

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

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

**Тези доповідей**

**X регіональної наукової студентської конференції,  
присвяченої 125-річчю НТУ «ХП»**

**(28-29 квітня 2010 року)**

**ХАРКІВ НТУ «ХП» 2010**

ББК 22.3  
А 43  
УДК 53.02

Організаційний комітет:

**Л.Л. Товажнянський** Л.Л., д-р техн. наук, проф., ректор НТУ «ХП» (голова);  
**Є.І. Сокол**, д-р техн. наук, проф., перший проректор НТУ «ХП» (заступник голови);  
**А.О. Мамалуй**, д-р фіз.-мат. наук, зав. кафедри загальної та експериментальної фізики НТУ «ХП» (заступник голови).

Програмний комітет:

**А.О. Мамалуй**, проф. (голова);  
**А.І. Беляєва**, проф. (заст. голови);  
**В.К. Якуша**, доц. (заст. голови);  
**І.В. Синельник**, доц. (заст. голови);  
**В.І. Федорченко**, доц. (заст. голови);  
**О.М. Под'яча**, доц. (вч. секретар).

Друкується за рішенням вченої ради НТУ «ХП», протокол №8 від 7.04.2010р.

**А43**

**Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення**  
[Текст]: тези доповідей X регіон. студ. наук. конф. (28-29 квітня 2010 року) / оргкомітет: Л.Л. Товажнянський (голова) [та ін.]. –Харків : НТУ «ХП», 2010-140с.

## РЕГЛАМЕНТ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

28 апреля 2010 г., среда

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12<sup>15</sup> ФИЗИЧЕСКИЙ КОРПУС, БОЛЬШАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ  
АУДИТОРИЯ

**Открытие** X региональной студенческой научной конференции  
«Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение»,  
посвященной 125-летию НТУ «ХПИ»

Ректор Национального технического университета  
«Харьковский политехнический институт», доктор техн.  
наук,  
**проф. Товажнянский Л.Л.**

Первый проректор Национального технического универси-  
тета «Харьковский политехнический институт», доктор  
техн. наук,  
**проф. Сокол Е.И.**

Зав. кафедрой общей и экспериментальной физики, д-р  
физ.-мат. наук, **проф. Мамалуй А.А.**

### 29 апреля секционные заседания:

10 <sup>20</sup> ф/а	У2	<b>НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ</b>
10 <sup>20</sup> 213 ауд.	У2	<b>НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ</b>
10 <sup>20</sup> мех. пр.	У2	<b>ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ</b>
14 <sup>15</sup> опт. пр.	У2	<b>СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ</b>

## ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12<sup>15</sup> Большая физическая аудитория У2

1. **МОДИФИКАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ СООТНОШЕНИЙ В ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ**  
*Национальный технический университет «ХПИ»* 14  
*Ст.: А.И. Клибышев, Д.Ю. Чумак, К.Э. Ямпольский*  
*Рук.: проф. А.А. Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин,*  
*асс. А.А. Човпан*
2. **РЕЗОНАНСНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА**  
*Национальный технический университет «ХПИ»* 17  
*Ст. М.А. Вепрецкий*  
*Рук. доц. Л.Г. Петренко*
3. **ЭТИ НЕВЕРОЯТНЫЕ УПРУГИЕ СТОЛКНОВЕНИЯ**  
*Харьковская Гимназия 14*  
*Харьковский национальный универ-т им. В.Н. Каразина* 20  
*Ст.: Д. Голубчиков, А. Гнедой, Д. Сюрин*  
*Рук. доц. А. Р. Казачков*
4. **ТЕПЛОЕМКОСТЬ ТВЕРДЫХ ТЕЛ: ОТ МОДЕЛЕЙ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА ДО «БОЗОННОГО ПИКА»**  
*Харьковский национальный универ-т им. В.Н. Каразина* 22  
*Ст. М.С. Клочко*  
*Рук.: проф. Е.С. Сыркин, ст.н.с. С.Б. Феодосьев*
5. **ТЕОРИИ СУПЕРСТРУН И БУДУЩЕЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**  
*Национальный технический университет «ХПИ»* 24  
*Ст.: А.А. Козин, Р.В. Шкалаберда*  
*Рук. доц. Л.Г. Петренко*
6. **ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В КИНЕМАТИКЕ**  
*Харьковская Гимназия 14*  
*Харьковский национальный универ-т им.В.Н.Каразина* 27  
*Ст.: А. Гнедой, Д. Голубчиков, Д. Сюрин*  
*Рук.: доц. А. Р. Казачков, О. Н. Сюрин*

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ**  
**10<sup>20</sup> физ. аудитория У2**

- МАГНИТНЫЕ ЭФФЕКТЫ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ**
1. *Национальный технический университет «ХПИ»* 29  
*Ст. А.М. Москальцова*  
*Рук. ст.н.с. И.Г. Шипкова*
- НАНОСТРУКТУРОВАНІ ШАРИ КАДМІЙ ТЕЛУРІДУ  
ДЛЯ ТОНКОПЛІВКОВИХ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**
2. *Національний технічний університет «ХПИ»* 32  
*Ст. А.В. Копач*  
*Кер.: доц. Н.П. Клочко, доц. Г.І. Копач*
- WEB-САЙТ «МАГНІТНІ ЯВИЩА»**
3. *Харківський національний універ-т радіоелектроніки* 35  
*Ст.: В. А.Тендітник, О.О. Нікуліна, С.С. Суворова*  
*Рук. доц. А.І. Рибалка*
- ДИСПЕРСИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В  
ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ZnI<sub>2</sub>.**
4. *Харьковский национальный универ-т радиоэлектроники* 37  
*Ст. Д.В. Павлюк*  
*Рук. доц. Е.Н. Коваленко*
- РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ НЕЙТРОННОЙ  
КИНЕТИКИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ВВЭР-1000**
5. *Национальный технический университет «ХПИ»* 39  
*Ст. А.Ю. Паливода*  
*Рук. доц. Е.Н. Никулина*
- ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО-  
НАГРЕВА ПРИ НАВАРЕ СТЕКЛА**
6. *Национальный технический университет «ХПИ»* 42  
*Ст. Д. Петров*  
*Рук. доц. Т.И. Храмова*
- ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА  
ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ**
7. *Харьковский национальный универ-т радиоэлектроники* 43  
*Ст. Р.Г. Шевченко*  
*Рук. доц. А.И. Рыбалка*

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

10<sup>20</sup> 213 аудитория У2

### **АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ. СТРУЙНЫЙ АВТОГЕНЕРАТОР**

1. *Национальный технический университет «ХПИ»* 44  
*Ст.: В. Мисько, Ю. Чабанов*  
*Рук.: доц. С.Д. Гапоченко, доц. Н.Л. Дьяконенко*  
**УДИВИТЕЛЬНАЯ КИНЕМАТИКА**  
**«МЕХАНИЧЕСКОГО КАЛЕЙДОСКОПА»**
2. *Физико-математический лицей №27* 46  
*Харьковский национальный универ-т им. В.Н. Каразина*  
*Ст. С. И. Ястребов*  
*Рук.: доц. А. Р. Казачков, н.с. В. И. Костюков*  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ЮНГА**
3. *Национальный технический университет «ХПИ»* 49  
*Ст.: Н.В. Диденко, К.А. Краснощекова, Е.О. Пономаренко*  
*Рук.: асс. А.Н. Андреев, асс. О.Н. Андреева*  
**ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**  
**ТВОРЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА**
4. *Харьковский национальный универ-т им. В.Н. Каразина*  
*Национальный технический университет «ХПИ»* 52  
*Ст.: А. Ильин, А. Воробьев, В. Москаль,*  
*К. Винокурова, Е. Лебедь*  
*Рук.: доц. А.Р. Казачков, доц. А.П. Поспелов*  
**ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ВТОРОГО РОДА**
5. *Национальный технический университет «ХПИ»* 55  
*Ст.: С.В. Дубяга, Р.В. Дубяга*  
*Рук. проф. А.Ф. Сук*  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОБОДНЫХ**  
**КОЛЕБАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА**
6. *Национальный технический университет «ХПИ»* 56  
*Ст. Г.Ю. Лейбенко*  
*Рук. ст.пр. И.А. Корж*  
**УСТРОЙСТВО СОПРЯЖЕНИЯ ПИРОДАТЧИКА**  
**ДЛЯ ТЕПЛОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО**  
**КОНТРОЛЯ**
7. *Харьковский национальный универ-т радиоэлектроники* 57  
*Ст. Е.В. Куликов*  
*Рук. доц. Р.П. Орел*

- УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ D-КЛАССА**  
*Национальный технический университет «ХПИ»* 59  
 Ст. Е. Храмов  
 Рук. проф. Ю.И. Подъячий
- ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
 ТОЛЩИНЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ РХП.**  
 9. *Национальный технический университет «ХПИ»* 62  
 Ст.: Д.Р. Приходько, Д.В. Сальников  
 Рук.: доц. Е.Т. Лемешевская, доц. В.В. Пилипенко.
- ТЕМПЕРАТУРНО-РЕЗИСТИВНЫЕ СВОЙСТВА  
 МАТЕРИАЛОВ**  
 10. *Национальный технический университет «ХПИ»* 64  
 Ст.: А.В. Кривко, М.В. Кривonos, А.В. Мальцев  
 Рук.: доц. Ю.В. Меньшов, ст.пр. И.В. Галуцак
- КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
 КОЛЕБАНИЙ В НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМАХ**  
 11. *Национальный технический университет «ХПИ»* 65  
 Ст. Д. Ю. Хмеленко  
 Рук. доц. И. В. Синельник, ст. пр. Н.Е. Оверко
- ЭФФЕКТ ЛЕЙДЕНФРОСТА: ЗАКОНОМЕРНОСТИ,  
 МЕХАНИЗМ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ**  
 12. *Национальный технический университет «ХПИ»* 66  
 Ст.: С.С.Бульба, Р.А.Москаленко, П.В.Сачок  
 Рук.: доц. С.Д. Гапochenко, доц. И.В. Синельник
- СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ОСНОВНОГО  
 (ТУРБИННОГО) И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО  
 ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**  
 13. *Национальный технический университет «ХПИ»* 67  
 Ст. О.И. Теплинская  
 Рук.: ст.пр. В.И. Ушаков, ст.пр. В.С. Савина
- СУБД КАК СРЕДСТВО ИЗУЧЕНИЯ НАУЧНЫХ  
 ФИЗИЧЕСКИХ ШКОЛ**  
 14. *Национальный технический университет «ХПИ»* 72  
 Ст.: Д. Рисухин, А. Квасенко  
 Рук.: доц. И.В. Синельник, ст.пр. Г.Н. Белявская
- ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ ЦВЕТА**  
 15. *Национальный технический университет «ХПИ»* 73  
 Ст.: А.С. Александрова, Е.И. Лебедева  
 Рук. доц. И.В.Синельник

## ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ

- 10<sup>20</sup> мех. практикум У2**
- НАНОТЕХНОЛОГИИ: ОСНОВНЫЕ  
ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**
1. *Национальный технический университет «ХПИ»* 74  
*Ст. О.В. Савченко*  
*Рук.: доц. Е.Т. Лемешевская, доц. В.В. Пилипенко*  
**КОГДА ЗЕМНОЕ ПРИТЯЖЕНИЕ – ВАШ ЗЛЕЙШИЙ ВРАГ**
  2. *Национальный технический университет «ХПИ»* 75  
*Ст.: Д.В. Жуков, Е.А. Кашель*  
*Рук.: доц. Е.Н. Подъячая, ст.пр. Т.В. Абрамова*  
**ГАЗОВАЯ ВЕРТУШКА**
  3. *Национальный технический университет «ХПИ»* 78  
*Ст.: И.А. Даниленко, М.М. Бурлаку*  
*Рук.: доц. В.И. Федорченко, ст. пр. И.В. Галуцак,*  
*ст. пр. С.С. Кривонос*  
**«КАРТЕЗИАНСКИЙ ВОДОЛАЗ».**  
**УСЛОВИЯ ПЛАВАНИЯ ВНУТРИ ЖИДКОСТИ**
  4. *Национальный технический университет «ХПИ»* 79  
*Ст. А.О. Дибривный*  
*Рук.: ст. пр. И.В. Галуцак, ст. пр. С.С. Кривонос*  
**АТМОСФЕРНИЙ ПИЛ**
  5. *Харківський національний аграрний* 81  
*університет ім В.В. Докучаєва*  
*Ст. Е. Дудко*  
*Рук. доц. С.С. Авотін*  
**ДЕМОНСТРАЦИЯ СЛОЖЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ**
  6. *Национальный технический университет «ХПИ»* 82  
*Ст.: Р.О. Легостаев*  
*Рук.: доц. Т.Н. Шелест, ст. пр. С.С. Кривонос*  
**ФОТОЭМИССИЯ ИЗ РАСТВОРОВ**
  7. *Национальный технический университет «ХПИ»* 83  
*Ст.: А.П. Куценко, А.Г. Гопта*  
*Рук. доц. В. К. Якуша*  
**ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ**
  8. *Национальный технический университет «ХПИ»* 86  
*Ст.: С.А. Капустин*  
*Рук.: доц. Т.Н. Шелест*

9. **ДЕЙСТВИЕ ЗАКОНОВ ФИЗИКИ В РАБОТЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА** 89  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. Т.В. Волынская*  
*Рук. ст. пр. И.В. Галуцак*
10. **ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ** 91  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. Д.И. Иваненко*  
*Рук. ст. пр. И.В. Галуцак*
11. **РОЗВИТОК ТВОРЧИХ ЗДІБНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ ПРИ СКЛАДАННІ УМОВ ЗАДАЧ З ФІЗИКИ** 94  
*Національний технічний університет «ХПІ»*  
*Ст. І.А. Радченко*  
*Кер.: доц. В.І. Федорченко, ст. викл. І.В. Галуцак*
12. **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАГРЕВА ПРИ НАВАРЕ СТЕКЛА** 95  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. Д. Петров*  
*Рук. доц. Т.И. Храмова*
13. **КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ** 96  
*Харьковский национальный аграрный университет им В.В. Докучаева*  
*Ст.: А. Кулачко, С. Кулачко*  
*Рук. доц. С.С. Авотин*
14. **ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧЕЛОВЕКА** 97  
*Национальный технический университет «ХПИ»*  
*Ст. С.В Терновский, А.Г. Сидько*  
*Рук. доц. Т.И. Храмова*
15. **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ** 98  
*Харьковский национальный аграрный университет им В.В. Докучаева*  
*Ст. К. О. Омельченко*  
*Рук. доц. С.С. Авотин*

**КОНСТРУКЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЗЫ  
ФРЕНЕЛЯ**

16. *Харьковский национальный университет* 99  
*им. В.Н. Каразина*  
*Ст.: А.В. Телятник*  
*Рук.: доц. Е.М. Савченко*
- СИЛЬНОМАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – АНТИФЕР-  
РОМАГНЕТИКИ, ИХ СВОЙСТВА, СТРУКТУРА И  
ПРИМЕНЕНИЕ**
17. *Национальный технический университет* 102  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст.: Д.О. Титенко, О.В. Боротюк, П.В. Надточий*  
*Рук. доц. Н.И. Гнидаш*

## СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

### 14<sup>15</sup> оптический практикум У2

- АВТОИНДУСТРИЯ БУДУЩЕГО: ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ**
1. *Национальный технический университет «ХПИ»* 104  
*Ст. : Д.С. Волошин, В.С. Фесюк*  
*Рук. доц. М.В. Лебедева*
- М.И. КОШКИН - ЛЕГЕНДАРНЫЙ КОНСТРУКТОР**
2. *Национальный технический университет «ХПИ»* 106  
*Ст.: А. Стельник, С. Лотишко*  
*Рук. доц. Ю.Г. Окладной*
- НА ПУТИ К БЫСТРОМУ ТАНКОВОМУ ДИЗЕЛЮ**
3. *Национальный технический университет «ХПИ»* 108  
*Ст.: Е. Бордюг, А. Давиденко*  
*Рук. доц. Ю.Г. Окладной*
- СТАНОВЛЕНИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ПО ФЕРРИТОВОЙ ТЕМАТИКЕ В ХАРЬКОВЕ**
4. *Харьковский национальный универ-т им. В.Н. Каразина* 110  
*Ст.: К.А. Мозуль, А.А. Пушкарская*  
*Рук.: проф. Л.П. Ольховик, ст. пр. Е.В. Шуринова*
- ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНЗИСТОРІВ**
5. *Національний технічний університет "ХПИ"* 113  
*Ст.: А.С. Зубовіч, С.В. Белослюдцев*  
*Рук. доц. О.М. Под'яча*
- ХАРКІВ - БАТЬКІВЩИНА КРАЩОГО ТАНКА ДРУГОЇ СВІТОВОЇ ВІЙНИ**
6. *Національний технічний університет "ХПИ"* 117  
*Ст. М. Нікітчук*  
*Кер. доц. Ю.Г. Окладной*
- К ВОПРОСУ ФИЛОСОФСКОГО ОСМЫСЛЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ**
7. *Харьковский национальный университет* 120  
*радиоэлектроники*  
*Ст. В.С. Закарян*  
*Рук. доц. А.И. Рыбалка*

- НАШ ВЕЛИКИЙ ЗЕМЛЯК – ПРОФЕССОР ПИЛЬЧИКОВ**
8. *Национальный технический университет «ХПИ»* 123  
*Ст. Е.А. Красюк*  
*Рук.: доц. В.К. Якуша, доц. Ю.В. Меньшов*
- ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГЕТИКИ**
9. *Национальный технический университет «ХПИ»* 125  
*Ст.: С.И. Линк, Н.М. Кругол*  
*Рук. ст. пр. Г.Е. Галуза*
- НЬЮТОН И ПОСЛЕДУЮЩЕЕ РАЗВИТИЕ ФИЗИКИ**
10. *Национальный технический университет «ХПИ»* 127  
*Ст.: Е.Н. Крепская, Г.Н. Оберемок*  
*Рук.: доц. В.К. Якуша, доц. В.И. Белозерцева*
- ПЕРВЫЙ ЗАКОН КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**
11. *Харьковский национальный фармацевтический универ-т* 129  
*Ст. Мааруфи Валид*  
*Рук. доц. С.С. Авотин*
- ФЕНОМЕН ТЕСЛЫ**
12. *Национальный технический университет «ХПИ»* 130  
*Ст.: С.В. Мишина*  
*Рук.: доц. А.Я. Дульфан, ст.пр. И.В. Галуцак*
- ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ И ВСЕЛЕННАЯ**
13. *Харьковский национальный аграрный университет им В.В. Докучаева* 131  
*Ст.: В. М. Шатохин, М. М. Гутник*  
*Рук. доц. С.С. Авотин*
- ПОЛКОВНИК СТАРИНОВ - ОФЦЕР, ВИНАХІДНИК, ВЧЕНИЙ, "ДІДУСЬ" РАДЯНСЬКОГО СПЕЦНАЗУ**
14. *Національний технічний університет "ХПІ"* 133  
*Ст. С. Олійник*  
*Кер. доц. Ю.Г. Окладной, доц. Н.Б. Фат'янова*
- ВЫДАЮЩИЕСЯ ЖЕНЩИНЫ – ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ, ИЗОБРЕТАТЕЛИ**
15. *Национальный технический университет* 135  
*Ст.: А.О. Карпова, А.Ю. Карнаух*  
*Рук.: доц. А.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова*

- ФИЗИЧЕСКИЙ ПАРАДОКС**
16. *Национальный технический университет «ХПИ»* 136  
*Ст.: А. Кучерявенко, М.В. Лысак*  
*Рук.: доц. А.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова*  
**ВКЛАД УЧЁНЫХ-ПАТОНОВЦЕВ В ПОБЕДУ  
НАД ФАШИЗМОМ**
17. *Национальный технический университет «ХПИ»* 137  
*Ст.: А. Матяш, М. Бурлаку*  
*Рук.: доц. Ю.Г. Окладной, доц. В.И. Федорченко*  
**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРХПРОВОД-  
НИКОВ**
18. *Национальный технический университет* 139  
*«Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. К. Беспалов*  
*Рук. доц. Т.И. Храмова*

## ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

### **МОДИФИКАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННЫХ СООТНОШЕНИЙ В ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.И. Клибышев, Д.Ю. Чумак., К.Э. Ямпольский  
Рук.: проф. А.А Мамалуй, проф. Е.С. Сыркин,  
асс. А.А. Човпан*

Вопросы физики общей теории относительности (ОТО), как правило, не рассматриваются в курсе общей физики технических университетов из-за сложности математического описания эффектов, а также из-за ограниченности учебного времени. Вместе с тем, ознакомление студентов с основными представлениями ОТО необходимо для формирования у них целостной естественнонаучной картины мира.

Данный доклад посвящен рассмотрению обоснования эффектов общей теории относительности в сравнительно простом приближении [1].

Общая теория относительности основана на геометрическом представлении гравитационного поля. Эквивалентность гравитационной и инерционной масс тел, ускорений тел в неинерциальных системах отсчета и локальных значений напряженностей гравитационного поля позволяют построить геометрическую теорию гравитационного поля на основе представлений о криволинейном (неэвклидовом) пространстве времени [2]. Неэвклидовость пространства-времени следует в частности из экспериментального факта «красного смещения». Продемонстрируем эффект искривления пространства времени в упрощенном приближении. Рассмотрим двух наблюдателей, один из которых находится на поверхности Земли –  $z_1$ , а другой над поверхностью Земли на высоте  $z_2$ . Оба наблюдателя неподвижны как по отношению друг к другу, так и по отношению к Земле и обмениваются электромагнитными сигналами. Сигнал представляет собой импульс, содер

жащий  $N$  колебаний. Интервал времени  $t_1$  в течение которого испускается сигнал, посланный первым наблюдателем задается выражением

$$2\pi N = \omega_1 t_1,$$

где  $\omega_1$  – частота испускаемого сигнала,  $N$  – число колебаний.

Верхний наблюдатель принимает сигнал и измеряет время  $t_2$ , которое потребует для приема сигнала.

$$2\pi N = \omega_2 t_2,$$

Где  $\omega_2$  – частота принимаемого сигнала.

Эффект красного смещения, установленный экспериментально, свидетельствует о том, что  $\omega_1 > \omega_2$ , а следовательно интервалы времени имеют разную длительность. Представим теперь эту информацию на пространственно-временной диаграмме, описывающую этот эксперимент с точки зрения специальной теории относительности. Распространение электромагнитных волн можно изобразить в виде нулевых линий наклоненных под углом  $45^\circ$  к осям координат.

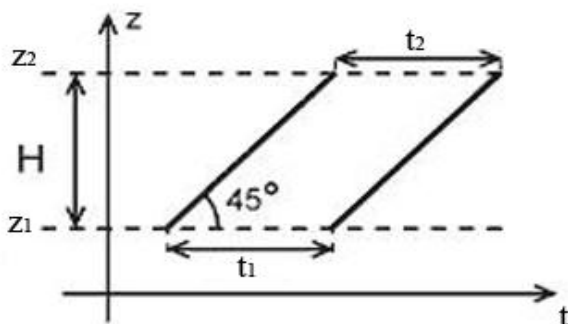


Рис. 1. Пространственно-временная диаграмма.

В присутствии гравитационного поля  $t_1 \neq t_2$  таким образом мы приходим к противоречию, замечая, что получили параллелограмм в пространстве времени Минковского с двумя противоположными ребрами, которые не равны друг другу ( $t_2 > t_1$ ), тогда как в плоском пространстве-времени противоположные стороны параллелограмма должны быть всегда равны друг другу. Отсюда следует, что наличие гравитационного поля требует модификаций специальной теории относительности.

Гравитационное поле "искривляет" не только пространство-время Минковского. Оно "искривляет" и наше 3-х мерное евклидово пространство (привычное нам из школьной геометрии). Приведем простое рассуждение, наглядно иллюстрирующее неизбежность возникновения неевклидовости пространства при переходе к неинерциальной системе отсчета. Рассмотрим две системы отсчета, одна из которых ( $K$ ) — инерциальная, а другая ( $K'$ ) — равномерно вращается относительно  $K$  вокруг общей оси  $z$ . Наблюдатель, который сидит не в самом центре диска  $K'$ , подвергается действию силы, направленной радиально от центра. С точки зрения наблюдателя в инерциальной системе отсчета  $K$  это есть не что иное как центробежная сила инерции. Однако наблюдатель, неподвижный относительно системы  $K'$ , считает эту силу действием гравитационного поля. Окружность в плоскости  $xu$  системы  $K$  (с центром в начале координат) может рассматриваться и как окружность в плоскости  $x'u'$  системы  $K'$ . Измеряя длину окружности и ее диаметр масштабной линейкой в системе  $K$ , мы получим значения, отношение которых равно  $\pi$ , в соответствии с евклидовостью геометрии в инерциальной системе отсчета. Пусть теперь измерение производится неподвижным относительно  $K'$  масштабом.

Наблюдая за этим процессом из системы  $K$ , мы найдем, что масштаб, приложенный вдоль окружности, претерпевает лоренцево сокращение, а радиально приложенный масштаб не меняется. Ясно поэтому, что отношение длины окружности к ее диаметру, полученное наблюдателем  $K'$  в результате такого измерения, окажется больше  $\pi$ . Таким образом, положения геометрии Эвклида не могут точно выполняться на вращающемся диске и в гравитационном поле.

Из рассмотренного выше материала следует, что движение тел в гравитационном поле можно рассматривать в модели "сжатого" неевклидова пространства в упрощенном приближении линейного сжатия.

#### Литература:

1. Б. Хофман – Альберт Эйнштейн, творец и бунтарь / The Viking Press, New York, 1972; Русский перевод изд. "Прогресс", 1983, Москва, 216 с.

## РЕЗОНАНСНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА

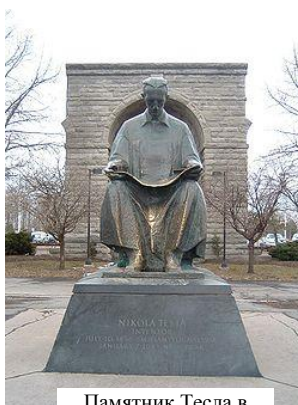
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. М.А. Вепрецкий*

*Рук. доц. Л.Г. Петренко*

Мировой энергетический кризис требует создания новых источников энергии, экономичного их использования и эффективной передачи энергии на расстояния. В связи с этим возродился интерес к идеям всемирно известного сербского учёного и изобретателя Николы Тесла о возможности беспроводной передачи энергии с помощью устройства, известного как резонансный трансформатор Тесла.

Тесла был величайшим изобретателем в истории. Он раньше М.О.Доливо-Добровольского построил многофазный генератор и двигатель переменного тока, изобрёл радио раньше Г.Маркони и А.С.Попова, применил мачтовое антенное устройство и впервые в мире разработал принципы дистанционного управления различными механизмами, построил первые электрические часы, двигатель на солнечной энергии, индукционный мотор, лампы дневного света, предложил методы лечения токами высокой частоты и многое другое. Он получил 300 патентов на свои изобретения в разных странах. Вся современная электроэнергетика была бы невозможна без его открытий.



Памятник Тесла в  
[Ниагара Фоллс, США](#)

Наблюдаемые во время грозы стоячие волны электромагнитного поля привели Тесла к идее о возможности создания системы для обеспечения электроэнергией удаленных от генератора потребителей без использования проводов, приобретшей огромную известность после экспериментов в Колорадо Спрингс (Colorado Springs). Уже тогда беспроводная передача электромагнитных радиоволн успешно осуществлялась. Однако для передачи большого количества энергии, достаточного для питания мощных электрических устройств, электромагнитные волны должны не свободно распространяться во все стороны, как при передаче сигналов, а идти сосредоточенным потоком. Потери энергии при этом можно минимизировать только, применяя очень короткие волны.

Для беспроводной передачи энергии Н.Тесла применил специальный **резонансный трансформатор**, позволяющий получать высокочастотные ( $\sim 10^5$ Гц) колебания напряжения с амплитудой до  $10^6$ В.



Рис. 1

В отличие от известного «железного» трансформатора напряжения, трансформатор Тесла выглядит необычно (рис.1): он не имеет железного сердечника, его первичная обмотка («первичка») -  $L_p$  из очень толстого провода находится снаружи, а вторичная («вторичка») -  $L_s$  внутри. Высоковольтный трансформатор Т1 создаёт ток, который через дроссель  $L_1$  заряжает конденсатор  $C_p$  (рис.2а).

Со временем напряжение на конденсаторе становится настолько высоким, что происходит пробой разрядника  $G_1$  (рис.2б).

Дуга в разряднике – прекрасный проводник, поэтому конденсатор  $C_p$  и катушка  $L_p$  оказываются соединёнными, образуя колебательный контур. Как только дуга разрывается, колебательный контур перестает существовать.

Первичная и вторичная обмотки расположены рядом и поэтому, между ними существует электромагнитная связь. Благодаря этой связи, колебания тока в первичной обмотке возбуждают ЭДС и ток во вторичной обмотке. Катушка  $L_s$  и конденсатор  $C_s$  образуют вторичный колебательный контур. Роль конденсатора  $C_s$  выполняют ёмкость тороида, закреплённого на вторичной катушке, и межвитковая ёмкость самой катушки. Номиналы всех компонентов выбираются так, чтобы резонансные частоты первичного и вторичного контуров совпали.

Таким образом, трансформатор Тесла представляет собой два связанных колебательных контура, что и определяет его замечательные свойства и является главным его отличием от обычных трансформаторов. Высокое выходное напряжение на нём способно создавать внушительные электрические разряды в воздухе, имеющие многометровую длину. Поэтому трансформатор Тесла нередко используется для получения искусственных молний. Например, в США на его базе создана установка для изучения влияния грозовых разрядов на полёты самолётов. Используют катушки Теслы и как декоративные изделия.

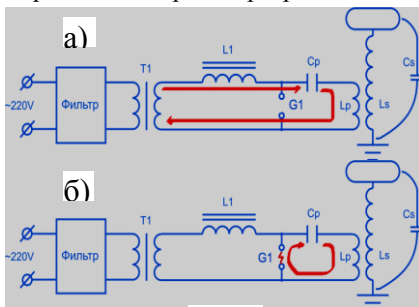


Рис. 2

Во время работы катушка Тесла создаёт красивые эффекты, связанные с образованием различных видов газовых разрядов.

В целом катушка Тесла производит 4 вида разрядов:

1) Стримеры (*Streamer*) — тускло светящиеся тонкие разветвлённые каналы, которые содержат ионизированные атомы газа и отщеплённые от них свободные электроны. Стример протекает от терминала катушки прямо в воздух, не уходя в землю, так как заряд равномерно стекает с



поверхности разряда через воздух в землю.

2) Спарк (*Spark*) — искровой разряд, идущий с терминала непосредственно в землю. Спарк представляет собой пучок ярких, быстро исчезающих или сменяющихся друг друга нитевидных искровых каналов.

3) Коронный разряд — свечение ионов воздуха в электрическом поле высокого напряжения. Создает красивое голубоватое свечение вокруг частей конструкции с сильной кривизной поверхности.

4) Дуговой разряд — образуется между терминалом трансформатора и близко расположенным заземлённым предметом.

Идея Тесла о беспроводной передаче энергии с помощью резонансного трансформатора получила практическое воплощение в радиопередающих устройствах (многолетний спор о приоритете между ним и Г.Маркони был решён в пользу Тесла Верховным Судом США в 1943 году), а также в радиуправлении различными механизмами. К сожалению, работы по передаче мощных потоков энергии на расстояние заканчивались лишь серьёзными разрушениями оборудования и построек и поэтому были прекращены. Тем не менее, современники-биографы считали Теслу «человеком, который изобрёл XX век». Работы Теслы проложили путь современной электротехнике, его открытия имели инновационное значение, у них есть будущее, а Тесла по праву может считаться одним из самых больших учёных в мировой истории.

[1] *Рожонский Б. Н. Никола Тесла. Жизнь замечательных людей. Серия биографий. Вып. 12.* М.: Молодая гвардия, 1959.

[2] *Сейфер М. Никола Тесла. Повелитель вселенной.* М.: «Эксмо», Язуа, 2007 г.

[3] *Богомолова В. Никола Тесла герой-одиночка или безумец опередивший свое время?* <http://www.ntpo.com>. 03.11.2004.

## ЭТИ НЕВЕРОЯТНЫЕ УПРУГИЕ СТОЛКНОВЕНИЯ

*Харьковская Гимназия 14*

*Харьковский национальный университет*

*им. В.Н. Каразина*

*Ст.: Д. Голубчиков, А. Гнедой, Д. Сюрин*

*Рук. доц. А.Р. Казачков*

Рассматриваемые в школьном курсе физики *абсолютно упругие* и *абсолютно не упругие столкновения тел* являются предельными случаями более реалистических частично упругих ударов. Задачи, решаемые учащимися в соответствующем разделе механики, вырабатывают определенную инертность мышления, проявляющуюся в слишком строгом делении реально наблюдаемых столкновений (а порой и самих участвующие в них тел) на «упругие» и «не упругие».

Между тем, не трудно показать, что даже при кажущихся весьма близкими к абсолютно упругим столкновениям, соударяющиеся тела теряют вполне заметную – в самом буквальном смысле – часть своей начальной кинетической энергии. Так, если взять в руки два массивных (несколько сот граммов) шарикоподшипника и столкнуть их резким ударом, то в помещенном между подшипниками листе бумаги будет прожжено отверстие размером в несколько миллиметров. Резкий запах гари не оставляет сомнений в том, что бумага действительно загоралась, т.е. температура в области контакта шаров при ударе превышала 451 градус по Фаренгейту (230 градусов Цельсия).



Качество поверхности и твердость сталкиваемых шаров критичны для успеха демонстрации, поскольку сколько-то значительное сминание контактной области при ударе сильно уменьшает плотность

мощности переходящей в тепловую кинетической энергии. Контакт шаров при столкновении должен быть в буквальном смысле точечным (Рис.).

Не менее эффектная демонстрация ставит под сомнение «абсолютную неупругость» тел, падающих на пол без видимого отскока, например, мешочков с мукой или песком. Поместив такое «абсолютно неупругое» тело весом в несколько десятков граммов на баскетбольный мяч, полученную пару тел отпускают с высоты 0,5-1 метра. В результате быстрой серии последовательных ударов (пол-мяч, мяч-мешок) «неупругое» тело катапультируется на высоту, много большую начальной, после чего приземляется без отскока. Такое поведение *упругих* тел правильно подобранной массы, сложенных в стопку, исследовалось в проекте «гравитационно-упругая катапульта» [1]. Аналогично, нами было показано, что даже много меньшие единицы коэффициенты восстановления относительной скорости сталкивающихся тел не запрещают высокий взлет легкой верхней ступени «катапульти».

Количественная оценка коэффициентов реституции (восстановления относительной скорости) [2] при существенно не упругих столкновениях была проведена с использованием скоростной видео съемки (до 150 кадров в секунду), что способствовала точности измерений высоты подъема тел после серии ударов. Для разных «неупругих» тел: специальная резина, воздушные шарики с разнообразными наполнителями, рассчитанный нами безразмерный коэффициент реституции составлял 0,05-0,3.

#### Литература:

1. А. Казачков, С. Гоменюк, Ю. Лозовская, Н. Николаенко, А. Сидоренко, Е. Яблинская, Н. Ефимова, Е. Сыркин. Эффективная гравитационная катапульта. – Материалы студ. конф. «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение», Харьков, НТУ «ХПИ», 2006.
2. А. Панов. Прыгающий мячик и теория удара, *Квант*, 1990, №8, с.30.

# ТЕПЛОЕМКОСТЬ ТВЕРДЫХ ТЕЛ: ОТ МОДЕЛЕЙ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА ДО «БОЗОННОГО ПИКА»

*Харьковский национальный университет*

*им. В.Н. Каразина*

*Ст. М.С. Клочко*

*Рук.: проф. Е.С. Сыркин, ст.н.с. С.Б. Феодосьев*

Характерные особенности твердого тела, совершающего тепловые колебания, могут быть выяснены при изучении температурной зависимости теплоемкости. В работе рассмотрены следующие модели теплоемкости:

1. Модель идеального классического газа;
2. Модель квантовых гармонических осцилляторов (модель Эйнштейна);
3. Модель упругой сплошной среды (модель Дебая);
4. Неупорядоченные дискретные модели кристаллической структуры («бозонный пик»))

В современных фундаментальных и прикладных физических исследованиях все большее применение находят твердые тела, у которых взаимодействие внутри слоя значительно превышает межатомное взаимодействие между слоями (слоистые структуры). Аналогичным образом можно описать и цепочечные структуры – взаимодействие вдоль одного направления значительно превышает взаимодействия в других направлениях. К таким сильно анизотропным («низкоразмерным») структурам принадлежит довольно широкий класс веществ – металлы, диэлектрики, полупроводники, биополимеры, молекулярные кристаллы и т.д. Изучение теплоемкости таких структур восходит к работам известного советского ученого И.М. Лифшица [1]. Илья Михайлович впервые учел роль изгибных колебаний, которые должны существенно проявляться в слоистых структурах. В нашей работе рассматриваются наиболее важные отличительные особенности низкоразмерных соединений:

1. низкочастотные акустические колебания (низкочастотный максимум)
2. низкочастотные оптические колебания
3. волны изгиба

Эти особенности существенно модифицируют дебаевский спектр, сужают область применимости дебаевского применения и модифицируют низкотемпературную теплоемкость.

Отметим, что интерес к изучению слоистых и цепочных структур, который не угасает более шестидесяти лет, в последнее время возрос в связи с тем, что квазидвухразмерные кристаллы являются исходным материалом для получения нанотрубок [2].

Повышенный интерес вызывает также теплоемкость неупорядоченных структур. В последние годы особенно актуальным становится изучение условий возникновения так называемого «бозонного пика», присущего фононным спектрам систем с разными типами разупорядочения (стекла и аморфные вещества). Этот пик был обнаружен в экспериментах по неупругому рассеянию нейтронов и света [3]. Бозонные пики исследовались в дальнейшем в экспериментах по неупругому рассеянию различных квазичастиц. Исследование бозонного пика привело к появлению большого числа теоретических работ по выяснению его природы (см., напр, [4] и ссылки в ней). В настоящей сообщении анализируются причины, приводящие к появлению бозонного пика. Показано, что бозонный пик в неупорядоченных структурах аналогичен по своим свойствам первой особенности ван Хофа, характерной для упорядоченных кристаллических структур.

## Литература

1. Лифшиц И.М., О тепловых свойствах цепных и слоистых структур / И.М. Лифшиц // ЖЭТФ. – 1952. – Т22, вып.4. – С.475 – 486.
2. Dresselhaus M.S., Phonons in Carbon Nanotubes / M.S. Dresselhaus and P.S. Eklund // Adv.Phys. – 2000. – V.49, No 6.-P. 705-814
3. In book *Amorphous Solid-Low Temperature Properties*, edited by W.A.Phillips (Springer, Berlin, 1981)
4. И.А. Господарев, В.И. Гришаев, А.В. Котляр, К.В. Кравченко, Е.В. Манжелей, Е.С. Сыркин, С.Б. Феодосьев «Особенности Иоффе-Регеля и «бозонные пики» в неупорядоченных твердых телах и гетерогенных кристаллических структурах», ФНТ, Т. 34, № 8, с.829 – 841 (2008)

# ТЕОРИИ СУПЕРСТРУН И БУДУЩЕЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.А. Козин, Р.В. Шкалаберда*

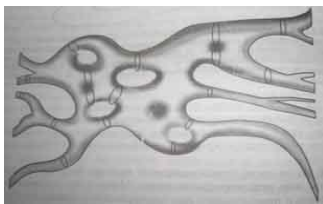
*Рук. доц. Л.Г. Петренко*

Сейчас трудно представить, но чуть более 100 лет назад некоторые учёные высказывали сомнения относительно атомарного строения вещества. Открытие электрона и электронно-ядерной модели атома стало началом создания современной квантово-полевой физической картины мира. К концу 70-х годов XX века было завершено построение теории физики элементарных частиц, так называемой *Стандартной модели*, описывающей три класса частиц – фотона, лептонов, адронов и три из четырёх фундаментальных взаимодействий в природе – электромагнитные, слабые ядерные и сильные ядерные.

Стандартная модель очень успешна и с большой точностью проверена в экспериментах на ускорителях элементарных частиц, которые позволили проникнуть в структуру материи на расстояния до  $10^{-20}$  м [1]. Учёные предполагают, что эта модель является общей концептуальной и может работать вплоть до масштабов, соизмеримых, с одной стороны, с длиной Планка, которая составляет порядка  $10^{-35}$  м (где начинают проявляться квантовые эффекты гравитации), а с другой стороны, с размерами Вселенной. Тем не менее многие вопросы в рамках Стандартной модели не находят решения и прежде всего потому, что она не включает в себя гравитационное взаимодействие. Оказывается, что понять истоки и первоначала Вселенной не возможно ни в рамках Стандартной модели, ни в рамках простых её расширений.

Это привело учёных к мысли о том, что на сверхмалых расстояниях или при сверхвысоких энергиях начинают действовать принципиально новые физические законы, то есть физика становится иной. Первые шаги в направлении создания такой «новой» физики были сделаны ещё в 70-х годах, когда для объяснения строения адронов Г.Венициано предложил использовать *струнную модель*, в которой предложен новый взгляд на структуру материи и пространство-время. Теория струн [1,2] основана на гипотезе, что все элементарные частицы и их фундаментальные взаимодействия возникают в результате колебаний и взаимодействий ультрамикроскопических квантовых струн на масштабах *планковской длины*  $10^{-35}$  м.

Протяженный объект может колебаться подобно гитарной струне. Звуки, которые издает струна при возбуждении (например, щипке), определяются ее натяжением и размерами. Частота колебаний определяет высоту звука. Так же и в теории струн - суще-



ществуют моды колебаний, частота каждой моды определяет частицу и ее энергию. Известные частицы интерпретируются как различные моды колебаний единой струны. Основной идеей теории струн является то, что вибрации мельчайших энергетических нитей в многомерных измерениях создают все частицы и все силы в нашей Вселенной.

Первые варианты теории струн [3] базировались на *бозонной модели* и рассматривали как открытые (протяжённые) струны, так и замкнутые (петли). Теории, основанные на формулах Венициано, реализуются в размерности пространства большей, чем 4: модели Венициано и Шапиро-Вирасоро в размерности 26, модель Рамона-Неввё-Шварца – в размерности 10. Все эти модели предсказывают существование частиц, движущихся со скоростью, большей скорости света в вакууме - *таххионов*. Существование тахионов не подтверждено экспериментально и противоречит теории относительности, однако, спор этих теорий может быть разрешён лишь в будущих экспериментах.

Существенным недостатком теории бозонных струн является то, что спектр элементарных частиц не ограничивается только бозонами. Включение в теорию струн фермионов привело к понятию *суперсимметрии* - теории взаимосвязи бозонов и фермионов, которая теперь имеет самостоятельное значение. Теории, включающие в себя фермионные вибрации струн, называются *суперструнными теориями* [2,3]. Существует пять суперструнных теорий, связанных друг с другом преобразованиями, называемыми дуальностями, как части одной фундаментальной теории. Тахионы в них не предусмотрены. Теория суперструн обладает суперсимметрией, объединяющей частицы с целым спином (к примеру, фотоны) и полуцелым спином (например, электроны) в единую схему. Согласно суперсимметричным теориям, у каждой частицы имеется «*суперпартнер*» - соответствующая ей «суперчастица». Кварку соответствует суперпартнер, названный «скварком»; электрону — партнер с нулевым спином «селектрон»; фотону — фермионный партнер со спином 1/2 «фотино»; гравитону (переносчику гравитационного взаимодействия со спином 2) — партнер со спином 3/2 «гравитино». Как и тахионы частицы-суперпартнеры пока не обнаружены. Однако, учёные надеются обнаружить их на Большом адронном коллайдере (ЛHC) в ЦЕРНе (Швейцария). Такой эксперимент фактически откроет новые квантовые измерения пространства-времени.

Общая теория относительности в теории суперструн является частью, рассматривающей лишь один вид взаимодействий, допускаемых этой теорией, а гравитационное поле как искривленный 4-мерный пространственно-временной континуум. Наличие масс определяет кривизну пространства, сами массы движутся в пространстве по геодезическим линиям минимальной длины. Гравитационные уравнения определяют структуру пространства и движение материи в нем [1,2].

Теория струн предлагает феноменологические модели. Одна из самых интересных заключается в том, что Вселенная заполнена **космическими струнами** межгалактических или даже вселенских размеров [4]. Обычно струны крайне малы — их длина сопоставима с планковской. Для того, чтобы растянуть их до макроскопических размеров, потребовалась колоссальная энергия. Но согласно инфляционной теории, которая описывает космологию, вся наблюдаемая сегодня Вселенная возникла в результате раздувания крошечной области пространства размерами порядка длины Планка. По мере раздувания этой области струны также растягивались. Расширение Вселенной обеспечило и необходимую энергию для растяжения струн, и теперь они могут иметь протяженность через всю Вселенную. Такие струны могут флуктуировать и колебаться, пересекаться и взаимодействовать между собой. Наблюдать их можно либо благодаря производимому ими эффекту гравитационных линз, либо по всплескам гравитационного излучения в результате их колебаний. Гравитационное излучение космических струн учёные надеются открыть на новом детекторе гравитационных волн LIGO (американо-австралийский проект, США).

Теории суперструн играют большую роль в математике, способствуют созданию новых математических структур, методов и идей.

Будущее теории суперструн многообещающее [1]. Это окончательное **объединение всех сил природы**, выработка **новых концепций пространства и времени**, разрешение важных загадок **квантовой гравитации и космологии**. Это амбициозные цели, и на их осуществление может уйти много времени. Потребуется революция в представлении о пространстве и времени.

[1] Гросс Д. Грядущие революции в фундаментальной физике. Проект «Элементы», публичные лекции по физике. 25.04.2006.

[2] Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. Пер. с англ. Изд.3-е. М: Едиториал УРСС, 2007. – 288 с..

[3] Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. 2002.

[4] Новая картина струнной теории. Пер. «Официальн. Сайта Теории Суперструн». 2009.

# ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В КИНЕМАТИКЕ

*Харьковская Гимназия 14*

*Харьковский национальный университет*

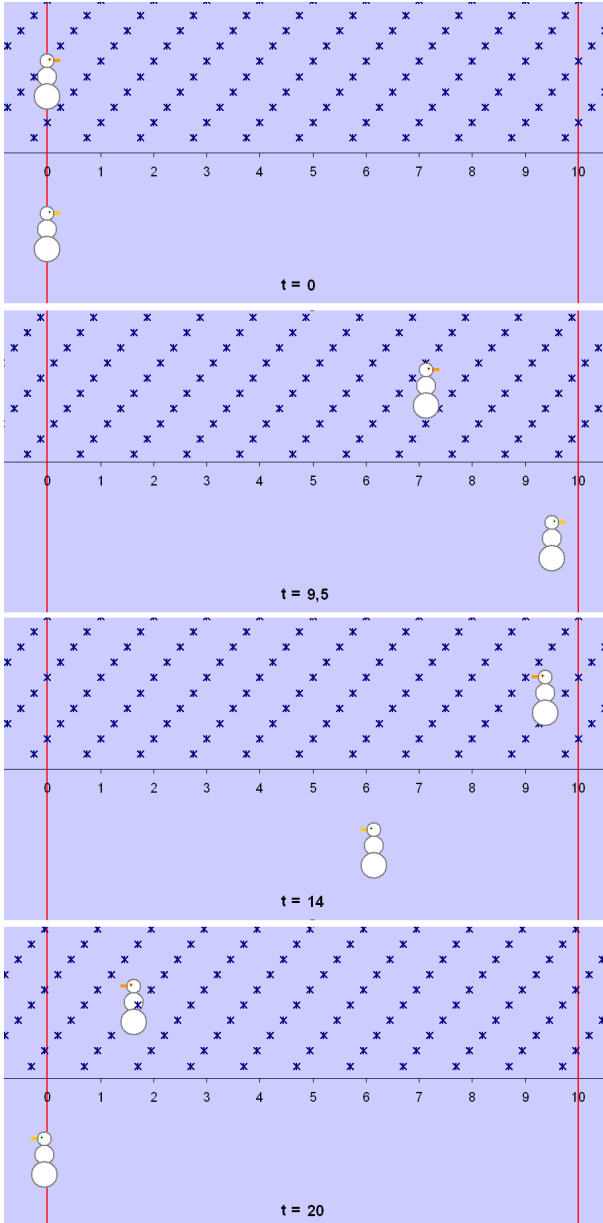
*им.В.Н.Каразина*

*Ст.: А. Гнедой, Д. Голубчиков, Д. Сюрин*

*Рук.: доц. А.Р. Казачков, О.Н. Сюрин*

Простой численный метод – схема Эйлера – удобен для моделирования кинематических систем, точное описание которых требует сложных расчетов или невозможно в принципе. Так, в студенческом проекте [1] по схеме Эйлера решались три типа задач преследования. Расчеты и анимация были выполнены в электронных таблицах *Excel*, с использованием макросов, созданных авторами. Аналогичные макросы были модернизированы для виртуально-анимационного эксперимента, моделирующего соревнование в беге. Собственная скорость участников забега одинакова и равна  $V$ , однако они соревнуются в неравных условиях. Первый (нижний на рисунке) бежит в закрытом помещении, а второй – на улице в ветреную погоду, скорость ветра равна  $U$ . Линия финиша совпадает со стартом, то есть участники соревнования должны по прямой добежать до линии поворота и вернуться назад. В компьютерной модели поворот обеспечивался проверкой условия пересечения бегуном этой линии после каждого перемещения за малый промежуток времени, в течение которого скорость бегуна считалась постоянной и равной  $V_1=V$  для нижнего и  $V_2=V-U$  для верхнего, бегущего против ветра. После поворота скорость нижнего бегуна меняет знак (движение назад, к линии старт-финиш), а верхнего – еще и величину, поскольку теперь он бежит по ветру:  $V_2=-(V+U)$ . Проверка положения бегунов после каждого малого шага продолжается и после поворота для того, чтобы остановить их по приходе на финиш. На рисунках приведены «стоп-кадры» забега на разных его стадиях при скорости ветра  $U=0,25V$ . Вопреки «здравому смыслу» средняя скорость второго снеговика оказывается меньше  $V$  и он проигрывает виртуальное соревнование, что несложно доказать строго, найдя время бегунов в пути  $T_1$  и  $T_2$ .

1. Применение анимации в электронных таблицах *Excel* при решении задач по физике. А.Р. Казачков, С. Аверков, О. Игнатова. – Материалы студ. конф. «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение», Харьков, НТУ «ХПИ», 2007.



## **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ**

### **МАГНИТНЫЕ ЭФФЕКТЫ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. А.М. Москальцова  
Рук. ст.н.с. И.Г. Шипкова*

В настоящее время термин «нанотехнология» упоминается практически на всех научных и технических конференциях и симпозиумах, является основой многих научных проектов и разработок, и даже обращает на себя внимание авторов научно-фантастической литературы. Под нанотехнологиями подразумевают методы и приемы, которые позволяют контролируемым образом создавать, модифицировать, исследовать и использовать объекты, содержащие компоненты размерами менее 100 нм [1]. Интерес к нанотехнологиям вызван многообещающими перспективами их применения в разных областях деятельности человека, прежде всего в электронике, биологии, медицине.

Магнитные явления широко используются на разных технологических этапах работы с нанообъектами (получение, исследование, применение). Так, важную роль играет силовое взаимодействие магнитного диполя с магнитным полем. Измеряя силу взаимодействия известного дипольного момента с полями, создаваемыми магнитными кластерами или наночастицами, можно получать полезную информацию о магнитном моменте исследуемых нанообъектов. На этом явлении основан принцип действия магнитно- силового микроскопа (МСМ), в котором роль миниатюрного диполя выполняет заостренный микромагнит (магнитная игла) [2]. МСМ позволяет увидеть в материале магнитные области размером до 10 нм. С помощью МСМ можно проводить наносборку объектов из магнитных атомов. Кроме того, его можно использовать для магнитной сверхплотной записи информации, плотность записи которой достигает 10 Гбит/см<sup>2</sup>.

Совмещая методы ядерного магнитного резонанса или электронного парамагнитного резонанса с магнитно-силовой микроскопией, можно значительно повысить пространственное разрешение при

исследовании частиц субнанометровых размеров. Такой метод получил название магнитно-резонансная силовая микроскопия (МРСМ). МРСМ использует очень чувствительную схему обнаружения, в принципе способную зафиксировать магнитный резонанс даже от одного электронного спина. Основное преимущество этого метода в том, что он безопасен для объекта исследования, что позволяет изучать биологические объекты.

В электронике новые физические эффекты, которые проявляются в нанобъектах, могут позволить значительно уменьшить размеры элементов устройств. К таким эффектам относятся эффект гигантского магнитосопротивления (ГМС) и эффект туннельного магнитосопротивления (ТМС) [1,3]. Эффект ГМС состоит в том, что сопротивление многослойной структуры ферромагнитный металл-немагнитный металл с толщинами слоев несколько нанометров зависит от взаимного расположения векторов намагниченности в соседних слоях. В настоящее время созданы многослойные наноструктуры, в которых относительное изменение сопротивления при включении магнитного поля составляет  $\sim 110\%$ . Эффект ТМС похож на эффект ГМС, но проявляется в системах, в которых слои ферромагнетика разделены тонким (около 1 нм) слоем диэлектрика. В устройствах на основе эффекта ТМС с диэлектриком из диоксида магния достигнуты значения эффекта  $\sim 350\%$ . Оба эффекта используются в высокочувствительных датчиках магнитного поля, в считывающих головках жестких дисков современных компьютеров. Проводится разработка элементов магнитной оперативной памяти (МРАМ), основанных на эффекте ТМС. Такая память обладает простой конструкцией, сохраняет свое состояние при отключении энергии, позволяет производить большое количество циклов перезаписи (более  $10^{16}$ ) и время записи-считывания цикла составляет десятки-единицы наносекунд.

Эффекты ГМС и ТМС используются в новом направлении электроники – спинтронике. Одной из основных задач спинтроники является интеграция магнитных систем в полупроводниковую микроэлектронику. Легкое управление спинами с помощью магнитного поля в полупроводниках уже сегодня позволяет создавать два класса новых гибридных материалов: спин-электронные нанотранзисторы и гибридные структуры ферромагнетик – полупроводник. Широкие перспективы использования таких гетероструктур обусловлены тем, что электронные спины полупроводника можно использовать в качестве детектора, реагирующего на изменение магнитного состояния в ферромаг-

нетике. В настоящее время созданы магнитные туннельные транзисторы, в которых можно достичь усиления коллекторного тока в  $\sim 3400\%$ .

Нанотехнологии на основе магнитных эффектов начинают использовать в биологии и медицине [4]. В настоящее время активно разрабатываются новые методы лечения онкологических заболеваний. Например, метод магнито-жидкостной гипертермии. Он основан на внедрении, транспортиции к зараженной клетке и локальному нагреву магнитной частицы посредством внешнего магнитного поля. Также магнитные эффекты используются в методе магнитной иммуносорбции. При этом применяются магнитные частицы, прикрепленные к антителам. В свою очередь, антитела могут избирательно присоединяться к различным клеткам. Затем, используя магнитное поле, можно сепарировать больные и здоровые клетки.

Магнитные явления уже нашли широкое применение в нанотехнологиях на разных этапах работы с нанобъектами. Существуют еще более заманчивые перспективы, связанные с магнетизмом. Это применение законов квантовой нанофизики, основанных на спиновых свойствах электронов и атомных ядер. На пути создания таких квантовых устройств есть достаточно много препятствий. Задача современного технолога заключается в нахождении экспериментальных реализаций квантово-механических законов нанофизики.

#### Литература

1. Wolf E.L. Nanophysics and nanotechnology. An introduction to modern concepts in nanoscience. Wienheim.: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006. – 292p.
2. Яминский В.И., Тишин А.М. Магнитно-силовая микроскопия поверхности // Успехи химии. – 1999. – т.68 (3). – с.187-193.
3. Суздаев И.П. Нанотехнологии: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КотКнига, 2006. – 592с.
4. Тишина Е. Магниты и современная медицина. 19.03.2004. <http://www.ndfeb.ru/articles/magter/htm> .

# НАНОСТРУКТУРОВАНІ ШАРИ КАДМІЙ ТЕЛУРИДУ ДЛЯ ТОНКОПЛІВКОВИХ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Ст. А.В. Копач*

*Кер.: доц. Н.П. Клочко, доц. Г.І. Копач*

Проблеми енергозбереження та використання нетрадиційних джерел енергії сьогодні є актуальними, як ніколи. Геліоенергетика притягує до себе все більше уваги в усьому світі. Цей інтерес, з одного боку, пов'язаний з екологічними міркуваннями, а з іншого – з вичерпуваністю земних ресурсів. Особливе місце серед поновлюваних джерел енергії займають фотовольтаїчні перетворювачі сонячної енергії (сонячні елементи, або ФЕП), принцип роботи яких показано на рисунку 1.

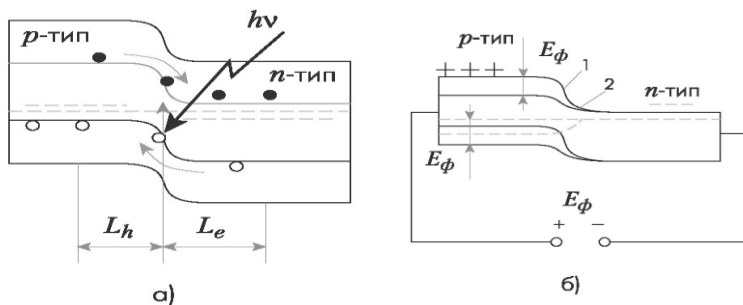


Рис.1 - Зонна модель розімкнутого  $p$ - $n$ -переходу: а) – в початковий момент опромінення; б) – зміна зонної моделі під дією постійного освітлення і виникнення фото-ЕРС ( $E_\phi$ ).  $L_h$  – довжина вільного пробігу дірок,  $L_e$  – довжина вільного пробігу електронів.

Перші ФЕП використовувались виключно для досліджень в космосі, оскільки були дуже дорогими, та навіть і сьогодні основною перешкодою для використання сонячних елементів є їх велика вартість.

Ось чому заслугоує пильної уваги проблема створення дешевих сонячних елементів шляхом застосування розробок в галузі нанотехнологій. В останні роки розробляється новий тип сонячних елементів на основі дуже тонких наноструктурованих напівпровідникових шарів – так звані ЕТА-(η)- сонячні елементи, для виготовлення яких доцільне використання фізико-хімічних методів. Дана наукова робота присвячена дослідженню та вдосконаленню методу контактного електролізу з метою виготовлення напівпровідників р-типу у вигляді тонких плівок телуриду кадмію, придатних за структурою і оптичними властивостями для застосування в якості базових шарів ЕТА-сонячних елементів. Шляхом аналізу процесів, які відбуваються в стандартних умовах контактного електролізу, а також під впливом вібрації підкладки або інтенсивного освітлення напівпровідникового шару розроблено метод і виготовлено стехіометричні плівки телуриду кадмію на підкладках зі скла, вкритого прозорими електропровідними оксидами олова ( $\text{SnO}_2\text{:Sb}$ ) і індію-олова (ІТО).

Таблиця 3.1 – Параметри контактного електроосадження і властивості плівок CdTe

Режим осадження	Підкладка, (електричний опір шарів $R_s$ , Ом)	Товщина плівки $d$ , мкм	Оптична ширина забороненої зони $E_g$ , eV
Стандартний	ІТО (20)	0.33	1.50
	$\text{SnO}_2\text{:Sb}$ (50)	0.20	1.63
Вібрація (37 Гц)	$\text{SnO}_2\text{:Sb}$ (50)	0.17	1.60
Інтенсивне освітлення (галогенова лампа 500 Вт)	$\text{SnO}_2\text{:Sb}$ (50)	0.26	1.50

Рентген-дифрактометричний фазово-структурний аналіз (рис.2) підтвердив одержання в оптимальних умовах контактного електролізу однофазних нетекстурованих шарів CdTe кубічної модифікації. Відно-

сні мікрореформації осаджених методом контактного електролізу плівок CdTe були такими ж, як у шарів телуриду кадмію, що було виготовлено складними та дорогими вакуумними методами. Розміри кристалів плівок становили близько 30 нм.

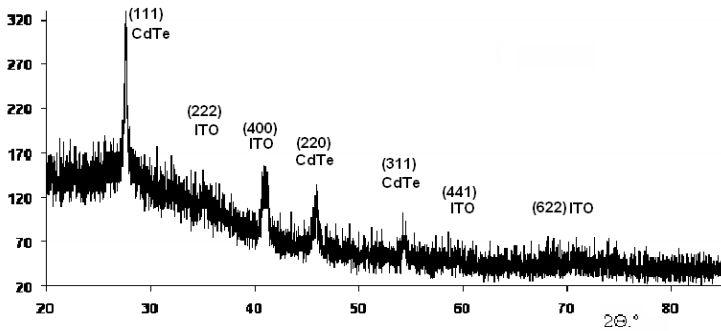


Рис.2 - Рентген-дифрактограма плівки CdTe, яка була виготовлена методом контактного електролізу на підкладці ITO

Оптичний аналіз плівок виявив (рисунок 3), що одержані методом контактного електролізу стехіометричні однофазні плівки телуриду кадмію характеризувалися високими коефіцієнтами поглинання видимого світла, були прямозонними і мали більш широку, ніж у монокристалів, заборонену зону.

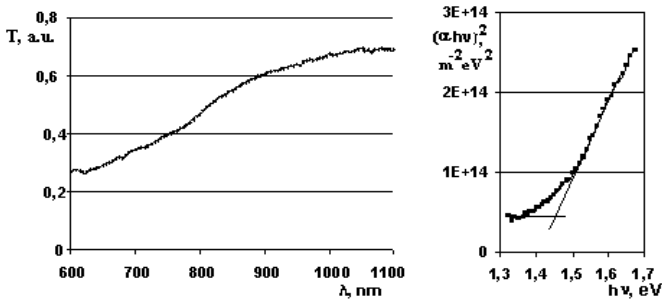


Рис.3 – Залежності коефіцієнту оптичного пропускання  $T$  та коефіцієнту оптичного поглинання  $\alpha$  плівки CdTe від довжини хвиль  $\lambda$  та енергії квантів опромінення  $h\nu$ , відповідно.

# WEB-САЙТ «МАГНІТНІ ЯВИЩА»

*Харківський національний університет  
радіоелектроніки*

*Ст.: В.А. Тендітнік, О.О. Нікуліна, С.С. Суворова  
Рук. доц. А.І. Рибалка*

Фізика – одна з фундаментальних наук, яка пояснює закони світобудови і природи, яка є основою і рушійною силою науково-технічного прогресу. Тому важливо розуміти її основи і бути в курсі основних досягнень. Значущою ланкою природи є електромагнітні явища. Процес вивчення їх був складним і суперечливим, але зараз вимальовується струнка теорія світобудови і магнітні явища є органічною її частиною.

Даною роботою охоплена широка тема - один із фундаментальних розділів фізики - магнітні явища. Сайт містить багато малюнків, відео і презентацій, що дозволяє подати інформацію більш наочно і зрозуміло для студента. Дана робота складається з 48 web-сторінок та близько 75 ретельно підібраних малюнків, 3 відео і 2 презентації.

Дана робота може бути використана у школах і вузах для вивчення фізики. Сайт можна використовувати як джерело важливої інформації та рефератів. Ця робота може використовуватися на уроках фізики, для представлення нового матеріалу на інтерактивній дошці, а також для перевірки засвоєння нового матеріалу. Сайт виконаний у зручному для роботи стилі, містить велику кількість теоретичної, пізнавальної та корисної інформації, супроводжується тематичними малюнками, відео, презентаціями. Інформація подана у зручному форматі, структура сторінки побудована таким чином, щоб максимально спростити пошук потрібної інформації.

Весь теоретичний матеріал підкріплений вдало підібраними ілюстраціями, що, безперечно, становить велику користь при засвоєнні учнями матеріалу з поданої теми. Я вважаю доцільним використовувати дану роботу на уроках фізики, адже завдяки якості виконання ро-

боти та відсутності аналогічних матеріалів користь від даної роботи очевидна.

Ця робота може використовуватись не тільки під час проведення лекцій, а й для самостійного опрацювання студентом, який пропустив або погано засвоїв дану тему.

На першій титульній сторінці ви ознайомитеся із назвою теми а також ім'ям автора. Слідуючи посиланню Ви опиняєтесь на основній сторінці.

Сайт складається з 5 основних тем + 2 інформаційні сторінки. Кожна тема містить у собі підтеми. Переміститися на сторінки, які містять ці підтеми, можна, натиснувши на гіперпосилання з назвою теми.

- Магнітне поле (містить 8 підтем)
- Електромагнітна індукція (містить 3 підтеми)
- Електромагнітні коливання (містить 5 підтем)
- Електромагнітне поле і його вплив на живі організми (містить 2 підтеми)
- Відео, презентації – містить додатково гіперпосилання на відео і презентації, які використовуються в роботі;
- Про автора – відповідно сторінка про автора, в якій також міститься гіперпосилання на Використані ресурси – список книг та інших джерел які „створювали” сайт ;
- На першу сторінку – натиснувши на це посилання, Ви маєте змогу повернутись до початкової сторінки;

# ДИСПЕРСИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ $ZnI_2$ .

*Харьковский национальный университет*

*радиоэлектроники*

*Ст. Д.В. Павлюк*

*Рук. доц. Е.Н. Коваленко*

Соединение  $ZnI_2$  принадлежат к слоистым диэлектрикам, состоящим из плотноупакованных пакетов I-Zn-I, внутри которых преобладает ионная связь, а между ними имеет место слабое Ван-дер-ваальсовое взаимодействие.

Слоистое строение соединений определяет многие физические и химические свойства: сильную анизотропию механических, тепловых и оптических свойств, их способность к интеркалированию различными атомами и молекулами.

Соединение  $ZnI_2$  исследовано мало. По одним данным  $ZnI_2$  имеет структуру 2H-политипа  $CdI_2$  с параметрами кристаллической решетки  $a=4,25 \text{ \AA}$  и  $c=6,54 \text{ \AA}$ , по другим -  $ZnI_2$  формируется в кристаллическую решетку типа  $CdCl_2$  с тремя молекулами на элементарную ячейку. Установлено, что соединение  $ZnI_2$  является прямозонным диэлектриком с шириной запрещенной зоны  $E_g=4,62 \text{ эВ}$ .

Однако оптические постоянные – показатели преломления  $n$  и поглощения  $k$  тонких пленок  $ZnI_2$  не рассчитывались и в литературе такие данные нам не встречались.

В настоящей работе рассчитывается толщина пленки и дисперсия показателя преломления  $n$  в  $ZnI_2$  в области прозрачности. Так как пленки очень гигроскопичны, для определения их толщины и показателя преломления использовалась неразрушающая методика.

Тонкие пленки приготавливались путем вакуумного осаждения порошка  $ZnI_2$  на нагретые до  $80^\circ\text{C}$  кварцевые подложки. Спектры пропускания пленок измерялись в спектральной области 1,2-4,1 эВ при комнатной температуре (290К) на спектрофотометре СФ-46 относительно кварцевой пластины с толщиной подложки.

Толщина пленок  $t$  определялась по спектрам пропускания в области их прозрачности с учетом интерференции света. Выбор толщины пленок (300-400 нм) диктовался используемым методом определения дисперсии показателя преломления: максимальная толщина слоя, при которой еще не появляется светорассеяние в пленках. Дис-

персия показателя преломления  $n(\lambda)$  тонких пленок  $ZnI_2$  определялась по положению минимумов и максимумов зависимости пропускания от длины волны  $T(\lambda)$ .

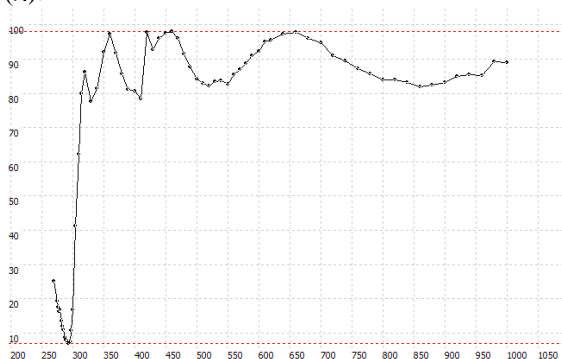


Рис.1 Спектр поглощения тонких пленок  $ZnI_2$ .

Для выполнения расчетов в среде Delphi была разработана программа, позволяющая значительно облегчить и ускорить расчет, а также повысить точность определения толщины пленки и показателя преломления.

В функции программы входит:

- 1) Построение графика зависимости  $T(\lambda)$  по измеренным экспериментально данным.
- 2) Расчет толщины тонкой пленки с точностью до 1 нм.
- 3) Определение порядка интерференции  $m$  по спектральному положению двух соседних максимумов или минимумов.
- 4) Расчет показателя преломления для длин волн, соответствующих минимумам и максимумам зависимости  $T(\lambda)$ .
- 5) По полученным значениям показателя преломления автоматически выполняется построение графика зависимости  $n(\lambda)$ .

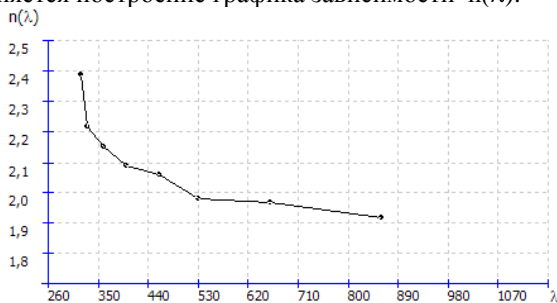


Рис.2 Спектральная зависимость показателя преломления  $n(\lambda)$  тонких пленок  $ZnI_2$ .

# РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ НЕЙТРОННОЙ КИНЕТИКИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ВВЭР-1000

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. А.Ю. Паливода*

*Рук. доц. Е.Н. Никулина*

Энергоблоками атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000 вырабатывается более 40% электроэнергии Украины. Перспективными планами развития энергетики Украины предусмотрено строительство новых энергоблоков ВВЭР-1000. При проектировании таких энергоблоков нового поколения и модернизации существующих особое внимание уделяется эффективности работы их систем автоматического управления в переходных режимах. Ядерный реактор ВВЭР-1000 является основным элементом энергоблока, в котором энергия распада ядер обогащенного урана передается теплоносителю-воде. При каждом акте деления ядра  $^{235}\text{U}$  образуются мгновенные нейтроны, а при последующем распаде осколков выделяются запаздывающие нейтроны. Уравнения точечной кинетики реактора с учетом шести групп запаздывающих нейтронов имеют вид [1]:

$$\frac{dn}{dt} = (r - \beta) \frac{n}{l^*} + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i, \quad \frac{dC_i}{dt} = \beta_i \frac{n}{l^*} - \lambda_i C_i, \quad i = \overline{1, 6}, \quad (1)$$

где  $n$  – плотность потока нейтронов,  $r$  – реактивность,  $\beta$  – суммарная доля запаздывающих нейтронов,  $l^*$  – среднее эффективное время жизни нейтронов,  $\lambda_i$  и  $C_i$  – постоянные радиоактивного распада и концентрации ядер-излучателей запаздывающих нейтронов,  $\beta_i$  – доли запаздывающих нейтронов. Параметры запаздывающих нейтронов связаны зависимостями [1, 2]:

$$\beta = \sum_{i=1}^6 \beta_i, \quad \lambda_i = \frac{1}{l_i}, \quad \mu_i = \frac{\beta_i}{\beta}, \quad i = \overline{1, 6}, \quad \sum_{i=1}^6 \mu_i = 1, \quad (2)$$

где  $l_i$  – среднее время жизни ядер-излучателей  $i$ -той группы запаздывающих нейтронов,  $\mu_i$  – относительная доля нейтронов этой группы. В равновесном состоянии номинального критического режима реакто-

ра  $r = 0$ ,  $n = n_0$ ,  $C_i = C_{i0}$ . Приравнявая правые части уравнений (1) нулю, получим значения концентраций ядер-излучателей запаздывающих нейтронов в номинальном режиме и перейдем к относительным переменным:

$$v = \frac{n - n_0}{n_0}, \quad \rho = \frac{r}{\beta}, \quad \xi_i = \frac{C_i - C_{i0}}{C_{i0}}, \quad C_{i0} = \frac{\beta_i n_0}{\lambda_i l^*}, \quad i = \overline{1, 6}. \quad (3)$$

Входной величиной моделей, является относительная переменная реактивности  $\rho$ . Изменение нейтронной мощности реактора связано с изменением реактивности и определяется переменной состояния  $v$ . Для учета саморегулирования реактора представим реактивность в виде  $r = r_d - r_q$ , где  $r_d$  – обусловленная изменением положения регулирующего стержня составляющая реактивности,  $r_q$  – составляющая реактивности, связанная с изменением мощности  $Q$ :  $r_q = K_q \Delta Q$ ,  $K_q$  – мощностной коэффициент реактивности,  $\Delta Q$  – изменение мощности. Поскольку мощность реактора пропорциональна плотности потока нейтронов  $n$ , представим изменение мощности формулой  $\Delta Q = Q_0 \Delta n / n_0$ , где  $Q_0$  – мощность реактора в номинальном режиме,  $\Delta n = v n_0$  – изменение плотности потока нейтронов. Переходя к относительным нормированным переменным по формулам (3), учитывая, что  $\Delta Q = Q_0 v$ , и обозначая  $\rho_d = r_d / \beta$ ,  $\alpha_q = K_q Q_0 / \beta$ , получим:

$$\rho = \rho_d - \alpha_q v.$$

Модели кинетики нейтронов при шести группах запаздывающих нейтронов, приближениях представлены нелинейной системой дифференциальных уравнений (СДУ). Входной величиной служит изменение реактивности  $\rho_d$ , связанное с изменением положения регулирующего стержня и измеряемое в долях  $\beta$ , выходной величиной – относительное значение мощности  $v$ . В установившемся состоянии  $\rho = 0$  имеем:

$$\rho_d = \alpha_q v.$$

Для упрощения записи и решения СДУ кинетики нейтронов при шести группах запаздывающих нейтронов, приближениях представим эти СДУ в общем векторном виде:

$$\frac{dX_K}{dt} = f_K(X_K, \rho), \quad v = C_K X_K, \quad (4)$$

где  $X_K$  и  $f_K(X_K, \rho)$  – вектор переменных состояния и векторная функция правых частей СДУ.

При шести группах запаздывающих нейтронов

$$X_K = \begin{pmatrix} \xi_1 & \xi_2 & \xi_3 & \xi_4 & \xi_5 & \xi_6 \end{pmatrix}^T, C_K = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0) \quad (5)$$

$$f_K(X_K, \rho) = \begin{pmatrix} \lambda_n \left[ \rho(1 + \nu) - \nu + \sum_{i=1}^6 \mu_i \xi_i \right] \\ \lambda_1(\nu - \xi_1) \\ \lambda_2(\nu - \xi_2) \\ \lambda_3(\nu - \xi_3) \\ \lambda_4(\nu - \xi_4) \\ \lambda_5(\nu - \xi_5) \\ \lambda_6(\nu - \xi_6) \end{pmatrix}. \quad (6)$$

В таблице приведены значения параметров шести групп запаздывающих нейтронов.

Значения параметров запаздывающих нейтронов

$i$	$l_i, c$	$\lambda_i, c^{-1}$	$\beta_i \cdot 10^{-3}$	$\mu_i$	$\gamma_i, c^{-1}$
1	80,000	0,0125	0,21	0,0329	6,57
2	33,000	0,0303	1,41	0,2207	44,07
3	9,020	0,1109	1,25	0,1956	39,06
4	3,330	0,3003	2,53	0,3959	79,06
5	0,890	1,1236	0,73	0,1142	22,81
6	0,332	3,0121	0,26	0,0407	8,13

Таким образом, разработаны нелинейные модели нейтронной кинетики реактора с шестью группами запаздывающих нейтронов в векторном виде (4)–(6), требующем минимум вычислительных операций. Вычислены значения параметров модели нейтронной кинетики ядерного реактора ВВЭР-1000.

**Литература:** 1. Иванов В. А. Регулирование энергоблоков. — Л.: Машиностроение, 1982. — 311 с. 2. Бриккер И. Н., Мирзоян А. Р. Аппроксимация многогрупповых уравнений кинетики нейтронов // Атомная энергия. — 1969. — Т. 27. — Вып. 6. — С. 556–558.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАГРЕВА ПРИ НАВАРЕ СТЕКЛА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д. Петров  
Рук. доц. Т.И. Храмова*

Высокочастотный нагрев в стекловаренной печи основан на том, что индуктор, по которому идет ток, образует переменное электромагнитное поле, возбуждающее вихревые токи, вызывающие нагрев и расплавление стекла, помещенного вместе с сосудом внутрь графитового нагревателя.

Устройство для индукционного нагрева в общем виде представляет собой обмотку, питаемую переменным током. В переменное магнитное поле, создаваемое этой обмоткой (соленоидом или индуктором), помещается нагревательный элемент (графитовый нагреватель). Принцип действия установки индукционного нагрева основан на явлении электромагнитной индукции. При пропускании через индуктор переменного тока высокой частоты в нем происходит изменение магнитного потока, пронизывающего графитовый нагреватель. Это изменение магнитного потока возбуждает в графитовом нагревателе переменную э.д.с., что приводит к появлению индуцированных вихревых токов. Количество теплоты, выделенное вихревыми токами тем больше, чем быстрее происходит обуславливающее эти токи изменение магнитного поля. Поэтому на соленоид подаются токи очень высокой частоты  $> 2500$  Гц.

Установки с индукционным нагревом применяют при наваре оптических марок стекла, имеющих фосфатную основу. Шихты, приготовленные для наvara этих стекол, имеют в своей основе ортофосфорную кислоту, а основным стеклообразующим окислом в таких стеклах является  $P_2O_5$ . Важной особенностью является то, что стекло является электропроводным при температуре выше  $800^0$  С, поэтому нагрев до  $800^0$  С производится за счет тепловой энергии графитового нагревателя, а дальнейший разогрев - кА за счет тепловой энергии, так и за счет вихревых токов в самом стекле.

Цветные фосфатные стекла, приготовленные в индукционных установках, применяются в приборах люминесцентного анализа для определения подлинности ценных бумаг, а также как светофильтры в лазерных дальномерах для защиты зрения.

# ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ

*Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники  
Ст. Р.Г. Шевченко  
Рук. доц. А.И. Рыбалка*

Постоянные магниты и их способность взаимодействовать с железом и между собой и железом были известны давно, но только в 1820г. Датский физик Эрстед обнаружил, что постоянный прямолинейный ток действует на магнитную стрелку, которая ориентируется в плоскости, перпендикулярной оси тока. Ампер, продолжая исследования Эрстеда, пришел к выводу, что токи взаимодействуют не только с магнитами, но и друг с другом. Это означает, что рассмотренное взаимодействие не является электростатическим, а свойственна только токам. С началом движения зарядов возникает новое качество – магнитные свойства. При этом в проводящей среде и вокруг него кроме электрического поля существует новый вид материи – магнитное поле, которое отвечает за передачу магнитного взаимодействия в пространстве. Электрическое и магнитное поле тесно связаны между собой и являются отдельными проявлениями электромагнитного поля.

Как же влияет продолжительное воздействие электромагнитного поля на организмы животных и растений? Что грозит людям, живущим вблизи высоковольтных линий электропередач и трансформаторов? Проводилось множество исследований на эту тему, но было решено провести свое и подтвердить или опровергнуть вредность постоянного пребывания вблизи источников электромагнитного излучения.

Эксперимент заключается в выращивании образцов растений (в данном случае томатов) двух групп: первая группа выращивалась под воздействием магнитного поля, генерируемого катушкой, причем силовые линии данного магнитного поля совпадали с силовыми линиями магнитного поля земли, вторая группа выращивалась в обычных условиях. Эксперимент длился на протяжении полутора месяцев. По его окончании были замечены некоторые отличия между подопытными растениями: те томаты, которые были подвержены воздействию электромагнитного поля, показали замедленный темп роста а также дефекты стволовой части и листьев, в отличии от растений, росших в обычных условиях. Это подтверждает пагубное воздействие длительного действия магнитного поля на живые организмы.

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ**  
**АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ. СТРУЙНЫЙ**  
**АВТОГЕНЕРАТОР**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

***Ст.: В. Мисько, Ю. Чабанов***

***Рук.: доц. С.Д. Гапochenко, доц. Н.Л. Дьяконенко***

Автоколебания — незатухающие колебания, которые могут существовать в какой-либо системе при отсутствии переменного внешнего воздействия, причём амплитуда и период колебаний определяются свойствами самой системы. Для самовозбуждения колебаний необходим источник энергии — колебания происходят за счет отбора системой энергии от этого источника. Способность системы так регулировать отбор энергии от источника, чтобы в ней возникли колебания, определяются ее динамическими характеристиками: собственными частотами и формами колебаний, а также коэффициентами затухания.

Автоколебания могут быть полезными, но вместе с тем и причинять немалый вред конструкциям и аппаратам. Примерами «полезных» автоколебаний могут служить колебания, совершаемые маятником часов, колебания струны в смычковых или столба воздуха в духовых музыкальных инструментах, электрические колебания в ламповом генераторе.

Во многих случаях нежелательное самовозбуждение колебаний возникает вследствие взаимодействия системы с потоком жидкости или газа. Например, так называемое, «галомирование линий электропередач». При определенных метеорологических условиях провода линий электропередач обрастают льдом и их поперечное сечение приобретает такую форму, что под действием ветра возникают автоколебания низкой частоты с достаточно большой амплитудой.

При проектировании самолетов необходимо принимать меры против возможного флаттера крыла самолета. При достаточно высокой скорости потока воздуха (критическая скорость флаттера) крыло совершает вертикальные колебания (движение связано с изгибом крыла), и одновременно происходят изменения угла наклона крыла относительно набегающего потока (движение связано с кручением крыла).

В принципе жидкость может течь не снаружи, а внутри. Известны случаи вибрации труб нефтепроводов; резиновый шланг, по которому течет вода, иногда начинает беспорядочно раскачиваться.

Автоколебания могут возбуждаться в высоких дымовых трубах под действием ветра постоянной силы. Причина таких автоколебаний заключается в флуктуациях давления, возникавших вследствие периодического отрыва вихрей; отрыв происходил поочередно с противоположных сторон трубы, и после возникновения эти колебания самоподдерживались. У некоторых дымовых труб описанное явление приводило к возникновению колебаний другого типа: ось трубы сохраняла вертикальное положение, а оболочка «дышала», изменяя форму своего поперечного сечения. Однако наиболее широкую известность, несомненно, приобрели автоколебания Такомского моста (США). Мост стоял всего несколько месяцев.

Известны случаи автоколебаний гибких высокоскоростных роторов, установленных на подшипниках скольжения.

Несмотря на разнообразие, любая из автоколебательных систем включает:

1. колебательную систему;
2. источник энергии;
3. обратную связь – устройство, регулирующее поступление энергии из источника в колебательную систему.

Достаточно наглядно можно проиллюстрировать работу автоколебательной системы на примере простой установки, которая может быть названа «струйным автогенератором». Струя воды через пипетку подается на резиновую пленку, натянутую на жестяную банку. Банка вводится в струю вблизи границы распада струи на капли. С помощью стеклянной палочки или металлической проволоочки пленка соединяется с пипеткой. Участок струи вблизи пленки сразу же становится мутным и возникает громкий почти монотонный звук. Звук продолжается все время, в течение которого банка и стеклянная трубка механически соединены. При нарушении связи между пленкой и трубкой звук исчезает. В данном случае — колебательная система: банка, отверстие которой затянута резиновой пленкой; источник энергии: струя воды; обратную связь осуществляет стеклянная палочка, которая механически связывает между собой колебательную систему и источник энергии.

# УДИВИТЕЛЬНАЯ КИНЕМАТИКА «МЕХАНИЧЕСКОГО КАЛЕЙДОСКОПА»

*Физико-математический лицей №27*

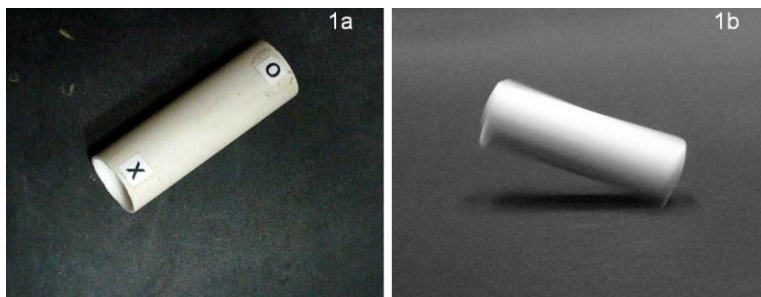
*Харьковский национальный университет*

*им. В.Н. Каразина*

*Ст. С. И. Ястребов*

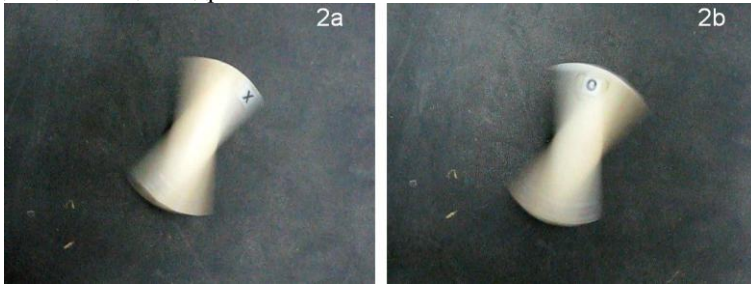
*Рук.: доц. А.Р. Казачков, н.с. В.И. Костюков*

Цилиндрическую трубку длиной 5-10 см с двумя разными маркерами на противоположных концах (Рис.1а) несложно привести во вращение на плоскости. Динамика вращения такого цилиндрического волчка была подробно изучена Карлом Мамола в получившей большую известность работе [1]. Им было показано, что движение цилиндра представляет собой качение по плоскости с поворотом вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр тяжести. При этом цилиндр вращается вокруг собственной оси, составляющей угол с горизонтом тем меньший, чем ниже скорость волчка. Рассматривая вращающийся цилиндр сбоку (Рис.1b), легко убедиться, что он действительно вращается в наклонном положении.

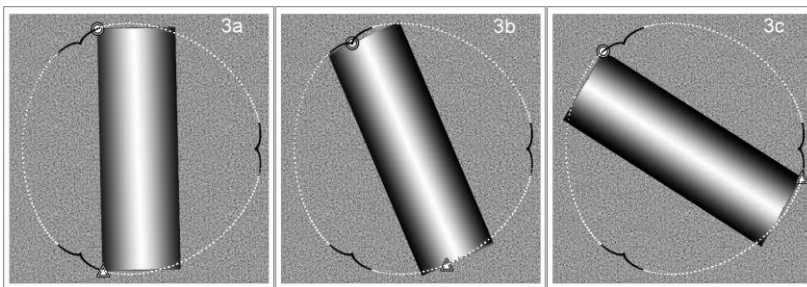


Однако по-настоящему замечательная зрительная иллюзия возникает при наблюдении сверху (или снизу, например, сквозь стеклянную столешницу). Один из маркеров полностью «исчезает», в то время как второй «мультиплицируется», наблюдаясь в том большем количестве, чем больше отношение длины цилиндра  $L$  к его диаметру  $d$ . Так, если длина превышает диаметр ровно втрое, то при вращении цилиндра на плоскости видны три маркера одного типа (например X), расположенные в вершинах правильного треугольника, а маркер второго типа не

заметен ни глазом, ни на фотографии (Рис.2а,б), причем «исчезает» тот маркер, который при вращении находится в нижней части наклонно вращающегося цилиндра.

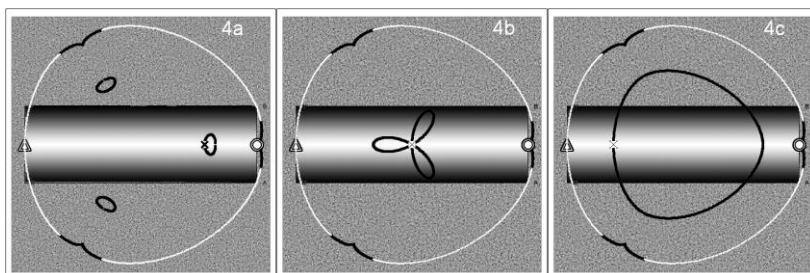


Интерактивная двумерная компьютерная модель, объясняющая возникновение иллюзии, была создана в электронных таблицах *Excel*; для анимации использовались соответствующие макросы [2]. При наблюдении цилиндрического волчка сверху маркеры считались совершающими гармонические колебания между вершинами прямоугольника, вращающегося с постоянной скоростью в плоскости рисунка. Тогда при полном повороте прямоугольника (отношение сторон 3:1) один из маркеров успевает описать три большие дуги, показанные белым пунктиром на Рис.3. При визуальном наблюдении или за время экспозиции фотоснимка его изображение «размазывается» по всей длине дуг, яркость многократно падает и маркер «исчезает». Траектория видимого наблюдателем движения второго маркера ограничена куда меньшими областями, где его скорость весьма мала – этот маркер практически останавливается и легко фиксируется глазом или фотоаппаратом.

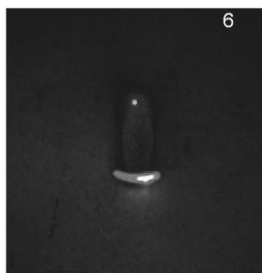
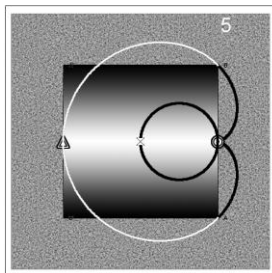


Компьютерная модель позволяет проследить за перемещениями маркера, находящегося в любой точке на поверхности цилиндра. Не-

которые геометрически интересные траектории точек, не лежащих на сторонах модельного прямоугольника 3:1, приведены на Рис. 4а-с. Траекторией движения точки в центре прямоугольника с отношением сторон 1:1 (квадрата, моделирующего цилиндрический волчок с диаметром, равным высоте) является окружность, диаметр которой равен радиусу моделируемого цилиндра – Рис.5.



На Рис.6 приведена фотография вращающегося волчка  $L/d=3:1$ , на концах которого расположены яркие светодиоды, позволяющие сделать видимой и дугу, описываемую «быстрым» маркером.



#### Литература:

1. К. С. Mamola, "A rotational dynamics demonstration," *Phys. Teach.* **32**, 216 (Apr. 1994).
2. Применение анимации в электронных таблицах *Excel* при решении задач по физике. А.Р. Казачков, С. Аверков, О. Игнатова. – Материалы студ. конф. «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение», Харьков, НТУ «ХПИ», 2007.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ЮНГА**  
**Национальный технический университет «ХПИ»**  
**Ст.: Н.В. Диденко, К.А. Краснощечекова,**  
**Е.О. Пономаренко**  
**Рук.: асс. А.Н. Андреев, асс. О.Н. Андреева**

Современное определение модуля Юнга, было дано в 1826 г., за три года до смерти Юнга, французским инженером Навье. Оно гласит: *«Модуль упругости численно равен напряжению, которое возникает при относительной деформации растяжения (сжатия), равной единице»* [1].

**Теория.** Рассмотрим простейшую деформацию сжатия на примере столкновение двух одинаковых абсолютно упругих шаров в системе центра масс. В начальный момент времени один из шаров находится в положении равновесия, второй – отклонен на угол  $\alpha$ , при этом он будет обладать потенциальной энергией. Когда второй шар начнет движение, его потенциальная энергия переходит в кинетическую. При столкновении оба шара деформируются и сближаются на некоторое расстояние  $h$ . Вывод выражения для потенциальной энергии сжатия  $U_s$  шаров довольно сложен, поэтому приведем лишь оконча-

тельный результат:  $U_s = kh^{\frac{5}{2}}$  (1), где  $k = \frac{4}{15} \frac{E}{1-\mu^2} \sqrt{\frac{R}{2}}$  (2) ( $E$  –

модуль Юнга;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $R$  – радиус шаров).

В момент столкновения полная энергия шара равна сумме кинетической и потенциальной энергий. Согласно закону сохранения

энергии получаем:  $2 \frac{mV^2}{2} + U_s = 2 \frac{m \left( \frac{V_0}{2} \right)^2}{2}$  (3), где  $V_0$  ( $V$ ) – скорость

движения шара непосредственно перед ударом (после удара);  $m$  – масса шара.

Когда кинетическая энергия шара полностью переходит в потенциальную энергию сжатия, центры шаров максимально сближаются и перемещаются на расстояние  $h_0$ :  $h_0 = \left( \frac{m}{k} \right)^{\frac{2}{5}} \left( \frac{V_0}{2} \right)^{\frac{4}{5}}$  (4). Продолжитель-

ность столкновения  $\tau$  – время, в течение которого точка проходит в системе центра масс путь от нуля до  $0,5h_0$ :

$$\tau = 2 \int_0^{\frac{h_0}{2}} \left[ \left( \frac{V_0}{2} \right)^2 - \left( \frac{k}{m} \right) h^{\frac{5}{2}} \right]^{\frac{1}{2}} dx \quad (5), \text{ где } x = \frac{h}{2}.$$

Выразим массу шара через плотность  $\rho$  и объем  $v$ , а также подставив выражения (1), (2), (4), предварительно проинтегрировав выражение (5) (см. подробнее [2]) получим:

$$\tau = 1.47R \left[ 100\pi^2 gH^{-\frac{1}{2}} \rho^2 1 - \mu^2 2E^{-2} \right]^{\frac{1}{5}} \alpha^{-\frac{1}{5}} \quad (6),$$

где  $H$  – длина нити подвеса;  $\alpha$  – угол, образуемый нитью подвеса с вертикалью.

Решая (6) относительно  $E$ , находим модуль Юнга:

$$E = 10\pi\rho 1 - \mu^2 \left( \frac{1}{gH\alpha^2} \right)^{\frac{1}{4}} \left( \frac{1.47R}{\tau} \right)^{\frac{5}{2}} \quad (7).$$

**Описание установки.** На кафедре существует экспериментальная установка, которая используется в лабораторном практикуме, для проверки закона сохранения импульса при упругом и неупругом удар (рис.1). Экспериментальная установка состоит из двух стальных шариков 1 подвешенных на металлических проводах 2, электромагнита 3 для удержания одного из шаров в отклоненном положении и электронного блока (на рис. не указан), состоящего из таймера и системы управления электромагнитом. Шары включены в электрическую цепь. В момент удара происходит замыкание цепи. Таймер измеряет время протекания тока по данной цепи, т.е. длительность соударения, которая фиксируется на табло электронного блока.

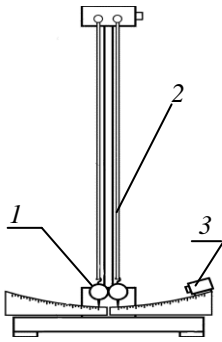


Рис.1 Экспериментальная установка

**Методика измерения и результаты.** Отклоняя от положения равновесия один из шаров на углы от  $1^\circ$  до  $15^\circ$ , получим зависимость времени соударения шаров  $\tau$  от величины  $\alpha$ . Для каждого значения  $\alpha$

измерение времени соударения измеряли 5 раз, затем значения  $\tau$  усреднялись (табл. 1). По полученным экспериментальным данным был построен график зависимости среднего времени соударения шаров  $\langle \tau \rangle$  от величины  $x$ . После чего была проведена линейная аппроксимация функцией  $\langle \tau \rangle = Ax$  с помощью метода наименьших квадратов (рис.2).

Таблица 1.  
Результаты измерений

$\alpha$ , град	$x = \alpha^{-1/5}$	$\langle \tau \rangle$ , мкс
14	1,3256	113,339
12	1,3671	128,781
10	1,4178	129,587
8	1,4825	133,277
6	1,5703	151,063
4	1,7030	152,861
2	1,9562	177,036

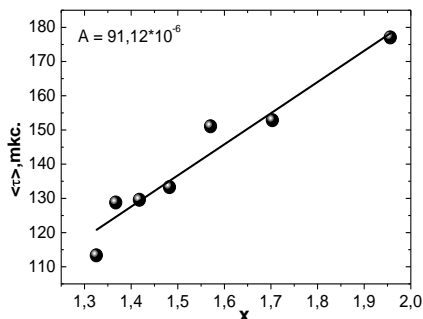


Рис. 2. Зависимость  $\langle \tau \rangle$  ( $x$ )

Зная тангенс угла наклона прямой ( $A$ ) определим модуль Юнга согласно (7), задавшись табличными значениями плотности стальных шариков и коэффициента Пуассона:

$$E = 10\pi\rho \frac{1 - \mu^2}{\left(\frac{1}{gH}\right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{1,47R}{A}\right)^{\frac{5}{2}}} \quad (8)$$

Тогда, погрешность измерений:

$$\frac{\Delta E}{E} = \sqrt{\left(\frac{5 \Delta R}{2 R}\right)^2 + \left(\frac{5 \Delta A}{2 A}\right)^2 + \left(\frac{1 \Delta H}{4 H}\right)^2} \quad (9)$$

В данной работе было получено значение модуля Юнга для стальных шариков:  $E = (205 \pm 31)$  ГПа.

Литература:

1. Б.М. Яворский, А.А. Детлаф Справочник по физике для инженеров и студентов ВУЗов. - М.: Наука, 1964. – 848 с.
2. Общий физический практикум. Механика / Под ред. А.Н. Матвеева, Д.Ф. Киселева – М.: МГУ, 1991. – 272 с.

# ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ТВОРЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

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

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А. Ильин, А. Воробьев, В. Москаль,  
К. Винокурова, Е. Лебедь*

*Рук.: доц. А.Р. Казачков, доц. А.П. Поспелов*

Счетные и графические возможности электронных таблиц *Excel* успешно использовались для создания (при использовании соответствующих макросов [1]) интерактивных динамических моделей разнообразных физических явлений, в основном в рамках внеаудиторных исследовательских студенческих проектов. Темы этих работ, как правило, являлись чрезвычайно интересные, но несколько экзотические задачи преследования [1], оптические иллюзии, связанные с движением, необычные приложения теории вероятностей [2], и т.п.

Целью данного проекта, выполненного совместно студентами физического факультета ХНУ и факультета технологии неорганических веществ НТУ"ХПИ", было приложение техники интерактивной компьютерной *Excel*-анимации к моделированию наиболее фундаментальных явлений, изучаемых в курсе физики.

## **1. Интерактивная модель медного кулонометра**

В качестве базового объекта моделирования электродных процессов и процессов ионного транспорта в электролите был выбран медный кулонометр – классический прибор весового электроанализа [3]. Известно, что медь выделяется из водных растворов с выходом по току, близким к 100%. Это дает возможность по изменению массы катода, на котором при электролизе выделяется металлическая медь, определить количество электричества, прошедшего через медный кулонометр. Электролит, кроме водного раствора медного купороса, содержит этиловый спирт. Такая добавка позволяет исключить реакцию диспропорционирования  $\text{Cu} + \text{Cu}^{2+} = 2\text{Cu}^+$ , и тем самым обеспечить строгую пропорциональность между массой выделившейся меди и

количеством пропущенного электричества. Следует отметить, что состав электролита в процессе электролиза практически не меняется. Это достигается благодаря тому, что с катодной реакцией восстановления ионов  $\text{Cu}^{2+}$  жестко сопряжена реакция растворения меди на аноде – процесс, который также протекает с выходом по току, близким к 100%, поскольку ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{OH}^-$  на аноде не разряжаются. Таким образом, формально процесс переноса в электролите сводится к движению ионов меди под действием электрического поля, что и показано в анимации. Данная модель не учитывает концентрационные градиенты, которые возникают в приэлектродных слоях в процессе электролиза.

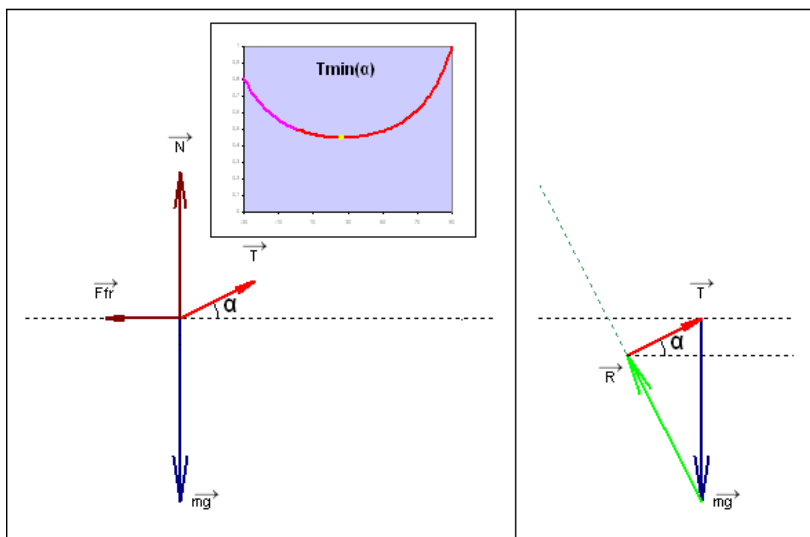
Для наглядности, в компьютерной модели анимируется перемещение во внешней цепи отрицательных частиц заряда  $q = (N_A/100)e$ , где  $N_A$  – число Авогадро,  $e$  – элементарный отрицательный заряд. В этом случае каждые 10 таких частиц, восстанавливая  $N_A/20$  ионов  $\text{Cu}^{2+}$ , увеличивают массу катода на 3,2 грамма. Это увеличение массы визуализируется в модели как изменением размеров катода, так и его виртуальным взвешиванием. Если в электродную реакцию вступит 100 отрицательных частиц заряда  $q$ , то будет перенесено количество электричества  $N_A e$ , в точности соответствующее величине  $9,649 \cdot 10^4$  Кл, которую называют постоянной Фарадея. Такое количество электричества в соответствии с законом Фарадея выделяет на катоде один грамм-эквивалент (или примерно 32 грамма) меди.

Модель позволяет также варьировать скорость процесса, которая количественно задается током электролиза. Однако следует иметь в виду, что точность работы кулонометра зависит от плотности тока. В соответствии с этим для интегрирования малых токов необходимо усиление сигнала. Если же интегрируемый ток превышает максимально допустимое значение, кулонометр подключают параллельно в виде шунта. Этот шунт наряду с электролизером-кулонометром содержит переменный резистор, с помощью которого задается ток, который определяет необходимую скорость электролиза.

## **2. Оптимальный угол, под которым следует тянуть санки**

Другая виртуальная лабораторная работа творческого типа моделирует скольжение санок по горизонтальной поверхности с трением. Студентам предлагается определить, под каким углом  $\alpha$  к горизонту следует тянуть санки, чтобы они двигались без ускорения, а приложенная сила была минимальна. Компьютерный эксперимент моделирует реальную лабораторную работу, подробно описанную в [4]. Остроумный метод расчета оптимального угла [5] основан на учете того,

что силы нормальной реакции опоры и трения являются ничем иным, как проекциями силы реакции опоры  $\mathbf{R}$ , всегда направленной под углом  $\arctan(\mu)$  к вертикали. Сложив векторно силы тяжести, реакции и натяжения, без громоздких вычислений легко находят величину оптимального угла по условию перпендикулярности векторов  $\mathbf{T}$  и  $\mathbf{R}$ , тогда  $\alpha = \arctan(\mu)$ .



#### Литература:

1. Применение анимации в электронных таблицах *Excel* при решении задач по физике. А.Р. Казачков, С. Аверков, О. Игнатова. – Материалы студ. конф. «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение», Харьков, НТУ «ХПИ», 2007.
2. «Кубатура круга», «змея Буффона» и другие техники оценки числа «пи». А.Р. Казачков, Ю.М. Дюкарев, А. Волощенко, О. Игнатова. – Материалы студ. конф. «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение», Харьков, НТУ «ХПИ», 2008.
3. Антропов Л.И. Теоретична електрохімія: Підручник. – К.: Либідь, 1993. – 544 с.
4. W. H. van den Berg, “The best angle for dragging a box,” *Phys. Teach.* **38**, 506 (Oct. 2000).
5. W. Leonard, “Dragging a box: The representation of constraints and the constraint of representations,” *Phys. Teach.* **39**, 412 (Oct. 2000).

# ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ВТОРОГО РОДА

## Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Ст.: С.В. Дубяга, Р.В. Дубяга

Рук. проф. А.Ф. Сук

**Вечный двигатель (ВД)** – это воображаемая машина, которая, будучи раз пущена в ход, может совершать работу неограниченно долгое время, не заимствуя энергии извне. Различают два рода вечных двигателей: вечный двигатель первого рода и вечный двигатель второго рода.

Предполагается, что ВД первого рода может работать без извлечения энергии из окружающей среды, а ВД второго рода – уменьшает энергию теплового резервуара и целиком превращает ее в работу без каких-либо изменений в окружающей среде. Различают три периода развития ВД: первый (13-18 ст.), второй (18-19 ст.) и третий (с 19 века по сегодняшний день).

Уже во втором и третьем периодах помимо ВД 1 рода стали появляться проекты и ВД 2 рода. Так как в этих двигателях не нарушается закон сохранения энергии (первое начало термодинамики), то доказать невозможность их работы значительно сложнее. В докладе приводятся и сравниваются основные формулировки второго начала термодинамики (В. Томсон, М. Планк, Р. Клаузиус), которое, собственно, и запрещает существование ВД 2 рода.

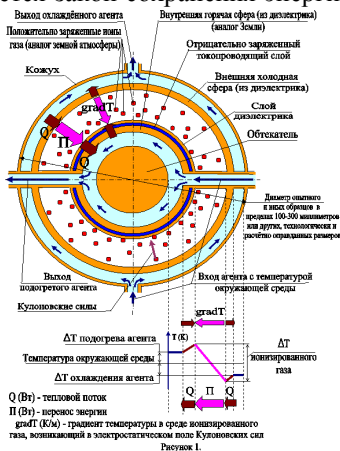


Рисунок 1.

Предлагается для обсуждения один из последних проектов ВД 2 рода – т.н. трансформатор тепла [2]. Приведено подробное объяснение принципа действия этого ВД. Доказательство неработоспособности трансформатора тепла проводится в интерактивном режиме в форме ролевой игры.

1. Вечный двигатель второго рода - <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/839655>
2. Филиппов В.Ю. Трансформатор тепла // "Русская мысль", 2003 - <http://ruslabor.narod.ru/index2.htm>

# МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Г.Ю. Лейбенко*

*Рук. ст.пр. И.А. Корж*

Дифференциальное уравнение малых колебаний математического маятника имеет вид:

$$d^2\alpha/dt^2 + (g/l)\alpha = 0,$$

где  $\alpha$  – угол отклонения от положения равновесия,  $l$  – длина нити.

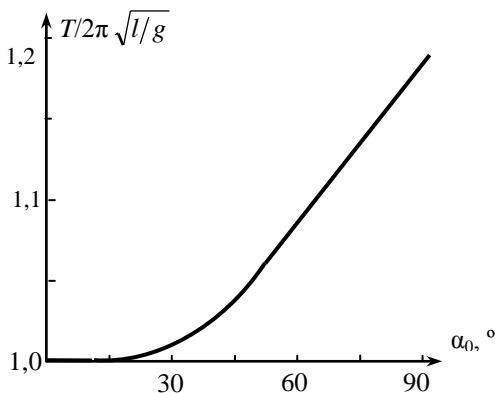
Решение этого уравнения:  $\alpha(t) = \alpha_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ ,

а период колебаний  $T = 2\pi \sqrt{l/g}$  не зависит от амплитуды.

Однако, если условие  $\sin\alpha \approx \alpha$  не выполняется, т.е. колебания не являются малыми, дифференциальное уравнение колебаний математического маятника

$$d^2\alpha/dt^2 + (g/l)\sin\alpha = 0,$$

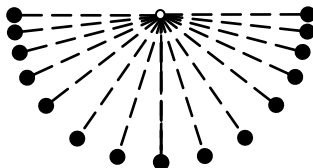
не имеет решения в элементарных функциях.



Для численного решения этой задачи в данной работе была составлена программа, позволяющая пошагово рассчитать значения угла отклонения, угловой скорости и углового ускорения в любой момент времени и определить период колебаний и его зависимость от амплитуды колебаний.

На основании численного расчета была проанализирована зависимость периода колебаний исследуемой системы от начального отклонения.

Средствами компьютерной анимации, можно показать это движение во времени.



# УСТРОЙСТВО СОПРЯЖЕНИЯ ПИРОДАТЧИКА ДЛЯ ТЕПЛООВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

*Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники  
Ст. Е.В. Куликов  
Рук. доц. Р.П. Орел*

В настоящее время при проведении теплового неразрушающего контроля применяются различные методы для регистрации информации о температурном состоянии объекта или же группы объектов. В качестве регистрирующей системы чаще всего применяется такое оборудование как тепловизор в сочетании с компьютером, которые образуют тепловизионный комплекс. Тепловизоры являются наиболее универсальными и удобными средствами регистрации, но по причине высокой стоимости их применение не всегда оправдано.

Для решения многих задач теплового неразрушающего контроля могут быть использованы пирометрические датчики. Принцип действия основан на измерении мощности теплового излучения объекта измерения преимущественно в диапазонах инфракрасного излучения и видимого света. Суть измерения температуры заключается в том что, чувствительным элементом служит своеобразный конденсатор – пластина из пироэлектрика с металлическими обкладками. На одну из обкладок нанесен слой вещества, способного поглощать электромагнитное (тепловое) излучение. В результате поглощения энергии температура пластины конденсатора увеличивается и между обкладками появляется напряжение строго определенной полярности.

Для использования подобных датчиков необходима разработка устройств, позволяющих преобразовать информацию для дальнейшей обработки на компьютере. На промежуточном этапе преобразования весьма удобным является отображение информации о температуре исследуемого участка (точки). Для этого было разработано устройство сопряжения пирометрического датчика.

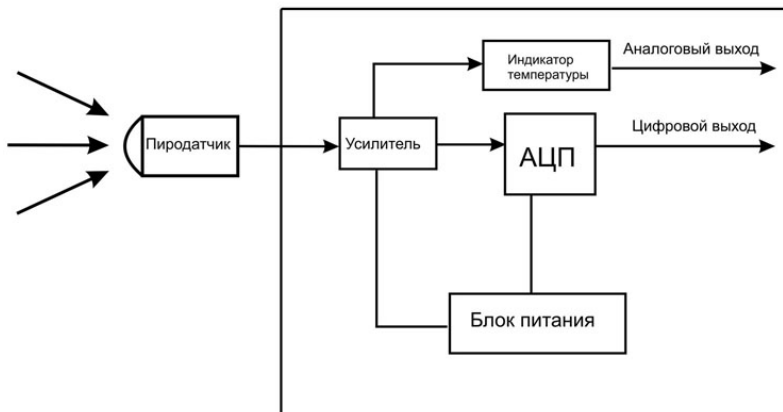


Схема устройства сопряженного пиродатчика

Основные характеристики устройства:

1. Измеряемая температура, °С ..... 0,0–199,9 / 499,9
2. Быстродействие, изм./сек ..... 2,5 / 6,7
3. Дискретность, °С ..... 0,1
4. Точность измерений температуры .....  $\pm 1^\circ\text{C}$

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.

В конструкции применены АЦП ICL7106 и динамический индикатор для регистрации температуры. Конструкция блока предусматривает также аналоговый выход. Немаловажной особенностью пирозлектрических датчиков является миниатюрность, которая позволяет проводить контроль температуры в труднодоступных рабочих местах.

В проведенных экспериментальных исследованиях разработанный блок сопряжения показал универсальность и высокую эффективность.

## УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ D-КЛАССА

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст. Е. Храмов*

*Рук. проф. Ю.И. Подъячий*

В широко используемых в настоящее время электронных усилителях переменных электрических сигналов рабочая точка располагается либо в центре нагрузочной характеристики (усилители класса *A*), либо в самом ее низу (усилители класса *B*). Усилители класса *A* имеют более простое устройство, но низкий коэффициент полезного действия, а усилители класса *B* – наоборот устроены более сложно, но имеют весьма высокий КПД. В усилителях обоих классов транзисторы работают в активном режиме.

В последние годы все более широкое распространение получают усилители класса *D*.

Идея, положенная в основу усилителей с широтно-импульсной модуляцией (*ШИМ*) – иначе говоря, усилителей класса *D*, известна еще с конца 50-х годов. Однако создание действительно пригодных для высококачественного звуковоспроизведения конструкций стало возможным лишь в середине 80-х годов после появления соответствующей элементной базы.

В связи с развитием цифровой техники и аппаратуры цифровой звукозаписи вырос интерес к усилительным устройствам, транзисторы которых работают в ключевом режиме. К их достоинствам следует отнести, прежде всего, высокий *КПД*, реально достигающий 98%. Эти экономичные усилители легко интегрируются с другими элементами цифрового звукового тракта даже на одном кристалле. Также в усилителях класса *D* возможен режим непосредственного усиления цифровых сигналов без их преобразования в аналоговую форму.

Основой усилителя, работающего в режиме класса *D*, являются мощные ключи, как правило, на *МОП*-транзисторах, отличающихся быстродействием и низким сопротивлением канала в открытом состоянии. Благодаря использованию транзисторов в ключевом режиме и достигается высокий *КПД* подобных усилителей.

Транзисторы мощных ключей такого усилителя управляются широтно-импульсным (*ШИ*) модулятором, который преобразует мгновенные значения аналогового входного сигнала в соответствующую скважность импульсов, причем нулевому значению сигнала соответ-

ствуется скважность, равная 2 (*меандр*). Обычно импульсы имеют амплитуду, близкую к напряжению источника питания. Уровень выходного сигнала можно регулировать, изменяя параметры *ШИМ*-модулятора и напряжение питания ключевого каскада.

С выходного каскада сигнал поступает на нагрузку (громкоговоритель) через *LC*-фильтр нижних частот (*ФНЧ*), выделяющий из *ШИМ* сигнала компоненты звукового диапазона частот.

Фильтр *НЧ* на выходе выделяет полезный сигнал, подавляя при этом несущую частоту, ее гармоники и боковые полосы спектра модуляций. Коэффициент нелинейных искажений обычно лежит в пределах от 0,01 до 0,1%.

Следует отметить, что качество выходного сигнала, определяемое уровнем искажений и полосой усиливаемых частот, сильно зависит от частоты переключения, причем сигналы высоких частот всегда усиливаются с большими искажениями, нежели низкочастотные. Повышение частоты переключения приводит к уменьшению искажений, которые носят в основном интермодуляционный характер.

Усилители класса *D* имеют два режима работы. Основное их разделение идет по количеству уровней выходных импульсов: два уровня ( $+U$  и  $-U$ ) – режим *AD*; три уровня ( $+U$ ,  $0$  и  $-U$ ) – режим *BD*.

Усилители в режиме *AD*, как и аналоговые усилителям класса *A*, потребляют значительный ток покоя. В режиме *BD* ток покоя отсутствует. Что же касается искажений, то они при прочих равных условиях зависят от способа модуляции и вида модулирующего сигнала.

Модулирующие сигналы могут быть двух видов:

- *Непосредственно аналоговый сигнал* (случайная дискретизация).  
Дополнительные искажения не возникают.

- *Сигнал после схемы выборки-хранения* (фиксированная дискретизация). Изменения формы импульсов приводят к дополнительным нелинейным искажениям сигнала.

- В случае цифровых входных сигналов (от *CD*-проигрывателей, *MD*-магнитофонов, систем цифрового вещания) в работу вступает цифро-цифровой преобразователь "*код – длительность*". Такое преобразование выполняется путем многократной передискретизации и перехода от 16 разрядов к одному (*BitStream*). Полученный на его выходе сигнал подается на вход усилителя мощности, и далее – на фильтр *НЧ*.

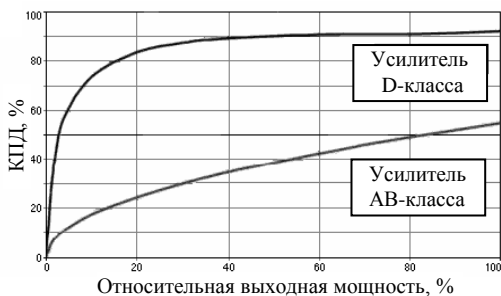
В случае аналоговых входных сигналов преобразование амплитуды сигнала в длительность импульса происходит в широтно-импульсном модуляторе (*ШИМ*). Скважность (отношение длительности импульсов к периоду следования) пропорциональна амплитуде полезных сигналов. Входной сигнал сравнивается компаратором с опорным сигналом пилообразной (при односторонней модуляции) или треугольной формы (при двусторонней модуляции). Кроме того, двухсторонняя *ШИМ* может быть реализована при симметричном смещении

фронтов относительно одного периода дискретизации (один отсчет) или по двум периодам (два отсчета), что позволяет вдвое снизить эффективную тактовую частоту. Частота опорного сигнала (частота дискретизации) должна, согласно теории, превышать максимальную частоту сигнала не менее, чем в 2 раза. Практически для облегчения фильтрации и снижения искажений частота дискретизации выбирается не ниже  $500 \text{ кГц}$ , а в последних моделях измеряется уже многими мегагерцами. При этом значительно снижаются массо-габаритные параметры устройства. На



рисунке показан усилитель мощности класса *D* выходной мощности  $400 \text{ Вт}$ . Размер его печатной платы всего  $6$  на  $7 \text{ см}$ .

Зависимость *KПД* усилителя от относительного уровня выходной мощности приведена на графике. При мощности больше  $40\%$  максимальной *KПД* достигает  $90\%$  и больше. На этом же графике для сравнения приведена такая же зависимость для типичного усилителя класса *AB*.



нальна мгновенным значениям входного сигнала. Для снижения искажений в усилителях с аналоговым входом обычно применяется отрицательная обратная связь по звуковому сигналу.

В целом выводы таковы:

- В режиме *AD* искажения меньше, чем в режиме *BD*.
- В режиме *AD* *KПД* ниже, чем в режиме *BD*.
- Двухсторонняя модуляция предпочтительней односторонней, поскольку при ней отсутствуют четные гармоники.
- Повышение частоты дискретизации уменьшает нелинейные искажения.

# ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ РХП

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Д.Р. Приходько, Д.В. Сальников*

*Рук.: доц. Е.Т. Лемешевская, доц. В.В. Пилипенко.*

Одним из наиболее точных способов определения толщины тонких пленок является метод многолучевых интерференционных полос равного хроматического порядка (РХП). В физическом спецкурсе «Оптический неразрушающий контроль» поставлена лабораторная работа, посвященная данному методу [1].

В работе используется интерферометр Фабри-Перо (рис.1), состоящий из стеклянной пластинки 1, покрытой полупрозрачным слоем серебра 2, тонкой пленки 4, толщину которой необходимо измерить, нанесенной на стеклянную подложку 5. В центре пленки 4 имеется канал, глубина которого равна толщине пленки  $d$ . Пленка с каналом покрыта точно повторяющим рельеф полупрозрачным слоем серебра 3.

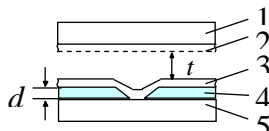


Рис.1

Картина интерференции (рис.2) рассматривается в отраженном свете. Можно записать следующие условия образования линий РХП на пленке и в канале:

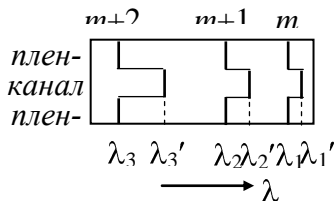


Рис.2

где  $\delta_1$  и  $\delta_2$  - изменения фазы, возникающие при отражении света от каждого отражающего покрытия,  $m$  и  $m'$  - порядков интерференции. Пренебрегая дисперсией фазового скачка в области между  $\lambda$  и  $\lambda'$  можно считать, что  $(\delta_1/\pi) \approx (\delta_2/\pi) \approx 1$ . Тогда из соотношений (1) и (2) определяется толщина измеряемой пленки  $d$ :

$$d = (\lambda' M' - \lambda M) / 2, \tag{3}$$

где  $M = m + 1 = \lambda_2 / (\lambda_1 - \lambda_2)$ ,  $M' = m' + 1 = \lambda_2' / (\lambda_1' - \lambda_2')$ ,  $\lambda$  и  $\lambda'$  - длины волн линий РХП на пленке и в канале. Значения  $M$  и  $M'$  могут и не быть целыми из-за пренебрежения дисперсией фазового скачка, их следует округлить до ближайшего целого.

Известно, что ошибка в определении толщины пленок, связанная с пренебрежением дисперсией  $\delta$ , для серебряных и алюминиевых высокоотражающих покрытий составляет 0,2 нм. Чтобы полностью исключить влияние дисперсии фазы, можно воспользоваться графическим методом определения толщины. В этом случае строятся графики зависимостей  $\lambda_i m_i / 2 = f(\lambda)$  и  $\lambda_i' m_i' / 2 = f(\lambda')$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) в соответствии с уравнениями (1) и (2). Обе зависимости будут иметь одну и ту же форму, т.к. дисперсия фазового скачка для них практически одинакова. Толщину пленки

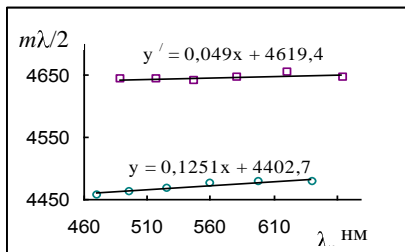


Рис 3

можно вычислить как разность ординат построенных зависимостей.

Мы предлагаем методику определения толщины тонкой пленки графическим методом с использованием программы Excel, т.к. все расчеты для данной работы удобно проводить с помощью электронной таблицы.

После определения длин волн  $\lambda$  и  $\lambda'$ , которые соответствуют линиям РХП на пленке и в канале (рис.2), определяются порядки интерференции  $m$  и  $m'$ , которые округляются до целых значений. Далее рассчитываются значения и строятся графики  $\lambda_i' m_i' / 2 = f(\lambda_i')$  и  $\lambda_i m_i / 2 = f(\lambda_i)$  (точки на графиках на рис.3, приведенные для конкретного образца). Экспериментальные точки аппроксимируются прямыми  $y'$  и  $y$  по методу наименьших квадратов, уравнения прямых приводятся на графике.

Разность ординат надо определять при одной длине волны. Поскольку прямые не совсем параллельны, рассчитываются  $y'$  и  $y$  по соответствующим уравнениям при одинаковых значениях  $\lambda$  для всего диапазона измеренных длин волн, определяются значения  $d_i = y'_i - y_i$  для каждой длины волны, а толщина пленки находится, как их среднее арифметическое значение.

Применение электронной таблицы позволяет быстро и удобно построить графики, выполнив предварительные довольно громоздкие вычисления, получить аппроксимирующие уравнения и определить толщину пленки графическим методом.

1. Сук А.Ф. и др. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Оптический контроль», Харьков, ХГПУ, 1999.

## ТЕМПЕРАТУРНО-РЕЗИСТИВНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: А.В. Кривко, М.В. Кривонос, А.В. Мальцев  
Рук.: доц. Ю.В. Меньшов, ст.пр. И.В. Галуццак*

Сопротивление электрическому току является одной из важнейших технологических характеристик материалов. Изменение величины сопротивления при изменении температуры необходимо учитывать в расчетах при проектировании всевозможных приборов.

Зависимость сопротивления материалов от температуры можно наблюдать с помощью простой демонстрации. Электрическая схема состоит из низковольтной лампы накаливания (например, автомобильной лампы мощностью 21 Вт), источника питания, соединительных проводников и исследуемого материала. Для получения хорошего результата исследуемый материал проволока их проводника (сталь, медь, алюминий и т.п.) берется длиной 0,5-1,0 м и диаметром 0,3-0,7 мм и навивается в спираль. Схема собирается с помощью проводников достаточно большого сечения, для того, чтобы исключить излишние падения напряжения. Соединив последовательно все элементы можно наблюдать свечение лампы. Если свернутую в спираль проволоку внести в пламя спиртовой горелки, лампа станет гореть тускло. Убрав спиртовку, можно заметить, что свечение лампы восстановится до первоначальной яркости. Объяснить это можно с помощью соотношения  $R=R_0(1+\alpha t)$ , описывающей зависимость сопротивления проводника от температуры. Из формулы следует, чем выше температура, тем больше сопротивление, а именно, с повышением температуры увеличивается скорость движения частиц вещества, а значит, возрастает число столкновений с направленно движущимися электронами. При этом, чем больше температурный коэффициент ( $\alpha$ ), тем быстрее будет увеличиваться сопротивление при подогреве. У железа  $\alpha=6,5-6,8 \cdot 10^{-3}$  1/град, у меди  $\alpha=4,30-4,33 \cdot 10^{-3}$  1/град. Если сделать спираль из марганца (Mn-Ni-Co-Cu), то изменения яркости лампы почти не заметно. Это объясняется тем, что температурный коэффициент сопротивления марганца имеет величину на несколько порядков меньшую ( $\alpha=3,0-6,0 \cdot 10^{-5}$  1/град), поэтому этот сплав используется для изготовления эталонных сопротивлений.

Литература: 1. Демонстрационный эксперимент по физике. Ч 2 Электричество, оптика, физика ядра. Пособие для учителей под ред. А.А. Покровского. М: Просвещение, 1968 432 с. 2. Таблицы физических величин. Справочник под ред. И.К. Кикоина. М: Атомиздат, 1976 1006 с.

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ В НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМАХ

*Национальный технический университет «ХПИ»*

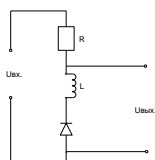
*Ст. Д.Ю. Хмеленко*

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

Большая часть реальных процессов носит нелинейный характер, при этом зачастую закономерности протекания процессов различной физической природы оказываются сходными. Примером могут служить колебания в системах с нелинейностью. В настоящей работе были рассмотрены логистическая модель (стандартное одномерное квадратичное отображение, или отображение Ферхюльста)

$$x_n = 4rx_{n-1}(1 - x_{n-1}) \quad (1)$$

а также электромагнитные колебания в контуре, содержащем нелинейный элемент – полупроводниковый диод (см. рис. 1).



Логистическая модель исследовалась путем численного моделирования, для чего была разработана программа, позволяющая строить отображение  $x(n)$  при различных значениях параметра  $r$  и зависимость итерированных значений  $x$  от  $r$ . Определены значения точек Рисунок 1 бифуркации. Показан процесс

удвоения периода колебаний с последующим переходом к хаотическому режиму.

Экспериментальное исследование колебаний в контуре, приведенном на рис.1, было выполнено П.Линсеом и Д.Смитом [1]. Компьютерное моделирование выполнялось путем численного решения дифференциального уравнения, полученного из правил Кирхгофа:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \left(\frac{R}{L} + \frac{1}{CR_2}\right) \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} \left(\frac{R}{R_2} + 1\right) q = \frac{1}{L} \varepsilon_0 \sin \omega t \quad (2)$$

Эквивалентная схема замещения диода представляла собой соединенные параллельно сопротивление и емкость, значения которых были получены путем аппроксимации вольт-амперной характеристики диода IN4007 и зависимости его емкости от напряжения. При увеличении амплитуды входного напряжения на выходе возникает вначале сложный, состоящий из удваивающегося числа колебаний разных частот, сигнал, а затем – хаотические колебания. Для компьютерного моделирования были разработаны приложения на языке C# в среде Microsoft Visual Studio 2008.

1. Д.Смит. Генерирование хаоса в домашних условиях // В мире науки, 1992, №3, с. 80-83

## ЭФФЕКТ ЛЕЙДЕНФРОСТА: ЗАКОНОМЕРНОСТИ, МЕХАНИЗМ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст.: С.С.Бульба, Р.А.Москаленко, П.В.Сачок*

*Рук.: доц. С.Д. Гапоченко, доц. И.В. Синельник*

Эффект Лейденфроста известен достаточно давно, но детальное объяснение получил сравнительно недавно. Феномен заключается в особом поведении жидкости при соприкосновении с поверхностью, температура которой значительно превышает температуру кипения жидкости. Он проявляется, например, в том, что капля воды, попадающая на раскаленный металл (см. рис. 1) не испаряется практически мгновенно, как можно было ожидать, а перекаатываясь и подпрыгивая по поверхности, постепенно уменьшается в размерах. Этот процесс может продолжаться в течение достаточно длительного промежутка времени (от нескольких секунд до нескольких десятков секунд).



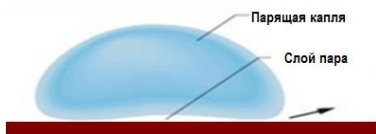
Другим проявлением эффекта служит уменьшение скорости кипения жидкости в сосуде при значительном увеличении температуры стенок. Эффект Лейденфроста широко используется в различных фокусах и трюках – хождение по горячим углям, опускание руки в расплавленный свинец, опыты с жидким азотом, прикладывание раскаленной полоски металла к языку.

Объяснение эффекта Лейденфроста стало возможным благодаря изучению механизмов кипения. В кипении жидкости выделяют 3 стадии – пузырьковое кипение, переходной период и пленочное кипение. Пленочное кипение возникает, когда температура поверхности или сосуда существенно превышает температуру кипения жидкости. При этом между поверхностью и жидкостью возникает теплоизолирующий слой пара (см. рис. 2), капля жидкости оказывается как бы парящей над нагретым твердым телом. Строгое теоретическое обоснование феномена приведено в [1].

Нами было проведено экспериментальное исследование эффекта Лейденфроста.

В настоящее время учеными из университета штата Орегона предлагается использовать описанный эффект для создания устройств охлаждения микропроцессоров нового поколения.

1. С.С. Кутателадзе. Основы теории теплообмена. – М., Атомиздат. – 1979.



# СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ОСНОВНОГО (ТУРБИННОГО) И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. О.И. Теплинская,*

*Рук.: ст.пр. В.И. Ушаков, ст.пр. В.С. Савина*

1. Задача увеличения эффективности охлаждения оборотной воды в брызгальных бассейнах охладителях (БО) оборотной воды ТЭС или АЭС является достаточно актуальной.

В настоящее время охлаждение воды в БО обеспечивается процессами теплообмена в парогазовой среде капельного потока и является основным процессом, лимитирующим эффективность этих установок (теплопередача жидкость - воздух, фазовый переход жидкость - пар). Капельный поток воды создается путем применения центробежных сопел, например ЦО-85.

2. **Оптимизация эффективности работы** БО решается путем выбора центробежных сопел имеющих при заданном напоре воды перед соплом оптимальную производительность и эффективность охлаждения [1-3]. Для ЦО-85 оптимальная геометрическая характеристика равна  $A=0.63$ , с углом ввода воды  $\beta = 60^\circ$ . Оптимизация базируется на уравнении баланса тепла, теории подобия и теории течения жидкости в идеальной форсунке [4] с привлечением ряда допущений касающихся теплообмена капельного потока и воздуха и уравнения баланса тепла массы воды, вытекающей из разбрызгивающего устройства за единицу времени [2]:

$$c(t_1^0 - t_2^0)\rho Q = [\alpha(t_1^0 - \vartheta^0) + r\rho q_e]F\tau. \quad (1)$$

3. **Предлагается увеличить эффективность** работы БО модернизацией центробежных сопел ЦО-85 без изменения компоновки БО за счет использования:

3.1. Эффекта Ранка-Хилша при вихревом разделении жидкости по температуре, при котором внешний вихревой слой воды нагревается, а внутренний обратный вихревой слой воды охлаждается.

3.2. Эффекта кавитации при вихревом движении жидкости, при котором происходит нагрев воды за счет возникновения и схлопывания

кавитационных пузырьков с последующим ее дополнительным охлаждением в результате обратного фазового перехода после выхода из центробежного сопла через некоторое время релаксации.

Вихревой эффект (эффект Ранка-Хилша) заключается в разделении газа или жидкости при закручивании в цилиндрической или конической камере на две фракции. На периферии образуется закрученный поток с температурой выше чем первоначальная, а в центре — закрученный обратный охлажденный поток, с сохранением баланса тепла нагретой и охлажденной воды.

Кавитация — образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков или каверн), заполненных газом, паром или их смесью. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением, кавитационный пузырек захлопывается, излучая при этом ударную волну и локально повышая температуру жидкости.

#### 4. Предлагаемые конструктивные изменения сопла ЦО-85.

Конструктивные изменения сопла ЦО-85 предусматривают увеличение закрутки потока, времени взаимодействия прямого и обратного вихревых потоков, создания условий возникновения кавитации.

4.1. Изменение ЦО-85 при использовании конической камеры закручивания:

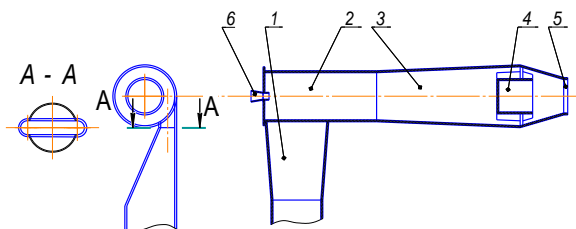


Рис.1. Модернизированное сопло ЦО-85 ( $A=1.15$  и  $\mu=0.45$ ) с конической камерой закручивания (3), отражателем (4), входным патрубком (1) с углом ввода воды  $\beta=90^\circ$ , соплом (5), цилиндрической камерой ввода воды (2) и конической диафрагмой (6).

#### 5. Оценка эффективности модернизации сопла ЦО-85 .

5.1. Эффективность работы центробежных сопел при их модернизации можно оценить по данным работ [5, 6], где приведена сравнительная оценка количества тепла выделенного при многократной обработке воды в устройствах, вызывающих закрутку потока и кавитацию, образующих области с развитой границей раздела фаз газ-жидкость. При

этом в одном кубическом миллилитре воды может содержаться от  $10^3$  до  $10^5$  парагазонаполненных пульсирующих кавитационных пузырьков со средним диаметром около 10 мкм. В [5] предполагается, что часть воды из обычного жидкого состояния  $V_1$  с теплоемкостью  $C_1$  переходит, по границе раздела фаз жидкость-пар в кавитационном пузырьке, в упорядоченное, коллоидоподобное, или, скорее, близкое к жидкокристаллическому состоянию  $V_2$  с теплоемкостью  $C_2$ , причем переход  $V_1 \rightarrow V_2$  сопровождается тепловыделением т.к.  $C_1 > C_2$ . Так, при начальной температуре воды на входе струезавихрителя  $T_1 = 20$  °С и давлении 0.5-0.6 МПа, температура воды после кавитационной обработки возрасла до  $T_2 = 55$  °С. Там же показано, что частично упорядоченное состояние воды оказывается неустойчивым и сопровождается обратным переходом из метастабильного состояния  $V_2$  в стабильное  $V_1$ , причем обратный переход  $V_2 \rightarrow V_1$  является эндотермическим и может происходить как с относительно монотонным, так и со скачкообразным поглощением тепла. Время  $\tau_p$  релаксации при обратном переходе, в зависимости от стабильности внешних условий и чистоты воды, может составлять от нескольких до десятков минут:  $\tau_p = (3 - 30)$  мин. Если температуру  $T_2$  горячей воды в дисперсной фазе  $V_2$  понизить, например, путем теплообмена с окружающей средой, то температура  $T_1$  воды в фазе  $V_1$  после обратного перехода будет более низкой, чем первоначальная.

5.2. Приняв исходные данные работы БО для летнего периода, полагаем, что вода поступает в ЦО-85 при начальной температуре на входе  $t_1^0 = 40$  °С под избыточным давлением 0.1 - 0.15 МПа, проходит один раз через устройство, на выходе из него образует факел капельного потока и охлаждается до  $t_2^0 = 31$  °С. Под действием закрутки потока и кавитации за 0.2 - 0.4 с. температура воды, по оценкам [6], может увеличиться на 0.5 - 1.5 °С и зависит от интенсивности закрутки потока и кавитационной обработки. Принимая среднее повышение температуры воды  $\Delta t_k = 0.75$  °С и предполагая, что снижение температуры воды после обратного фазового перехода  $V_2 \rightarrow V_1$  на эту же величину  $\Delta t_k = 0.75$  °С, можно оценить эффективность охлаждения воды по уравнению баланса тепла (1), с учетом дополнительного нагрева воды и фазовых переходов:

$$c[(t_1^0 + \Delta t_k) - (t_2^0 - \Delta t_k)]\rho Q = [\alpha(t_1^0 + \Delta t_k - \vartheta^0) + r\rho(q_k + \Delta q_k)]F\tau + \lambda\rho\Delta Q, \quad (2)$$

где  $\Delta t_k$  - повышение температуры воды на выходе из модернизированного сопла при завихрении потока и кавитационном воздействии;  $\rho \Delta q_k$  - увеличение массы испарившейся воды с единицы площади в единицу времени [7] при увеличении температуры воды на  $\Delta t_k$ ;  $\lambda$  - удельная теплота плавления;  $\Delta Q$  - часть воды, перешедшая из фазового состояния  $V_1$  в  $V_2$  при завихрении потока и кавитационном воздействии и при обратном фазовом переходе  $V_2 \rightarrow V_1$ . Тогда изменение эффективности охлаждения воды  $\delta$  при  $\Delta t_k = 0.75^\circ C$ ,  $t_1^0 = 40^\circ C$  и  $t_2^0 = 31^\circ C$  равно:

$$\delta = \frac{c(t_1^0 + \Delta t_k) - (t_2^0 - \Delta t_k) \rho Q - c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q}{c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q} 100\% = \frac{2\Delta t_k}{(t_1^0 - t_2^0)} 100\% = \frac{2 \cdot 0.75}{40 - 31} 100\% \approx 17\% \quad (3)$$

При  $\Delta t_k = 0.5^\circ C$  изменение эффективности охлаждения воды  $\delta = 11\%$ .

Можно оценить вклад в  $\delta$  каждой составляющей правой части уравнения (2) используя для сравнения величину  $c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q$  и приняв значения входящих в него величин [8]  $c = 4182$  Дж/(кг  $^\circ C$ ),  $\Delta t_k = 0.5^\circ C$ ,  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $Q \approx 4 \cdot 10^{-2}$  м<sup>3</sup>/с,  $\alpha =$  Дж/(с м<sup>2</sup>  $^\circ C$ ),  $r = 168$  кДж/кг,  $\beta_p =$  кг/(м<sup>2</sup> с),  $\alpha_V/\beta_{xV} = 1.05$  кДж/(кг  $^\circ C$ ), т.е. равна, примерно, теплоемкости влажного воздуха [9],  $p_i^* = 7375$  Па,  $p_k^* = 7576$  Па,  $p_0 = 10^5$  Па,  $\lambda = 333.7$  кДж/кг. Оценку  $\Delta Q/Q$  проведем из [5] в предположении, что в одном кубическом миллилитре воды содержатся до  $10^3$  кавитационных пузырьков со средним диаметром около 10 мкм, тогда  $\Delta Q/Q \approx 0.005$ .

$$\delta_1 = \frac{\alpha \Delta t_k F \tau}{c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q}; \quad \delta_2 = \frac{r \rho \Delta q_k F \tau}{c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q} = \frac{r \beta_p (p_k^* - p_i^*) F \tau}{c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q p_0} \quad \text{при} \quad \rho q = \frac{\beta_p (p_i^* - \varphi p_0^*)}{p_0} \quad [1];$$

$$\delta_3 = \frac{\lambda \rho \Delta Q}{c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q} = \frac{\lambda}{c(t_1^0 - t_2^0)} \cdot \frac{\Delta Q}{Q};$$

$$\delta_1 + \delta_2 = \frac{\beta_p F \tau}{c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q} \left[ \frac{\alpha}{\beta_p} \Delta t_k + \frac{r(p_k^* - p_i^*)}{p_0} \right] =$$

$$\frac{\beta_p F \tau}{c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q} \left( 1050 \cdot 0.5 + \frac{168 \cdot 10^3 \cdot 201}{10^5} \right) = \frac{\beta_p F \tau}{c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q} (525 \text{ кДж/кг} + 338 \text{ кДж/кг})$$

$$\delta_3 = \frac{333.7 \cdot 10^3}{4128 \cdot 9} \cdot 0.005 \approx 0.05$$

Величину  $\frac{\beta_p F \tau}{c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q}$  (кг /кДж) можно оценить из (1) приняв дополни-

тельно  $\vartheta = 23^\circ C$ ,  $p_g^* = 2810$  Па  $\varphi = 73\%$ , тогда из соотношения:

$$1 = \frac{\beta_p F \tau}{c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q} \left[ \frac{\alpha}{\beta_p} (t_1^0 - g) + \frac{r(p_1^* - \varphi p_2^*)}{p_0} \right] \quad \text{имеем:}$$

$$\frac{\beta_p F \tau}{c(t_1^0 - t_2^0) \rho Q} = \frac{1}{\left[ 1050 \cdot 17 + \frac{168 \cdot 10^3 (7375 - 0.73 \cdot 2810)}{10^5} \right]} = 3.73 \cdot 10^{-5} \quad \text{и} \quad \delta_1 = 0.02, \quad \text{а}$$

$$\delta_2 = 0.013.$$

Проведенная оценка показывает, что увеличение эффективности охлаждения лежит в пределах  $\delta \approx 8 \div 9\%$  (при  $\Delta t_k = 0.5^{\circ}C$  и  $\Delta Q/Q \approx 0.005$ ) и вклад за счет теплопередачи составляет  $\delta_1 \approx 2\%$ , массоотдачи  $\delta_2 \approx 1.5\%$  и за счет обратного фазового перехода  $\delta_3 \approx 5\%$ .

Таким образом, применение эффекта Ранка-Хилша и сопутствующему ему кавитационному эффекту, в разбрызгивающих устройствах при охлаждении оборотной воды в брызгальных бассейнах охладителях путем модернизации центробежных сопел может быть достаточно перспективным.

### Литература

1. Ярхо А.А., Омельченко М.П., Борщев В.А. Оптимальное центробежное сопло. – Электрические станции, № 2, 1990, с. 24 – 27.
2. Ярхо А.А., Омельченко М.П., Борщев В.А. Определение напоров и геометрических параметров центробежных сопел. – Электрические станции, № 7, 1987, с. 30 – 33.
3. Ярхо А.А., Омельченко М.П., Борщев В.А. Определение диаметра центробежного сопла заданной эффективности охлаждения по располагаемому напору. – Электрические станции, № 2, 1991, с. 36 – 37.
4. Дитякин Ю.Ф., Клячко Л.А., Новиков Б.В., Ягодкин В.И. Распыливание жидкостей. М., Машиностроение, 1977. 208 с.
5. Фурмаков Е.Ф. Выделение тепла при изменении фазового равновесия в струе воды. В сб. «Фундаментальные проблемы естествознания», том I, РАН, СПб, 1999 г.
6. [www.shaping.ru/CONGRESS/download/cong04\(012\).doc](http://www.shaping.ru/CONGRESS/download/cong04(012).doc). Фурмаков Е.Ф. Могут ли гидродинамические теплогенераторы работать сверхэффективно. 2004.
7. Берман Л.Д. Испарительное охлаждение циркуляционной воды. М. - Л.: Госэнергоиздат, 1957.
8. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи к курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов. - Л.: Химия, 1987.
9. Указания по проведению натурных гидроаэротермических исследований башенных градирен: ВСН 030-70/Минэнерго СССР. — Л.: Энерго. 1971. — 60 с.

## **СУБД КАК СРЕДСТВО ИЗУЧЕНИЯ НАУЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ШКОЛ**

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст.: Д. Рисухин, А. Квасенко*

*Рук.: доц. И.В. Синельник, ст.пр. Г.Н. Белявская*

Эффективность научных исследований в области физики и физическо-го образования существенно зависит от наличия и развития научных школ. Человеческий фактор часто оказывается более значимым, чем уникальное оборудование или большое финансирование. Для изучения научных школ и их влияния на результативность научных исследований была создана база данных (БД) ученых, работавших в области ядерной физики. Основная информация по каждому ученому касалась следующего круга вопросов:

- Биографические данные (фамилия, имя, дата и место рождения и смерти, сведения о семье, страна рождения, страна проживания)
- Образование (название учебного заведения, город, страна, годы обучения)
- Научная деятельность (названия исследовательских центров и лабораторий, город, страна, годы работы, основные направления научных исследований)
- Педагогическая деятельность (учебные заведения, город, страна, учебные курсы)
- Основные научные результаты (открытия, годы, основные публикации)
- Международное признание (премии и награды)

База данных создавалась в СУБД MS Access. Структура БД представляет собой систему связанных таблиц, каждая из которых предназначена для хранения информации определенного типа, например, биографические данные, или учебные заведения. Кроме того, как отдельные информационные поля выделялись связи между отдельными учеными. Рассматривались три типа связей: генетические (учитель – ученик), подчинения (руководитель – сотрудник, совместные исследования (сотрудник – сотрудник).

Получение сведений относительно научных школ, совместных исследований, параллельных открытий осуществляется с помощью запросов, для которых разработаны специальные формы.

База данных является открытой, она может изменяться и дополняться как в структурном, так и в содержательном плане.

## **ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ ЦВЕТА**

*Национальный технический университет «ХПИ»*

*Ст.: А.С. Александрова, Е.И. Лебедева*

*Рук. доц. И.В. Синельник*

Цвет – качественная субъективная характеристика электромагнитного излучения оптического диапазона, определяемая на основании возникающего физиологического зрительного ощущения и зависящая от ряда физических, физиологических и психологических факторов. Восприятие цвета определяется его спектральным составом, цветовым и яркостным контрастом с окружающими источниками света, а также несветящимися объектами.

Представление цвета в компьютере осуществляется дискретно. Каждый пиксель растрового изображения содержит информацию о цвете. Количество оттенков, которые может воспроизводить отдельный пиксель определяется глубиной цвета (максимум – 32 бита), позволяющей показывать на экране монитора до 16,7 млн. цветовых оттенков.

Цветовая модель (режим) представляет собой правило обозначения цветов пикселей. Так как компьютер использует для обозначений этих чисел, необходимо ввести некоторое правило преобразований этих чисел в отображаемые устройствами вывода цвета и наоборот. Таких правил может быть несколько, поэтому каждое из них получает свое название.

Устройства вывода цифровых изображений могут работать по различным принципам, используя разные физические явления. Например, на экране монитора с электронно-лучевой трубкой изображение строится вследствие свечения люминофора под действием электронов. Сами по себе зерна люминофоров разных цветов позволяют получить только чистые цвета. Промежуточные оттенки получаются за счет того, что разноцветные зерна расположены близко друг к другу, при этом их изображения сливаются, а цвета образуют некоторый смешанный оттенок. Свет от разных источников складывается, давая различные оттенки. Поэтому такое представление цвета (цветовую модель) называют аддитивной (суммирующей).

Подробно рассмотрены основные модели цвета: RGB (Red-Green-Blue, аддитивная), CMYK (Cyan-Magenta-Yellow, Black, субтрактивная), HSL (Hue-Saturation-Lightness), HSB (Hue-Saturation-Brightness), Lab, CIE, – и их связь с физическими характеристиками световой волны, вызывающей соответствующее цветовое ощущение.

## **ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ**

### **НАНОТЕХНОЛОГИИ: ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. О.В. Савченко*

*Рук.: доц. Е.Т. Лемешевская, доц. В.В. Пилипенко*

Нанотехнологии – это совокупность процессов, позволяющих создавать материалы, устройства и технические системы, функционирование которых определяется наноструктурой, т.е. упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нм.

Начальной стадией нанотехнологии является нанонаука. Это исследование явлений на атомном и молекулярном уровне и научное обоснование процессов нанотехнологии, конечной целью которой является получение наноматериалов, т.к. при уменьшении размера частиц до 100 - 10 нм и менее, свойства материалов существенно изменяются.

В последнее время в научной литературе уделяется много внимания развитию и перспективам нанотехнологий и возможностям их применения в различных отраслях человеческой деятельности. Нанотехнологии обещают значительный прогресс в фармацевтике и медицине, связи, биотехнологиях, микроэлектронике и энергетике, в разработке новых материалов, в изобретении систем очень малого размера, способных выполнять команды людей.

Нанотехнологии трансформируют устоявшиеся научные дисциплины такие, например, как биохимия и позволяют создавать новые научные дисциплины, такие как прикладная генетика.

Среди наиболее вероятных научных прорывов эксперты называют увеличение производительности компьютеров, восстановление человеческих органов с использованием вновь воссозданной ткани, получение новых материалов, созданных напрямую из заданных атомов и молекул и появление новых открытий в химии и физике.

Таким образом, на основании прогнозов, нанотехнологии обещают радикальное преобразование как современного производства и связанных с ним технологий, так и человеческой жизни в целом. Ожидается, что нанотехнологии произведут такую же революцию в манипулировании материей, какую произвели компьютеры в манипулировании информацией.

## **КОГДА ЗЕМНОЕ ПРИТЯЖЕНИЕ – ВАШ ЗЛЕЙШИЙ ВРАГ**

*Руководство по выживанию при падении с десятикилометровой высоты.*

*Скорость падения - 190 км/ч, время падения - 3 минуты*

***Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»***

***Ст.: Д.В. Жуков, Е.А. Кашель***

***Рук.: доц. Е.Н. Подъячая, ст.пр. Т.В. Абрамова***

Ваш рейс можно назвать ранним утренним. После взлета вы пристроились поспать, и вдруг просыпаетесь от обжигающего ледяного ветра. И этот звук - душераздирающий, оглушительный рев. "Где я? - думаете вы. - И куда делся самолет?"

Вы на десятикилометровой высоте над землей. В полном одиночестве. И падаете. Ситуация плохая, земное притяжение теперь вам лютый враг, но зато у вас есть другой союзник - время. Хотите верить, хотите нет, но ваше нынешнее положение гораздо лучше, чем если бы вы свалились с балкона пятого этажа... А пока проблемы с кислородом на такой высоте приведут к гипоксии и потере сознания, и пару километров вы будете падать как кирпич. Потом сознание вернется, и вот тогда постарайтесь помочь себе сами. В любом случае конечную остановку, то есть землю, вы никак не пропустите.

Нет смысла спорить, что шансов на выживание при падении с десятикилометровой высоты не так уж и много, но в данный момент вам все равно нечего делать и стоит обдумать создавшееся положение.

Падать с самолета можно двумя способами. Первый из них - свободное падение без каких-либо попыток замедлить свой полет.

Свободное падение, как известно, - это падение под действием только силы тяжести (т.е. в безвоздушном пространстве). В этом случае время свободного падения с высоты 10000 метров будет

$$t = \sqrt{2h/g} = 44,6 \text{ с}, \text{ а скорость в момент приземления } v = gt \approx 437 \text{ м/с}.$$

Понятно, что это катастрофически огромная скорость. Как же можно увеличить время падения а, главное, уменьшить скорость в момент приземления?

К счастью, ваш полет проходит не в безвоздушном пространстве. Поэтому вы можете сыграть роль "наездника на обломках".

Первым делом вас должна интересовать "конечная скорость" (она же "установившаяся скорость падения").

Сила земного притяжения тянет вас вниз и стремится разогнать. С другой стороны, как и всякий другой движущийся объект, вы встречаете "лобовое сопротивление", которое растет при увеличении вашей скорости. В какой-то момент эти силы уравниваются, и ускорение прекращается, то есть вы выходите на "установившуюся скорость".

Как говорил Менделеев: "Сказать-то оно можно все, а ты, бери и демонстрируй...".

На примере падения одинаковых по размеру дисков разной массы и дисков равной массы, но разных размеров покажем, движение какого из дисков можно считать свободным падением, падением с ускорением меньшим  $g$ , падением с установившейся (постоянной) скоростью.

Лобовое сопротивление – это сила, с которой среда (в нашем случае воздух) действует на движущееся в ней тело. Сила лобового сопротивления

$$F_c = \frac{c_x \rho v^2 S}{2},$$

то есть прямо пропорциональна квадрату скорости падения  $v^2$ , плотности воздуха  $\rho$ , площади поверхности тела  $S$  и  $c_x$  – аэродинамическому коэффициенту.

Поэтому, если вас окружает что-то вроде кокона из облаков (плотность среды больше), то вероятность выжить при ударе о землю будет заметно выше.

Чтобы увеличить лобовое сопротивление (за счет увеличения площади) и снизить скорость установившегося падения, попробуйте уцепиться и использовать какой-либо обломок фюзеляжа, кресла. Попробуйте также подражать парашютисту, выполняющему затяжной прыжок – расставьте руки и ноги, запрокиньте голову, расправьте плечи. Сделайте грудь колесом, и вы сами собой повернетесь лицом к земле. Ваше лобовое сопротивление сразу вырастет, и появятся возможности для маневра. Только не расслабляйтесь – это не лучшая поза для приземления.

В зависимости от вашего веса, габаритов и плотности окружающего воздуха вы должны разогнаться не более чем до 200 км/ч.

Рассчитаем установившуюся скорость падения из условия равенства силы тяжести и силы лобового сопротивления:

$$mg = c_x \frac{\rho v^2 S}{2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2mg}{c_x \rho S}},$$

Если принять  $m = 70$  кг,  $\rho = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>,  $S = 1$  м<sup>2</sup>,  $c_x = 0,4$ , то установившаяся скорость падения будет  $v = 51,4$  м/с., то есть меньше 200 км/ч (55 м/с).

Причем произойдет это всего метров за пятьсот свободного полета. То есть, упав с небоскреба или же с десятикилометровой высоты, вы ударитесь о землю с одинаковой силой. Но с крыши небоскреба до тротуара вы долетите за 12 секунд, а падая с "самолетной" высоты, успеете обдумать эти предложения.

Итак, высота 6500 метров. К этому моменту вы уже спустились в те слои атмосферы, где можно более-менее свободно дышать. К вам возвращается сознание. До удара о землю остается две минуты. Не теряя присутствия духа, постарайтесь прицелиться. Куда же целиться? Один из "вынужденных экспериментаторов" грохнулся на каменный вокзальный пол, но его падение затормозилось, когда он за момент до этого пробил стеклянную кровлю. Больно, зато спасительно. Сгодится и стог сена. Некоторые счастливики остались живы, угодив в густой кустарник. Лесная чаща - тоже неплохо, хотя можно напороться на какой-нибудь сук. Снег? Просто идеально. Болото? Мягкая, покрытая растительностью трясына – самый желанный вариант. Самая опасная поверхность (вопреки распространенному заблуждению) – вода. Как и бетон, она практически несжимаема. Результат падения на океанскую гладь будет примерно таким же, как на тротуар.

Как мы уже говорили, падать нужно плашмя, однако, непосредственно перед приземлением оптимальной для сохранения жизни будет классическая группировка: ноги вместе, колени повыше, голени прижаты к бедрам. В этот важнейший момент нужно взять себя в руки и сосредоточиться на стоящей перед вами задаче. Какая бы поверхность вас внизу ни ждала, ни в коем случае не приземляйтесь на голову.

Статистика показывает, что при катастрофе чаще выживают дети. Согласно исследованиям, у детей, особенно в возрасте до четырех лет, более гибкие кости, мышцы более расслаблены и более высокий процент подкожного жира, эффективно защищающего внутренние органы. При небольшом весе тела ниже будет и установившаяся скорость падения.

Высота 0 метров. Итак, приехали. Удар. Вы все еще живы? Мы можем искренне порадоваться вместе с вами, ибо с 1940 по 2008 год в результате крушения 15 463 самолетов погибло 118 934 человека и всего 157 счастливицков выжили. Из них 42 – выжившие после падения с высоты более 3 км.

А теперь поздравляем со счастливым приземлением! Вы уже проснулись, и колеса вашего самолета катятся по взлетно-посадочной полосе. Вы хорошо понимаете, что вряд ли вам когда-нибудь в жизни понадобятся изложенные выше сведения. А все-таки – не оставьте ли их в кармашке на спинке кресла для следующего пассажира?

## ГАЗОВАЯ ВЕРТУШКА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

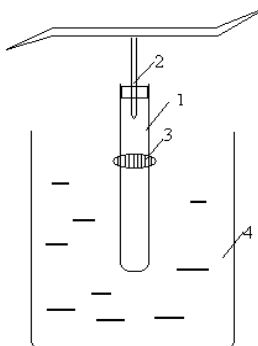
*Ст.: И.А. Даниленко, М.М. Бурлаку*

*Рук.: доц. В.И. Федорченко, ст. пр. И.В. Галушак,*

*ст. пр.С.С. Кривонос.*

Целью опыта «газовая вертушка» является показать реакцию газа, вытекающего из согнутой трубки. На рисунке представлена опытная установка.

Пробирку с небольшим количеством эфира закрывают пробкой, сквозь которую пропускают с стянутыми, как у сегнера колеса, концами. Затем опускают пробирку в стакан с горячей водой. (50-60)Надо,



- 1-пробирка с пробкой,
- 2-стеклянный тройник,
- 3-пробковый поплавок,
- 4-сосуд с подогретой водой.

чтобы пробирка устойчиво плавала в воде. Для этого её можно плотно закрепить в пробковом поплавке, плавающем на поверхности воды в сосуде. Так как эфир кипит при  $35^{\circ}\text{C}$ , то в пробирке эфир закипает через некоторое время. Пары эфира истекают из отверстий тройника, и пробирка начинает вращаться.

Можно осторожно поджечь выходящие пары из концов трубок, тогда опыт проходит эффективней; Зрители видят, что причина вращения пробирки – выходящие пары эфира.

# «КАРТЕЗИАНСКИЙ ВОДОПАД». УСЛОВИЯ ПЛАВАНИЯ ВНУТРИ ЖИДКОСТИ

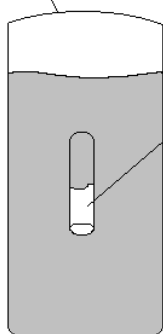
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. А.О. Дибривный*

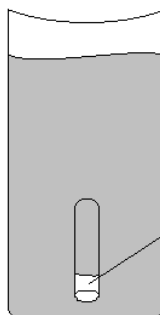
*Рук.: ст. пр. И.В. Галуцак, ст. пр. С.С. Кривонос*

Пробирку заполняют водой приблизительно на  $\frac{3}{4}$  её объёма и опускают вверх дном в большой цилиндрический сосуд, также заполненный водой. Количество воды в пробирке должно быть таким, чтобы она плавала внутри воды. Отверстие цилиндрического сосуда туго затягивают тонкой, но прочной резиновой пленкой. Данное устройство представлено на рисунке

резиновая диафрагма



большой  
объём  
воздуха



малый  
объём  
воздуха

и называется «картезианский водопад».

Пробирку можно заставить всплывать или тонуть, действуя с небольшой силой на мембрану, закрывающую сосуд сверху. Пробирка открыта снизу и содержит

небольшое количество воздуха. В равновесии пробирка, содержащая воздух, вытесняет воду, вес которой в точности равен весу пробирки. Поэтому пробирка может плавать на любой глубине. Если надавить с небольшой силой на мембрану, то давление в сосуде и пробирке возрастет. При увеличении давления слегка уменьшится объем воздуха в пробирке, и теперь объем пробирки с воздухом станет меньшим, хотя её вес останется таким же. Поскольку пробирка вытесняет меньше воды, действующая на нее выталкивающая сила становится меньше, и пробирка тонет. Если давление на мембрану уменьшается, то объем

заключенного в пробирке воздуха слегка увеличивается и пробирка вытесняет немного больше воды. Действующая на нее выталкивающая сила увеличивается, и пробирка всплывает. Плавно надавливая пальцем на пленку, можно заставить пробирку опускаться на дно, всплывать, держаться в средней части сосуда. Выталкивающая сила действует не только в жидкостях, но и в газах. Именно поэтому держатся в воздухе дирижабли и детские надувные шарики.

В повседневной жизни мы не ощущаем выталкивающего действия окружающего воздуха, но этот эффект приходится учитывать при точном взвешивании на рычажных весах. Гири для взвешивания обычно изготавливают из латуни, плотность которого равна  $8,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Плотность воздуха всего  $1,3 \text{ кг/м}^3$ . Выталкивающая сила, действующая на гирию в воздухе, равна произведению объема гири на плотность воздуха и ускорение свободного падения:

$$F_{\text{выт}} = V_{\text{гири}} \cdot \rho_{\text{возд}} \cdot g = \frac{m_{\text{гири}}}{\rho_{\text{латуни}}} \rho_{\text{возд}} \cdot g.$$

Относительная потеря веса гири, находящейся в воздухе, равна

$$\frac{F_{\text{выт}}}{P} = \frac{V_{\text{гири}} \cdot \rho_{\text{возд}} \cdot g}{m_{\text{гири}} \cdot g} = \frac{\rho_{\text{возд}}}{\rho_{\text{латуни}}}.$$

Для латунных гирь погрешность, выносимая вследствие выталкивающего действия воздуха, равна в процентах

$$\frac{1,3 \text{ кг/м}^3}{8,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3} 100\% = 1,5 \cdot 10^{-2}\%.$$

## АТМОСФЕРНИЙ ПИЛ

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

*Ст. Е. Дудко*

*Рук. доц. С.С. Авотін*

Атмосферний пил, гази та випари забруднюють атмосферу і впливають на життя людини. Під атмосферним пилом розуміють завислі в повітрі тверді частинки діаметром більше 1 мкм. Ці частинки являють собою частинки кварцу, органічні матеріали різноманітного походження, а також квітковий пилок рослин. В окремих районах в атмосферному пилу превалюють сполуки лужних і лужноземельних металів, важкі метали, вуглеводи та спори рослин.

Аерозолі являють собою колоїдні системи, дисперсійним середовищем в яких є, повітря. Діаметр диспергованих частинок, відповідно до визначення колоїдної системи, знаходиться в межах 0,1 – 0,001 мкм. Тверді частинки того ж діаметру часто характеризують як тонкий пил.

Атмосферний пил та аерозолі мають як природне так і антропогенне походження (промислові та побутові викиди). В результаті природних процесів частинки солей потрапляють у повітря з морської води, сухого ґрунту, пил та зола –при вулканічній діяльності, тверді частинки диму – при лісових пожежах, нітрати та сульфати в результаті газових реакцій. Щорічно в атмосферу надходить 1670 мегатон пилу та аерозолів. Час перебування та їх розповсюдження по земній поверхні залежить від швидкості вітрів, і висоти на яку частинки було піднято спершу. Так, пил пустелі Сахара можна помітити на півдні США, в центральній та латинській Америці. Час перебування в атмосфері частинок діаметром менше 1 мкм складає 10-20 діб. Цього часу достатньо для розповсюдження частинок по всій північній півкулі. При вулканічній діяльності частинки золи і пилу піднімаються на висоту до 20 км і вище а тривалість їх існування в стратосфері складає 1-3 роки. Пил та аерозолі, що накопичуються над містами та промисловими зонами мають як правило лише регіональне значення.

Атмосферний пил та аерозолі ослаблюють сонячне випромінювання. В результаті розсіювання, відбивання і поглинання променів. Так, повітряні шари що містять частинки діаметром  $> 1$  мкм поглинають інфрачервоне випромінювання і нагріваються, а нижчі шари залишаються холодними. Частинки діаметром  $< 1$  мкм розсіюють видиме світло, інфрачервоне вони поглинають незначною мірою.

## ДЕМОНСТРАЦИЯ СЛОЖЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Р.О. Легостаев*

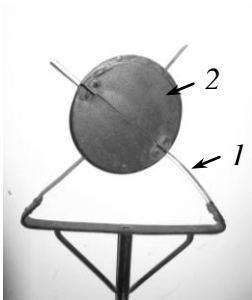
*Рук.: доц. Т.Н. Шелест, ст. пр. С.С. Кривонос*

Под колебанием понимают всякий периодический или приблизительно периодический процесс, в котором значения той или иной физической величины повторяются точно или приблизительно через равные или приблизительно равные промежутки времени. Колебания окружают нас всюду. Совершают колебания ветви дерева на ветру и маятник в часах, поршень в цилиндре двигателя внутреннего сгорания, струна гитары и поверхностный слой воды на море.

В большинстве реальных физических систем присутствует некоторое трение. При каждом колебании осциллятора некоторая часть энергии теряется и поэтому амплитуда становится все меньше и меньше.

Допустим, что материальная точка может совершать колебания как вдоль оси  $x$ , так и вдоль перпендикулярной к ней оси  $y$ . Если возбудить оба колебания, материальная точка будет двигаться по некоторой криволинейной траектории, форма которой зависит от соотношения амплитуд, частот и разности фаз складываемых колебаний. Если частоты складываемых колебаний одинаковы, то траектория результирующего колебания имеет форму эллипса

Для демонстрации сложения взаимно перпендикулярных колебаний можно использовать следующую механическую систему. На гибких металлических держателях 1 крепятся круглые пластины 2. На



каждой пластине имеется щель. Пластины устанавливаются так, чтобы щели были взаимно-перпендикулярны. Система щелей освещается, при этом на экране будет видно световое пятно, прошедшее через две щели. Пластины приводятся в колебательное движение в противофазе. Световое пятно будет описывать траекторию, которая является результатом сложения двух взаимно-перпендикулярных затухающих колебаний.

## ФОТОЭМИССИЯ ИЗ РАСТВОРОВ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.П. Куценко, А.Г. Гонта  
Рук. доц. В.К. Якуша*

Сам эффект был обнаружен А. Г. Столетовым еще в конце XIX в. При облучении водных растворов красителя фуксина. Впоследствии внешний фотоэффект наблюдался как из водных, так и неводных растворов.

Основное внимание было сосредоточено на наблюдении внешнего фотоэффекта из растворов, содержащих специально вводимые источники эмитируемых электронов («эмиттеры в растворе»). Очень интересными эмиттерами могут служить сольватированные электроны. Однако для проведения эксперимента необходимо, чтобы такие электроны могли стабильно существовать в растворе достаточно продолжительный срок. Такому условию, к сожалению, удовлетворяет ограниченное число растворителей, в частности жидкий аммиак и органическая жидкость-гексаметилфосфортриамид.

В воде время жизни сольватированного (гидратированного) электрона исчисляется тысячными доли секунды, поэтому для наблюдения внешнего фотоэффекта из водных растворов в качестве эмиттеров используют отрицательно заряженные ионы, сравнительно легко отдающие электроны. Примером могут служить однозарядные ионы  $I^-$ , а также четыре зарядные ионы более сложных соединений:  $Fe(CN)_6^{4-}$ ,  $Mo(CN)_8^{4-}$  и другие.

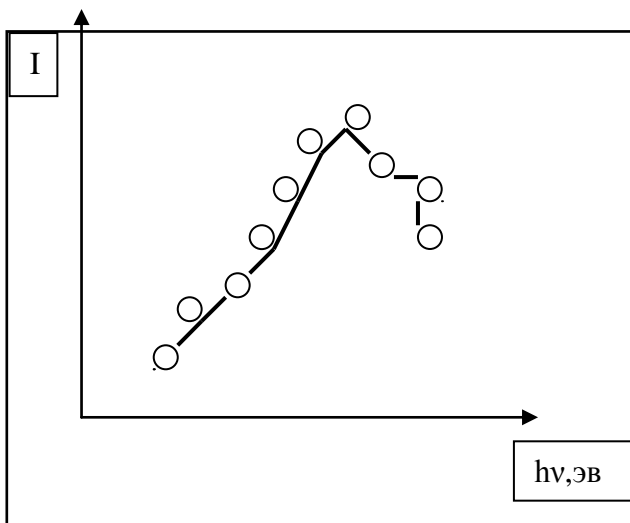
Суммарный процесс, приводящий к фотоэмиссии при облучении раствора, можно приближенно представить в виде трех стадий: 1-свет, попавший в раствор, частично поглощается «эмиттерами», отрывая от них электрон, в результате чего в растворе образуются несвязанные делокализованные электроны; 2-делокализованные электроны движутся в растворе, и некоторые из них достигают границы раздела жидкость-пар; 3-часть этих электронов преодолевает энергетический барьер на межфазной границе и выходит из жидкости в паровую фазу.

Уже в паровой фазе эмитированные электроны под действием специально приложенного к системе электрического поля, как и при

фотоэмиссии в вакуум, перемещаются к аноду, в результате чего возникает фототок.

Фотоэмиссия из растворов, как и из твердых тел, возможна лишь, если энергия кванта превышает некоторое пороговое значение  $h\nu_{\min}$ . Причем здесь есть одна тонкость: отвечающая пороговой энергии фотоэмиссионная работа выхода не равна, как могла бы показаться, просто работе равновесного переноса электрона из связанного состояния в растворе в паровую фазу. Дело в том, что в растворе вырывание светом электроном из эмиттеров происходит чрезвычайно быстро. Электрон уже улетел, а «изумленные» молекулы растворителя остались в неравновесном состоянии, сохраняя ту же ориентацию, которую они имели, когда электрон мирно сидел на месте. Затем молекулы растворителя, как бы очнувшись, начинают медленно перестраиваться сообразно с новой ситуацией. На это требуется (или тратится) дополнительная энергия, которая так и называется «энергия реорганизации растворителя».

Именно на эту величину и отличается фотоэмиссионная работа выхода от упомянутой работы равновесного переноса электрона, которая может быть найдена из других измерений. Энергия реорганизации растворителя играет большую роль во многих важных процессах, происходящих в растворах, например в химических реакциях, сопровож-



дающихся переносом электрона с одной частицы на другую. По-видимому, что экспериментальное определение энергии реорганизации растворителя является важной задачей и эксперименты по изучению

внешнего фотоэффекта оказываются в этом плане полезным подспорьем

ем. С их помощью можно также исследовать особенности движения электронов в жидкостях, строение границы раздела жидкость-пар и некоторые другие более тонкие характеристики и эффекты.

Как пример рассмотрим результаты экспериментов по фотоэмиссии электронов из раствора натрия в гексаметилфосфортриамиде. Металлический натрий Na в гексаметилфтортриамиде и в жидком амиаке растворяется, подобно поваренной соли NaCl, в воде.

Экспериментально полученная кривая зависимости фототока от энергии кванта света приведена на рисунке. Она имеет два максимума - небольшой слабовыраженный в области малых энергий кванта и достаточно резкий при более высоких энергиях. Первый из них связан с фотоэмиссией собственно сольватированных электронов, а второй - с фотоэмиссией из комплекса двух сольватированных электронов с ионом натрия. Другими словами, эти два максимума связаны с двумя типами эмиттеров, формирующихся в рассматриваемом растворе.

С помощью математической обработки данных в низкочастотной области вблизи порога удалось получить значение фотоэмиссионной работы выхода, отвечающей эмиссии сольватированного электрона; она оказалась равной примерно 1,3 эВ. Для сравнения укажем, что в водном растворе соли  $K_4Fe(CN)_6$ , где эмиттером служат ионы  $Fe(CN)_6^{4-}$  величина фотоэмиссионной работы выхода, согласно аналогичным экспериментам, составляет примерно 6 эВ, т.е. почти в 5 раз больше. Это значение работы выхода путем сопоставления с термодинамическими данными было в дальнейшем использовано для вычисления энергии реорганизации, которая в данном случае оказалась равной примерно 1,2 эВ.

Квантовый выход  $\Upsilon$  при фотоэмиссии из растворов обычно не превышает  $10^{-4} - 10^{-5}$  электрон/фотон (т.е. электрон из раствора выбивает не более чем один из десяти тысяч падающих на границу раздела квантов света). Это связано главным образом с тем, что фотовозбужденные электроны в растворе очень быстро теряют энергию и не могут преодолеть поверхностный барьер.

Фотоэмиссия из растворов не является традиционной областью эмиссионных исследований.

Вместе с тем с ее помощью, особенно с привлечением данных, найденных другими методами удается получать интересную информацию как о свойствах различных жидкостей, так и об энергетических характеристиках частиц в растворах.

## ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

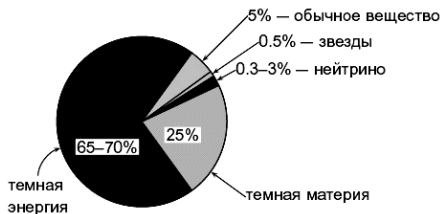
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: С.А. Капустин  
Рук.: доц. Т.Н. Шелест*

В конце 1990-х годов было обнаружено, что в удалённых галактиках, сверхновые звезды имеют яркость ниже той, которая им полагается. Иными словами, расстояние до этих галактик, вычисленное по методу «стандартных свеч» оказывается больше расстояния, вычисленного ранее. Был сделан вывод, что Вселенная не просто расширяется, она расширяется с ускорением.

На основании новых наблюдений, свидетельствующих об ускорении расширения, было постулировано существование неизвестного вида энергии с отрицательным давлением. Её назвали тёмной энергией.

Доля обычного вещества (протонов, атомных ядер, электронов) в суммарной энергии в современной Вселенной составляет всего 5%. Помимо обычного вещества во Вселенной имеются и реликтовые нейтрино – около 300 нейтрино всех типов в кубическом сантиметре. Их вклад в полную энергию (массу) во Вселенной невелик и составляет заведомо не более 3%. Оставшиеся 90–95% полной энергии во Вселенной – «неизвестно что». Более того, это «неизвестно что» состоит из двух фракций – темной материи и темной энергии.



Темная материя сродни обычному веществу в том смысле, что она способна собираться в сгустки и участвует в гравитационных взаимодействиях так же, как обычное вещество. Скорее всего, она состоит из новых, не открытых еще в земных условиях частиц.

Сущность тёмной энергии является предметом споров. Известно, что она очень равномерно распределена и имеет низкую плотность. Гипотетическая плотность тёмной энергии не слишком велика – порядка  $10^{-29}$  граммов на кубический сантиметр. Существуют две главные модели, объясняющие природу тёмной энергии: «космологическая константа» и «квинтэссенция».

#### Космологическая постоянная.

Самое простое объяснение заключается в том, что тёмная энергия – это просто «стоимость существования пространства»: то есть, любой объём пространства имеет некую фундаментальную, неотъемлемо присутствующую ему энергию. Её ещё иногда называют энергией вакуума, поскольку она является энергетической плотностью чистого [вакуума](#). Значение космологической константы оценивается в порядке  $10^{-29}$  г/см<sup>3</sup>, или около 1 [кэВ/см<sup>3</sup>](#).

Космологическая константа имеет отрицательное давление, равное её энергетической плотности, и поэтому вызывает ускорение расширения Вселенной. Важнейшая нерешённая проблема современной физики состоит в том, что большинство [квантовых теорий поля](#), основываясь на энергии квантового [вакуума](#), предсказывают громадное значение космологической константы – на многие порядки превосходящее допустимое по космологическим представлениям.

Несмотря на эти проблемы, космологическая константа – это во многих отношениях самое [экономное](#) решение проблемы ускоряющейся Вселенной. Единственное числовое значение объясняет множество наблюдений.

#### Квинтэссенция.

Альтернативный подход исходит из предположения, что тёмная энергия – это своего рода частицеподобные возбуждения некоего динамического [скалярного поля](#), называемого [квинтэссенцией](#). Отличие от космологической константы в том, что плотность квинтэссенции может варьироваться в пространстве и времени. Чтобы квинтэссенция не могла «собираться» и формировать крупномасштабные структуры по примеру обычной материи, она должна быть очень легкой.

Проблема [космического совпадения](#) ставит вопрос, почему ускорение Вселенной началось именно в определенный момент времени. Если бы ускорение во Вселенной началось раньше этого момента,

звёзды и галактики просто не успели бы сформироваться, и у [жизни](#) не было бы никаких шансов на возникновение.

#### Последствия для судьбы Вселенной.

По имеющимся оценкам, ускоряющееся расширение Вселенной началось приблизительно 5 миллиардов лет назад. Предполагается, что до этого расширение замедлялось благодаря гравитационному действию [тёмной материи](#) и [барионной материи](#). Плотность [«обычной»](#) материи во Вселенной уменьшается быстрее, чем плотность тёмной энергии. В конце концов, тёмная энергия начинает преобладать. Если ускоряющееся расширение Вселенной будет продолжаться бесконечно, то в результате [галактики](#) за пределами нашего [Сверхскопления](#) галактик рано или поздно выйдут за [горизонт событий](#) и станут для нас невидимыми, поскольку их относительная скорость превысит [скорость света](#). Любая форма коммуникации далее пределов горизонта событий становится невозможной, и всякий контакт между объектами теряется. [Земля](#), [Солнечная система](#), наша [Галактика](#), и наше [Сверхскопление](#) продолжат существовать, в то время, как вся остальная Вселенная исчезнет вдали. Со временем наше Сверхскопление придёт в состояние [тепловой смерти](#).

Существуют и более экзотические гипотезы о будущем Вселенной. Одна из них предполагает, что темная энергия приведёт к «расходящемуся» расширению. Это подразумевает, что расширяющая сила действия тёмной энергии продолжит неограниченно увеличиваться, пока не превзойдёт все остальные силы во Вселенной. По этому сценарию, тёмная энергия со временем разорвёт все гравитационно связанные структуры Вселенной, затем превзойдёт силы электростатических и внутриядерных [взаимодействий](#), разорвёт атомы, ядра и нуклоны и уничтожит Вселенную в [Большом Разрыве](#).

К сожалению, сейчас не видно путей прямого экспериментального исследования темной энергии в земных условиях. Это, конечно, не означает, что в будущем не может появиться новых блестящих идей в этом направлении, но сегодня надежды на прояснение природы темной энергии (или, более широко, причины ускоренного расширения Вселенной) связаны исключительно с астрономическими наблюдениями и с получением новых, более точных космологических данных. Нам предстоит узнать в деталях, как именно расширялась Вселенная на относительно позднем этапе её эволюции, и это, надо надеяться, позволит сделать выбор между различными гипотезами.

# ДЕЙСТВИЕ ЗАКОНОВ ФИЗИКИ В РАБОТЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический университет»*

*Ст. Т.В. Волынская  
Рук. ст. пр. И.В. Галушак*

В данной работе нам представляется интересным рассмотреть некоторые процессы в человеческом организме, основанные на действии законов, изучаемых в курсе общей физике.

Один из наиболее интересных примеров – процессы терморегуляции в теле человека. Все ферменты клеток, которые принимают участие в обмене веществ и энергии, могут нормально работать только при незначительном колебании температуры – от 36 до 37°C. Снижение ее до 34°C и увеличение до 42°C приводит к незначительным, но оборотным изменениям этих процессов. При температуре тела ниже 34°C или выше 42°C ферменты клеток разрушаются, обмен веществ прекращается.

Процесс теплообразования происходит преимущественно химическим путем: при расщеплении и окислении в митохондриях жиров, углеводов и белков высвобождается энергия. Часть ее идет на образование АТФ, но большая часть теряется в виде тепла. Больше всего тепла в организме человека производят органы с напряженным обменом веществ, такие как: печень (37,8 -38°C), скелетные мышцы (37-37,2°C). Регулируется температура в организме с помощью крови.

Отдает тепловую энергию организм с помощью физических процессов. Сюда входят: теплоизлучение, конвекция – движение и перемешивание нагретого телом воздуха, теплопроводность – отдача тепла предметами, которые непосредственно соприкасаются, а поверхностью тела (воздух, одежда), и испарение воды с поверхности тела и легких. При обычных условиях теплоотдача путем теплопроводности мала, т.к. воздух и одежда являются плохими проводниками тепла. Теплоизлучение, конвекция и испарение происходят с разной интенсивностью и зависят от температуры и влажности воздуха, состояния мышечного напряжения (в состоянии покоя при 20°C : ~ 70% - излучение, при повышении температуры окружающей среды до 35°C или

увеличении физических нагрузок: ~ 75% - за счет испарения воды с поверхности тела через кожу с потом и через легкие).

Система кровообращения – это большая разветвленная транспортная система. На протяжении жизни человека, она разносит кислород, питательные вещества, гормоны по организму, забирая из клеток, тканей, органов отработанные продукты обмена веществ, т.е. осуществляет гемодинамику. Это замкнутая система, состоящая из двух кругов кровообращения – большого и малого. Движение крови по кровеносным сосудам осуществляется благодаря сокращениям сердца.

Сердце – полый мускулистый орган. Его масса у взрослого человека составляет 250–300г. Фактически, сердце – это четырёхкамерный насос. Благодаря клапанам кровь в сердце движется в одном направлении: от предсердий к желудочкам, а оттуда вытекает в сосуды. Круговорот крови в малом кругу составляет 7 -11 с, в большом – 20 - 25 с.

Глаз – удивительное и чрезвычайно сложное творение. Зрачок – это отверстие в радужной оболочке, через которое свет проникает в середину глаза. Хрусталик – прозрачное эластичное дискообразное тело, подвешенное особенными связками к ресничному телу. Он похож на двояковыпуклую линзу диаметром 10 мм.

Глаз человека – оптическая система, в которой есть светочувствительный экран: сетчатка и светопреломительное образование, роговица и хрусталик. Из-за необходимости наводить глаз на рассматриваемый объект, глазное яблоко имеет шаровидную форму. Роговица и стекловидное тело имеют постоянные показатели преломления; а хрусталик может активно изменять свою преломительную силу.

Приспособление глаза к четкому видению предметов, отдаленных на разное расстояние, - аккомодацией. Во время этого процесса изменяется выпуклость хрусталика за счет сокращения ресничных мышц. У здорового глаза дальняя точка ясного видения лежит в бесконечности. Отдаленные предметы он рассматривает без сокращения ресничной мышцы. Точка ближнего ясного видения в норме лежит на расстоянии 7 – 10 см от глаза у детей, с возрастом она отдаляется.

Рассмотрев еще множество примеров, можно сделать вывод, что работа, практически всех органов человеческого организма подчинена известным нам законам физики.

# ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д.И. Иваненко  
Рук. ст.пр. И.В. Галушак*

Физическая функция организма - это реальные отношения физических сущностей и/или явлений организма человека и/или отношения любых сущностей и явлений среды и физических сущностей и явлений организма. Физические функции организма - объект исследований в физиологии.

Давление воздушных масс человек не ощущает хоть и живет на дне воздушного моря. Ведь воздух, как и вода давит не только сверху, но и со всех сторон. Но даже оставаясь не ощутимым, давление влияет на нашу жизнь. Кости в суставах, например, плотно подогнаны друг к другу благодаря атмосферному давлению. Высоко в горах где давление воздуха слабее, конечности плохо слушаются, часто случаются вывихи.

Благодаря атмосферному давлению мухи могут ползать по потолку. На их лапках есть присоски. Между присоской и поверхностью потолка образуется вакуум. Давление воздуха воздействует на присоску только с наружи, и муха не падает.

Под большим давлением древесные соки добираются до макушек гигантских секвой. И чем выше ствол дерева, тем выше должно быть давление. Биологи выяснили, что давление, которое обеспечивает деревья питанием в то же время мешает им расти. Когда давление становится слишком высоким, в стволе дерева образуются тромбы. Они преграждают путь на верх и верхушка дерева не получает достаточно питания, дерево прекращает расти.

Что касается воды, то под водой давление увеличивается на 1 бар каждые 10 метров. То есть на глубине 40 метров оно уже равно 5 бар. Как же рыбы живут под водой? Дело в том что ткани и кости глу-

боководных рыб пропитаны водой. Поэтому рыбы испытывают одинаковое давление внутри и с наружи. Но если глубоководную рыбу вытаскивать на поверхность. Рыба раздуется, и её внутренности вылезут через рот наружу, она погибнет. Некоторые бактерии живущие в воде способны выдержать давление в 16000 раз больше, чем нормальное атмосферное. Но как им это удается, ученые пока объяснить не могут.

Человек, оказавшийся под водой, естественно, тоже испытывает ее давление. При погружении под воду без акваланга легкие сильно сжимаются. Действует так называемый закон Бойля: если увеличивается давление среды, окружающей газ (воздух в легких), то газ сжимается. На глубине не 162 метра – это мировой рекорд погружения без акваланга – легкие уменьшаются до размеров яблока. На каждый сантиметр тела давит вес в 17 килограммов. Казалось бы у ныряльщика должны сломаться все кости. Но скелет справляется с этой нагрузкой, так как давление воды воздействует на него равномерно со всех сторон. Человек может выдержать и больше. Испанские ученые смоделировали подводное погружение в барокамере. Испытуемые выдержали давление, соответствующее глубине 705 метров. А ведь это 70 килограммов на квадратный сантиметр.

"Все живые организмы обладают электрическими полями и, как следствие, магнитными полями сложной природы. Эти поля полностью пропадают со смертью". Таким образом, можно говорить о том, что биологические системы излучают электромагнитные волны. Немецкий физик док. Попп (Poppe) провел исследования и доказал, что эти электромагнитные излучения могут быть экспериментально измерены и что все биологические процессы можно свести к электромагнитным воздействиям. Традиционная медицина сегодняшнего дня встала перед необходимостью признать существование не только видимого и плотного тела, но и невидимого электромагнитного. В отличие от плотного тела, в котором все занимает строго определенную позицию, имеет объем и достоверные границы, электромагнитное тело, напротив, не имеет однозначных границ и очертаний. Раньше полагали, что информация в организме передается только гуморальными и нервными путями. Сегодня эта точка зрения устарела. Нервные волокна и жидкости организма (кровь, лимфа) переносят информацию моторного и сенсорного раздражения, переносят биохимические веще-

ства, участвующие в тканевом катаболизме и метаболизме. Попп показал, что невообразимо огромное количество информации, существующее внутри организма, может передаваться только с помощью излучения. Нервы и жидкости организма слишком "медлительны" для выполнения этой задачи. Электромагнитные колебания ответственны за все процессы обмена веществ, за рост и отмирание, за образование ферментов и тепловую регуляцию, осознанный и подсознательный прием информации.

"Наши наблюдения о роли электромагнитных полей в передаче биологической информации в системе клетка-клетка дают основания высказать предположение, что чисто химический механизм этой связи может быть не первичным, а есть следствие более сложных полевых процессов, которые по существу и представляют собой истинный механизм передачи информации структуры внутри клетки".

"Живое существо можно рассматривать как систему, состоящую из двух частей (элементов) - вещественного тела и его электромагнитного двойника, проявляющего активность во всей известной области электромагнитного спектра. Электромагнитное тело обладает определённой организацией, отражающей индивидуальные особенности данного существа. Между этими двумя телами существует тесная взаимосвязь, так что изменения в одном теле неизбежно порождают изменения в другом. Вместе с тем, каждое из этих тел обладает своей особенной структурой и свойствами и обеспечивает взаимодействие с окружающей средой на своём уровне, то есть в определённом диапазоне состояний физической материи: вещественное тело - на уровне вещества, электромагнитное тело - на уровне электрического и магнитного полей и электромагнитных волн. Можно предположить, что электромагнитное тело есть не что иное, как высшая составляющая физического тела, которая соединяет его с более высокими сферами материи живого существа".

Электромагнитные колебания стимулируют, контролируют и регулируют все процессы жизнедеятельности в организме. Природный радиоактивный фон необходим для нормального существования живых организмов, причины такого влияния непонятны. Некоторые излучения заставляют человека спать, плакать, смеяться, волноваться и т. д.

## РОЗВИТОК ТВОРЧИХ ЗДІБНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ ПРИ СКЛАДАННІ УМОВ ЗАДАЧ З ФІЗИКИ

*Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут"*

*Ст. І.А. Радченко*

*Кер.: доц. В.І. Федорченко, ст. викл. І.В. Галушак*

Один з аспектів навчання студентів - це, безумовно, діяльність пов'язана з розвитком творчих здібностей. Серед найважливіших завдань сучасної освіти - формування у майбутніх інженерів загальної картини світу в єдності та багатогранності. Уявлення про цілісну картину світу формується за допомогою прийомів внутрішньо-предметної та між предметної інтеграції.

Для різних галузей науки початку ХХІ століття є характерним бурхливий розвиток і взаємопроникнення одних наук в інші. Наприклад, біофізика вивчає фізичні, фізико-хімічні, фізико-біологічні закономірності в живих організмах, вплив фізичних факторів на них. Її завдання - дослідження фундаментальних процесів, які лежать в основі живої природи. Застосування фізичних ідей і методів до біологічних об'єктів вимагає врахування їх специфіки. Нас цікавить розподіл на такі самостійні розділи: біомеханіка, біоенергетика, математична біофізика.

Встановлення міжпредметних зв'язків між фізикою і біологією дає великі можливості для формування особистості, яка матиме уявлення про цілісну сучасну наукову картину світу.

Біофізичний матеріал концентрує увагу, розвиває навички застосування одержаних теоретичних знань на практиці та в нестандартних ситуаціях. Для більшості біофізичні приклади можуть слугувати засобом розвитку пізнавальних можливостей у фізиці та біології.

Ми пропонуємо підбірку завдань, до якої входять питання задач до основних розділів фізики, які сформульовані на основі впливу навколишнього середовища на живі організми, або висвітлюють дію фізичних законів в роботі органів, систем органів і організму людини в цілому. Передбачається використання цих завдань в першу чергу на хімічних спеціальностях, де студенти вивчають фізику, хімію, біофізику. Розв'язання запропонованих задач розширює знання майбутніх спеціалістів в цих галузях науки, розвиває інтерес до курсу фізики, вчить використовувати придбані на заняттях знання на практиці. Для розвитку творчих здібностей студентам пропонується можливість самостійно скласти умови декількох завдань, для чого їм потрібні навички роботи з науковою літературою, вміння знаходити та використовувати довідков данні.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАГРЕВА ПРИ НАВАРЕ СТЕКЛА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д. Петров*

*Рук. доц. Т.И. Храмова*

Высокочастотный нагрев в стекловаренной печи основан на том, что индуктор, по которому идет ток, образует переменное электромагнитное поле, возбуждающее вихревые токи, вызывающие нагрев и расплавление стекла, помещенного вместе с сосудом внутрь графитового нагревателя.

Устройство для индукционного нагрева в общем виде представляет собой обмотку, питаемую переменным током. В переменное магнитное поле, создаваемое этой обмоткой (соленоидом или индуктором), помещается нагревательный элемент (графитовый нагреватель). Принцип действия установки индукционного нагрева основан на явлении электромагнитной индукции. При пропускании через индуктор переменного тока высокой частоты в нем происходит изменение магнитного потока, пронизывающего графитовый нагреватель. Это изменение магнитного потока возбуждает в графитовом нагревателе переменную э.д.с., что приводит к появлению индуцированных вихревых токов. Количество теплоты, выделенное вихревыми токами тем больше, чем быстрее происходит обуславливающее эти токи изменение магнитного поля. Поэтому на соленоид подаются токи очень высокой частоты  $> 2500$  Гц.

Установки с индукционным нагревом применяют при наваре оптических марок стекла, имеющих фосфатную основу. Шихты, приготовленные для навара этих стекол, имеют в своей основе ортофосфорную кислоту, а основным стеклообразующим окислом в таких стеклах является  $P_2O_5$ . Важной особенностью является то, что стекло является электропроводным при температуре выше  $800^0$  С, поэтому нагрев до  $800^0$  С производится за счет тепловой энергии графитового нагревателя, а дальнейший разогрев — кА за счет тепловой энергии, так и за счет вихревых токов в самом стекле.

Цветные фосфатные стекла, приготовленные в индукционных установках, применяются в приборах люминесцентного анализа для определения подлинности ценных бумаг, а также как светофильтры в лазерных дальномерах для защиты зрения.

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Харьковский национальный аграрный  
университет им В.В. Докучаева*

*Ст.: А. Кулачко, С. Кулачко*

*Рук. доц. С.С. Авотин*

Французский садовник Монье выращивал пальмы. Однажды у него не хватило денег на кадки и он изготовил их из цемента. Кадки получились непрочными. Тогда Монье изготовил кадки из железных прутьев обмазанных цементом. Так в 1867 году родился железобетон - первый искусственный композиционный материал сочетающий положительные качества составляющих компонентов. Интересно отметить, что тела растений и животных тоже конструкция из композиционных материалов.

Свойства композитов уникальны. Если алюминиевую основу армировать волокнами бора, получается композит, который по прочности и модулю упругости в 2-3 раза превосходит лучшие алюминиевые сплавы. Армированный нитями углерода пластик, позволяет снизить вес деталей самолёта вдвое. Из углепластика делают лопасти винтов вертолётных, крылья, лонжероны и крылья авиалайнеров. Если никелевую основу упрочить тугоплавкими металлами, то получается композиционный материал, способный работать при температурах свыше  $1000^{\circ}\text{C}$ . Создание армированных материалов на основе окислов алюминия и бериллия, по-видимому, позволит поднять прочность в 5-10 раз по сравнению с прочностью лучших современных сталей.

Композиционными материалами являются и пенометаллы. Металлическая пена образуется при разложении в расплавленном металле веществ, выделяющих при этом много газов. Пеноалюминий, например, при достаточной прочности может быть в пять раз легче воды, то есть иметь удельный вес бальзы – древесины, из которой был построен знаменитый плот «Кон-Тики». Прочность обжатого пеноалюминия такая же, как и у литого металла, при вдвое меньшей плотности ( $1,4\text{ г/см}^2$ ). Пеноалюминий лишён недостатков древесины – его прочность одинакова по всем направлениям он не гниёт и не горит. В последнее время композиты начали получать даже путём бомбардировки поверхности одного элемента ионами другого разогнанными в ускорителях элементарных частиц.

# ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧЕЛОВЕКА

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. С.В Терновский, А.Г. Сидько*

*Рук. доц. Т.И. Храмова*

В настоящее время уровень производства обуславливает такие изменения в окружающей среде, при которых возникает реальная угроза биосистеме всех живых организмов, в том числе и людей.

Общеизвестно канцерогенное действие ионизирующих излучений на живые организмы. Однако электротехническое оборудование и бытовые электроприборы создают электромагнитные поля, также оказывающие влияние на здоровье человека.

Биологическое действие электромагнитных полей зависит прежде всего от двух параметров – мощности и частоты излучения. В зависимости от мощности различают тепловое и нетепловое воздействие. Условной границей между этими областями является величина в 10 мВт на квадратный сантиметр облучаемой поверхности. При таком значении мощности ткани могут прогреться на несколько десятых градуса. При исследовании теплового воздействия электромагнитного излучения было установлено, что ткани живого организма неоднородны. Например, в тканях головного мозга есть участки, которые из-за высокой проводимости способны поглотить значительно больше электромагнитной энергии, чем соседние участки. От частоты излучения зависит, насколько хорошо поглощается электромагнитная энергия в теле человека.

Традиционно при рассмотрении биологических эффектов от электромагнитного поля считалось, что основным механизмом воздействия является «тепловое» поражение тканей. Однако в последнее время появляется все большее количество доказательств, что существуют другие пути взаимодействия электромагнитного поля и живого организма при интенсивностях поля, недостаточных для тепловых воздействий. Кроме того, комбинированное воздействие малых интенсивностей электромагнитных полей, ионизирующих излучений, химических веществ и других видов воздействий приводит к усилению негативного влияния на организм человека.

# БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

*Харьковский национальный аграрный  
университет им В.В. Докучаева*

*Ст. К. О. Омельченко*

*Рук. доц. С.С. Авотин*

Действие ионизирующих излучений на живые организмы основывается на ионизации молекул в клеточных структурах. При облучении смертельной дозой гамма-излучения, равной 6 Гр, в организме человека выделяется энергия, приблизительно равная:

$$W = mD = 70 \text{ кг} \cdot 6 \text{ Гр} = 420 \text{ Дж.}$$

Единица поглощённой дозы 1 Гр (грей) равен поглощённой дозе излучения  $D$ , при которой облучённому веществу массой 1 кг передаётся энергия излучения  $W = 1 \text{ Дж}$ :  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ кг} = 1 \text{ Дж} / \text{кг}$ .

Тепловое воздействие не является причиной лучевой болезни так как такая энергия содержится в чайной ложке горячего чая. При дозе 6 Гр в  $1 \text{ см}^3$  ткани происходит ионизация примерно  $10^{15}$  молекул воды. Биохимические изменения в клетках, обусловленные образованием молекул, чуждых нормальной клетке, начинаются сразу после облучения. Некоторые последствия биохимических изменений проявляются через секунды, другие могут привести к гибели клетки или её раковому перерождению через десятилетия. В первую очередь нарушаются функции органов, в которых происходит деление и образование новых клеток. Предельно допустимой дозой (ПДД) облучения для лиц, профессионально работающих с источниками радиации, является 50 мЗв за год (одноразовая доза для населения -0,1 Зв). Один Зв (зиверт) равен эквивалентной дозе ( $H = Dk$ ), при которой поглощённая доза равна 1 Гр при коэффициенте качества  $k = 1$ . Предельно допустимая доза для населения 5 мЗв за год. При облучении пороговой дозой 0,5 – 1,0 Зв начинаются нарушения в работе кровеносной системы человека. При дозе 3 – 5 Зв около 50% облученных умирает от лучевой болезни. Причиной гибели является поражение костного мозга. Приносят ли малые дозы излучения ущерб здоровью человека? Необходимым условием эволюции является естественный отбор вследствие мутации генов, а один из факторов, вызывающих мутации, является естественный фон радиации. Опыты показали, что небольшие дозы излучения, сравнимые с естественным фоном, стимулируют развитие растений. Сходные результаты получены в опытах на животных. На вопрос приносят ли малые дозы излучения ущерб здоровью однозначный ответ дать нельзя.

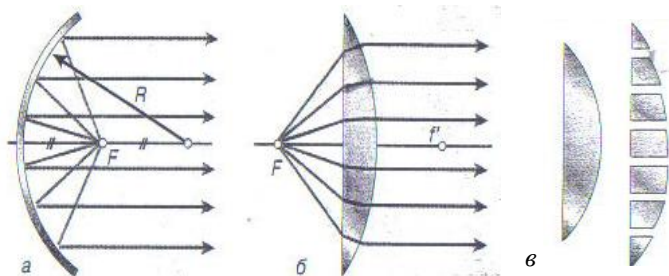
## КОНСТРУКЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЗЫ ФРЕНЕЛЯ

*Харьковский Национальный университет  
им. В.Н. Каразина*

*Ст.: А.В. Телятник  
Рук.: доц. Е.М. Савченко*

В современных условиях развития технологий и внедрения новых материалов классические законы физики, в частности оптики, находят новые применения. В качестве примера можно привести линзу, сконструированную О.Ж. Френелем.

В начале XIX века важнейшим навигационным устройством служил маяк. Маячный фонарь поднимали на высокую башню, его свет собирали в лучи с помощью либо вогнутого зеркала, либо собирающей линзы. Для этих целей линза необходима довольно большая, а это требование создает сложности: в массивном стекле возникают неоднородности, такую линзу трудно сделать строго сферической, а из-за неравномерного нагрева она может лопнуть. Для усовершенствования конструкции маяка во Франции была создана специальная комиссия, и работать в ней пригласили Френеля – опытного инженера, известного работами в области оптики.

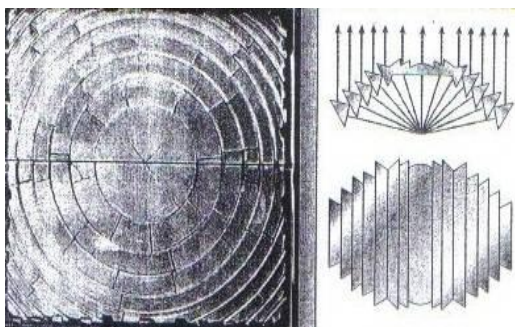


*Собрать свет в узкий луч можно при помощи вогнутого зеркала (а) или линзы (б), поместив источник света в точку фокуса, (в) Собирающую линзу можно представить как набор призм,*

*Многokrатно увеличив число этих призм и уменьшив их размер, можно получить практически плоскую линзу – линзу Френеля.*

В 1819 году Френель предложил конструкцию новой линзы, лишенной недостатков, присущих обычной линзе. Вместо одной большой линзы он предложил собрать конструкцию в виде тонких колец из отдельных призм треугольного сечения - составную линзу.

Он рассчитал форму профилей колец и разработал технологию, и участвовал в создании линзы, нередко исполняя обязанности простого рабочего. Теперь оптическая система маяка состояла из восьми плоских квадратных линз со стороной 2,5 м, имевших фокусное расстояние 920 мм. Конструкции французских маяков оказались самими лучшими. “Яркость света, которую дает новый прибор, удивила моряков”, - писал Френель.



*Первая линза, созданная Френелем, была квадратной.*

С тех пор прошло почти 200 лет, но линза, предложенная Френелем, остается актуальным техническим устройством. Она широко применяется в конструкциях различных сигнальных фонарей, автомобильных фар, светофоров, деталей лекционных проекторов.

Совсем недавно появились лупы в виде линеек из прозрачного пластика с круговыми бороздками, каждая бороздка – миниатюрная кольцевая призма; а все вместе они образуют собирающую линзу.



*Френелевская линза-линейка из гибкого пластика фокусирует солнечные лучи не хуже, а даже лучше обычной стеклянной линзы*

Линза Френеля может быть не только собирающей, но и рассеивающей – для этого нужно кольцевые призмы-бороздки на куске прозрачного пластика сделать другой формы. Такие пластинки-линзы используют вместо панорамных зеркал заднего вида в автомобилях.

Если грани миниатюрных призмочек с использованием нанотехнологий покрыть зеркальным слоем (напылив алюминий), линза Френеля превращается в выпуклое или вогнутое зеркало.

Такие зеркала применяют в телескопах, работающих в рентгеновском диапазоне. А отштампованные в гибком пластике зеркала и линзы для видимого света настолько просты в изготовлении и дешевы, что их выпускают в виде лент и используют в бытовых целях, например, для оформления витрин.

# СИЛЬНОМАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – АНТИФЕРРОМАГНЕТИКИ, ИХ СВОЙСТВА, СТРУКТУРА И ПРИМЕНЕНИЕ

*Национальный технический университет*

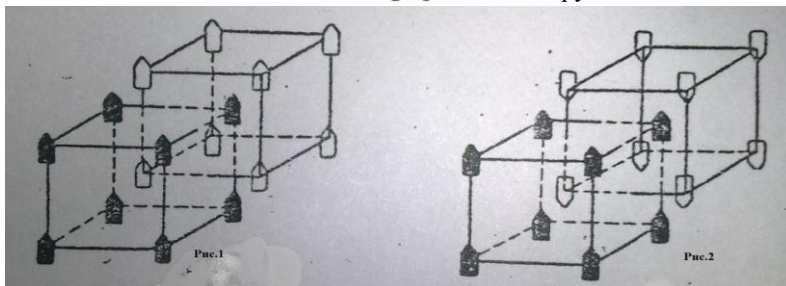
*«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Д.О. Титенко, О.В. Боротюк, П.В. Надточий*

*Рук. доц. Н.И. Гнидаш*

В 1933 году Л.Д.Ландау теоретически предсказал, что в природе должны существовать сильномагнитные материалы – антиферромагнетики. Предполагалось, что эти вещества должны содержать атомы (ионы) с некомпенсированными спинами электронов на недостроенных оболочках и они тоже должны иметь доменную структуру. Предполагалось также, что в этих веществах внутри каждого домена должна наблюдаться строгая упорядоченная ориентация спинов. Но характер этой упорядоченности противоположен тому, который характерен для ферромагнетиков. Если в ферромагнетиках под влиянием сил обменного взаимодействия все спины внутри домена ориентированы параллельно, то в антиферромагнетиках соседние спины должны быть ориентированы антипараллельно и полностью компенсировать друг друга.

Оказалось, что такие вещества действительно существуют. В 1938 году они экспериментально были открыты. Антиферромагнетиками являются  $MnO$ ,  $MnS$ ,  $NiCr$ ,  $Cr_2O_3$  и многие другие соединения.



Пояснения структуры ферромагнетиков и антиферромагнетиков производятся с использованием модели двух подрешеток (рис.1, рис.2 соответственно).

На этих рисунках изображены две вдвинутые одна в другую решетки, каждая из которых спонтанно намагничена до насыщения.

Следует представить, что вместо атомов (ионов) в вершинах кубов изображении только их магнитные моменты.

У ферромагнетиков направления намагниченности обеих решеток совпадают (рис.1). У антиферромагнетиков (рис.2) направления спонтанной намагниченности подрешеток, противоположны, а величина их магнитных моментов одинакова. Суммарное внешнее поле такой системы будет равно нулю.

Для антиферромагнетиков так же как и для ферромагнетиков, существует определенная температура, при которой вещество теряет антиферромагнитные свойства в связи с тем, что нарушается антиферромагнитный порядок. Эта антиферромагнитная точка Кюри называется точкой Нееля ( $T_N$ ). При температуре  $T > T_N$  вещество ведет себя как обычный парамагнетик. Эта точка  $T_N$  как и точка Кюри является температурой фазового перехода второго рода.

В точке Нееля для антиферромагнетиков так же, как и в точке Кюри для ферромагнетиков наблюдается аномалия магнитной теплоемкости, коэффициента теплового расширения, электропроводности. Точку Нееля можно точно определить по скачку теплоемкости MnAs от температуры наблюдается резкий пик, который соответствует антиферромагнитной точке Кюри.

Методами нейтронной дифракции подтверждено, что атомно-магнитная структура антиферромагнетиков соответствует той, которая дается моделью двух подрешеток (рис.2).

Некоторые антиферромагнетики при перемагничивании обнаруживают явление магнитного гистерезиса. Это служит доказательством доменной структуры антиферромагнетиков.

Теоретическое изучение антиферромагнетиков очень интересно, так как проблемы антиферромагнетизма тесно связаны с явлением ферромагнетизма, которые широко применяются в современной технике.

Антиферромагнетики пока еще не находят практического применения. Возможные приложения могут найти антиферромагнетики-полупроводники. Особого внимания заслуживают  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeBO}_3$ , в которых можно заметно изменять скорость звука, прикладывая сравнительно слабое магнитное поле. Среди антиферромагнетиков, относящихся к боридам и халькогенидам, есть сверхпроводники (например,  $\text{SmRhB}_4$  с температурой перехода в сверхпроводящее состояние  $T_K=2,7$  К,  $\text{CdMo}_6\text{S}_8$  с  $T_K=1,4$  К и др.).

## **ИСТОРИЯ ФИЗИКИ**

### **АВТОИНДУСТРИЯ БУДУЩЕГО: ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. : Д.С. Волошин, В.С. Фесюк  
Рук. доц. М.В. Лебедева*

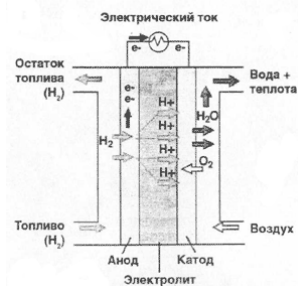
Автоиндустрия вынужденно стоит на пороге революции. Запасы традиционно используемых ею энергоресурсов (нефти, газа) иссякают, а рост мирового автомобильного парка приводит к увеличению выбросов в атмосферу вредных веществ и приближает экологическую катастрофу. В ближайшем будущем, по мнению специалистов, альтернативным источником питания автомобилей может стать водород, используемый в топливных элементах.

Идея создания топливного элемента возникла еще в 1839 году у Уильяма Гровса, а серьезный практический интерес к ним появился в середине шестидесятых годов прошлого столетия, когда стал вопрос об энергообеспечении космических аппаратов. Следующий этап бурного развития топливных элементов начался в девяностых годах прошлого столетия. В настоящее время топливные элементы все активнее используются в самых разных областях – от энергоснабжения и теплообеспечения зданий до источников питания ноутбуков и мобильных телефонов. Огромны перспективы их использования и на транспорте.

В отличие от традиционных технологий сжигания топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС), когда химическая энергия топлива неэффективно переходит в тепло, которое затем тратится на совершение полезной работы, в топливных элементах (электрохимических генераторах) химическая энергия топлива в процессе электрохимической реакции напрямую переходит в электрическую, питая тяговую электродвигатель.

В качестве топлива в таких элементах используется водород, которым либо непосредственно заправляется транспортное средство, либо он получается из традиционно используемого топлива непосредственно в автомобиле в особых устройствах – реформерах. Окислителем в топливных элементах является кислород, которого вполне достаточно в воздухе.

Схема простейшего топливного элемента (с протонообменной мембраной) показана на рисунке. Он состоит из полимерной мембраны, помещенной между анодом и катодом. Мембрана представляет собой пластину толщиной в доли миллиметра, которая функционирует как электролит: разделяет вещество на положительно и отрицательно заряженные ионы в присутствии воды. Анод и катод выполнены из пористого материала, представляющего собой смесь углеродных волокон с частичками платины, играющей роль катализатора, способствующего протеканию реакции диссоциации. На аноде молекулы водорода в присутствии катализатора превращаются в ионы  $H^+$  (протоны) и электроны. Протоны через мембрану диффундируют к катоду, а поток электронов направляется к катоду через внешнюю электрическую сеть, к которой подключена нагрузка. Кислород, подаваемый на катод, в присутствии катализатора вступает в реакцию с ионами водорода из мембраны и электронами из внешней цепи. В топливном элементе протекает реакция:  $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{электричество} + \text{тепло}$ . В итоге получается полезная энергия и водяной пар.



Топливные элементы энергетически более эффективны, чем двигатели внутреннего сгорания (для них нет термодинамического ограничения коэффициента использования энергии). КПД топливных элементов достигает по электрической энергии 50% в то время как КПД ДВС ниже 25%. (При использовании тепла и воды эффективность топливных элементов возрастает до 80%). Причем, в отличие от ДВС КПД топливных элементов остается очень высоким и в том случае когда они работают не на полной мощности. При равной полезной мощности автомобиль использующий бензин не в качестве основного топлива а как источник для получения водорода в реформерах с последующим окислением его в топливных элементах примерно в два раза экономичнее обычных бензиновых машин.

Важнейшее преимущество топливных элементов – их экологичность. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, автомобилями заправленными водородом, практически отсутствуют, а при использовании реформеров – очень низкие. Отсутствуют также шумы и вибрации. Одним из основных недостатков топливных элементов на сегодняшний день – их относительно высокая стоимость. Но этот недостаток может быть вскоре преодолен. Все больше компаний выпускают коммерческие образцы топливных элементов, они непрерывно совершенствуются, а их стоимость снижается.

## **М.И. КОШКИН - ЛЕГЕНДАРНЫЙ КОНСТРУКТОР**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А. Стельник, С. Лотишко*

*Рук. доц. Ю.Г. Окладной*

Выдающийся конструктор танков Михаил Ильич Кошкин родился 3 декабря 1908 года. Выходец из многолетней крестьянской семьи, он в 14 лет уезжает из родной Ярославской губернии на заработки в Москву. Работал на кондитерской фабрике, откуда был призван в царскую армию. Службу проходил в железнодорожных войсках в г. Киеве. В годы Гражданской войны в рядах Красной Армии сражается под Царицыном, Архангельском.



**М.И. Кошкин**

В 1921 году из войск направлен на учебу в Свердловский университет, после окончания которого получает направление на работу в г. Вятку директором кондитерской фабрики. С 1925 по 1929 гг. на партийной работе в г. Вятке. В 1929 г. поступает в Ленинградский политехнический институт, который заканчивает в 1935 г. Еще в период учебы в институте начинает работать в конструкторском бюро Ленинградского Кировского завода, куда и приходит после окончания института. Уже в 1936 г. за участие в работах по созданию танка с противоснарядным бронированием получает правительственную награду - орден Красной Звезды.

В декабре 1936 г. направляется на конструкторскую работу в Харьков на Харьковский паровозостроительный завод - нынешний завод

им. В.А. Малышева. В январе 1937 г. возглавляет конструкторское бюро завода, занимающееся разработкой танков. Одновременно ведутся работы над танками А-20 и А-32, после предъявления которых правительству и появляется вариант танка Т-34. Он был принят на вооружение армии в декабре 1939 г. М.И. Кошкин лично принимал участие почти во всех испытаниях танка. Еще никому в мире не удавалось в столь сжатые сроки, начиная практически с нуля, создать современный и совершенно новый танк, ставший впоследствии классической машиной.

Два опытных Т-34 были изготовлены и переданы на войсковые испытания 10 февраля 1940 года, подтвердившие их высокие технические и боевые качества. В начале марта 1940 года Кошкин отправляется с ними из Харькова в Москву «своим ходом». В условиях начавшейся весенней распутицы, при сильной изношенности танков предшествующими пробеговыми испытаниями (около 3000 км), начавшийся пробег несколько раз был на грани провала. 17 марта 1940 года на Ивановской площади Кремля танки были продемонстрированы представителям правительства. Испытания в Подмоскowie и на Карельском перешейке завершились успешно. Т-34 был рекомендован для немедленной постановки на производство.

Сам Кошкин дорого заплатил за этот демонстрационный успех. В апреле сорокового года, возвращаясь своим ходом в Харьков, под Орлом один из танков опрокинулся в воду. Помогая вытаскивать его, Кошкин, уже простуженный, сильно промок. По возвращении в Харьков он по настоянию врачей был госпитализирован. Простуда и переутомление привели к заболеванию пневмонией, но Михаил Ильич продолжал активно руководить доработкой танка, пока не произошло обострение заболевания и не пришлось удалить одно лёгкое. Конструктор скончался 26 сентября 1940 года в санатории «Занки» под Харьковом, где проходил реабилитационный курс лечения. Похоронен в Харькове.

В 1942 г. Михаилу Ильичу Кошкину посмертно была присуждена Государственная премия СССР, в 1990 г. - присвоено звание Героя Социалистического Труда. Его имя носят рыболовецкий траулер (порт приписки - Севастополь), одна из улиц Харькова, в начале которой установлен памятник. На доме на углу улиц Пушкинской и Красина, где жил М.И. Кошкин, установлена мемориальная доска.

Литература:

1. Кошкин Михаил Ильич. -

<http://kharkov.vbelous.net/famous/famconst/koshkin.htm>

2. Кошкин, Михаил Ильич. - Википедия.

## НА ПУТИ К БЫСТРОМУ ТАНКОВОМУ ДИЗЕЛЮ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Е. Бордюг, А. Давиденко*

*Рук. доц. Ю.Г. Окладной*

Харьковский паровозостроительный завод - одно из старейших машиностроительных предприятий Харькова. Во все периоды своего существования ХПЗ, ныне известный далеко за пределами Украины как завод имени В.А. Малышева, шагал в авангарде технического прогресса. Начало производству дизельных двигателей на этом заводе было положено в 1913 году.

Работы по созданию быстрого дизельного двигателя развернулись в Харькове с 1931 г. Первоначально известный под названием БД-2, этот двигатель со временем получил название В-2. Различными модификациями этого двигателя были оснащены советские танки периода Великой Отечественной войны - Т-34, КВ, ИС, что резко снижало их пожароопасность.

Когда в 1941 году стало очевидно, что Т-34 на советско-германском фронте находится вне конкуренции и неуязвим для противотанковых средств, находившихся на вооружении немецкой армии, немецкие танкисты обратились к руководству своей армии с просьбой развернуть производство Т-34 на немецких заводах. Однако производители танков от этого отказались, поскольку немецкая промышленность была не в состоянии в разумные сроки освоить производство дизеля В-2. В тот период не имели дизелей и танки других великих держав - США, Англии, Франции.

В создании нового двигателя принимали активное участие выпускники Харьковского политехнического института - главный конструктор Константин Фёдорович Челпан и его ближайшие помощники Яков Ефимович Вихман и Иван Яковлевич Трашутин.

Работы над новым дизелем шли через преодоление многочисленных трудностей, обусловленных нехваткой на ХПЗ квалифицированных кадров, современного оборудования и недостаточной культурой производства. В 1937 г. среди руководства завода прошли многочисленные аресты, был отстранён от работы, а вскоре репрессирован К.Ф. Челпан. Работы по доработке двигателя и началу его серийного

производства возглавил Т.П. Чупахин, направленный в Харьков из Центрального института авиационного моторостроения (ЦИАМ).



**К.Ф. Челпан**



**Т.П. Чупахин**

На пути к быстрому танковому дизелю советская промышленность решила немало конструкторских, технологических и производственных проблем. Первые образцы быстрого дизеля оснащались топливной аппаратурой немецкой фирмы "Бош". И только во второй половине тридцатых годов её производство освоил опытный завод ЦИАМ.

В ноябре 1942 г. прошла техническая конференция по качеству различных модификаций двигателей В-2. В ходе конференции представители Главного бронетанкового управления констатировали весьма несовершенную систему фильтрации воздуха, топлива и масла. Воздушные фильтры не задерживали песок, что влекло за собой преждевременный износ поршневых колец и резкое увеличение расхода масла.

Дизель В-2 обрел требуемые свойства к середине 50-х годов на доработанном и усовершенствованном танке Т-54.

Литература:

1. Дизель В-2: летопись конструирования и доводки. - [nvo.ng.ru/history/2000-06-02/5\\_diesel.html](http://nvo.ng.ru/history/2000-06-02/5_diesel.html)
2. В-2 - Википедия. - [ru.wikipedia.org/wiki/В-2](http://ru.wikipedia.org/wiki/В-2)
3. Легендарный В-2: три страницы судьбы. - [engine.aviaport.ru/issues/04/page18.html](http://engine.aviaport.ru/issues/04/page18.html).
4. Дизель-мотор В-2. - [alexfiles99.narod.ru/.../v2/v-2\\_engine.html](http://alexfiles99.narod.ru/.../v2/v-2_engine.html)

# СТАНОВЛЕНИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ПО ФЕРРИТОВОЙ ТЕМАТИКЕ В ХАРЬКОВЕ

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

*Ст.: К.А.Мозуль, А.А. Пушкарская  
Рук.: проф. Л.П.Ольховик, ст. пр. Е.В.Шуринова*

Создателю научной школы по ферритовой тематике  
*Юлии Александровне Мамалуй* посвящается

В становлении как отечественной, так и мировой науки, связанной с ферритовой тематикой, весомый вклад внесла Харьковская школа физиков, основоположниками которой были член-корреспондент АН СССР, профессор Евгений Станиславович Боровик и заведующий кафедрой общей физики физического факультета, доцент Абрам Соломонович Мильнер. Под их руководством были синтезированы первые экспериментальные моно- и поликристаллические образцы новых составов ферритов различных структурных типов и начато изучение их магнитных свойств.



Авторами первых научных публикаций, датированных 1955г, были студенты, среди них – студентка 3 курса Юлия Мамалуй. Получив диплом с отличием она стала первой аспиранткой Е.С.Боровика, а в 1963 году успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему “Температурная зависимость некоторых свойств гексагональных ферритов”.

После открытия на кафедре общей физики специализации «Физика магнитных явлений» в 1964 году Юлия Александровна становится ведущим преподавателем. Педагогическое мастерство и увлеченность

наукой Юлии Александровны притягивает многочисленных учеников из числа ее студентов и сотрудников кафедры.

За сравнительно короткий период с 1971 по 1983 год под руководством Мамалуй Ю.А. успешно защитили кандидатские диссертации С.П.Кунцевич, А.А.Мураховский, Н.Н.Ефимова, В.П.Палехин, Л.П.Ольховик, В.Н.Горбач. Поражает не только трудоспособность руководителя и воспитанных ею учеников, но и масштабность тем диссертационных работ: “Исследование магнитострикционных свойств гексагональных ферритов типа М, W и Y”; “Исследование энергии магнитной кристаллографической анизотропии гексагональных ферритов типа М и W”; “Исследование обменных взаимодействий в многоподрешеточных ферритах методом диамагнитных замещений”; “Исследование связи магнитоупругих деформаций и энергий магнитной кристаллографической анизотропии гексаферритов”; “Структурные и магнитные особенности щелочноземельных и редкоземельных гексаферритов типа М”; “Ориентационные фазовые переходы в гексаферритах”.

Важное место в работе научной лаборатории занимают охранные способные научно-прикладные разработки, выполняемые в рамках хоздоговорных тем и непосредственного научного сотрудничества с ведущими в Советском Союзе научно-исследовательскими, проектными институтами и производственными объединениями, такими как: НИИ «Домен» (г.Ленинград), ГосНИИ Химфотопроект (г.Москва), НПО «Вымпел» (г.Москва), НПО «Свема» (г.Шостка, Сумская область) и др.

В 1977 году Юлия Александровна Мамалуй стала первой женщиной доктором физико-математических наук на физическом факультете. В это время первые шаги в развитии новых научных направлений уверенно делают ее ученики. Под руководством С.П.Кунцевича осуществляется переход на новый экспериментальный уровень: разрабатывается методика синтеза монокристаллов, обогащенных изотопом  $^{57}\text{Fe}$  и создается уникальный ЯМР спектрометр не имеющий аналогов в мире. Обнаружены трехлинейчатые ЯМР спектры от ядер  $^{57}\text{Fe}$  в блоховских доменных стенках и установлено их происхождение. По данной теме в 2001 году была защищена С.П.Кунцевичем докторская диссертация.

Одним из научных направлений кафедры общей физики, которое было инициировано Н.Н.Ефимовой стало изучение концентрационных фазовых (х-Т-Н) – диаграмм фрустрированных оксидных ферритмагне-

тиков. Впервые были обнаружены закономерности, которые присущи всем без исключения спин-стекольным системам.

Экспериментальное исследование спин-переориентационных фазовых переходов гексагональных ферритов различных структурных классов, а также разработка и создание методологии построения диаграмм магнитного состояния в сочетании с компьютерным моделированием процессов намагничивания принадлежит доц. Мураховскому А.А.

Технологический бум 80-90<sup>x</sup> годов, связанный с разработкой и созданием нового поколения носителей высокоплотной магнитной записи инициировал стремительное изучение фундаментальных свойств ферритовых нанокристаллов. Результатом исследований научной группы Л.П.Ольховик явилось защита двух кандидатских диссертаций. По данной тематике в 2006 г. была защищена Л.П.Ольховик докторская диссертация.

Созданная профессором Юлией Александровной Мамалуй научная школа, благодаря значительному вкладу в развитие физики ферритов, является известной и признанной в научном мире стран ближнего и дальнего зарубежья. Защищено 18 кандидатских и 3 докторских диссертации; опубликовано порядка 700 научных статей в отечественных и зарубежных изданиях; сделано более 1000 докладов на международных конференциях; получено 30 авторских свидетельств и патентов по созданию экспериментальных установок и функциональных ферритовых материалов (моно-, микро- и нанокристаллов), а также способов их получения.

Сегодня пришла «новая волна» молодых исследователей, специализирующихся в области нанодисперсных ферритовых материалов. Среди них авторы данного доклада – студенты новой специализации «Магнетизм наноразмерных систем», открытой на кафедре общей физики в 2009 году.

История научной школы продолжается...

# ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНЗИСТОРІВ

*Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут"  
Ст.: А.С. Зубовіч, С.В. Белослюдцев  
Рук. доц. О.М. Под'яча*

Ще в далекому 1948 році світ – облетіла звістка, що створено пристрій, який може замінити звичайну радіолампу. Цей пристрій отримав назву «транзистор». Він здійснив справжню революцію у світі техніки та електроніки. Ця революція, яка почалась 60 років тому, триває ще й досі. І вчені ще не винайшли такої деталі, яка могла б замінити транзистор так, як він замінив радіолампу.

Транзистор (від англ. transfer – переносити и resistor – опір) – це електронний пристрій на основі напівпровідникового кристала, який призначений для генерування і перетворення електричних коливань. Транзистор може міститися як у своєму корпусі, так і у корпусі інтегральної мікросхеми або комп'ютерного чипа.

Необхідність у транзисторі "витала в повітрі", але спочатку вона вловлювалася лише небагатьма – наприкінці 1930-х років лідери провідної американської телекомунікаційної фірми Bell Labs стали відчувати незадоволеність радіолампами й електромеханічними реле – основними елементами тодішніх пристроїв радіо- і провідних каналів зв'язку. Альтернатива бачилася в категоричній відмові від вакууму, тобто у твердотільному електронному приладі. Метали й ізолятори відразу ж відпали - в одних електронів занадто багато, в інших занадто мало. Підходили лише напівпровідники, тим більше, що напівпровідникові діоди-випрямлячі вже були добре відомі.

Концепція "напівпровідникової лампи" виникла у В. Шоклі наприкінці 1939 року (див. Додаток А, мал.1). Здавалося, що, подаючи на "сітку" напруги різної полярності, можна витіснити електрони з напівпровідника або втягувати їх у нього й тим самим змінювати його опір і струм "катод-анод". Однак тодішній "головний" напівпровідник - закис міді - був надто "брудний". Невдовзі почалася Друга світова війна, і Шоклі довелося займатися завданнями флоту й авіації. В перші післявоєнні роки саме в США почалася розробка ряду масштабних проєктів, зокрема проєкту глобального зв'язку, висунутого фірмою Bell Labs.

Необхідність транзистора тепер вже не просто "витала в повітрі", крім зв'язкової апаратури "заявки" на нього надійшли від обчислювальної техніки, систем наведення ракет. Відразу ще не створений транзистор став потрібний усім. Створена на початку 1946 року на фірмі Bell Labs дослідницька група, керівником якої було призначено У. Шоклі, була націлена на створення напівпровідникового підсилювача. Але тепер експериментували на германії та кремнії. – на той час навчилися робити ці матеріали досить довершеними. Але, як і колись, електрони в кристалі вперто ігнорували команди "сітки", ефект поля чомусь не спрацьовував.

Найважливішою подією весни 1946 року стала гіпотеза Бардіна про наявність на поверхні напівпровідника "пасток", що захоплюють електрони, заряд яких і екранував поле "сітки". У середині 1947 року вчені виявили, що, помістивши германій в електроліт, можна "очистити" пастки від електронів. Електроліт заміняли окислами, плівками металів, нарешті, підпружиненою голкою приблизив її майже впритул до "сітки", виконаної у вигляді такої ж голки (див. додаток А, мал.2). І 15 грудня 1947 року Браттейн на екрані осцилографа побачив посилення сигналу в десятки разів. Але дивно, це відбулося при полярностях потенціалів на голках, обернених тим, які потрібно було подавати. Ось вона, випадковість, вірна подружка великих відкриттів. У. Браттейн не прогавив її, честь йому й хвала.

Прийшов час Теорії. Бардін вгадав, що головними гравцями є основні носії - дірки, інтегруючи в кристал приконтатною зоною однієї з голок. Електрони ж, яких незмірно більше чим дірок, при цьому лише пасивно перебували у напівпровіднику. Виявлений транзисторний ефект був описаний трьома складовими: голка, на яку поданий прямий зсув, інтегрує дірки в кристал, дірки прямують до іншої голки, зміщеною у зворотному напрямку, і захоплюються нею. При різних схемах включення можна одержати посилення потужності, струму, напруги. Демонстраційна установка одночасно стала й макетом транзистора (так назвали новий прилад).

Публічна презентація відбулася лише через півроку, 30 червня 1948 року. Тому саме 1948 рік вважають роком відкриття транзисторного ефекту.

Недоліки першого варіанта транзистора, названого крапково-контактним, або просто крапковим, виявилися занадто істотними й такими, що їх принципово не можна було усунути: громіздкість, невідтворюваність параметрів, працює лише зі слабкими сигналами, висока чутливість до механічних впливів. На щастя, майже тоді ж з'ясувалося, що презентація була не фінішем транзисторного проекту, а стартом його самого головного етапу.

Під час презентації 1947 року хмурим залишалася лише одна людина – керівник транзисторної групи Вільям Шоклі. Транзисторний патент оформлявся на Уолтера Браттейна й Джона Бардіна, "адміністративний ресурс" керівника в Америці не приймають до уваги. Шоклі перший зайнявся ідеєю транзистора, очолив групу, але не брав участь в підсумковому етапі й тепер виявився на другорядних ролях. На щастя для Шоклі крапковий транзистор був явно нежиттєздатний. Шоклі це зрозумів відразу й був готовий до нового як ніхто інший – не даремно він розробляв теорію p-n переходу. Треба було лише забути про свою ж ідею "ефекту поля" і перемкнутися на транзисторний ефект.

Вночі 31 грудня 1947 року йому як би приснився транзистор з p-n переходами, майбутній біполярний плоский транзистор. Завершальна концепція сформувалася на початку 1948 року, дата патентного пріоритету – 26.06.48, експериментальне підтвердження відбулося у квітні 1949 року, а в 1950-51 роки почалося виготовлення сплавних германієвих транзисторів. От тепер переваги транзистора перед радіолампю - твердотілість, мініатюрність, необмежена довговічність - стали явою. Стало ясно, що транзистор цікавий не тільки тим, що може замінити радіолампу, скільки тим, що може дати те, на що радіолампа в принципі нездатна. В 1952 році вперше була висловлена ідея інтегральної схеми. Подальші події розвивалися переважно у техніко-технологічній і виробничій сферах.

Під час Корейської війни (1950–1953 роки) плоскі транзистори пройшли бойове хрещення, тепер генералів бентежила тільки їх низька робоча температура. Тому замість германію стали використовувати кремній. Робоча температура транзисторів здійнялася до 125–150°C, а крім того кремнієві транзистори виявилися значно стабільніші й надійніші германієвих. В 1958–1959 роки була розроблена особлива технологія виготовлення кремнієвих приладів, що об'єднала такі складні операції обробки пластин, як дифузія домішок, фотолітографія, напилювання тонких плівок металів й ін. Всі ці операції велися лише в одній площині пластини, тому розроблений багатостадійний процес назвали планарною технологією. Планарна структура транзисторів стала вирішальним фактором, що дозволив автоматизувати збір.

На основі планарної технології в 1959 році було створено інтегральні схеми, і надалі транзистор став "приходити" до користувача переважно як елемент таких схем, від чого його значимість ще більше зростає. В 1960 році був створений польовий транзистор зі структурою метал-діелектрик-напівпровідник, що став основою надвеликих інтегральних схем. Але загальні принципи, розроблені в 1947-1949 роки, – транзисторний ефект, p-n перехід, ефект поля, транспорт електронів і дірок – незмінно зберігаються й працюють у мікросхемах всіх наступ-

них поколінь. Ці ж принципи стали основою при створенні багатьох інших приладів напівпровідникової електроніки, таких як різноманітні діоди, тиристори, прилади із зарядовим зв'язком, світло діоди. В 1956 році В.Шоклі, Д.Бардін, У.Браттейн одержали Нобелівську премію "за дослідження напівпровідників і відкриття транзисторного ефекту".

Підсилювальна властивість транзисторів використовується в аналоговій техніці (аналогові ТВ, радіо, зв'язок і т.п.). На цей час в аналоговій техніці домінують біполярні транзистори (БТ). Іншою найважливішою галуззю електроніки є цифрова техніка (логіка, пам'ять, процесори, комп'ютери, цифровий зв'язок і т.п.), де, навпроти, біполярні транзистори майже повністю витиснуті польовими.

Вся сучасна цифрова техніка побудована, в основному, на польових МОН (метал-оксид-напівпровідник) – транзисторах (МОНТ), як більш економічних, у порівнянні із біполярними транзисторами. Транзистори виготовляються в рамках інтегральної технології на одному кремнієвому кристалі (чипі) і становлять елементарну «цеглинку» для побудови мікросхем пам'яті, процесора, логіки й т.п. Розміри сучасних МОНТ становлять від 300 до 90 нм. На одному сучасному чипі (звичайно розміром 1-2 см<sup>2</sup>) розміщуються декілька мільйонів МОНТ, що приводить до підвищення швидкодії процесорів.

Нині виробники комп'ютерних чипів зіштовхнулись із складнощами мініатюризації. Потрібно, щоб транзистор був величиною не більше 9нм. Нині 1 чип містить близько 40 мільйонів транзисторів величиною 130 – 180 нм, і з'явилися повідомлення, що вдалося створити транзистор розміром в 90нм.

Вчені пророкують, що потенціалу транзистора вистачить ще на 10-15 років. Зараз уже розвиваються такі технології, як карбонові нанотрубки. Незвичайні електричні можливості нанотрубок зроблять їх одним з основних матеріалів наноелектроніки. Вже зараз створені дослідні зразки польових транзисторів на основі однієї нанотрубки: застосовуючи запірну напругу декілька вольт, вчені навчилися змінювати провідність одношарових нанотрубок на 5 порядків. Ще одне застосування в наноелектроніці – створення напівпровідникових гетероструктур, в т.ч. структур типу метал/напівпровідник або стиків різних напівпровідників. Також вченим нещодавно вдалося виготовити транзистор з однієї молекули. Робота найменшого у світі нанотранзистора заснована на ефекті квантової інтерференції, і тому він був названий Qu1ET. Нині найменший розмір промислових транзисторів – 30-45 нанометрів. Новий нанотранзистор Qu1ET має довжину всього один нанометр. За словами вчених, перехід на надмалі транзистори буде проходити поступово – після закінчення природної еволюції звичайних кремнієвих мікрочипів.

## **ХАРКІВ - БАТЬКІВЩИНА КРАЩОГО ТАНКА ДРУГОЇ СВІТОВОЇ ВІЙНИ**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Ст. М. Нікітчук*

*Кер. доц. Ю.Г. Окладной*

Ще з кінця двадцятих - початку тридцятих років Харків, будучи першою столицею Радянської України, стає одночасно всесоюзною столицею танкобудування. Серійне виробництво танків розгортається на ХПЗ - Харківському паровозобудівному заводі, нинішньому заводі імені Малишева - на рубежі 1927-28 рр.

Спочатку будували Т-24, радянський аналог французького танка "Рено". На початку тридцятих років Радянський Союз купує у американського інженера Крісті проект та зразки швидкого танка, виробництво якого під назвою БТ-2 розгорнули на ХПЗ. В результаті модернізації цієї бойової машини з'явилися спочатку БТ-5, а потім БТ-7. На ХПЗ також розгорнули виробництво важкого трибаштового танка Т-35. У Ленінграді на заводі "Більшовик" налагодили серійне виробництво середнього танка Т-28 та легкого танка Т-26.

Всього було виготовлено по 500 танків Т-28 і Т-35, кілька тисяч танків серії БТ та понад 10 тисяч легкого Т-26, перша модифікація якого була озброєна тільки кулеметами. Т-26 різко поступався БТ і в потужності двигуна, швидкості. Це дає підставу стверджувати, що до війни провідну роль в виробництві радянських танків відігравав ХПЗ.

За своїми технічними характеристиками та бойовими якостями радянські БТ перевершували німецькі легкі танки Т-I і Т-II, завдяки їм Червона Армія здобула перемоги над японськими мілітаристами в боях на озері Хасан у 1938 році та на річці Халхін-Гол у 1939 р.

Військові теоретики середини 30-х років ХХ століття вважали, що долю війни будуть вирішувати великі з'єднання швидких танків. Досвід війни в Іспанії показав: потрібні танки зовсім іншого типу, з помірною швидкістю, що дозволяє вести бій у взаємодії з піхотою, але які володіють протиснарядною бронєю.

Перед конструкторським бюро заводу № 183 - так називалося танкове виробництво ХПЗ - було поставлено завдання спроектувати колісно-гусеничний середній танк, який отримав назву А-20. Однак в ініціативному порядку КБ, яке очолив М.І. Кошкін, паралельно розпо-

чало роботу над чисто гусеничним варіантом середнього танка А-32, який і став безпосереднім попередником Т-34.



Кошкін М.І.



Морозов О.О.

З 1931 р. у Харкові розгорнулися роботи зі створення швидкого дизельного двигуна В-2. Різні модифікації цього двигуна стояли на Т-34, КВ та ІС, що значно підвищувало і рівень пожежобезпечності, і економічність радянських танків.

М.І. Кошкіну вдалося переконати керівництво наркомату оборони у необхідності розробки чисто гусеничного варіанту середнього танка, під час випробувань нова бойова машина довела свої незаперечні переваги перед колісно-гусеничною моделлю. Після доопрацювання новий середній танк отримав назву Т-34, рішення про його серійне виробництво було прийнято 19 грудня 1939 року.

Роботи над створенням середнього танка велися в різних країнах. Німецька армія була озброєна середніми танками Т III і Т IV, американці розробили танк "Шерман". Але тільки конструкторам Т-34 вдалося досягти оптимального поєднання таких якостей бойової машини, як озброєння, бронювання і маневреність. При появі Т-34 на радянсько-німецькому фронті в 1941 році він опинився поза конкуренцією, будучи невразливим для протитанкових засобів, які перебували на озброєнні німецької армії. У той же час 76-міліметрове знаряддя Т-34 легко вражало німецькі середні танки. Радянський важкий танк КВ мав більш потужне бронювання і оснащений тим же знаряддям, але був майже вдвічі важче і мав у півтора рази меншу швидкість.

Протягом 1940 року на ХПЗ було вироблено 117 танків Т-34, а протягом 1941 -1560. У 1941 р. 1256 танків випустив Сталінградський танковий завод. У тому ж році виробництво Т-34 почали освоювати на заводі "Красное Сормово" у місті Горькому і на "Уралвагонзаводі" у Нижньому Тагілі, куди був евакуйований з Харкова завод № 183.

T-34 заслужено визнаний кращим танком другої світової війни. Його бойові якості високо оцінили генерал-інспектор німецьких танкових військ Гейнц Гудеріан і прем'єр-міністр Великобританії Уїнстон Черчілль.



T-34 зразка 1940 року

У 1943 році на озброєння німецької армії надійшли важкий танк "Тигр" і танк "Пантера", який за німецькими мірками вважався середнім, хоча лише трохи поступався за масою радянським важким танкам. За озброєнням і бронезахистом вони значно перевершили першу модель T-34 з 76-міліметровою гарматою. Проте до цього часу радянськими конструкторами вже була розроблена нова модифікація T-34 з 85-міліметровим зброянням. Такі показники, як озброєння, бронезахист і рухливість, у T-34 - 85 і "Пантери" були приблизно однакові, однак німецький танк був у півтора рази важче, істотно поступався в запас ходу. Німецька промисловість не змогла освоїти виробництво танкового дизеля, що робило "Тигри" та "Пантери" більш пожежонебезпечними.

Після другої світової війни T-34-85 використовувався під час війни в Кореї. Його останні модифікації до цих пір знаходяться на озброєнні армій деяких країн, що розвиваються.

#### Література

1. T-34. - Википедія.
2. Завод імені Мальшева. - Википедія.
3. T-34 проти "Пантери": поєдинок менталитетов. - [nvo.ng.ru/history/2006-06-16/6\\_t34.html](http://nvo.ng.ru/history/2006-06-16/6_t34.html)
4. Музейний комплекс "Історія танка T-34". - [www.museum-t-34.ru](http://www.museum-t-34.ru)
5. Дизель В-2: летопись конструирования и доводки. - [nvo.ng.ru/history/2000-06-02/5\\_diesel.html](http://nvo.ng.ru/history/2000-06-02/5_diesel.html)

## **К ВОПРОСУ ФИЛОСОФСКОГО ОСМЫСЛЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ**

*Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники*

*Ст. В.С. Закарян  
Рук. доц. А.И. Рыбалка*

В настоящее время становится абсолютно очевидным, что физика как лидер естествознания, как научная база большинства технологий представляет собой один из важнейших элементов культуры общества. Общекультурное значение физики обусловлено тем, что ее достижения охватывающие огромный масштаб явлений (от внутриядерных до космических), образуют основу современного естественнонаучного мировоззрения и формируют базовые научные представления человечества о мире. Именно эта картина мира должна лежать в основе естественнонаучного мировоззрения современного цивилизованного человека. Важнейшей составной частью картины мира в целом являются понятия пространства и времени. Среди философов, физиков и представителей других наук не утихает интерес к проблеме определения природы пространства и времени. Этот интерес естественен и закономерен, в силу влияния данных факторов на все аспекты деятельности человека. Поэтому проблема пространства и времени чрезвычайно актуальна и является целью нашего анализа в данном докладе.

Естественнонаучные представления о пространстве и времени прошли длительный путь становления и развития. Сущность пространства и времени волновала мыслителей с глубокой древности. (учение Демокрита продолженное его последователями Левкиппом, Эпикуром и др. относительно пространства и времени, признано вершиной античной натурфилософии). Аристотель, полемизируя с атомистами, отстаивал отсутствие делимости времени. Он делает вывод, что время немислимо вне движения, хотя и не сводится к нему. Аристотель доказывает существование универсального времени, создает концепцию пространства, как места занимаемого вещами. В модели мироустройства И. Ньютона пространство и время трактовались как однородные, универсальные и абсолютные формы бытия. Пространство и время – начала, существующие независимо от материи и друг от

друга. Абсолютное пространство неизмеримо и непознаваемо, вследствие неразличимости своих частей. Расстояния между телами их положения можно определить только по отношению к другим телам. Т.е. мы можем иметь дело только с относительным пространством. Время, по Ньютону, нечто абсолютное, ни от чего не зависящая чистая длительность, равномерно текущая от прошлого к будущему. Это пустоеместилище событий, которые могут его заполнять или не заполнять. На течение времени ход событий не влияет. Время универсально, непрерывно, однородно, одномерно, бесконечно. В отличие от абсолютного времени (также неизмеримого), есть относительное время. Измерение времени производится с помощью часов, использующих периодические движения. Расстояние между двумя точками и промежуток времени между двумя событиями сохраняют свои значения независимо друг от друга в любой системе отсчета. Отношения этих величин (скорости тел) могут быть любыми. Следует добавить, что законы ньютоновской механики выполняются только в инерциальных системах отсчета. А это системы, движущиеся поступательно, равномерно и прямолинейно по отношению к абсолютному пространству и времени.

Таким образом, теория тяготения Ньютона основывалась на дальнодействии, которое передавалось через пустое пространство мгновенно. Идеи «пустого» пространства и абсолютного, автономного от человека времени, были переосмыслены как философской традицией Декарта, постулировавшего их «заполненность» и обусловленность осуществляющимися взаимозависимостями и взаимодействием вещей и явлений, так и физикой XX века, сформировавшей представление о единстве «пространство-время», где время всего лишь одна из координат многомерного пространственно-временного континуума. Современное понимание пространства и времени было сформулировано в теории относительности А. Эйнштейна, по-новому интерпретировавшей реляционную концепцию пространства и времени. Теория Эйнштейна исходит из ограниченности и относительности трехмерного, чисто пространственного представления о мире и вводит более точное пространственно-временное представление. С точки зрения теории относительности в картине мира должны фигурировать четыре координаты и ей должна соответствовать четырехмерная геометрия. В подходе Эйнштейна пространству и времени придаются новые свойства: относительность длины и временного промежутка, равноправность пространства и времени. Основное философское значение теории относительности состоит в следующем: во-первых, теория относи-

тельности исключала из науки понятия абсолютного пространства и абсолютного времени, обнаружив тем самым несостоятельность субстанциальной трактовки пространства и времени как самостоятельных, независимых от материи форм бытия. Во-вторых, она показала зависимость пространственно-временных свойств от характера движения и взаимодействия материальных систем, подтвердила правильность трактовки пространства и времени как основных форм существования материи, в качестве содержания которых выступает движущаяся материя. В-третьих, теория относительности нанесла удар субъективистским, априористским трактовкам сущности пространства и времени, которые противоречили ее выводам.

Категории пространства и времени заняли свою нишу в общей теории относительности и релятивистской космологии. В общей теории относительности были раскрыты новые стороны зависимости пространственно-временных отношений от материальных процессов. Теория относительности показала единство пространства и времени, выражающееся в совместном изменении их характеристик в зависимости от концентрации масс и их движения. Время и пространство перестали рассматриваться независимо друг от друга, возникло представление о пространственно-временном четырехмерном континууме. Дальнейшее развитие пространственно-временных представлений современной физики связано с релятивистской космологией. Классические представления о Вселенной характеризуются следующим образом: вселенная бесконечна и однородна в пространстве и стационарна во времени. Однако попытки приложения к этой модели физических законов и концепций привели к неестественным выводам. Классическая космология попыталась пересмотреть некоторые фундаментальные положения (стационарность Вселенной, её однородность и изотропность, «евклидовость пространства»), однако преодолеть противоречия не удалось. В релятивистской космологии была показана относительность конечности и бесконечности времени в различных системах отсчёта. Это положение отразилось в представлениях о "чёрных дырах" (гравитационном коллапсе).

Таким образом, пространство и время лежат в основе нашей картины мира. Появление общей теории относительности заложило основу современного научного представления о мире, многие положения теории были подтверждены опытными данными. Однако вопрос познания пространства и времени, их природы, взаимосвязи требует дальнейшего научного исследования.

## **НАШ ВЕЛИКИЙ ЗЕМЛЯК – ПРОФЕССОР Н.Д. ПИЛЬЧИКОВ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Е.А. Красюк*

*Рук.: доц. В.К. Якуша, доц. Ю.В. Меньшов*

Николай Дмитриевич Пильчиков (1857-1908) родился в Полтаве в семье известного украинского националиста, члена Кирилло-Мефодиевского товарищества, друга Тараса Шевченко Дмитрия Павловича Пильчикова. В 1876 году после окончания гимназии Н.Д. Пильчиков поступил на физико-математическое отделение Харьковского Университета, где уже на первых курсах показал себя серьёзным учёным, поэтом, музыкантом (скрипка). Затем был оставлен на кафедре для подготовки к профессорскому званию, защитил магистерскую диссертацию, посвященную аномальным явлениям земного магнетизма - исследовал Курскую магнитную аномалию, научно аргументировал утверждение о находящихся там богатых залежах железной руды, за что ему была присуждена Большая серебряная медаль Российского Географического Общества в 1884г. В 1897 г. на 4 съезде начальников телеграфов Пильчиков вместе с Поповым продемонстрировал действие радиопередатчика и радиоприемника. В 1888 – 1889 годах был командирован в лабораторию Нобелевского лауреата Г. Лимана. Его друзьями становятся супруги Кюри, А.Г. Столетов, Д.И. Менделеев, П.Н. Лебедев, А.С. Попов. Позже Н.Д. Пильчиков работал профессором Харьковского университета.

С 1902 г. Пильчиков – профессор ХТИ. Он создал физическую аудиторию. Ему принадлежит изобретение телеграфной связи между частями армии. В 1903 г. Пильчиков на территории ХПИ установил радиостанцию с 25-й антенной. Годы заведования физическим кабинетом и лабораторией ХТИ Николаем Дмитриевичем Пильчиковым являются без сомнения наиболее яркими и плодотворными. Продолжая дело А.К. Погорелко, Пильчиков приобретает для физического кабинета измерительные приборы, электрический трансформатор, конструирует ряд оригинальных приборов для проведения научных исследований. Для физического кабинета Н.Д. Пильчиков придумывает и заказывает в Париже рефрактоскоп, устройство для лекционных демонстраций законов преломления света в жидкости, устройство для определения степени ионизации воздуха, электрометры, измеряет спек-

тральную поляризацию неба, изучает полное Солнечное затмение. В период 1904 – 1908 гг. Н.Д. Пильчиков занимается также вопросами противоминной защиты для броненосцев и крейсеров. Неоднократно Н.Д. Пильчиков посещает Францию, где знакомится с новыми открытиями в области радиосвязи, исследует поляризацию, ионизацию, электропроводность атмосферы. Н.Д. Пильчиков читает лекции для широкой публики, пропагандирует новые научные достижения не только в Харькове, но и в Одессе, Севастополе, Херсоне. Так в пользу харьковского землячества студентов ХТИ он сделал доклад «Жизнь и смерть французского академика Кюри.» В 1904 году Н.Д. Пильчиков избирается членом Французского Астрономического общества и Бельгийского Астрохимического общества, а в 1908 году – Лондонского Фарадеевского общества.

Продолжая деятельность своего отца Н.Д. Пильчиков оказывал помощь изданию украинской литературы, развитию украинского языка, с энтузиазмом поддержал Д.И. Менделеева в деле основания Всероссийского научного общества им. Т.Г. Шевченко. В 1907 году Н.Д. Пильчиков продолжает исследовать ионизацию воздуха – теперь в Ялте и на Ай-Петри. В этом же году был почетным председателем 1 Менделеевского съезда в Санкт – Петербурге, где сделал доклад «Диффузионное вращение плоскости поляризации света». В 1907 г. – награжден орденом Св. Князя Владимира 4 степени.

Николая Дмитриевича не стало 6 мая 1908 года. Его смерть была трагична и не лишена загадочности. Кому теперь известно, что первые опыты по радиопередаче были проведены им на пять лет ранее Попова, по радиомеханике на два месяца ранее Николы Теслы. И ещё было многое другое: первые в России метеостанции, работы по радиоактивным излучениям, первая радиомина. Во время работы в Харьковском технологическом институте он демонстрирует необычный опыт – в присутствии свидетелей взрывает на расстоянии брикет динамита – неизвестным устройством. По словам профессора, он нашел способ детонировать взрывчатые вещества на расстоянии некими волнами. В 1910 году вышла последняя посмертная статья Н.Д. Пильчиков «Радий и его лучи». А в 1943 г. идеи Н.Д. Пильчикова были положены в основу блестящей операции советской контрразведки - радиоуправляемый из Воронежа взрыв штаба генерала фон Брауна, находившегося в оккупированном Харькове. Об этом рассказано в научно-популярном фильме "История одной идеи".

## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГЕТИКИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: С.И. Линк, Н.М. Кругол  
Рук. ст. пр. Г.Е. Галуза*

Мировая энергетика в настоящее время базируется в основном на использовании органического топлива. В общем энергетическом балансе доля нефти и газа составляет приблизительно 50%, а угля – 35%. И только 15% приходится на долю атомных электростанций. Однако уже сегодня серьезной проблемой является истощение запасов органического топлива. Темпы роста потребления энергии человеком таковы, что запасов традиционных энергетических ресурсов, таких как органическое топливо, окажется недостаточно уже в нашем 21-ом столетии. Перед человечеством встает насущная задача овладения новыми источниками энергии. В качестве таковых сейчас рассматривается солнечная энергия, ядерная энергия деления тяжелых элементов (урана) и ядерная (ее обычно называют термоядерной) энергия синтеза легких ядер.

Большим достоинством солнечной энергетики является то, что ее использование экологически чисто, поскольку оно в принципе не может изменить тепловой баланс Земли и не приводит к загрязнению атмосферы. Однако интенсивность солнечной радиации сравнительно низка, нерегулярна во времени и в пространстве. Поэтому для размещения солнечных элементов необходимы огромные площади. Это приводит к высокой стоимости солнечной энергии, в 4-5 раз превышающей стоимость других современных способов получения энергии. Представляется мало вероятным, что солнечная энергия может составить основу энергетики будущего.

Атомные электростанции дают значительный вклад в мировую энергетику. Однако решение энергетической проблемы на основе ядерной энергии деления сопряжено с рядом трудностей. Ядерные реакторы на тепловых нейтронах работают на изотопе урана – 235, что позволяет сжигать только 0,7% природного урана, т.е. использовать лишь малую часть запасов ядерного горючего, которая примерно равна запасам органического топлива. Возможности атомной энергетики существенно расширяются при использовании реакторов-размножителей на быстрых нейтронах (реакторов-бридеров), которые способны сами

вырабатывать ядерное горючее – плутоний – в количестве, превышающем первичную загрузку. Это приводит к радикальному увеличению запасов ядерного топлива, которого при такой схеме использования хватит на многие столетия.

Отрицательная сторона ядерной энергетики - наличие большого количества радиоактивных отходов, содержащих долгоживущие изотопы, а также опасность распространения ядерного оружия, так как ядерное горючее атомных станций может быть использовано для создания атомной бомбы.

Кардинальным решением этой проблемы является создание термоядерной энергетики. Управляемая реакция синтеза между изотопами водорода, дейтерием и тритием, обеспечивает практически неисчерпаемый источник энергии, свободный от радиоактивных отходов.

История научных поисков решения проблемы управляемой термоядерной реакции насчитывает уже более 50 лет. Лазерный термоядерный синтез - одно из направлений исследований, в основе которого лежит быстрый импульсный нагрев и сжатие плазмы до высоких плотностей, превышающих плотность твердого тела и инерциальный способ удержания плазмы, который состоит в том, что реакция синтеза протекает за короткий промежуток времени, пока плазма разлетается как сжатый и нагретый газ. Время удержания определяется инерцией плазмы, т.е. массой ее частиц.

Для своего развития лазерный термоядерный синтез требует больших затрат, но получение энергии этим путем может быть достаточно экономичным. Вот факторы, которые работают в этом направлении.

Отдаленность и, следовательно, высокая защищенность дорогого и сложного устройства – лазера – от самого реактора; относительно малые размеры и относительная простота реактора; возможность создания многореакторных систем, инициированных одним лазером; повышенная безопасность, отсутствие сложных систем контроля; низкая стоимость топлива.

#### Литература:

1. Глебова Е. Рынок в водородное будущее // Наука и жизнь. – 2004. - №2. - С.12-18.
2. Руденко Б. Энергетика: когда наступит завтра // Наука и жизнь. - 2006. -№3. - С.2-8.

# НЬЮТОН И ПОСЛЕДУЮЩЕЕ РАЗВИТИЕ ФИЗИКИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Е.Н. Крепская, Г.Н. Оберемок  
Рук.: доц. В.К. Якуша, доц. В.И. Белозерцева*

Этап познания природы, завершился формулировкой Ньютоном основных законов механики. Механика положила начало научному обоснованию и проектированию техники, различных механизмов и машин. Механика оказалась важнейшим стимулом дальнейшего интеллектуального и материально-практического развития человечества. Этот этап можно назвать описательным. На смену ему пришел этап аналитический, подчеркнувший, прежде всего решающее значение математики для выражения исходных, фундаментальных законов природы. Основной формой выражения закономерностей природы стала математически оформленная научная теория.

Научная теория представляет собой важнейший интеллектуальный метод научного исследования. Научный метод есть не что иное, как подтвержденная опытом теория, обращенная на приобретение нового знания.

Научный метод представляет собой выражение основного содержания добытого знания, его принципиальных особенностей, закономерностей его собственного развития.

Для самопостижения науки просто необходимо проследить основную линию в последствиях разработки научных идей, проследить те отрицания, которым подвергалась механика в процессах порождения своих наследников. В докладе приводится первое отрицание: простое расширение области приложений.

Разработка новых физических идей, методов и форм познания приводит к становлению основ статистической физики как фундаментального направления в развитии научного познания.

Создание классической электродинамики основывалось на громадном фактическом материале и, прежде всего на блестящих экспериментальных исследованиях М. Фарадея. Теория осуществила синтез электромагнетизма и учения о свете. В развитии электродинамики про-

явили свою эвристическую силу высокоабстрактные математические методы.

Однако современный взгляд на историю физики свидетельствует, что вопрос о наследниках механики отнюдь не ограничивается разработкой статистической физики и классической электродинамики. Это касается как теории относительности, так и квантовой теории. Отсюда имеются второе отрицание: преобразование структуры теории и новое отрицание. Признание того, что научная теория является основной формой выражения знаний, определенным образом «организует» и сам исследовательский процесс. Соответственно в такой установке познать нечто новое в науке – это значит «подвести» его под действие некоторой известной научной теории или же разработать новую теорию.

Линия развития физики от классической механики к статистической физике и электродинамике, а затем – к теории относительности и квантовой механике есть магистральная линия ее развития, есть преемственное становление и разработка фундаментальных физических теорий. Отсюда вытекают закономерности развития науки: возможности предсказаний. Что же говорит о закономерностях развития науки богатейшая история физики, начинающаяся с механики Ньютона?

Знание законов тех или иных процессов интересно прежде всего тем, что они обеспечивают прогноз, предвидение и предсказание в соответствующих областях человеческой деятельности. В этом их важнейшая функция.

Невозможно не вспомнить о развитии и буднях науки. Повседневная практика исследования состоит в постоянном решении все новых и новых задач, обсуждении их результатов и совершенствовании методов решения.

Одно из важнейших направлений прикладных исследований составляет применение квантовых идей и методов к познанию живого.

Актуальным вопросом в наше время остается вопрос о фундаментальных теориях физики, источниках и особенностях их становления. Отмечается, что опережающее развитие фундаментальных наук является необходимой предпосылкой научно-технического прогресса. Этот вопрос об опережающем развитии науки далеко не из простых. По своей сути это есть вопрос о взаимосвязи науки и практики. Достаточно вспомнить, что наше время настойчиво ставит перед наукой такие проблемы, как проблема дешевых источников энергии, проникновение в космос, излечение болезней и многие другие.

# ПЕРВЫЙ ЗАКОН КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

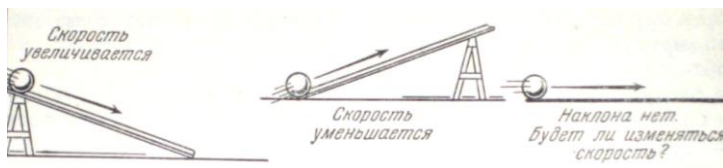
*Харьковский национальный фармацевтический университет*

*Ст. Мааруфи Валид*

*Рук. доц. С.С. Авотин*

Со времён Аристотеля кажущееся различие между движениями тел по земной поверхности и в мировом пространстве тормозило развитие динамики. Только в XVII веке Галилей сделал первый шаг в объяснении этих двух движений. Он изучал скатывание шаров по наклонной плоскости.

Галилей заметил, что при движении тел вниз по наклонной плоскости имеется причина, которая вызывает ускорение, а при движении тел вверх по наклонной плоскости имеется причина, которая вызывает замедление (см. рисунок).



При наличии небольшого трения тела долго движутся почти с постоянной скоростью. На основе этого эксперимента он пришёл к выводу, что движение по горизонтальной поверхности должно происходить с постоянной скоростью. Трение создаёт силы, которые останавливают тела при горизонтальном движении.

На основании проделанных опытов Галилей сформулировал закон инерции **«тело сохраняет состояние покоя или прямолинейного равномерного движения, если на него не действуют другие тела»**. Из закона инерции следует, что причина изменения состояния движения тел - это действие тел друг на друга. До Галилея думали, что взаимодействие тел является причиной начала движения, т.е. движение тела возникает только тогда, когда на него будут действовать другие тела.

Таким образом, для правильного понимания основ динамики нужно изучать самые простые движения, близкие к идеальным.

## ФЕНОМЕН ТЕСЛЫ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: С.В. Мишина*

*Рук.: доц. А.Я. Дульфан, ст.пр. И.В. Галуцак*

К десяти величайшим работам Н.Теслы относятся следующие:

**1.** Высокочастотная электротехника (высокочастотный трансформатор, электромеханический генератор ВЧ. **2.** Многофазный электрический ток. **3.** Радиосвязь и мачтовая антенна для радиосвязи. В 1891 году Тесла во время публичной лекции описал и показал принципы радиосвязи, а в 1893 году создал мачтовую антенну для беспроводной радиосвязи. **4.** Катушки Теслы. По сей день используются для получения искусственных молний. **5.** Применение электротехнических аппаратов в медицинских целях. Тесла обнаружил, что высокочастотные токи большого напряжения (до 2 миллионов вольт) способны благотворно воздействовать на кожу, в частности, убивать микробы и очищать поры. **6.** Явление вращающегося магнитного поля. Описано Теслой в 1888 году, раньше и независимо от итальянского физика Галилео Феррариса. **7.** Асинхронный электродвигатель. Запатентован в 1888 году. **8.** Первым (или одним из первых) наблюдал и описал катодные, рентгеновские лучи и ультрафиолетовое излучение. **9.** Флюоресцентная лампа (спроектировал первым). **10.** Радиоуправляемая лодка. Продемонстрирована в 1898 году.

Эти исследования открыли совершенно новую страницу в современной науке. Тесла считал, что общим природным законом является закон резонанса, а связь между явлениями осуществляется с помощью разного рода резонансов, основу которых составляет электромагнетизм. Себя Тесла считал проводником между миром идей и миром человеческой практики.

## ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ И ВСЕЛЕННАЯ

*Харьковский национальный аграрный  
университет им В.В. Докучаева*

*Ст.: В.М. Шатохин, М.М. Гутник  
Рук. доц. С.С. Авотин*

В средние века многие ученые полагали, что Вселенная конечна и ограничена сферой неподвижных звёзд. Этой точки зрения придерживались и Николай Коперник и Тихо Браге. С развитием науки учёные пришли к пониманию, что Вселенная бесконечна. Огромную роль в этом имело открытие И. Ньютоном (1643 – 1727 г.) закона Всемирного тяготения опубликованного в 1687 г. Согласно этому закону в конечной Вселенной всё вещество должно стянуться в единое целое, а в бесконечной – вещество должно собираться в некоторых объёмах – звездах, планетах и т.д.

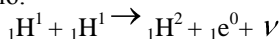
Общая теория относительности Эйнштейна обобщила теорию тяготения Ньютона на большие массы и скорости, сравнимые со скоростью света. Действительно, в галактиках сосредоточена колоссальная масса вещества, а скорости далёких галактик сравнимы со скоростью света. Но из теории Эйнштейна следовало, что Вселенная стационарна, т.е. всегда существовала и не изменялась со временем.

В 1923 г. Санк-Петербургский учёный А.А.Фридман нашёл ошибку в теории и показал, что Вселенная не стационарна – она расширяется или сжимается. В 1929 г. американский астроном Хаббл обнаружил, что галактики «разбегаются» во все стороны. Скорость «разбегания» галактик пропорциональна расстоянию от нас:  $v = Hr$ , где  $H$  – постоянная Хаббла.

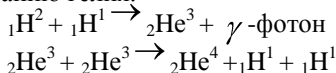
В 1948 г. Георгий Гамов высказал предположение, что образовалась в результате Большого взрыва около 13 млрд лет тому назад. До этого вещество Метагалактики было сконцентрировано в одном сгустке с плотностью  $10^{28}$  кг/м<sup>3</sup> и температурой  $10^{16}$  К. Разлетевшиеся части сгустка образовали галактики (удалённые галактики мы наблюдаем такими, какими они были примерно  $2 \cdot 10^9$  лет назад) быстро удаляющиеся от нас. Расширение Вселенной – следствие Большого взрыва. Говоря о сгустке необходимо помнить, что Земля находится внутри него

и при расширении вещество движется в направлении от Земли (или любого космического тела). Подтверждением теории Гамов стало обнаружение в 1965 г. Пензиасом и Вильсоном реликтового теплового излучения (к настоящему времени его температура равна 2,7 К) с помощью радиотелескопа. По Гамову все химические элементы образовались в первые секунды после большого взрыва, откуда следовало, что элементы одинаково распространены в различных частях Вселенной. Изучение спектров звёзд показало что это не так. Уточнение теории показало, что ядерные реакции на ранней стадии образования Вселенной приводили лишь к образованию гелия и водорода, которые и в настоящее время составляют большую часть вещества во Вселенной.

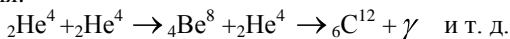
При образовании звезды из облака газа и пыли большая часть освобождающейся гравитационной энергии идёт на повышение температуры будущей звезды. При высокой температуре и давлении начинаются термоядерные реакции синтеза водорода  ${}_1\text{H}^1$ , в которых образуются дейтерий и положительно заряженный электрон (позитрон) и нейтрино.



Когда плотность вещества в центре звезды достигает  $\sim 10^5 \text{ кг/м}^3$ , а температура  $\sim 10^8 \text{ К}$  начинаются ядерные реакции приводящие к образованию гелия.



В результате такой последовательности реакций четыре атома водорода превращаются в атом гелия с выделением энергии 26,73 МэВ. Фотоны и позитроны поглощаются в центре звезды, приводя к её нагреву, а нейтрино покидают звезду. При гигантских температурах и давлениях  $\sim 10^8 \text{ К}$  внутри звёзд идут реакции с образованием химических элементов. Например в результате синтеза ядер гелия возникает ядро бериллия:



Извержения вещества звёзд и взрывы звёзд (сверхновые звёзды) возвращают продукты термоядерных реакций в межзвёздную среду, где они служат материалом для образования новых звёзд.

#### Литература

1. Мэрион Дж.Б. Физика и физический мир.-М.: Просвещение, 1975
2. Воронов- Вельяминов Б.А. Астрономия.- М.: Просвещение, 1989

## **ПОЛКОВНИК СТАРІНОВ - ОФЦЕР, ВІНАХІДНИК, ВЧЕНИЙ, "ДІДУСЬ" РАДЯНСЬКОГО СПЕЦНАЗУ**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Ст. С. Олійник*

*Кер. доц. Ю.Г. Окладной, доц. Н.Б. Фат'янова*

Сьогодні у Харкові за адресою вул. Мироносицька, 17 стоїть "сталінка" - п'ятиповерхівка у характерному для 50-х років минулого сторіччя псевдокласичному стилі. І лише ті харків'яни, хто пережив війну, пам'ятають часи, коли на цьому місці стояв особняк. Прийшла війна, і 14 листопада 1941 року на місці особняка залишилася величезна воронка від потужного фугаса, який знищив начальника фашистського гарнізона генерал-лейтенанта Георга фон Брауна. Підірвав той фугас полковник Ілля Григорович Старінов.

Цей випадок дає підстави вважати Старінова нащадком іншої талановитої людини - українського Ломоносова харківського професора Пильчикова. Адже під час вибуху Старінов перебував у Воронежі, а міна вибухнула за командою, яка уперше в історії вибухової техніки була передана радіохвилею. Винахід Старінова та його колег продовжив досягнення М.Д. Пильчикова, який ще в квітні 1898 року в Одесі публічно продемонстрував радіокеровані годинник, макети гармати, яхти, семафора, маяка..



Ілля Григорович Старінов народився в серпні 1900 року на Орловщині. У роки громадянської війни воював проти Денікіна та Врангеля. Далі - закінчення із відзнакою Воронежської школи військово-залізничних техніків, посада начальника підривної команди 4-го Коростеньського залізничного полку. Вже тоді молодий командир уперше замислився над створенням портативної міни для підриву ворожих ешелонів.

В 1929-30 роках займався підготовкою диверсантів-підпільників, які у випадку війни та окупації частини радянської території мали розгорнути в тилу ворога диверсійну діяльність. Саме тоді Старінов організував секретну майстерню-лабораторію, де разом зі своїми товаришами опрацював зразки мін,

найбільш зручних для використання в ході партизанської війни. Там народилися так звані "вугільні міни", автоматичні міни, які успішно застосувалися під час Великої Вітчизняної війни, "колісний замикач", який пізніше, в Іспанії, охрестили міною "рапідно" (швидка).

1933 року Старінова перевели до розвідувального управління Червоної Армії, де він підготував дві групи китайських підричників, демонстрував техніку диверсійної справи керівникам зарубіжних компартій А. Марті, В. Піку, П. Тольятті.

1935 року радянське керівництво несподівано згорнуло підготовку до партизанської війни. Це рішення Ілля Григорович завжди вважав великою помилкою: "Німецька армія була б розбита принаймні роком раніше, з меншими втратами з нашої сторони, якби партизанський рух був організований правильно і завчасно".

Здавалося, доля загнала кадрового диверсанта у глухий кут. Але попереду "товариша Родольфо" (новий псевдонім Старінова) чекала війна в Іспанії. Він стає радником та інструктором розвідувальної групи капітана Домінго Унгрії, згодом перетвореної у 14-й партизанський корпус, який здійснив понад 200 диверсій, знищив під Кордовою потяги зі штабом італійської авіадивізії.

Незважаючи на інвалідність, отриману під час війни з Фінляндією, полковник Старінов зостався у складі армії, він очолював штаб радянської військової місії при главкомі Народно-визвольної армії Югославії. Як викладач Старінов підготував понад 2 тисячі спеціалістів та командирів.

Від 1956 року Старінов І.Г. у відставці. Він працює старшим науковим працівником відділу історії Великої Вітчизняної війни Інституту марксизму-ленінізму при ЦК КПРС, викладає в навчальних закладах КДБ СРСР, автор понад півтора сотень наукових монографій та декількох документальних романів.

І.Г. Старінов нагороджений двома орденами Леніна, п'ятьма орденами Червоного Прапора, орденами Жовтневої Революції, Вітчизняної війни II ступеня та Дружби народів. Він пішов з життя 18 листопада 2000 р. в віці 100 років. Життя І.Г. Старінова, офіцера, винахідника, науковця та викладача - приклад для нащадків.

#### Література

1. Старинов И.Г. - Википедия.
2. Старинов, Илья. "Человек-легенда XX века". - <http://www.agentura.ru/dossier/russia/people/starinov/>
3. Плачинда В.П. Микола Дмитрович Пильчиков. – К.: Наукова думка, 1983. – 200 с.

## **ВЫДАЮЩИЕСЯ ЖЕНЩИНЫ – ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ, ИЗОБРЕТАТЕЛИ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А.О. Карнова, А.Ю. Карнаух  
Рук.: доц. А.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова*

Проанализирован вклад в науку: Софи Жермен - французского математика, философа и механика, работавшей в области дифференциальной геометрии и теории чисел. Ады Лавлейс — английского математика, известную прежде всего созданием описания вычислительной машины, проект которой был разработан Чарльзом Бэббиджем и написанием первой в мире машинной программы, а также введением в употребление терминов «цикл» и «рабочая ячейка». Софьи Ковалевской - русского математика и механика, члена-корреспондента Петербургской Академии Наук, первой в России и в Северной Европе женщины-профессора и первой в мире женщины-профессора математики. Эмми Нётер - выдающегося немецкого математика, «самой крупной женщины-математика, когда-либо существовавшей». Марии Склодовской - первой в истории Французской Сорбонны женщиной – преподавателя, известного физика и химика, первой (и на сегодняшний день единственной женщиной в мире) дважды лауреатом Нобелевской премии. Ирен Кюри - французского физика, лауреата Нобелевской премии по химии. Лизы Мейтнер - австрийского физика и радиохимика, проводившего исследования в области ядерной физики, ядерной химии и радиохимии.

Проанализирована также деятельность некоторых изобретательниц: Сары Уокер, черной американки, фигурирующей в Книге рекордов Гиннеса как первая чернокожая миллионерша. Ее лицо красуется сегодня на американских почтовых марках, и ее биографию учат в американских школах. Хеди Ламарр - популярной в 1930—1940-е годы австрийской, а затем американской актрисой кино; которая изобрела принцип сотовой связи. Многих других незаурядных женщин.

## ФИЗИЧЕСКИЙ ПАРАДОКС

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: А. Кучерявенко, М.В. Лысак  
Рук.: доц. А.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатьянова*

Если сравнивать массы килограмма свинца и килограмма пенопласта в вакууме то они очевидно совпадут. Однако, если определять массу взвешиванием на рычажных весах, сравнивая с эталонной гирей в воздухе то и на пенопласт и на свинец будет действовать направленная вверх выталкивающая сила.

При точном взвешивании всегда учитывают выталкивающую силу воздуха, принимая во внимания даже его влажность, и вносят поправку в результат измерений.

Чтобы получить вес в вакууме к его измеренной величине необходимо прибавить архимедову силу, и окажется, что пенопласт весит 10,65Н, а свинец 10,0012Н. Т.е. кусок пенопласта оказывается тяжелее куска свинца.

Чтобы сделать этот парадоксальный вывод более наглядным представим, что взвешивание происходит в воде. Кусок свинца и кусок более легкого материала (скажем, пластмассы, плотность которой все же больше плотности воды) уравновешены на двух одинаковых пружинных весах. Если воду слить, равновесие нарушиться – перетянет кусок большего объема, то есть пластмасса.

Как известно, пружинные весы показывают вес тела. Поэтому на Луне их показания будут в шесть раз меньше, а в невесомости они работать вообще не станут. С рычажными весами ситуация иная. Их показания будут верными в любом месте где есть хоть какое-то тяготение. Но чтобы провести измерение значения в вакууме, необходимо учитывать вес воздуха в объеме взвешенного тела.

Литература:

1. С. Транковский. Наука и жизнь. №11, 2009, с.96.

## ВКЛАД УЧЁНЫХ-ПАТОНОВЦЕВ В ПОБЕДУ НАД ФАШИЗМОМ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

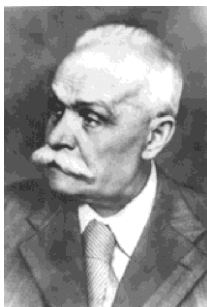
*Ст.: А. Матяш, М. Бурлаку*

*Рук.: доц. Ю.Г. Окладной, доц. В.И. Федорченко*

Институт электросварки НАН Украины, носящий имя своего основателя академика Евгения Оскаровича Патона, - это флагман украинского технoзнания. 75-летняя история известного во всём мире научного учреждения насчитывает немало славных страниц. Наиболее яркая из них приходится на годы Великой Отечественной войны.

В эвакуации в Нижнем Тагиле по пути на киносеанс патоновцы часто шутили: "Пойдём в кино - фруктов отведаем". Нижний Тагил не Ташкент, куда были эвакуированы многие другие учреждения Академии наук Украинской ССР, арбузы и дыни на Урале не растут. Но их отсутствие отнюдь не было той проблемой, которая занимала специалистов в области электросварки.

Война застала академика Патона в поезде по пути в Нижний Тагил. Случайность? Интуиция? Умение предвидеть ход событий? В любом случае возвращаться в Киев не имело смысла, Евгений Оскарович остался там, дожидаясь прибытия своих сотрудников.



Е.О. Патон



Дружеский шарж из журнала  
"Перец". 1943 г.

Ещё до войны в институте под руководством "Бати" (так называли между собой сотрудники института своего руководителя) была разработана не имеющая аналогов в мировой практике технология ав-

томатической электросварки под флюсом, которую в грозные годы надлежало применить к изготовлению танковых корпусов и башен.

Но где взять флюс? Ведь Константиновка в Донбассе, где на стеклозаводах делали плавные флюсы, оккупирована в октябре 1941 г., а доставленных из Киева запасов надолго не хватит. Где найти новый, уральский источник сырья?

И тут вырвался случай. Однажды, возвращаясь домой с огорода, сотрудник института А.И. Коренной обнаружил возле железной дороги россыпи шлака, очень напоминающие флюс, который использовали патоновцы. На вид отличались они только цветом. Заводской флюс был черный, а этот шлак - голубым. На следующий день попробовал сварить пластину броневой стали под голубым шлаком - получилось! Результат показал "Бате" - шов как шов. И только тут Коренной признался, что нашёл флюс. Оказалось, что шлак является отходом производства Ашинского металлургического завода, где металл выплавляли не на коксе, а на древесном угле, лишённом вреднейшей для стали примеси - серы.

И пришла трудовая победа, ставшая одним из шагов на пути к победе в войне. С автоматами, которые варили корпуса танков в несколько раз быстрее по сравнению с ручной сваркой, успешно справились девчата из окрестных деревень Марийской АССР.

Однажды перед заводчанами встала проблема - с целью ускорения выпуска боевых машин краном, рассчитанным на грузы до 15 тонн, поднимать 20-тонные танковые корпуса. Надо было убедиться в оправданности такого технического риска. Всю ответственность за этот эксперимент, проводившийся по просьбе лично наркома Малышева, взял на себя академик Патон, а его помощником стал уже знакомый по истории со шлаком А.И. Коренной, который успел неофициально освоить профессию крановщика. Патон рассчитал - конструкции крана нагрузку выдержат. А как механизмы? Вначале подняли и переместили 18-тонный корпус, затем - 20-тонный. Никаких отклонений в работе крана не обнаружилось.

Родина высоко оценила трудовой подвиг академика Е.О. Патона - в 1943 г. ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда. Жизнь и деятельность академика Е.О. Патона, его коллег служит образцом для подражания украинским учёным, инженерам, студентам.

#### Литература

1. Малишевский И.Ю. Рассказы о Патоне. - Киев: Дніпро, 1990. - 485 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. К. Беспалов*

*Рук. доц. Т.И. Храмова*

В 1911 г нидерландским физиком Х. Камерлинг – Онессом было открыто явление, заключающееся в полном исчезновении электрического сопротивления проводника при его охлаждении ниже критической температуры, а удовлетворительное объяснение этого явления дало возможность разработать сверхпроводящие материалы, пригодные для технических применений.

Сверхпроводимость обнаружена более чем у 20 металлов и большого количества соединений и сплавов ( $T_c \leq 23$  К), а также у керамик ( $T_c \geq 77$  К – высокотемпературные сверхпроводники). Синтезом новых материалов удалось поднять температуру перехода в сверхпроводящее состояние до 130 К.

Наибольший интерес в настоящее время представляет применение магнитов со сверхпроводящей обмоткой и СКВИДов.

Основанные на СКВИДах датчики магнитного поля широко применяются в геофизике для измерения колебаний магнитного поля Земли. С использованием СКВИДов созданы пиковольтметры, измерители магнитной восприимчивости, низкотемпературные термометры (для диапазона температур  $10^{-6} - 10^{+1}$  К), детекторы электромагнитного излучения и др.

Сверхпроводящие магниты используются для создания магнитных полей очень сложной конфигурации и напряженностью до  $5 \cdot 10^5$  А/м в ЯМР- томографии. Весьма заманчивы перспективы применения сверхпроводящих магнитов в энергетике. Сверхпроводящее электрооборудование позволит резко увеличить электрические и магнитные нагрузки в элементах устройств, благодаря чему резко сократятся их размеры. Плотность тока в сверхпроводящих проводах в десятки раз превышает плотность тока в обычных проводах. Применения сверхпроводящих магнитов весьма разнообразны. Вполне возможно, что в ближайшем будущем именно сверхпроводящие устройства станут основными источниками магнитных полей в технике.

Наукове видання

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

Тези доповідей

регіональної наукової студентської конференції

(28-29 квітня 2010 року)

Відповідальний за випуск проф. А.О. Мамалуй

В авторській редакції

Підп. до друку 29.03 2010 р. Формат 60x84 1/16 Папір офісний.

Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 7,4. Наклад 150 прим.  
Зам. №163 Безкоштовно. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ "ХП".  
Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе,21

---

Друкарня НТУ "ХП", 61002, Харків, вул. Фрунзе,21