 1949 году советские физики Л.М. Биберман, Н.Г. Сушкин и В.А. Фабрикант осуществили дифракцию электронных пучков очень малой интенсивности и установили, что волновые свойства присущи каждому электрону в отдельности, а не только их большому потоку.

Дифракционные явления наблюдаются не только у электронных, но и у нейтронных, протонных, атомных и молекулярных пучков.

Открытие волновых свойств микрочастиц привело к появлению и развитию новых методов исследования структуры веществ - электронографии и нейтронографии, а также к возникновению новой отрасли науки - электронной оптики.

Корпускулярно-волновой дуализм материи выступил той основой, на которой была построена почти вся современная физика, квантовая механика и электроника, физика микрочастиц, астрономия. На основе этого принципа работают современные научные и бытовые приборы и инструменты. Исследования вещества не было бы возможным без электронного микроскопа и электронографических методов.

Исключительная роль теории корпускулярно-волнового дуализма определяется тем, что она является фундаментом всего естествознания, определяет уровень понимания всего окружающего нас мира, уровень интеллектуальной зрелости человечества.

Литература:

[1] Бройль Луи де. Революция в физике. 2-е изд. М: Атомиздат, 1965. 232 с.

[2] А. К. Шевелев «Структурное единство физического вакуума и фотона. Детерминизм в квантовой механике». Изд. "КомКнига", 2010. - 130 с.

## **Л.В. ШУБНИКОВ – ОСНОВОПОЛОЖНИК ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР В ХАРЬКОВЕ**

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Сл.: Я. Д. Путренко, Д. В. Возруд*

*Рук.: доц. В. И. Белозерцева, асс. Ю. С. Овчаренко*

Одним из пионеров исследований в области физики низких температур в Харькове был выдающийся ученый Лев Васильевич Шубников. В 1962 году Л. В. Шубников окончил Петроградский политехнический институт и защитил диплом под руководством И. В. Обреимова [1].

Благодаря плодотворной работе молодой талантливый ученый был замечен А. Ф. Иоффе и по его рекомендации был приглашен на работу в Голландию в город Лейден. Там располагалась одна из ведущих криогенных лабораторий того времени. Руководителем лаборатории был ведущий ученый Вандер Йоханнес де Гааз. Результатом совместной четырехлетней работы ученых стало открытие осцилляций сопротивления металлов в магнитном поле при низких температурах. Этот эффект получил название – эффект Шубникова - де Гааза [2]. После открытия главного научно-исследовательского центра - Физико-технического института в городе Харькове (ХФТИ), уже знаменитый ученый был приглашен первым директором института И.В. Обреимовым, продолжить исследования в области физики криогенных температур в одной из лабораторий ХФТИ. Тогда же, Л.В. Шубников возглавил кафедру физико-математического факультета Харьковского университета.

Благодаря опыту Л.В. Шубникова, который он приобрел в течение четырехлетней работы в первом известном криогенном центра Голландии, уже в 1931 году в криогенной лаборатории ХФТИ был получен жидкий водород, в 1933 году – жидкий гелий. Криогенная лаборатория ХФТИ стала занимать лидирующие позиции не только в Украине, но и за рубежом [3]. Именно Л. В. Шубниковым было положено начало исследований многих актуальных направлений в области физики низких температур. Так, например, одним из основных направлений деятельности лаборатории института стало изучение сверхпроводимости, в том числе сплавов, сверхпроводников II рода, разрушения сверхпроводимости током.

За короткий промежуток времени Л. В. Шубниковым был

проведен большой цикл работ по исследованию тепловых и магнитных свойств хлоридов переходных металлов. В результате экспериментальных исследований было открыто явление антиферромагнетизма. Под руководством Л. В. Шубникова с первых дней создания лаборатории в ней проводились исследования свойств сжиженных и отвердевших газов: азота, аргона, кислорода, метана [4]. Одной из весомых работ ученого является исследование тепловых и магнитных свойств солей переходных металлов, совместное с Л. Д. Ландау и Е.М. Трапезниковой. Этим исследованием были заложены экспериментальные основы физики антиферромагнетизма и фазовых переходов II рода.

До сих пор актуальными исследованиями является изучение свойств гелия, начало которого было положено в 1936 году общей публикацией Л.В. Шубникова и И.К. Кикоинова. Впервые по инициативе Л.В. Шубникова была организована опытная станция глубокого охлаждения, где начали проводиться прикладные исследования при воздействии низких температур [5]. Благодаря организаторским свойствам ученого, он сумел собрать в стенах криогенной лаборатории ХФТИ самых талантливых молодых ученых, которые продолжили экспериментальные и прикладные исследования в области физики низких температур. Так, например, И.П. Королев заведовал криогенной техникой, Е.В. Петушков выполнял стеклодувные работы, одними из первых и ведущих сотрудников лаборатории были Ю.М. Рябинин, А.Н. Трапезникова, А.И. Судовцев, В.Г. Хоткевич, М.С. Руденко, М.Ф. Федорова, Г.А. Милютин и др. [6].

Именно Л. В. Шубниковым были заложены основы научной школы криогенной физики в Харькове. Это направление получило свое развитие в едином уникальном научно-исследовательском институте – Физико-техническом институте низких температур, который остается одним из ведущих криогенных центров Украины.

1. Шубников Л. В. Избранные труды. Воспоминания. / Ред. Б. И. Веркин. – К.: Наукова думка, 1990. – 352 с.

2. Эффект Шубникова де-Гааза в полупроводниках. –Б. И. Веркин, С. А. Гредескул, Л. А. Пастур, Ю. А. Фрейман / История открытия эффекта Шубникова - де Гааза // ФНТ. - 1990. - 16, № 9. - С. 1203-1218.

3. Храмов Ю. А. Развитие исследований по физике на Украине в физических институтах (1926–1976 гг.). Часть 2 / Ю. А. Храмов. – К.: Институт теоретической физики АН УССР, 1978. – 58с.

4. Краткий исторический очерк. Харьковский Физико-технический институт / Составитель К. К. Прядкин. – К.: Наукова думка, 1978. – 68 с.

5. Веркин Б. И. Л. В. Шубников и физика низких температур / Б. И. Веркин, С. А. Гредескул, Л. А. Пастур, Ю. А. Фрейман, Ю. А. Храмов – М.: Знание, 1989. – 64 с.

6. Чтения памяти Иоффе. Сб. научн. Трудов. – 1990. – Спю. 1993. – с. 20-38

# ИСТОРИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА

*Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева  
Ст.: А. Кандыба, Д. Лемзякова  
Рук. проф. С.С. Авотин*

Шагом вперёд в развитии учения об электричестве было изобретение итальянским врачом Луиджи Гальвани (1737-1798) источника постоянного тока – гальванического элемента. В 80-х годах 18 столетия он проделал опыты по выяснению действия электрического разряда на мускулы лягушки. Он обнаружил, что при проскакивании искры в электрической машине мускулы лягушки сокращались, если к ним прикасались металлическим скальпелем. Гальвани решил проверить действие на лапки лягушки атмосферное электричество. Один конец нерва лапки лягушки Гальвани соединил с шестом, выставленным на крыше, а другой конец с землёй. Он заметил, что во время грозы время от времени мускулы лягушки сокращались.

После проведенных опытов Гальвани подвесил препарированных лягушек за медные крюки, зацепленные за их спинной мозг, около железной решётки сада. Оказалось, что даже в ясную погоду, когда мышцы лягушки касались железной ограды, происходило сокращение мускулов. Для проверки этого явления Гальвани положил лягушку, у которой спинной мозг был соединён с медным крючком, на железную дощечку. Когда медный крючок касался железа, то происходило сокращение мускулов лягушки. Гальвани решил, что открыл «животное электричество», т.е. электричество, которое вырабатывается в организме лягушки. Среди учёных, которые заинтересовались открытием, был Алессандро Вольта (1745-1827).

Проделав ряд опытов, Вольта пришёл к выводу, что лягушка является только «прибором», который регистрирует протекание электричества. Никакого «животного электричества» не существует. Вольта предположил, что причиной электричества является контакт двух различных металлов. Он считал, что в каждом металле содержится электрическая жидкость (флюид), которая перетекает из одного металла в другой при соприкосновении.

В результате этого металлы электризуются: один – положительно, другой – отрицательно. Вольта проделал такой опыт. На мед-

ный диск, прикрепленный к электроскопу, он помещал такой же диск, из другого металла и имеющий рукоятку. При подъеме верхнего диска листочки электроскопа заметно расходились. Так было открыто явление контактной разности потенциалов.

В опыте Гальвани соединялись металлы и мышцы лягушки, содержащие жидкость. Вольт считал, что при контакте различных металлов нарушается равновесие в них электричества. Оно восстанавливается в результате того, что металлы соединяются через тело лягушки. Следовательно, равновесие всё время нарушается и всё время восстанавливается – электричество всё время движется. Такое объяснение опыта Гальвани натолкнуло Вольту на мысль о создании источника постоянного тока. И в 1800г. Вольт построил первую гальваническую батарею – Вольтов столб. Вольтов столб состоял из десятков серебряных и цинковых пластин положенных друг на друга. Между ними были проложены картонные кружки, пропитанные солёной водой.

Изобретение первого источника постоянного электрического тока имело громадное значение для развития учения об электричестве однако объяснение его действия было неверным. По теории Вольты с гальваническим элементом в процессе работы ничего не происходит, следовательно, он является вечным двигателем. В конце 18в было замечено, что в гальваническом элементе происходят химические реакции, в которые вступают металлы и жидкости. На смену теории Вольты пришла химическая теория.

После открытия Вольтова столба учёные разных стран начали изучать действия электрического тока, а гальванический элемент совершенствовался. Большую батарею гальванических элементов в начале 19в построил русский физик Василий Владимирович Петров (1761-1834) в Санкт Петербурге. Она состояла из 4200 цинковых и медных кружков, которые укладывались в ящик горизонтально и разделялись бумажными прокладками, пропитанными нашатырём.

Опыты с этой батареей были опубликованы в 1803г. в книге «Известия о Гальвани-Вольтовых опытах».

В 1800г было открыто свойство электрического тока разлагать воду.

В 1807г. Английский химик Дэви путём электролиза расплавов едких щелочей открыл новые элементы: калий и натрий. Наиболее интересным результатом теплового и оптического действия тока было открытие электрической дуги Петровым.

Наукове видання

# **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Тези доповідей

XVI регіональної наукової студентської конференції

(20-21 квітня 2016 року)

Відповідальний за випуск проф. О.П. Сук

В авторській редакції

Підп. до друку 28.03 2016 р. Формат 60x84 1/16 Папір офісний.

Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 7,4. Наклад 130 прим. Зам. №163 Безкоштовно. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ “ХПІ”.  
Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.  
61002, Харків, вул. Багалія,21

---

Друкарня НТУ “ХПІ”, 61002, Харків, вул. Багалія,21