

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

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ
ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Тези доповідей

XV регіональної наукової студентської конференції

(22-23 квітня 2015 року)

ХАРКІВ

**НТУ «ХПІ»
2015**

ББК 22.3
А 43
УДК 53.02

Організаційний комітет:

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

Програмний комітет:

А.О. Мамалуй, проф. (голова);
Г.Я. Дульфан, доц. (зас. голови,керівник науково-дослідної секції);
І.В. Синельник, доц. (керівник навчально-методичної секції);
С.Д. Гапochenко, доц. (керівник секції з історії фізики);
Т.М. Шелест, доц. (керівник інженерної секції);
О.М. Андрєєва, ст.вик. (вч. секретар).

Друкується за рішенням вченої ради НТУ «ХП», протокол №14 від 2.04.2015р.

А43 **Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення**
[Текст]:тези доповідей XV регіон. студ. наук. конф.
(22-23 квітня 2015 року) / оргкомітет: Є.І.Сокол (голова) [та
ін.]. –Харків : НТУ «ХП», 2015-100с.

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

РЕГЛАМЕНТ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

22 апреля 2015 г., среда

12⁰⁰ – 12²⁰ – регистрация участников конференции

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12³⁵ ФИЗИЧЕСКИЙ КОРПУС, 105 АУДИТОРИЯ

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

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

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

Заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики,
д.ф.-м.н., **проф. Мамалуй А.А.**

23 апреля секционные заседания:

10²⁵ атом. пр. У2 **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
СЕКЦИЯ**

10²⁵ 213 ауд. У2 **НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ**

10²⁵ 9 ауд. мех.пр
У2 **ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ**

12¹⁵ 9 ауд. мех.пр
У2 **СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ**

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12³⁵ ФИЗИЧЕСКИЙ КОРПУС, 105 АУДИТОРИЯ

1. **ПЛАВАНИЕ ТЕЛ БЛИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ В «ДВУСЛОЙНЫХ» ЖИДКОСТЯХ** 12
Харьковский приватный лицей городского хозяйства при ХНУГХ им. А.Н. Бекетова
Ст. М. Конкин,
Рук.: доц. А.Р. Казачков, ХНУ им. В.Н. Каразина,
Assoc. Prof. Marián Kireš, Prírodovedecká fakulta UPJŠ, Košice, Slovakia
2. **СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ. ЭФФЕКТ МЕЙССНЕРА – ОКСЕНФЕЛЬДА.** 14
Национальный технический университет «ХПИ»
Ст. Н. Пацерин,
Рук.: проф. А.А. Мамалуй, преп.-ст. К.А. Минакова
3. **ЭЛЛИПС КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР ВОЛНОВОЙ ЭНЕРГИИ** 20
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина
Национальный технический университет «ХПИ»
Ст.: Е. Ткаченко (ХНУ им. В.Н. Каразина),
Е. Греков, Н. Ивахнов, Али Самбизери, В. Поклад (НТУ ХПИ)
Рук.: доц. А.Р. Казачков, проф. Е.С. Сыркин,
доц. В.А. Лыках, проф. А.А. Мамалуй
4. **МІКРОТВЕРДІСТЬ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ СУРМА-ВІСМУТ** 23
Національний технічний університет «ХПИ»
Ст. Н.В. Сосницька
Кер.: проф. О.І. Рогачова, асп. Г.М. Дорошенко
5. **ОБ ОДНОМ ИЗ АСПЕКТОВ СОЗДАНИЯ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ.** 24
Национальный Технический Университет «ХПИ»
Ст.: В. Гончарук, Ю. Калашник
Рук.: проф. Е.С. Сыркин, преп.-ст. К.А. Минакова

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ

10²⁵ АТОМНЫЙ ПРАКТИКУМ У2

1. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО МЕТОДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ БЛОКОВ ПИТАНИЯ** 27
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Ст. А.А. Тарантин
Рук. доц. Р.П. Орёл
2. **ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК КРЬ₂СІ₅** 29
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Ст. А. А. Куриной
Рук. доц. Е.Н. Коваленко
3. **ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА** 31
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Ст. М.С. Попсуев
Рук. доц. Р.П. Орёл
3. **ПОДАВЛЕНИЕ ПОМЕХ ВЫЗВАННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ НАГРЕВА С ПОМОЩЬЮ КОМПЕНСАЦИОННЫХ МАТРИЦ.** 33
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Ст. И.И. Наконечная
Рук. ас. Мягкий А.В.
4. **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛООВОГО МЕТОДА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В НАПОРНЫХ ПАРО- И ГАЗОПРОВОДАХ** 35
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Ст. А.В. Мотко
Рук. ас. Мягкий А.В.
5. **ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОЦЕДУРЫ ТЕПЛОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ СЛОИСТЫХ СТРУКТУР С НЕОДНОРОДНОЙ РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ.** 38
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Ст. Н.С. Мирошниченко
Рук. ас. А.В. Мягкий

6. **РАСЧЕТ УРОВНЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В ГАЗОПРОВОДАХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ТЕПЛОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.** 40
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Ст. А.Д. Долгопятенко
Рук. ас. Мягкий А.В
7. **ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ КРИТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В МАГНИТНОМ СВЕРХПРОВОДНИКЕ $\text{DY}_{0.6}\text{Y}_{0.4}\text{RN}_{3.85}\text{RU}_{0.15}\text{B}_4$** 42
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина
Ст. Меженская Е.В.
Рук. с.н.с. Терехов А.В. (ФТИНТ им. Б.И. Веркина)
8. **ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ДИАПАЗОНЫ ДЕСОРБЦИИ ДЕЙТЕРИЯ ИЗ Mg-Zr КОМПОЗИТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ПОАТОМНОГО СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТ** 44
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина
Лисничук М.В.
Рук. с.н.с. Морозов А.Н. (ННЦ ХФТИ)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

10²⁵ 213 АУДИТОРИЯ У2

1. **ДЕМОНСТРАЦИЯ ДЕЙСТВИЯ СИЛЫ АМПЕРА** 45
Национальный технический университет «ХПИ»
Ст.: В. В. Никитин, С.А. Кравченко
Рук.: доц. Ю.В. Меньшов, ст.пр. Кривонос С.С.
2. **ДИФУЗИЯ В ПРИРОДЕ** 46
Харківський національний аграрний університет
ім. В.В. Докучаєва
Ст.: В. Крайнюк, Д. Івахненко
Рук. проф. С.С. Авотин
3. **ВИВЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИФРАКЦІЙНОЇ РЕШІТКИ** 48
Національний технічний університет «ХПИ»
Ст.: В.М. Гречин, В.В. Приймєнко
Харківський Національний університет радіоелектроніки
Ст. А.Є. Шкіря
Кер.: доц. Ю.В. Меньшов, ст.пр. І.В. Галуцак
4. **ФІЗИЧНІ ОСНОВИ КАЛЕНДАРЯ** 50
Харківський національний аграрний університет
ім В.В. Докучаєва
Ст. Крайнюк Вікторія
Рук. доц. Т.Г.Ткаченко
5. **ФІЗИКА ТА СКЛАД АТМОСФЕРИ** 52
Харківський національний аграрний
університет ім В.В. Докучаєва
Ст. Ю. Баленко
Рук. доц. Т.Г.Ткаченко
6. **РАДИОТЕЛЕСКОПЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД** 54
ИЗУЧЕНИЯ КОСМОСА
Национальный технический университет «ХПИ»
Ст. Г.К. Джвартава
Рук: доц. А.А. Рожков
7. **ЧЕЛОВЕК РАЗУМНЫЙ. УЧЕНИЕ О НООСФЕРЕ** 57
Харьковский национальный аграрный университет
ім В.В. Докучаєва
Ст. М. Махинько
Рук. проф. С.С. Авотин

8. **ПОЛИГОНАЛЬНЫЕ ВОЛЧКИ САКАИ** 59
*Харьковский национальный университет
имени В.Н. Каразина
Ст.: В. Шабленко (ХНУ им. В.Н. Каразина),
М. Конкин (Харьковский частный лицей городского
хозяйства при ХНУГХ им. А.Н. Бекетова)
Рук. доц. А.Р. Казачков*
9. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ
ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ЛАБОРАТОРНОМ
ПРАКТИКУМЕ ПО ФИЗИКЕ** 64
*Национальный технический университет "ХПИ"
Ст. А.А. Наконечная
Рук. Доц. И.В. Синельник*

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ

10²⁵ 9 АУДИТОРИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА У2

1. **НЕБЕСА, ПОЛНЫЕ ТАЙН. РАДУЖНЫЕ ОБЛАКА.** 64
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст. Е.Д. Сергеева
Рук. доц. Т.И. Храмова*
2. **УСТРОЙСТВО ПОЛИГРАФА** 68
*Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина
Ст. А.С.Галуцак
Национальный технический университет «ХПИ»
Ст. С.Г. Пономаренко
Рук. ст. пр. И.В. Галуцак*
3. **ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СВІТОВОЇ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ** 72
*Національний технічний університет «ХПИ»
Ст. А.С. Дмитров
Кер. доц. Л.Г. Петренко*
4. **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕРМОЯДЕРНОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ** 74
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст. М.А. Гуринович, Д.В. Шангин
Рук.: доц. В.И. Белоzerцева, ст.пр. И.А. Корж*
5. **ПРОБЛЕМА ТЕМНОЙ МАТЕРИИ** 75
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст. С.И. Сак
Рук. Т.И. Храмова*
6. **ЛАЗЕРНИЙ ТЕРМОЯДЕРНИЙ СИНТЕЗ** 77
*Національний технічний університет «ХПИ»
Ст. О. Соловей
Кер. доц. Т.І. Храмова*
7. **ПРЕИМУЩЕСТВА ПОЛНОСТЬЮ
ЭЛЕКТРОФИЦИРОВАННОГО САМОЛЁТА.** 79
*Национальный политехнический университет «ХПИ»
Ст. Д.А. Вертиёв
Рук. доц. Г.И. Копач*

8. **ГИПЕРЗВУК**

81

Национальный технический университет «ХПИ»

Кур. В. Тищенко, А. Нароцкий, А. Мосин

Рук. ст. пр. Ю.И. Чекрыгина

СЕКЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

12¹⁵ 9 АУДИТОРИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА У2

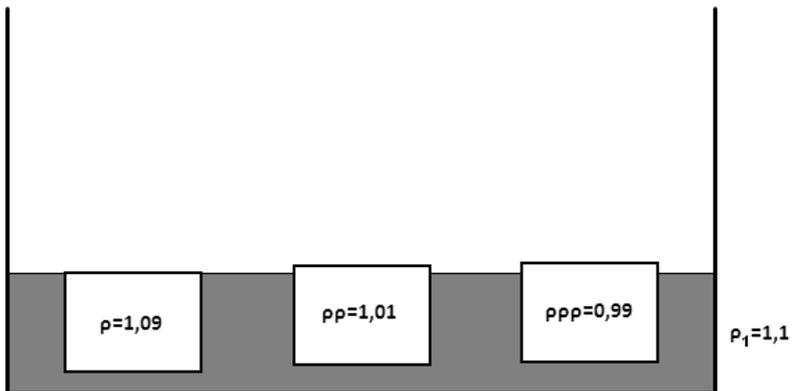
1. **ИСТОРИЯ ПАРОВОЙ МАШИНЫ** 83
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст.: К. Чернявская, П. Редченко
Рук. доц. С.Д. Гапоченко*
2. **ЭФФЕКТЫ СИЛЫ КОРИОЛИСА** 86
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст.: М.Р. Хузяхметова
Рук. доц. Т.Н. Шелест*
3. **КОЛАЙДЕР У ВІДПОВІДЯХ ТА ЗАПИТАННЯХ** 87
*Національний технічний університет «ХПИ»
Кур. О. Назарченко
Кер.: доц. Н.Л. Дьяконенко, к.т.н. О.А. Макогон*
4. **ИСТОРИЯ, РАЗРАБОТКА И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ ГРОВОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ** 88
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст.: С.Г. Пономаренко, Н.Н. Носаченко
Рук.: доц. А.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатянова*
5. **РЕЙКОТРОН - ПЕРСПЕКТИВНА ЗБРОЯ** 90
*Національний технічний університет «ХПИ»
Кур. О.В. Базелюк
Кер.: Н.Л. Дьяконенко, к.т.н. О.А. Макогон*
6. **ТАЙНА ГРАВИТАЦИОННЫХ СИЛ** 91
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст.: Т.С. Куземенская, Д.А. Яринских
Рук.: доц. Н.Б. Фатянова, доц. А.Я. Дульфан*
7. **ТЕОРИЯ СТРУН** 93
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст.: А.А. Барина, С.С. Климова
Рук. асс. Н.А. Сухина*
8. **РАДИО. ПРИНЦИП РАДИОСВЯЗИ** 96
*Национальный технический университет «ХПИ»
Ст.: Д.А. Басин
Рук. доц. Т.Н. Шелест*

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

ПЛАВАНИЕ ТЕЛ БЛИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ В «ДВУСЛОЙНЫХ» ЖИДКОСТЯХ

*Ст. М. Конкин, Харьковский приватный лицей
городского хозяйства при ХНУГХ им. А.Н. Бекетова
Рук.: доц. А.Р. Казачков, ХНУ им. В.Н. Каразина,
Assoc. Prof. Marián Kireš, Prírodovedecká fakulta UPJŠ,
Košice, Slovakia*

С тех пор как великий Архимед определил силу, действующую на погруженные в жидкости тела, его закон вдохновляет не только строителей кораблей, но и создателей физических игрушек и парадоксальных демонстраций [1]. Рассмотрим одну из них, остроумно представленную в книге Л.А.Горева [2] как эксперимент с куриными яйцами в растворах поваренной соли. Поместим в сосуд с жидкостью набор тел близкой плотности $\rho > \rho\rho > \rho\rho\rho$. Нальем в него жидкость несколько большей плотности ρ_1 . По мере повышения уровня жидкости в сосуде все три тела всплывут,



практически одинаково незначительно выступив над поверхностью,
Рис.1.

Рис.1 Плавание тел в жидкости (несколько) большей плотности

Теперь будем доливать в сосуд другую жидкость плотности $\rho_2 < \rho_1$ такую что $\rho_2 < \rho$; $\rho\rho$ и $\rho_2 > \rho\rho\rho$. Удивительным образом поведение тел при этом разительно отличается, Рис.2. Обладающее наибольшей плотностью ρ тело почти не сдвинется, в основном оставаясь в первой жидкости. Следующее по плотности ($\rho\rho$) займет положение, инверсное первому относительно границы раздела жидкостей. И наконец, наименее «плотное» $\rho\rho\rho$ полностью покинет нижнюю жидкость, всплыв к поверхности верхней.

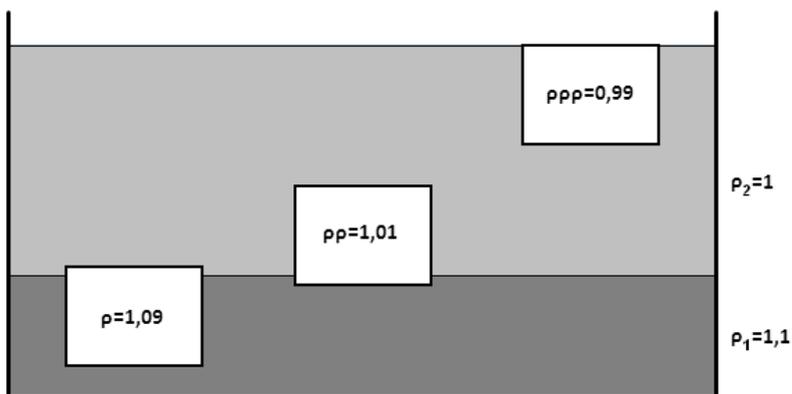


Рис.2 Плавание тел в «двуслойной жидкости»

Чтобы не ограничиваться экспериментами и качественными объяснениями этой любопытной задачи, была создана компьютерная модель, позволяющая варьировать плотности жидкостей и тел, а также виртуально разбавлять нижнюю жидкость. Для этого использовались электронные таблицы *MS Office Excel*. Анимация обеспечивалась программными алгоритмами-макросами [3].

Работа выполнена в рамках проекта: Research and Education at UPJŠ – Heading towards Excellent European Universities, ITMS project code: 26110230056, supported by the Operational Program Education funded by the European Social Fund (ESF).

1. Kazachkov A. Buoyancy Head over Heels: Archimedes Law Revis(it)ed. In: Dvorak L, Kudelkova V, editors. Neureka Workshops 2010; Praha: Prometheus; 2010.
2. Л.А. Горев. Занимательные опыты по физике. Москва: Просвещение, 1985, 174 стр.

3. Казачков А.Р., Аверков С.С., Игнатова О.С. Применение анимации в электронных таблицах Excel при решении задач по физике. Материалы студ. конференции «Актуальные проблемы физики и их информаци-онное обеспечение», НТУ «ХПИ» - Х., 2007, с. 20-22.

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ. ЭФФЕКТ МЕЙССНЕРА – ОКСЕНФЕЛЬДА.

*Национальный Технический Университет «Харьковский
политехнический институт»*

Ст. Н. Пацерин

Рук.: проф. А.А. Мамалуй, преп.-ст. К.А. Минакова

В настоящее время одной из важнейших задач в рамках решения проблемы повышения качества инженерного образования является углубление его фундаментальной составляющей и, прежде всего, физико-математического цикла дисциплин. Базисную роль в этом играет курс общей физики, который в техническом вузе является важнейшей основой фундаментальной научной подготовки будущих специалистов. Это обусловлено тем, что развитие техники в первую очередь определяется достижениями наиболее актуальных направлений физической науки.

Уникальное квантовое явление – сверхпроводимость, бездиссипативное, макроскопическое явление. Со свойствами сверхпроводимости связаны самые различные фундаментальные и прикладные задачи современной физики. Например, проблемы передачи энергии на расстоянии, создание хранилищ энергии с практически бесконечным временем хранения, создание сверхточных и сверхчувствительных измерительных устройств и приборов на основе эффектов квантования магнитного потока, квантовых источников электрических и электромагнитных сигналов (эффекты Джозефсона, SQUID и др.). В курсе «Общей физики» изложение раздела сверхпроводимости начинают с констатации экспериментального открытия [1] этого явления Камерлинг – Оннесом, установления им критического характера эффекта и значений критических параметров исследуемых сверхпроводников (критической температуры T_c , критического магнитного поля H_c , критической плотности тока J_c). В курсе лекций обычно рассматривается набор экспериментальных фактов, касающихся электродинамических, термодинамических и кинетических свойств сверхпроводящего состояния, позволяющие в дальнейшем обосновать теоретическое описание явления. К таким описаниям прежде всего относится феноменологическая теория Гинзбурга - Ландау [2] и

микроскопическая теория Бардина - Купера – Шриффера [3].

Изложение сверхпроводимости в курсе общей физики [4], является довольно компактным, и, тем не менее, содержащим существенную информацию. Фундаментальным эффектом, рассматриваемом в работе [4], дающим базисные основания для рассмотрения целого спектра вопросов, относящихся к явлению сверхпроводимости, является эффект Мейсснера – Оксенфельда [5]. Как известно, эффект Мейсснера заключается в достижении сверхпроводником состояния идеального диамагнетика ($H < H_c$, $T < T_c$) и, как следствие, в факте отсутствия магнитного поля в объеме сверхпроводника ($\vec{B} = 0$, $\mu = 0$) независимо от способа достижения сверхпроводящего состояния. Подчеркнем, что

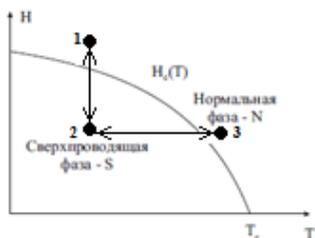


Рис.1. Фазовая $H - T$ диаграмма сверхпроводящего состояния

сверхпроводящее состояние (удельное электросопротивление $\rho = 0$) принципиально отличается от состояния идеального проводника (также $\rho = 0$) прежде всего тем, что внутри сверхпроводника индукция магнитного поля $\vec{B} = 0$ независимо от способа достижения сверхпроводящего состояния. Это свидетельствует о том, что

сверхпроводимость не является состоянием идеального проводника, а представляет собой особое фазовое состояние, имеющее существенно квантовую природу в макроскопическом масштабе.

Сверхпроводящее состояние (точка 2 на диаграмме) может быть достигнуто двумя альтернативными способами. Один из них, при постоянной температуре, меньшей $T_1 < T_c$ заключается в понижении значения магнитного поля от $H_1 > H_c$ до значения $H_2 < H_c$ (прямая 1 - 2 на диаграмме) при этом состояние 2 характеризуется значением $\vec{B} = 0$, $\mu = 0$. Другой заключается в понижении температуры от значений $T_3 > T_c$ до значений $T_2 < T_c$ в постоянном магнитном поле (прямая 3 - 2 на диаграмме). Отсутствие магнитного поля в объеме $\vec{B}_2 = 0$ свидетельствует об особом токовом состоянии сверхпроводника.

В сверхпроводнике нет магнитного поля, то в его объеме не могут течь и электрические токи, т.е. внутри сверхпроводника $\vec{J} = 0$. Это непосредственно следует из теоремы о циркуляции $rot\vec{H} = \vec{J}$. Все токи текут по поверхности сверхпроводника и создают магнитное поле, компенсирующее внутри сверхпроводника внешнее приложенное поле. Именно это и является механизмом вытеснения магнитного поля из сверхпроводника, о котором свидетельствует эффект Мейсснера-Оксенфельда.

Замкнутые токи, магнитное поле которых полностью компенсирует внешнее магнитное поле, что приводит к значению $\vec{B} = 0$, имеют различные источники в рассматриваемых случаях. В случае изменения магнитного поля объяснить процесс возникновения компенсирующих токов в сверхпроводнике можно явлением электромагнитной индукции. В случае же изменения температуры, причины возникновения приповерхностных токов не могут быть найдены в рамках классических подходов. «Источник» тока в этом случае является квантовым. Для качественного объяснения и физического моделирования этого процесса необходимо воспользоваться квантовыми представлениями о носителе заряда в сверхпроводнике. Но это выходит за рамки рассматриваемой нами задачи и превышает и приобретенные на данном этапе знания о сверхпроводимости.

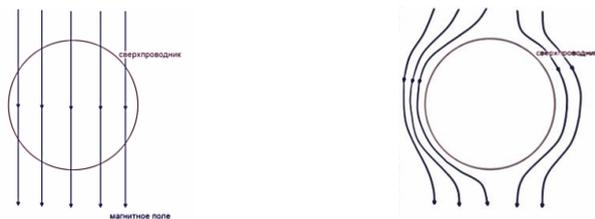


Рис.2 Сверхпроводник при комнатной температуре и при температуре ниже критической в магнитном поле.

Рассмотрим подробнее эффект Мейсснера-Оксенфельда. Если взять сверхпроводник (который не проявляет сверхъестественных способностей при комнатной температуре), и поместить его в магнитное поле, то это поле будет проникать внутрь него.

Если бы мы взяли обыкновенный проводник, то при охлаждении до температуры, ниже критической, ничего бы интересного с ним не произошло (то есть сопротивление его по-

немного бы падало, но на то, как поле ведет себя внутри проводника, это никак не влияло бы). Но так как мы взяли сверхпроводник, то магнитное поле вытесняется из сверхпроводника по мере приближения к состоянию с нулевым сопротивлением. Этот эффект и называется эффектом Мейсснера-Оксенфельда. Если сослаться на то, что поля внутри нет [4], значит и ток течет только по поверхности (это следует из знаменитых уравнений Максвелла). Иначе говоря, чем дальше мы проникаем вглубь сверхпроводника, тем слабее становится ток. На самом деле все дело именно в токе! Он создает свое собственное "экранирующее" магнитное поле, направленное противоположно внутреннему, и они взаимоуничтожают друг друга.

Также этот эффект можно объяснить с помощью так называемых уравнений Лондонов, которые устанавливают связь между током и магнитным полем в сверхпроводнике. Пользуясь этими уравнениями, можно даже вычислить точно насколько глубоко проникает магнитное поле в сверхпроводник.

Взяв за основу эффект Мейсснера-Оксенфельда, ученые договорились подразделять сверхпроводники на сверхпроводники первого и второго рода следующим образом: первого рода –

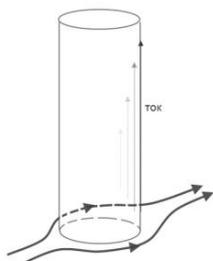


Рис.3 Ток в сверхпроводнике течет по поверхности.

происходит полное выталкивание внешнего поля (алюминий, свинец, олово), второго рода – не происходит полного выталкивания магнитного поля (сплавы, ниобий, ванадий). У сверхпроводников второго рода происходит только частичное выталкивание магнитного поля потому, что в них ток ведет себя не так, как в сверхпроводниках первого рода. Объем сверхпроводника второго рода пронизан своего рода "нитьями", называемыми также "вихрями Абрикосова" в честь открывшего их ученого. Эти нити представляют собой

области нормальной фазы (где сверхпроводник становится обычным проводником), вокруг которых циркулирует вихревой ток. Это можно увидеть на картинке ниже, где голубая область отвечает сверхпроводнику, красная - обычному проводнику, а желтая - циркулирующему вихревому току. Тем не менее, такие материалы тоже называются сверхпроводниками, потому что их сопротивление при температуре ниже критической равно нулю. Керамические сверхпроводники весьма перспективны в плане крупномасштабных

применений, главным образом по той причине, что их можно изучать и использовать при охлаждении сравнительно недорогим жидким азотом. Лабораторные применения. Первым промышленным применением сверхпроводимости было создание сверхпроводящих магнитов с высокими критическими полями. Доступные сверхпроводящие магниты позволили получить к середине 1960-х годов магнитные поля выше 100 кГс даже в небольших лабораториях. Ранее создание таких полей с помощью обычных электромагнитов требовало очень больших количеств электроэнергии для поддержания электрического тока в обмотках и огромного количества воды для их охлаждения.

Следующее практическое применение сверхпроводимости относится к технике чувствительных электронных приборов. Экспериментальные образцы приборов с контактом Джозефсона могут обнаруживать напряжения порядка 10^{-15} Вт. Магнитометры, способные обнаруживать магнитные поля порядка 10^{-9} Гс, используются при изучении магнитных материалов, а также в медицинских магнитокардиографах. Чрезвычайно чувствительные детекторы вариаций силы тяжести могут применяться в различных областях геофизики. Техника сверхпроводимости и особенно контакты Джозефсона оказывают все большее влияние на метрологию. С помощью джозефсоновских контактов создан стандарт 1 В. Был разработан также первичный термометр для криогенной области, в которой резкие переходы в некоторых веществах используются для получения реперных (постоянных) точек температуры. Новая техника используется в компараторах тока, для измерений радиочастотной мощности и коэффициента поглощения, а также для измерений частоты. Она применяется также в фундаментальных исследованиях, таких, как измерение дробных зарядов атомных частиц и проверка теории относительности. Сверхпроводимость будет широко использоваться в компьютерных технологиях. Здесь сверхпроводящие элементы могут обеспечивать очень малые времена переключения, ничтожные потери мощности при использовании тонкопленочных элементов и большие объемные плотности монтажа схем. Разрабатываются опытные образцы тонкопленочных джозефсоновских контактов в схемах, содержащих сотни логических элементов и элементов памяти. Промышленные применения. Наиболее интересные возможные промышленные применения сверхпроводимости связаны с генерированием, передачей и использованием электроэнергии. Например, по сверхпроводящему

кабелю диаметром несколько дюймов можно передавать столько же электроэнергии, как и по огромной сети ЛЭП, причем с очень малыми потерями или вообще без них. Стоимость изготовления изоляции и охлаждения криопроводников должна компенсироваться эффективностью передачи энергии. С появлением керамических сверхпроводников, охлаждаемых жидким азотом, передача электроэнергии с применением сверхпроводников становится экономически очень привлекательной.

Еще одно возможное применение сверхпроводников – в мощных генераторах тока и электродвигателях малых размеров. Обмотки из сверхпроводящих материалов могли бы создавать огромные магнитные поля в генераторах и электродвигателях, благодаря чему они были бы значительно более мощными, чем обычные машины. Опытные образцы давно уже созданы, а керамические сверхпроводники могли бы сделать такие машины достаточно экономичными. Рассматриваются также возможности применения сверхпроводящих магнитов для аккумулирования электроэнергии, в магнитной гидродинамике и для производства термоядерной энергии.

Инженеры давно задумывались о том, как можно было бы использовать огромные магнитные поля, создаваемые с помощью сверхпроводников, для магнитной подвески поезда (магнитной левитации). За счет сил взаимного отталкивания между движущимся магнитом и током, индуцируемым в направляющем проводнике, поезд двигался бы плавно, без шума и трения был способен развивать очень большие скорости. Экспериментальные поезда на магнитной подвеске в Японии и Германии достигли скоростей, близких к 300 км/ч.

1. Kamerlingh Onnes H. Further experiments with liquid helium. D. On the change of electric resistance of pure metals at very low temperatures, etc. V. The disappearance of the resistance of mercury. // *Comm. Phys. Lab. Univ. Leiden.* – 1911. - V. 122b. - P. 124 – 128.

2. Гинзбург В.Л., Ландау Л.Д. К теории сверхпроводимости. // *Журнал экспериментальной и теоретической физики.* – 1950. - Т. 20. - С.1064 - 1081.

3. Bardeen J.; Cooper L. N., Schrieffer J. R. Microscopic Theory of Superconductivity. // *Physical Review.* – 1957. – V. 106. – N. 1. – P. 162 – 164.

4. Мамалуй А. А., Сыркин Е.С., Дульфан А.Я., Минакова К.А. Сверхпроводимость в курсе общей физики // *Физическое образование в ВУЗах.* – 2013. – Т. 19. - № 4. – С.3–13.

5. Meissner W., Ochsenfeld R. Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitfähigkeit. // *Naturwissenschaften* – 1933. - V. 21. – P. 787 – 788.

ЭЛЛИПС КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР ВОЛНОВОЙ ЭНЕРГИИ

*Харьковский национальный университет
имени В.Н. Каразина*

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст.: Е. Ткаченко (ХНУ им. В.Н. Каразина),
Е. Греков, Н. Ивахнов, Али Самбизери, В. Поклад
(НТУ ХПИ)*

*Рук.: доц. А.Р. Казачков, проф. Е.С. Сыркин,
доц. В.А. Лыках, проф. А.А. Мамалуй*

Эллиптические траектории являются одними из самых распространенных в разнообразных задачах физики – от движения небесных тел (законы Кеплера) до так называемых квантовых миражей в наносистемах. Уже из определения эллипса как геометрического места точек, сумма расстояний которых до двух так называемых фокусов, постоянна, следует важность таких особых точек. В качестве примера упомянем квантовые миражи в физике твердого тела [1]. Такое явление наблюдается на поверхности металла при помещении магнитного иона кобальта в фокус наноразмерного эллиптического «коралла», образованного ионами меди [2].

В случае распространения как акустических, так и электромагнитных волн в эллиптическом резонаторе, поместив

источник в один из фокусов нетрудно заметить (Рис.1), что волны «собираются» в другом фокусе.

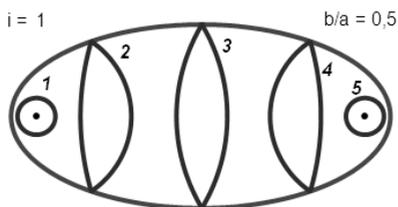


Рис.1 Фронт волны, распространяющейся из левого фокуса, показанный в различные моменты времени.

На рис. 1 представлена эволюция фронта возбуждения гравитационно-капиллярной волны [3], источник которой находится в одном из фокусов. Отметим, что в любой момент времени все точки

фронта волны оказываются на дугах окружностей с центрами в фокусах эллипса.

На основании этого рисунка казалось бы напрашивается вывод о бесконечной (в отсутствие диссипации) воспроизводимости распространения этих волн. Такая чисто геометрическая трактовка волновых процессов в действительности весьма далека от истины.

Представляет интерес проследить за распределением **энергии** волны вдоль ее фронта после отражения от границы сосуда. Выберем для определенности бесконечно малый участок фронта, вышедший из фокуса в направлении, составляющем угол φ с большой полуосью. Такой участок отразится от границы эллиптической формы, преодолев расстояние, определяемое формулой (1), после чего поменяет направление и окажется во втором фокусе одновременно со всеми другими точками волны.

$$\rho = \frac{b^2}{a - f \cos \varphi} \quad (1)$$

Здесь a и b – полуоси эллипса; f – половина межфокусного расстояния.

Конкретные вычисления позволяют исследовать траекторию движения (формулы 2, 3) любого участка волны, вышедшей из фокуса, после многократных отражений от границы.

$$\cos \varphi_i = (-1)^{i+1} \frac{(1 + \cos \varphi_1)(a - f)^{2i-2} - (1 - \cos \varphi_1)(a + f)^{2i-2}}{(1 + \cos \varphi_1)(a - f)^{2i-2} + (1 - \cos \varphi_1)(a + f)^{2i-2}}, \quad (2)$$

$$\rho_i = \frac{b^2}{a + (-1)^i f \cos \varphi_i}, \quad (3)$$

если число таких отражений равно $n=i-1$.

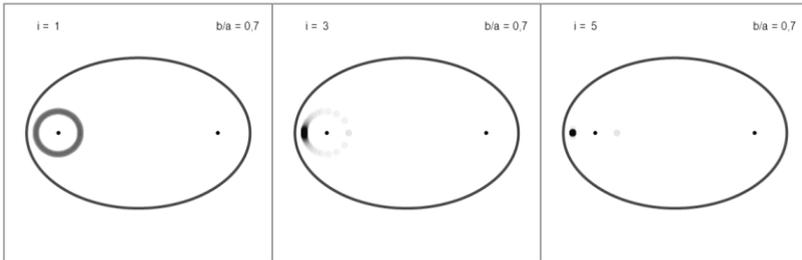


Рис.2 Перераспределение энергии вдоль фронта волны, распространяющейся из фокуса, в результате отражений от эллиптической границы ($n=0; 2; 4$ отражения соответственно).

Как видно из Рис.2, волновой фронт в результате отражений перестает быть однородным и энергия волны концентрируется на участках, распространяющихся вдоль большой оси эллипса. Со временем исходная сферическая волна вырождается в импульс, локализованный вблизи одного направления.

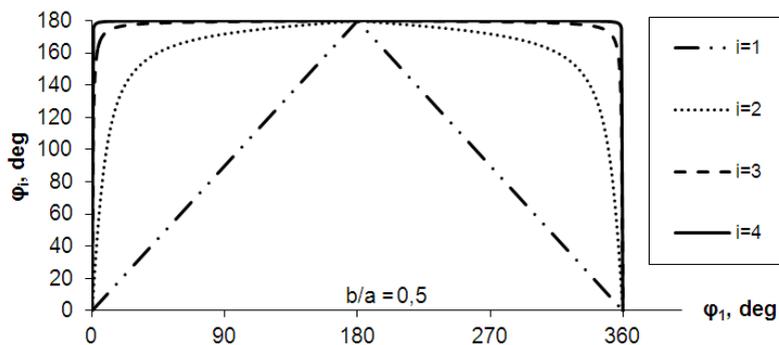


Рис.3 Углы, под которыми распространяются участки фронта волны, после многократных отражений стремятся к 180° .

На Рис.3 показаны изменения, которые претерпевают направления распространения участков фронта волны после многократных отражений от стенок эллиптического сосуда. Все они составляют с большой осью угол близкий к 180° .

Наглядные анимационные компьютерные модели распространения волн были созданы в электронных таблицах *MS Office Excel* с использованием специальных макросов [4].

Литература:

1. Heremans J. J., S. von Molnar, Awschalom D. D., Gossard A. C. Ballistic electron focusing by elliptic reflecting barriers. *Appl. Phys. Lett.*, **74**, 1281-1283 (1999)
2. Manoharan H. C., Lutz C. P., Eigler D. M. Quantum mirages formed by coherent projection of electronic structure. *Nature*, **403**, 512-515 (2000)
3. Р.Фейнман, Рлейтон, М.Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. Т.4, М.: Мир, 1967, 262 с.
4. Казачков А.Р., Аверков С.С., Игнатова О.С. Применение анимации в электронных таблицах Excel при решении задач по физике. Материалы студ. конференции «Актуальные проблемы физики и их информаци-онное обеспечение», НТУ «ХПИ» - X., 2007, с. 20-22.

МІКРОТВЕРДІСТЬ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ СУРМА-ВІСМУТ

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Ст. Н.В. Сосницька

Кер.: проф. О.І. Рогачова, асп. Г.М. Дорошенко

Тверді розчини $\text{Si}_{1-x}\text{Bi}_x$ – перспективні матеріали для виготовлення фотоприймачів довгохвильовій області ІЧ-випромінювання, і приладів магніто-напівпровідникової електроніки. Авторами [1] у твердих розчинах $\text{Si}_{1-x}\text{Bi}_x$ при концентрації вісмуту ~ 1.3 ат.% було виявлено максимум на концентраційних залежностях питомого опору та параметра елементарної комірки c .

Детальні дослідження механічних, кінетичних і термоелектричних властивостей твердих розчинів $\text{Si}_{1-x}\text{Bi}_x$ при концентрації сурми $\sim 0.5 - 1.5$ ат.% виявили аномальні ділянки, котрі пов'язувалися з перколяційним фазовим переходом від розведених до концентрованих твердих розчинів [2]. Якщо припущення про універсальний характер виявлених аномалій має місце, то можна очікувати появу аномалій властивостей твердих розчинів $\text{Si}_{1-x}\text{Bi}_x$ при концентрації вісмуту $\sim 0.5 - 1.5$ ат.%.

Мета роботи – дослідження концентраційної залежності мікротвердості $H(x)$ твердих розчинів $\text{Si}_{1-x}\text{Bi}_x$. Об'єкти дослідження – полікристалічні злитки $\text{Si}_{1-x}\text{Bi}_x$ ($x = 0 - 0.025$), що були виготовлені сплавленням Bi і Sb у вакуумованих кварцових ампулах та піддавалися гартуванню на повітрі і подальшому відпалу протягом 720 годин за температури 450°C .

Вимірювання H проведено на мікротвердомірі ПМТ-3 при навантаженні $0,49\text{ N}$ за кімнатної температури. Отримана залежність $H(x)$ має немонотонний характер: при загальному рості величини H зі збільшенням концентрації сурми, у інтервалі концентрацій $x \sim 0.01 - 0.015$ на графіку $H(x)$ спостерігається мінімум. Така поведінка $H(x)$ може свідчити про процеси перерозподілу домішкових атомів вісмуту у базовому кристалі вісмуту в певному інтервалі концентрацій.

1. Гончаров Е.Г., Бондарев Ю.М., Ховив А.М. *Вестник ВГУ. Серія: Хімія, Біологія. Фармація*, 1, 15 (2008).

2. Rogacheva E.I, Drozdova A.A., Nashchekina O.N. *Phys. Stat. Sol.*, A207, 344 (2010)

ОБ ОДНОМ ИЗ АСПЕКТОВ СОЗДАНИЯ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: В. Гончарук, Ю. Калашник

Рук.: проф. Е.С. Сыркин, пр.-ст. К.А. Минакова

Из многочисленных опытов известно, что спектры излучения и поглощения, невзаимодействующих между собой атомов – линейчатый, т.е. состоят из отдельных узких спектральных линий. Частоты и интенсивности спектральных линий определяются строением излучением излучающего атома и являются строго индивидуальными – каждый сорт атомов имеет только ему присущий спектр. На этом основан спектральный анализ – метод определения химического состава вещества по его оптическому спектру. По той же причине изучение оптических спектров атомов и молекул дает очень ценную информацию об их внутреннем строении и свойствах.

Исторически эмпирические закономерности спектров, в особенности атома водорода, были получены раньше, чем были Нильсом Бором внесены квантовые идеи в теорию атома [1, 2], сначала проанализируем именно их строение.

Известно, что светящиеся газы дают линейчатые спектры испускания. В соответствии с законом Кирхгофа спектры поглощения газов также имеют линейчатую структуру. В своей последовательности спектральные линии атомарного водорода подчиняются простым закономерностям.

В 1885 году сельский учитель из Швейцарии Иоганн Бальмер (1825 - 1898), справедливости ради скажем, что Бальмер преподавал еще и в Базельском университете, а степень доктора философии получил в 24 года, в свободное от основной работы время, жонглируя цифрами - длинами волн в спектрах химических элементов, которые печатались в научных журналах, - заметил, что длины волн в видимой области спектра водорода заключаются в лаконичную формулу:

$$\lambda_n = b \frac{n^2}{n^2 - 4}, \quad (1)$$

где $n = 3, 4, 5, 6$ - целые числа, b - постоянная, равна $3645,6 \text{ \AA}^3$.

Рассчитанные по (1) длины волн хорошо совпадают с

экспериментально измеренными значениями. Все линии в видимой области спектра образуют группу или серию линий, называемую серией Бальмера. К настоящему моменту всего в серии Бальмера обнаружено 25 линий от $n = 3$ до $n = 27$. Все они находятся в видимой и близкой ультрафиолетовой частях спектра.

Во времена Бальмера кроме 4-х линий в видимой области спектра было известно еще в УФ области 5 линий в земных источниках и 10 в спектрах белых звезд. Но расчеты по формуле (1)

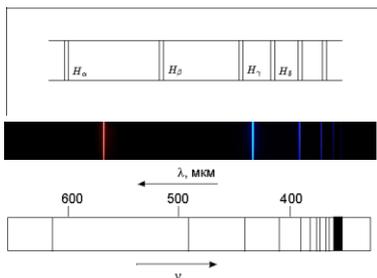


Рис.1 Спектр атома водорода в видимом свете, набор линий, называемый серией Бальмера.

для этих линий не давали хорошего совпадения с экспериментом. Серия Бальмера в лабораторных условиях может наблюдаться при электрическом разряде в водороде, а впервые была обнаружена в спектре Солнца.

В 1890 году шведский физик И. Ридберг (1854 - 1919) записал формулу Бальмера несколько по-другому [3]:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = Rc \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (2)$$

где ν - частота спектральной линии, c - скорость света, а R - фундаментальная физическая постоянная, которую сейчас называют «постоянной Ридберга».

Спустя 23 года после открытия Бальмера швейцарский физик-теоретик Вальтер Ритц (1878 - 1909) обобщил формулу Бальмера, придав ей вид[4]:

$$\nu_{nm} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), n = m + 1, m + 2, \dots \quad (3)$$

где $R = \frac{4c}{b}$ - «постоянная Ридберга», c - скорость света.

Богатый экспериментальный материал об атомных спектрах, эвристический формула Бальмера - Ритца, идея квантов М.Планка и формула Эйнштейна, открытие атомного ядра и «планетарная» модель Э.Резерфорда - вот та база, на которую опиралась теория Бора. Отметим, что ключевую роль здесь сыграла как раз формула Бальмера - Ритца [4]. Бор неоднократно говорил, что как только он увидел эту

формулу, ему сразу все стало понятно. Физический смысл формулы предельно точный и ясный - спектральные линии соответствуют квантам электромагнитного излучения, испускаемым электронами при перескоках с орбиты с номером n ($n = 3, 4, \dots$) на более близкую к ядру вторую орбиту.

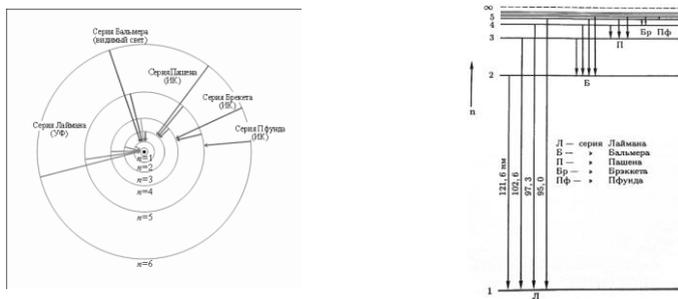


Рис.2 Стационарные орбиты атома водорода и образование спектральных серий.

Теория Бора сделала ясным физический смысл спектральных серий. Спектральные серии представляют собой монохроматические излучения, которые возникают в результате перехода атома в данное состояние из всех возможных возбужденных состояний, расположенных выше данного (рис.2). Так, серия Лаймана соответствует переходам из возбужденных состояний в основное, характеризующее значение квантового числа $n = 1$. Теория Бора делает понятным не только характер спектра атома водорода, но и значений чисел m и n [6].

Довольно часто повторяют два утверждения:

1) крупнейшие научные открытия ученые совершают только в молодости;

2) к таким открытиям нельзя прийти путем «игры с цифрами», не задумываясь о сути явлений.

Однако история открытия Бальмера, а также череда открытий основанных на закономерности, выявленной И. Бальмером, наглядно демонстрирует, что бывают и исключения.

1. N. Bohr. On the constitution of atoms and molecules. Philos.Mag., 26 (1913), p. 1-24.

2. Н. Бор. Избранные научные труды. М. 1970. Т.1, с.84 - 106.

3. Б.Е. Явелов Формула Бальмера. Квант, 12 (1985), с. 16-17.

4. П.І. Голод, Ю.Г. Терентьев. Сто років атомній моделі Бора. Укр. фіз. журн. Огляди, Т.8, №1 (2013), с. 42-49.

5. А. Пуанкаре. О науке. М.: 1983. «Ценности науки», с.249.
6. Н. Бор. Избранные научные труды. М. 1970. Т II, с.551-552.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО МЕТОДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ БЛОКОВ ПИТАНИЯ

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

Ст. А.А. Тарантин

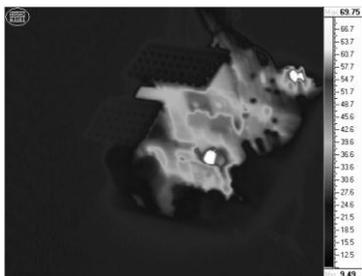
Рук. доц. Р.П. Орёл

В тепловых методах неразрушающего контроля в качестве носителя информации используется тепловая энергия, распространяющаяся в объекте контроля. Температурное поле поверхности объекта является источником информации об особенностях процесса теплопередачи, которые, в свою очередь, зависят от наличия внутренних или наружных дефектов. Под дефектом при этом понимается наличие скрытых раковин, полостей, трещин, не проваров, инородных включений [1]. При изготовлении или эксплуатации множества ответственных технических устройств и изделий протекают процессы выделения, поглощения или передачи тепловой энергии. Это делает возможным применение технической диагностики на основе теплового метода [2]. Термографические камеры – тепловизоры, позволяют определить перегретые или переохлаждённые места. Основной причиной перегрева компонентов в электронных устройствах является их сопротивление и зависит от силы тока, которая течет через эти компоненты [3].

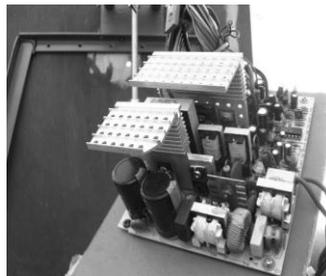
В ходе эксперимента использовался тепловизор ИРТИС-200, который позволяет измерять абсолютные температуры и обладает чувствительностью 0,1°C при 80°C. В работе представлены результаты теплового контроля двух компьютерных сетевых компьютерных блока питания: для стационарного компьютера LC-A280 ATX 230Вт 220В и для ноутбука Toshiba PA3290E-3AC3 120 Вт 220В.

В блоке питания компьютера LC-A280 на холостом ходу повышалась температура нагрузочных резисторов. При подключении нагрузки начала повышаться температура резистора, находящегося между радиаторами. При подключении такой же дополнительной нагрузки на термограмме было видно повышение тепловыделения

варистора и элементов фильтра питания (см. рисунок). Повысилось тепловыделение силового трансформатора между радиаторами и конденсаторов. Температура радиатора, предназначенного для охлаждения выпрямляющих диодов не такая высокая, как у самих диодов, которые на нем установлены, из чего можно сделать вывод, что ухудшились теплопроводящие свойства термопасты. При подключении к блоку питания нагрузки около 140 Вт температура выпрямительных диодов повысилась до 93 °С. Учитывая отсутствие предусмотренного конструкцией принудительного охлаждения (вентилятор), такая температура является допустимой.



Термограмма



Видимое изображение

Блок питания ноутбука Toshiba RA3290E: на холостом ходу на термограмме было замечено слабое тепловыделение на силовом транзисторе, из чего можно сделать вывод, что на холостом ходу, без подключения нагрузки – блок питания почти не потребляет электроэнергию. При подключении нагрузки в 19 Вт было установлено слабое увеличение температуры силового транзистора и выпрямляющих диодов.

При проведении ряда экспериментов по исследованию печатных плат сетевых блоков питания были обнаружены зоны с повышенным тепловыделением и сделаны термограммы с тепловизора. Так же можно сделать вывод, что при изготовлении плат для сетевых блоков питания и их контроле целесообразно использование бесконтактных тепловых методов для определения зон с повышенным тепловыделением.

1. Волченко В. Н., и другие Контроль качества сварки / Под ред. Волченко В.Н. – Учебное пособие для машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1975. – 328 с.
2. Тепловой неразрушающий контроль изделий: Научно-методическое пособие / О.Н. Будадин, А.И. Потапов, В.И. Колганов – М.: 2002. – 472 с.
3. Маслова В.А, Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем

контроле. Харьков: «Компания СМІТ», 2004.-160с.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК $\text{KРb}_2\text{Cl}_5$.

*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. А. А. Куриной
Рук. доц. Е.Н. Коваленко*

Развитие твердотельных систем нелинейной оптики и фотоники инфракрасного диапазона стимулирует поиск и создание новых материалов с окном прозрачности в ИК области. В связи с этим возрос интерес к исследованию оптических и спектральных свойств сложных галогенидов, содержащих тяжелые катионы, которые обладают относительно узким фононным спектром в отличие от оксидных систем. Такие кристаллы имеют практический интерес как активные среды для лазеров среднего инфракрасного и видимого диапазонов излучения, телекоммуникационных усилителей и линий оптической связи.

Кристаллы $\text{KРb}_2\text{Cl}_5$ относятся к числу матриц пригодных для легирования редкоземельными ионами. Они негигроскопичны, имеют высокую химическую стойкость, узкий фононный спектр и удовлетворительные механические свойства.

Спектр отражения монокристаллов $\text{KРb}_2\text{Cl}_5$ исследовался ранее, но только в области края собственной полосы поглощения. Тонкие пленки позволяют измерить спектр поглощения в более широком спектральном интервале.

В нашей работе исследуется спектр поглощения тонких пленок $\text{KРb}_2\text{Cl}_5$ в спектральном интервале 2 – 6 эВ и интервале температур 90 – 520К.

В спектре поглощения тонкой пленки $\text{KРb}_2\text{Cl}_5$ ($T = 90\text{K}$) наблюдаются длинноволновые полосы A_1 при 4,465 эВ и A_2 при 4,63 эВ и более коротковолновая полоса C при 5,76 эВ (рис.1). С ростом температуры полосы A и C сдвигаются в длинноволновую область спектра (рис.1), уширяются и ослабляются за счет экситон-фононного взаимодействия, что свидетельствует об их экситонном происхождении.

После отделения полос A_1 и A_2 симметричным двухосцилляторным контуром по точке перегиба края собственной

полосы поглощения было определено значение ширины запрещенной зоны для полосы A_2 $E_{g2} = 4,843$ эВ и энергия связи экситона $R_{ex} = E_{g2} - E_{A2} = 0,215$ эВ. Считая энергии связи экситонов A_1 и A_2 равными, определили ширину запрещенной зоны в KPb_2Cl_5 $E_g = E_{A1} + R_{ex} = 4,68$ эВ.

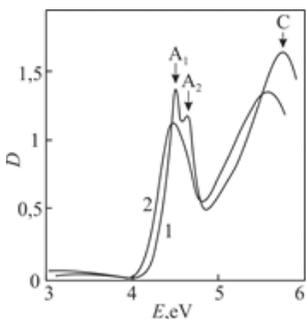


Рис. 1. Спектр поглощения тонкой пленки KPb_2Cl_5 ($t = 75$ нм) $T = 290$ К (1), $T = 90$ К

полученное значение ϵ_∞ мы оценили радиус экситона:

$$a_{ex} = a_B \frac{R}{R_{ex} \epsilon_{eff}}$$

где a_B – боровский радиус, R – постоянная Ридберга, ϵ_{eff} – эффективная диэлектрическая проницаемость, $\epsilon_\infty < \epsilon_{eff} < \epsilon_0$, ϵ_0 – статическая диэлектрическая проницаемость, $R_{ex} = 0,215$ эВ – значение энергии связи экситона в KPb_2Cl_5 . Так как в области низкочастотной экситонной полосы основной вклад в ϵ_{eff} определяется значением ϵ_∞ , для оценки a_{ex} мы воспользовались нижним пределом ϵ_{eff} . Полученное значение $a_{ex} = 8,055$ Å указывает на возбуждение экситонов промежуточной связи в KPb_2Cl_5 .

Дисперсия показателя преломления $n(\lambda)$ в тонких пленках KPb_2Cl_5 в области прозрачности определялась интерференционным методом.

Расчетная зависимость $n(\lambda)$ (рис.2, сплошная кривая) дает хорошее согласие с экспериментальной зависимостью (рис.2, точки). Аппроксимация зависимости $n(\lambda)$ к низкоэнергетическому пределу дает значение оптической диэлектрической постоянной $\epsilon_\infty = 4,154$. Используя

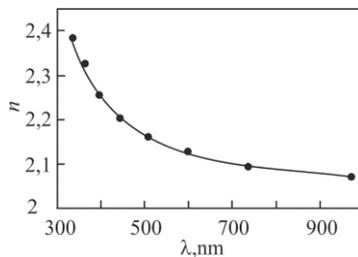


Рис. 2. Спектральная зависимость показателя преломления $n(\lambda)$ тонких пленок KPb_2Cl_5 .

1. В.А. Пустоваров, И.Н. Огородников, Н.С. Бастрикова, А.А. Смирнов, Л.И. Исаенко, *Опт. и спектр.*, 101, 247 (2006).

2. К.С. Александров, А.Н. Втюрин, А.П. Елисеев, *ФТТ*, 47, 512 (2005).

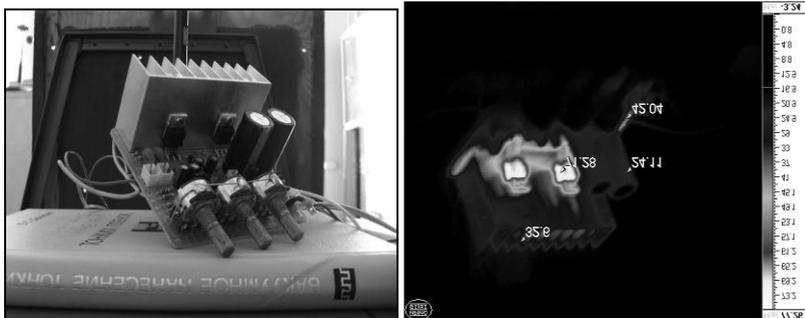
З.О.Н. Юнакова, В.К. Милославский, Е.Н. Коваленко, В.В. Коваленко, *ФНТ*, 40, .888 (2014).

ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА

*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. М.С. Попсуев
Рук. доц. Р.П. Орёл*

Бесконтактный тепловой метод контроля является достаточно эффективным средством диагностики электронной техники. Основное преимущество бесконтактного метода в том, что он относится к средствам неразрушающего контроля: тепловизор, расположенный в непосредственной близости от исследуемого объекта, фиксирует ИК-излучение и отсылают полученные данные компьютеру для их дальнейшего анализа. Отсутствие прямого контакта с исследуемой ячейкой не изменяет температурных и электрических характеристик исследуемого объекта, давая наиболее правдоподобную картину происходящих явлений.

Тепловой режим электронных компонентов является одним из определяющих факторов их работоспособности. Аномальный нагрев повышает вероятность отказа электронного узла и сокращает срок службы изделия. Кроме того, измененное тепловое поле может сигнализировать о дефектах, поиск которых обычными способами (например, визуально или при помощи специального электрического стенда) может быть затруднен по ряду причин или неэффективен [1]. В работе представлены результаты теплового контроля платы низкочастотного усилителя акустической системы SVEN BF-11.



Для теплового контроля платы усилителя использовался тепловизор ИРТИС-200, который позволяет измерять абсолютные температуры и обладает чувствительностью 0,1 °С при 80 °С [2].

В результате экспериментов были получены термограммы функционирующего устройства при различных режимах эксплуатации: без нагрузки; с нагрузкой на один канал; с нагрузкой на два канала. Анализ полученных результатов позволил подтвердить теоритические сведения о зависимости тепловыделения от вида нагрузки, а также выявить, некоторые недостатки представленной системы охлаждения — при нагрузке на один канал, микросхема отвечающая за второй также нагревается из-за теплообмена с радиатором.

Тепловой контроль позволяет изучить поведение РЭА и их компонентов при любых режимах работы, изучить процессы в динамике развития. На изображении виден результат работы усилителя с нагрузкой на оба канала. Результатом является значительный нагрев обоих микросхем на фоне остальных элементов. Были установлены зоны платы, рядом с усилительным каскадом, которые подвергаются излишнему нагреву в следствии теплообмена. При проектировании изделия это было учтено, поэтому в этих участках практически отсутствуют другие компоненты.

В результате экспериментальных исследований, проведенных на кафедре физики ХНУРЭ, были подтверждены основные преимущества метода бесконтактного теплового контроля изделий: эффективность, простота портативность, высокое быстродействие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панфилова С. Бесконтактный тепловой контроль изделий электронной техники. // “Производство электроники: технологии, оборудование, материалы”. 2007, №3 – 1-8с.
2. Компания «ИРТИС» – ведущий Российский производитель инфракрасных приборов для визуализации и измерения тепловых полей // <http://www.irtis.ru/>
3. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т.5: В 2 кн. Кн. 1: Тепловой контроль. /В.П. Вавилов. Кн. 2: Электрический контроль. /К.В. Подмастерьев, Ф.Р. Соснин, С.Ф. Корндорф, Т.И. Ногачева, Е.В. Пахолкин, Л.А. Бондарева, В.Ф. Мужицкий. – М.: Машиностроение, 2004. – 679 с.

ПОДАВЛЕНИЕ ПОМЕХ ВЫЗВАННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ НАГРЕВА С ПОМОЩЬЮ КОМПЕНСАЦИОННЫХ МАТРИЦ.

*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. И.И. Наконечная
Рук. ас. А.В. Мягкий*

Сотовые конструкции являются одним из наиболее распространенных конструкционных материалов в авиации, космической технике и других отраслях. Особое внимание уделяется недопущению таких дефектов как места непрочности (отслоения) между обшивкой и сотовым наполнителем.

Известно, что для выявления дефектов такого рода перспективно применение активного метода теплового контроля [1,2], который сочетает в себе высокую чувствительность к обнаружению подобных дефектов с высокой чувствительностью контроля (при использовании тепловизора в качестве регистрирующего устройства).

Однако реализовать потенциальные возможности этого метода на практике не удастся в следствии значительных помех, обусловленных неоднородностью излучательной способности поверхности сотовой структуры. Кроме того, для использования тепловизора необходим одновременный нагрев определенной площади ОК (площадный нагреватель), что неминуемо ведет к неравномерности температурного поля (в частности, «краевой эффект») и возникновению помех.

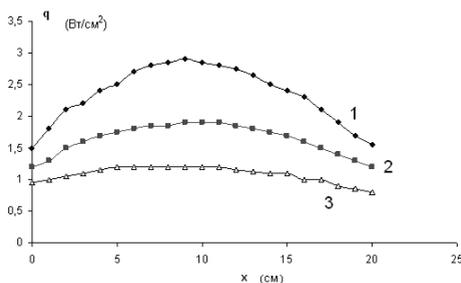


Рис.1. Распределения плотности энергии нагревателя поплддя
расстояния , 1 – 20 (см), 2 – 30 (см), 3 – 40 (см).

Помеха связанная с неоднородность нагрева компенсируется лабораторным исследованием неоднородности теплового поля источника

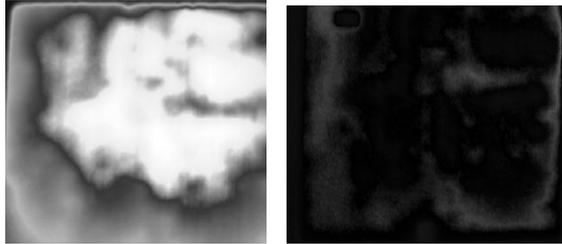


Рис.2. Термограмма до обработки (слева) и после(справа)

Компенсируя неоднородность нагрева используем нормировку обратной функцией от функции нагревателя, что позволяет спрямить температурное поле термограммы. На спрямленной термограмме используется относительная шкала температур, нормированная по максимуму функции теплового поля нагревателя (4). Для этой процедуры используется матричный метод, где элементом матрицы служит значение температуры в одном пикселе термограммы, а ее размерность количество пикселей по вертикали и горизонтали.

$$F' = \frac{q_{max}}{Q} F \quad (4)$$

где F – матрица значений температур термограммы; F' – матрица спрямленных значений; Q – матрица значений мощности нагрева; q_{max} – максимальный элемент Q . Результат подобной обработки приведен на рис 2.

Необходимым условием использования этого метода является точное отождествление систем координат нагревателя и термограммы. Что позволяет уменьшить неоднородность нагрева до уровня ниже 5%.

1.Стороженко В.А., Вавилов В.П., Волчек А.Д. Неразрушающий контроль качества промышленной продукции активным тепловым методом. - К.: Техника, 1988. - 126 с.

2. Стороженко В.А., Малик С.Б., Мягкий А.В. Оптимизация режимов тепловой дефектоскопии на основе теплофизического моделирования // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Прилади і методи неруйнівного контролю. – Харків: НТУ «ХПІ» –

№48. – 2008. – С. 84-91.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛООВОГО МЕТОДА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В НАПОРНЫХ ПАРО- И ГАЗОПРОВОДАХ

*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. А.В. Мотко
Рук. ас. А.В. Мягкий*

Теоретически исследована возможность применения теплового контроля для оценки утоньшения высокотемпературных напорных труб. Приведена модель объекта, на основании которой решена теплофизическая задача. Значения температурных показателей, геометрические параметры, теплофизические характеристики соответствуют реальным паропроводам агрегатного зала Запорожской АЭС. Результаты машинного эксперимента показали перспективность применения теплового метода.

Высокотемпературные напорные трубопроводы широко используются на предприятиях нефтегазового комплекса и энергетике. После определенного периода эксплуатации вследствие коррозии от воздействия среды, кавитационной эрозии, растрескивания дефектов сварки, нагрузочного коррозионного растрескивания и ухудшения материала в трубах возникают дефекты. Согласно статистике причиной более 50% взрывов, техногенных аварий и катастроф является невыявленные дефекты трубопроводов.

Для решения важнейшей проблемы контроля и диагностики трубопроводов необходимо проводить поиск новых методов, которые бы позволяли оценивать толщину стенок для последующей замены критически поврежденных участков трубопроводов.

Благодаря тому, что тепловой метод обладает рядом преимуществ: бесконтактность, быстрота, безвредность, то он может быть использован для контроля дефектов в виде раковин и утонений стенок работающих высокотемпературных напорных труб.

Предварительная оценка возможностей теплового контроля была проведена путем машинного эксперимента, в ходе которого была составлена теплофизическая модель объекта и решена соответствующая прямая задача теплопроводности.

Теплофизическая модель объекта контроля показана на рис. 1.

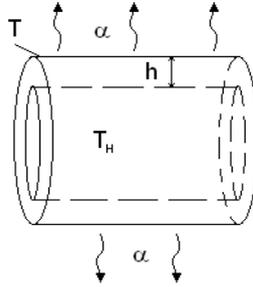


Рис. 1. Модель исследуемого объекта.

Условия решения теплофизической задачи:

1. Труба нагревается изнутри (граничные условия первого рода) [1], при температуре носителя T_n и коэффициенте теплоотдачи α_1 .

2. Снаружи имеется теплоотдача в окружающую среду с коэффициентом теплоотдачи α_2 и температурной среды T_c .

Коэффициент теплопроводности материала трубы λ .

Тепловой поток через стену трубы определяется формулой (1);

$$q = (T_n - T_c) / R_T, \quad (1)$$

где R_T – величина термического сопротивления слоя.

$$R_T = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{h}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (2)$$

В случае однородного материала уравнение (2) принимает вид:

$$R_T = \frac{\lambda \alpha_1 + h \alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1 \lambda}{\lambda \alpha_1 \alpha_2}. \quad (3)$$

Подставим R_T в уравнение (1), получаем

$$q = \frac{\lambda \alpha_1 \alpha_2 (T_n - T_c)}{\lambda \alpha_1 + h \alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1 \lambda}. \quad (4)$$

Теперь искомая температура T_h температуре на поверхности трубы с толщиной стенки h . T_h определяется из уравнения теплового баланса [1]

$$T = \frac{\lambda \alpha_1 \alpha_2 (T_n - T_c)}{(\lambda \alpha_1 + h \alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1 \lambda) c \rho} \quad (5)$$

где c – теплоемкость материала, ρ – плотность материала.

Температурный перепад, вызванный утонением стенки (полезный сигнал) определяется по формуле:

$$\Delta T_c = T_{h1} - T_{h2}, \quad (6)$$

где T_{h1} и T_{h2} – температура на поверхности трубы при различной толщине стенки, $\Delta h = h_1 - h_2$.

Толщина трубы была выбрана 12 мм и 16 мм. Температура носителя составляла 40 °С, 100 °С, 200 °С, что соответствует реальным паропроводам агрегатного зала Запорожской АЭС.

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты оценки чувствительности теплового метода контроля.

$\Delta h, \text{мм}$	12				16					
$T_n, \text{°C}$	200				40	100	200			
$\Delta h, \text{мм}$	2	4	6	8	8	8	2	4	6	8
$\Delta T_c, \text{°C}$	2,3	3,2	4,1	6,9	0,5	1,1	0,3	0,6	1,2	2,8

Чувствительность современных тепловизоров составляет 0,1- 0,2 °С. Достоверное выделение оператором зон с аномальной температурой, которые соответствуют дефекту, возможно при 3-5 кратном превышении сигнала над шумом.

Как следует из таблицы, все значения $\Delta T_c, \text{°C}$ превышают порог обнаружения дефектов по указанному критерию, что говорит о перспективности применения метода теплового контроля.

1. Стороженко В.А., Вавилов В.П., Волчек А.Д. Незарушающий контроль качества промышленной продукции активным тепловым методом. - К.: Техника, 1988. - 126 с.

2. Стороженко В.А., Малик С.Б., Мягкий А.В. Оптимизация режимов тепловой дефектоскопии на основе теплофизического моделирования // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Прилади і методи неруйнівного контролю. – Харків: НТУ «ХПІ» – №48. – 2008. – С. 84-91.

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОЦЕДУРЫ ТЕПЛОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ СЛОИСТЫХ СТРУКТУР С НЕОДНОРОДНОЙ РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ.

*Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Ст. Н.С. Мирошниченко
Рук. ас. А.В. Мяжкий*

Сотовые конструкции являются одной из наиболее распространенных слоистых структур используемых при конструировании в авиации и космической технике где к надежности комплекующих предъявляются повышенные требования. [1,2]

Известно, что для выявления дефектов перспективно применение активного метода теплового контроля [1,2], который сочетает в себе высокую чувствительность к обнаружению подобных дефектов с высокой чувствительностью контроля

Однако реализовать потенциальные возможности этого метода на практике не удается в следствии значительных помех, обусловленных неоднородностью излучательной способности поверхности сотовой структуры и помехи за счет проявления регулярной структуры образца.

Целью настоящих исследований являлся поиск путей подавления указанных помех за счет создания алгоритмов обработки термограмм полученных в результате проведения теплового неразрушающего контроля.

Для достижения цели использовался теоретико-экспериментальный подход, сочетающий в себе построение в себе построение и анализ теплофизической модели сотовой структуры и проведения эксперимента на реальных образцах с дефектами.

Одной из наиболее влияющих на изображение помехой, является помеха вызванной внутренней регулярной структурой образца контроля так как не зависит от состояния (дефектности) образца и присутствует во всех изделиях вложной внутренней структуры (рис. 1).

Существует два наиболее простых и эффективных метода устранения этой помехи. Первый метод подразумевает точное знание

регулярных неоднородностей объекта контроля и создание маски (изображение повторяющее неоднородности образца). С последующим его «вычитанием» из основного изображения.

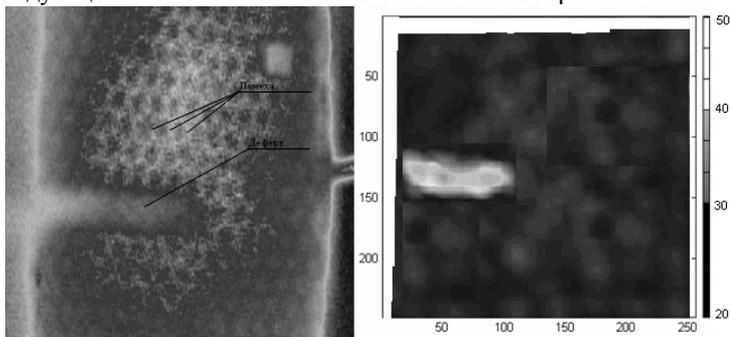


Рис.1 Сотовая структура с дефектом и помехой (слева), конечный вид термограммы после обработки.

Недостатком такого метода является то, что в случае ошибки наложения изображений приводит не к уменьшению, а к увеличению помехи.

В данной работе использовался второй метод значительно мене универсальный, но в данном случае более эффективный. Речи идет о усреднении температурного поля по зонам линейные размеры которых равны толщине стенки сотовой конструкции. Использование подобного метода снижает уровень помехи более чем в 3 раза, но при этом немного искажает температурное поле в зоне действия. Следует заметить, что эти искажения незначительны по сравнению с рассматриваемыми объектами, что значительно увеличивает температурный перепад между дефектным и бездефектным участком.

Это создает все предпосылки для того, чтобы в условиях производства от визуального метода идентификации дефектов перейти к автоматизированному, основанному на соответствующих технических средствах.

1. Стороженко В.А., Малик С.Б., Мягкий А.В. Оптимизация режимов тепловой дефектоскопии на основе теплофизического моделирования // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Прилади і методи неруйнівного контролю. – Харків: НТУ «ХПІ» – №48. – 2008. – С. 84-91.

2. Xavier P. V. Maldague. Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing. - John Wiley & Sons, Inc., 2001, p. 684.

РАСЧЕТ УРОВНЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В ГАЗОПРОВОДАХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ТЕПЛОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

Ст. А.Д. Долгопятенко

Рук. ас. А.В. Мягкий

Как показывают результаты комплексных исследований и эксплуатационные данные [1], коэффициент гидравлической эффективности большей части магистральных газопроводов страны находится в пределах 70 – 90%, что свидетельствует о накоплении во внутренней полости труб различных отложений.

Для повышения гидравлической эффективности и надежности работы газопроводов на предприятиях проводятся продувка и очищение внутренней полости газопроводов, что сопряжено со значительными материальными затратами. Одним из путей сокращения этих затрат могло бы служить получение предварительной информации об уровне загрязнения газопровода, в частности, о содержании их жидкой формы.

Для решения этой задачи была выдвинута гипотеза об использовании бесконтактного термографического метода. Она основывается на том что перекачиваемый газ, пройдя насосную станцию, обладает повышенной относительно окружающей среды температурой, тогда как конденсат, очевидно, имеет температуру, близкую к окружающей среде. Кроме того, газ и конденсат имеют различные теплофизические характеристики (ТФХ), что в итоге должно вызвать неравномерность температурного поля на поверхности газопровода, при условии наличия конденсата.

Для проверки данной гипотезы были проведены теоретические исследования [2], результаты которых приведены ниже.

На рис.1. представлено смоделированное изображение (термограмма) трубопровода. На термограмме четко просматривается граница раздела температурного поля между верхней (газ) и нижней (конденсат) частью трубопровода; разность температур составила 0,6 С.

Положение раздела температурного поля

можно интерпретировать как уровень заполнения трубы конденсатом, соответствующий 60% объема трубы (Рис 2). Полученные экспериментальные данные подтверждают принципиальную возможность применения термографического метода для контроля уровня конденсата в газопроводе. При этом метод обладает такими важными достоинствами как бесконтактность и быстродействие.

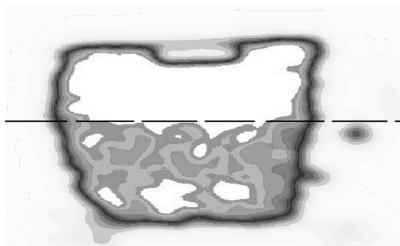


Рис 1. Смоделированное тепловое поле трубопровода с конденсатом.

Возникающий из-за наличия конденсата температурный перепад на поверхности трубы зависит от разности температур окружающей среды и транспортируемого газа, что обуславливает более высокую чувствительность метода при проведении контроля в зимний период.

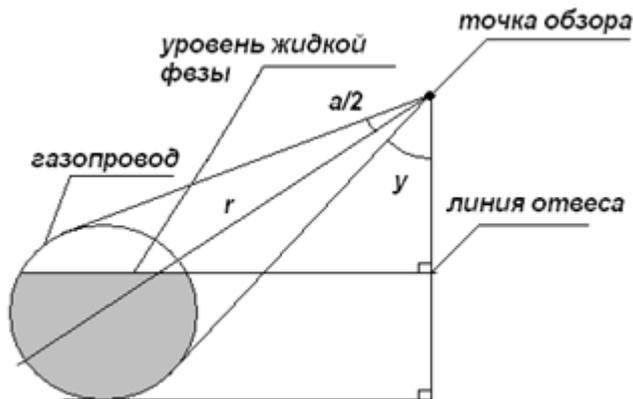


Рис. 2 Геометрическая схема проведения контроля.

1. Капцов И.И. Сокращение потерь газа на магистральных газопроводах. – М.; Недра, 1988. – 431с.

2. Стороженов В.А., Мешков С.Н., Сапрыкин С.А., Мякий А.В. Применение термографического метода контроля для определения содержания жидкой фазы в газопроводах - Науково-технічний журнал «Методи та прилади

контролю якості» м. Івано-Франківськ №22. – 2009. – С. 117

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ КРИТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В МАГНИТНОМ СВЕРХПРОВОДНИКЕ



Харьковский национальный университет

имени В.Н. Каразина

Ст. Е.В. Меженская

Рук. с.н.с. А.В. Терехов (ФТИНТ им. Б.И. Веркина)

Среди них наиболее известных магнитных сверхпроводников заслуживают отдельного внимания редкоземельные бориды родия с формулой $\text{Dy}_{1-x}\text{Y}_x\text{Rh}_4\text{B}_4$ ($x = 0, 0.2, 0.4$). Особенностью этих материалов является то, что в них магнитное упорядочение появляется выше температуры сверхпроводящего перехода и сосуществует со сверхпроводимостью вплоть до самых низких температур [1, 2]. Недавно в этих соединениях были обнаружены особенности поведения некоторых физических величин, нетипичные для систем с традиционной сверхпроводимостью, например, рост величины второго критического поля H_{c2} с увеличением температуры в некоторой области температур [1,2] и парамагнитный эффект Мейсснера [3]. Т.о. исследование физических свойств данного семейства боридов родия с различным содержанием диспрозия (ответственного за магнитные взаимодействия) представляет интерес для изучения сосуществования сверхпроводимости и магнетизма и возможностей появления нетрадиционной сверхпроводимости.

В этой работе впервые было измерено электрическое сопротивление поликристалла $\text{Dy}_{0.6}\text{Y}_{0.4}\text{Rh}_{3.85}\text{Ru}_{0.15}\text{B}_4$ в температурном диапазоне 2 - 12 К (температура перехода в сверхпроводящее $T_{c1/2} \approx 6,66$ К) в магнитных полях до 4Т. Построены зависимости $R(T)$, $\square\square H_{c2}(T)$, а также температурная зависимость верхнего критического поля в приведенных единицах $h^*(t)$ (где $h^* = -\square\square H_{c2}/(dH_{c2}/dt)|_{t=1}$, $t = T/T_c$). Проведена обработка зависимостей $h^*(t)$ и оценены параметр Маки \square (относительная сила спина и орбитального распаривания) и параметр \square_{so} (постоянная спин-орбитального рассеяния) в рамках теории Вертхамера-Гельфанда-Хоненберга (ВГХ) [5]. Показано, что при значениях $\square\square\square\square\square$ и $\square_{so} = 0$ имеет место только орбитальный вклад. Согласно теории ВГХ верхнее критическое поле ограничено

орбитальным механизмом и в грязном пределе $\chi_{c2}^{orb}(0) = -0.69T_c(dH_{c2}/dT)|_{T=T_c} \approx 40$ кОе, $dH_{c2}/dT \approx -8,7$ кОе/К. В нашем случае экспериментальная зависимость $h^*(t)$ несколько выше теоретической кривой, полученной из теории ВГХ. Такое поведение $h^*(t)$ можно объяснить наличием сильной связи в сверхпроводнике [6]. Недавние исследования сверхпроводящей щели [7] показали, что соотношение $\chi_{c2}^{orb}(0)/T_c$ в $Dy_{0.6}Y_{0.4}Rh_{3.85}Ru_{0.15}B_4$ может достигать 4 или даже более высоких значений, что выше, чем значение 3,52 для обычных сверхпроводников со слабой связью.

[1] V.M. Dmitriev, A.J. Zaleskii, E.P. Khlybov, L.F. Rybaltchenko, E.V. Khristenko, L.A. Ishchenko and A.V. Terekhov, *Acta Phys. Polon. A* **114**, 83 (2008).

[2] V.M. Dmitriev, A. Zaleskii, E.P. Khlybov, L.F. Rybaltchenko, E.V. Khristenko, L.A. Ishchenko, A.V. Terekhov, I.E. Kostyleva and S.A. Lachenkov, *Low Temp. Phys.* **34**, 909 (2008) [*Fiz. Nizk. Temp.* **34**, 1152 (2008)].

[4] V.M. Dmitriev, A. Zaleskii, E.P. Khlybov, L.F. Rybaltchenko, E.V. Khristenko, L.A. Ishchenko and A.V. Terekhov, *Low Temp. Phys.* **35**, 424 (2009) [*Fiz. Nizk. Temp.* **35**, 537 (2009)].

[5]. N.R. Werthamer, K. Helfand, and P.C. Hohenberg, *Phys. Rev.* **147**, 295 (1966).

[6] D. Rainer, G. Berimann, and U. Eckhardt, *Phys. Rev.* **B8**, 5324 (1973).

[7] L.F. Rybaltchenko, E.V. Khristenko, L.A. Ishchenko, A.V. Terekhov, I.V. Zolocheskii, T.V. Salenkova, E.P. Khlybov, and A.J. Zaleski, *Low Temp. Phys.* **38**, 1106 (2012) [*Fiz. Nizk. Temp.* **38**, 1403 (2012)].

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ДИАПАЗОНЫ ДЕСОРБЦИИ ДЕЙТЕРИЯ ИЗ Mg-Zr КОМПОЗИТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ПОАТОМНОГО СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТ

Харьковский национальный университет

имени В.Н. Каразина

Ст. М.В. Лисничук

Рук. с.н.с. А.Н. Морозов (ННЦ ХФТИ)

В данной работе методом плазменного напыления изготовлены композиционные материалы системы Mg-Zr из химических элементов, которые имеют низкую взаимную растворимость и изучены температуры десорбции ионно-имплантированного дейтерия в зависимости от концентрации компонент и дозы имплантированного дейтерия. Выявлено, что введение в магний циркония с концентрацией ниже 30 ат.%, приводит к значительному снижению температуры десорбции дейтерия (~ 400 К) в сравнении с выделением из образцов магния. Ступенчатый вид кривой зависимости температуры максимума термоактивированного выделения дейтерия из магний-циркониевых композитов с изменением концентрации компонент свидетельствует о наличии двух разных структурных состояний системы Mg-Zr в

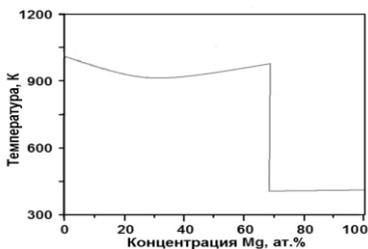


Рис.1. Зависимость температуры максимума термоактивированного выделения дейтерия от состава композита Mg-Zr.

зависимости от соотношения компонент [1,2]. При этом превалирующую роль в удержании дейтерия определяет циркониевая или магниевая компонента в зависимости от концентрации компонент. Полученные данные по десорбции водорода на примере соединений Mg-Zr (рис.1.) свидетельствуют о перспективности поиска материалов накопителей водорода, в составе которых имеются химические элементы с

низкой растворимостью в компонентах композита.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

ДЕМОНСТРАЦИЯ ДЕЙСТВИЯ СИЛЫ АМПЕРА

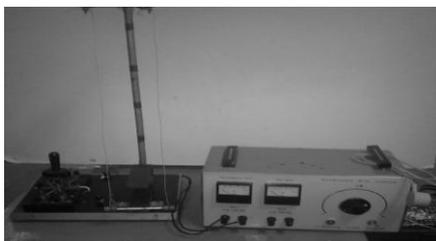
Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: В. В. Никитин, С.А. Кравченко

Рук.: доц. Ю.В. Меньшов, ст.пр. Кривonos С.С.

Проведение учебного процесса по курсу общей физике в XXI веке неизменно связано с компьютерными информационными технологиями. Однако подготовка инженеров практического направления не может быть только теоретической. Важно, чтобы будущие специалисты имели достаточный объем практических знаний и умений. Кроме выполнения лабораторных работ, целесообразно закреплять полученные из учебников и лекций знания подготовкой действующих макетов лабораторных работ и лекционных демонстраций.

В разделе «Электричество и магнетизм» рассматривается действие магнитного поля на проводник с током – закон Ампера. Демонстрация действия силы Ампера предлагается в данной работе. Установка представлена на рисунке. Магнитное поле создается постоянным магнитом, сделанным в виде подковы. Магнит закреплен неподвижно на основании макета. На вертикальной стойке на мягких проводниках закрепляется латунный стержень. Ось стержня лежит в одной плоскости с краями магнита. При замыкании цепи, содержащей латунный стержень (проводник), блок питания и переключатель происходит втягивание в пространство магнита или отталкивание стержня. Направление смещения стержня определяется полярностью подключения блока питания.



1. Трофимова Т.И. Курс физики :учеб. пособие для вузов / – 11-е изд. – М. :Издательский центр «Академия », 2006. – 560 с.,
2. Савельев И.В. Курс общей физики: [в 3 т.]. – М.: Наука, 1989.,
3. Яворский Б.М., Деглаф А.А. Курс физики. – М.: Высш. шк., 1989. – 608 с., 4.
4. Калашников С.Г. Электричество. – М.: Наука, 1986. – 576 с.

ДИФУЗІЯ В ПРИРОДІ

*Харківський національний аграрний
університет ім. В.В. Докучаєва
Ст.: В. Крайнюк, Д. Івахненко
Рук. проф. С.С. Авотин*

Дифузія – явище спонтанного переміщення молекул речовини з місць з більшою концентрацією в місця з меншою внаслідок теплового руху. Швидкість дифузії залежить від температури, концентрації, агрегатного стану речовини, зовнішніх впливів. Перенос маси при дифузії описується *законом Фіка: маса перенесеної речовини прямо пропорційна градієнту густини, площі, через яку відбувається перенесення, і часу:*

$$\Delta m = -D \frac{d\rho}{dx} S \Delta t. \quad (1)$$

Для газів коефіцієнт дифузії D залежить від швидкості молекул і середньої довжини вільного пробігу молекул:

$$D = \frac{1}{3} \langle \lambda \rangle \langle v \rangle. \quad (2)$$

де $\langle v \rangle$ – середня швидкість молекул, $\langle \lambda \rangle$ – середня довжина вільного пробігу молекул, $\Delta\rho$ – зміна густини на відстані dx .

Процес односторонньої дифузії (осмос) молекул розчинника крізь напівпроникненню мембрану у напрямку більшої концентрації розчиненої речовини відіграє важливу роль у біологічних процесах. Дифузія життєво важливих речовин (іонів натрію, калію, магнію, кальцію та ін.) через клітинні мембрани має специфічні особливості, зумовлені напівпроникністю мембран. Біологічні мембрани клітин, товщина яких становить менше 0,01 мкм, пропускають молекули розчинника, які мають малий діаметр (наприклад, воду, кисень) і не пропускають молекули розчиненої речовини (солі, білки, сахарозу та інші великі белкові молекули).

Завдяки дифузії ми дихаємо. З точки зору фізики дуже тонкі стінки альвеол в капілярах легень – напівпрозорі мембрани. Проникнення кисню крізь тончайшу стінку альвеол у капіляри легень здійснюється

завдяки осмосу. Концентрація кисню в атмосферному повітрі значно більша ніж його концентрація в капілярній крові, тому кисень і проникає крізь мембрану.

Також цей процес частково забезпечує проникнення поживних речовин з травної системи в кров і дію багатьох ліків. На рис. 1 схематично показано процес усмоктування поживних речовин в тонкому кишечнику людини.

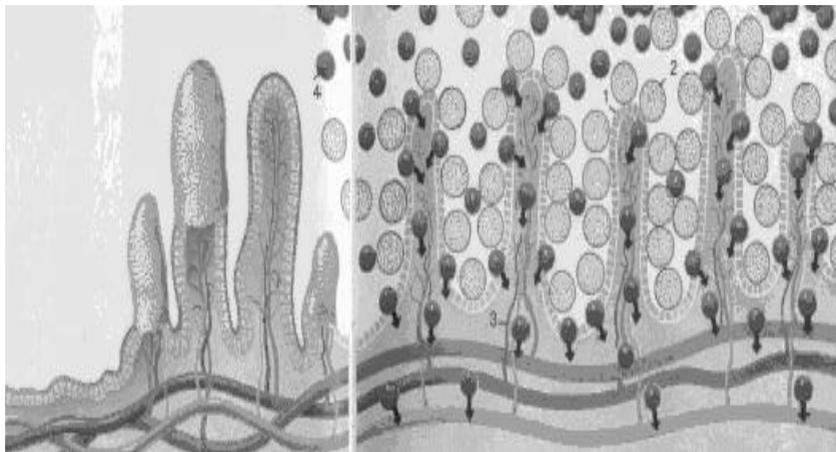


Рис.1

Явище односторонньої дифузії (осмосу) можна спостерігати, якщо скляну трубку, закриту знизу мембраною і заповнену розчином цукру, помістити у посудину з водою. Голландський фізико-хімік Вант-Гофф (1852 – 1911) установив, що *осмотичний тиск чисельно дорівнює тиску, який чинила б розчинена речовина, якби вона знаходилась у стані ідеального газу і займала об'єм, який дорівнює об'єму всього розчину:*

$$p = \frac{m}{M} \cdot \frac{RT}{V} = \frac{m \cdot RT}{V \cdot M} = c \frac{RT}{M},$$

де c – концентрація розчиненої речовини.

Осмотичний тиск у клітинах рослин, тварин і мікроорганізмів залежить від концентрації речовин, розчинених в їх рідких середовищах і може досягати 5 МПа.

ВИВЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИФРАКЦІЙНОЇ РЕШІТКИ

Національний технічний університет «ХПІ»

Ст.: В.М. Гречин, В.В. Прийменко

Харківський Національний університет

радіоелектроніки

Ст. А.Є. Шкіря

Кер.: доц. Ю.В. Меньшов, ст.пр. І.В. Галуцак

В наступній роботі пропонується стислий опис лабораторної установки, що виготовлена безпосередньо авторами.

Дифракційна решітка – це спектральний прилад, призначений для розкладання світла в спектр і визначення довжин хвиль і являє собою просторову періодичну структуру, що впливає на поширення хвиль. Якщо властивості структури періодично міняються тільки в одному напрямку, то решітка називається одномірною (лінійною). Якщо ж періодичність решітки має місце у двох або у трьох напрямках, то решітка називається відповідно двох- або тривимірною (просторовою). Дифракційна решітка – це оптичний прилад, що складається із сукупності великого числа регулярно розташованих штрихів (канавок, щілин) однакової форми, нанесених на плоску або вигнуту оптичну поверхню. Решітки бувають відбивні й прозорі. Решітки, в яких штрихи наносяться на дзеркальну поверхню, а спостереження ведеться у відбитому світлі, називають відбивними.

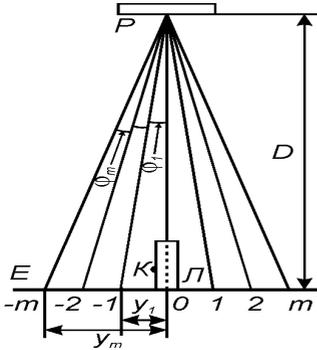
У запропонованій лабораторній роботі вивчаються властивості відбивної дифракційної решітки. Відбивні дифракційні решітки є більше досконалими диспергуючими пристроями, ніж призми і прозорі дифракційні решітки. Вони дають можливість одержувати високоякісні спектри, завдяки чому використовуються як диспергуючі пристрої в спектральних приладах.

Оптична схема лабораторної установки, що використовується для визначення періоду відбивної дифракційної решітки, представлена рисунку.

Відбивна дифракційна решітка Р закріплена на платформі, що може переміщатися у вертикальному напрямку. Решітка встановлюється від екрана Е на відстані $D = (15 - 50)$ см.

Лазерний промінь від напівпровідникового лазера з довжиною

хвилі $\lambda = 650$ нм, відбиваючись від решітки в результаті дифракції, розділяється на кілька пучків, що відповідають різним дифракційним порядкам, причому промінь, що відповідає нульовому порядку, не відхиляється від первинного напрямку. У результаті дифракції, на екрані Е спостерігається дифракційна картина у вигляді світних червоних крапок, які симетрично розташовані стосовно точки, що відповідає дифракційному максимуму інтенсивності світла нульового порядку, для якого $m = 0$.



Кут відхилення променя φ_m щодо напрямку нульового порядку, що відповідає m -тому максимуму, пов'язаний з періодом решітки таким співвідношенням: $d \sin \varphi_m = m\lambda$.

Величину синуса кута дифракції розраховуємо за даними про відстань D від решітки P до екрана E, а також про відстань y_m від дифракційного максимуму нульового порядку до максимуму m -того порядку, використовуючи для цього формулу:

$$\sin \varphi_m = \frac{y_m}{\sqrt{D^2 + y_m^2}}$$

Після підстановки отримуємо, що період відбивної дифракційної решітки d розраховується за формулою:

$$d = \frac{m\lambda \sqrt{D^2 + y_m^2}}{y_m}$$

Відстань D від екрана до решітки та координати максимумів дифракції вимірюємо масштабною лінійкою. Число дзеркальних смуг і штрихів дифракційної решітки, що приходить на 1 мм її довжини, визначається формулою: $N = 10^{-3}/d$.

Результати експериментального дослідження та розрахунку похибки вимірювань можна представити або в паперовому вигляді, або в електронному в якості exl-файла. Останній доцільно використати для скорочення часу на механічні розрахунки в об'ємі всієї академічної групи.

1. Трофимова Т.И. Курс физики :учеб. пособие для вузов / – 11е изд. – М. :Издательский центр «Академия », 2006. – 560 с.,
2. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Курс физики. – М.: Высш. шк., 1989. – 608 с.

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ КАЛЕНДАРЯ

*Харківський національний аграрний
університет им В.В. Докучаєва
Ст. В. Крайнюк
Рук. доц. Т.Г.Ткаченко*

Вісь обертання Землі у своєму русі описує конічну поверхню (прецесію). Причини прецесії – не ідеально сферична форма Землі (вона має трохи сплющену форму. Крім того, Місяць і Сонце лежать поза екваторіальною площиною Землі. В результаті сили гравітаційного притягання Місяця і Сонця накладають на сплющену Землю ще і невеликий крутний момент. Цей момент, що накладається на тіло, що обертається, (Землю) і спричиняє прецесійний рух.

Прецесія осі обертання Землі – процес уповільнений, тому протягом життя одного покоління нею можна нехтувати. Вона може приносити неприємності астронавтам. Астронавти вимірюють координати зірок від точки весняного рівнодення, тому в довготу зірок приходиться вносити поправку, що наростає з часом, ту, що колись вперше виміряв Гіпарх. Прецесію необхідно враховувати і при складанні календаря, він же повинен бути розрахований не на одне покоління.

Для нас, мешканців Землі, найбільш важливими є періодичні події – це зміна дня та ночі, зміна пори року. Наше життя нерозривно зв'язано з Сонцем. З порою року змінюється погода на планеті, з нею пов'язані сільськогосподарські роботи. Тому календар, побудований на зміні та періодичності цих явищ, для людини є найбільш зручним. Але створювався він не просто.

Вихідні фізичні дані для побудови сонячного календаря наступні:

зірковий рік $T = 3,155815014 \cdot 10^7$ с;

зіркова доба $P = 8,616409 \cdot 10^4$ с;

період прецесії $T^p = 25780 \cdot 3,156 \cdot 10^7$ с = $8,135 \cdot 10^{11}$ с.

Спочатку треба визначити тривалість часу між двома послідовними весняними рівноденнями. Цей період прийнято називати тропічним роком. Його і треба покласти в основу календаря, тоді і рівнодення, і всі пори року будуть приходитись на одні й ті ж дати.

Точка рівнодення на небесній сфері визначається моментом, коли напрямок Сонце – Земля перпендикулярний земній осі. Ця точка переміщується по екліптиці в напрямку, протилежному руху Землі, з періодом прецесії T' . На прикладі обчислення періодів з'єднання планет, вчені впевнені, що частота з'єднань дорівнює різниці частот обертання. Схожі міркування дають можливість обчислити період між рівноденнями. Але планети обертаються в одному напрямку, а точка рівнодення зміщується назустріч руху Землі. Тому для знаходження зворотного тропічного року частоти – зворотні періоди цих рухів – необхідно скласти. Як результат отримана цифра дорівнює 31 556 926 секунд. Тропічний рік на 1224 секунди або на 20,5 хвилин менше зіркового року – істинного періоду обертання Землі.

Оскільки обертання та обіг Землі виникає в одному напрямку, то середня частота появи Сонця є різниця частот: частоти обертання Землі та частоти настання рівнодення. Як наслідок отримано 86 400,000 секунд. Це число нам здається більш звичним, бо воно свідчить про число секунд в добі: $86400 = 24 \cdot 60 \cdot 60$. Звідси визначалась раніше секунда – як $1/86400$ частина середніх сонячних діб. Але ще в 60 – роки був створений атомний годинник, точність якого вище, ніж стабільність обертання Землі. Тому еталон часу був змінений, секунда тепер визначається за частотою коливань атома цезія. Продовжуючи обчислення, визначається скільки діб приходить на тропічний рік (число K). Якщо поділити $31\,556\,926$ на $86\,400$, отримаємо $K = 365,2422\dots$. Перші цифри всім відомі, це число днів в році. Округливши дробну добавку до $0,25 = 1/4$, легко зрозуміти появу високосного року. Один раз на 4 роки треба додавати зайвий день (29 лютого), для того, щоб дата рівнодення залишилась 21 березня.

Але ж розходження K і його наближення $365,25$ ще достатньо велике. Зсув рівнодення K на один день при такому календарі виникне через $(K - 365,25)^{-1} = 128$ років. Тому в прийнятому нами календарі на найближчі 400 років приходить не 100, а тільки 97 високосних років. Так 1600 рік був високосним, 1700, 1800 і 1900 – не високосні, а 2000 рік був високосним і так далі. Наближення $365 + 1/4 - 3/400 = 365,2425$ теж не точно співпадає з K . Але ж обчислити через який час дата весняного рівнодення зміститься на один день вже не так просто. Справа в тому, що само число K не постійне. Через уповільнення обертання Землі воно дуже повільно, кожен рік всього на $6 \cdot 10^{-8}$ зменшується. Можна зробити висновок, що найближчі 1000

років можна спокійно користуватись сучасним календарем, не вводячи жодних поправок на рахунок днів. Весняне рівнодення залишиться 21 березня.

ФІЗИКА ТА СКЛАД АТМОСФЕРИ

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

Ст. Ю. Баленко

Рук. доц. Т.Г.Ткаченко

Небесна блакить – це атмосфера Землі. Ми дихаємо нею грудьми – це також вона. А що вона представляє з точки зору фізики та метеорології? Чим визначається її склад, тиск і температура на різних висотах?

Атмосфера Землі складається на 78% з азоту, на 21% з кисня і на 1% з аргону. Є в ній ще малі домішки вуглекислого газу, водяної пари і зовсім мізерна кількість неона, гелія, криптона та водня. Спробуємо зрозуміти, чому верхня оболонка нашої планети складається саме з цих газів та води Світового океану. Атмосфера інших планет Сонячної системи зовсім інша. Так на Венері та Марсі переважає вуглекислий газ, на планетах-гігантах – гелій, водень, метан і аміак. А на Луні і Меркурії атмосфери зовсім не має. Чому?

Склад атмосфери визначається геологічною історією планети. У планет земної групи, що утворились при злипанні малих твердих часток, спочатку атмосфери не було. Первинна речовина планет сжималась силами тяжіння, вони приймали форму кулі, при цьому надра планет розігрівались. Під дією високих температур в первинній речовині виникали хімічні реакції. Більш важки продукти реакцій опускались вниз, складаючи ядро, більш легкі утворювали наружну частину планети, кору, а газоподібні продукти реакцій створювали первинну атмосферу. В земній атмосфері з'явився первинний океан.

На Землі цей процес триває і зараз, хоча і не так інтенсивно, як на початку еволюції. І зараз оновлюється земна кора, а вулкани планети викидають в атмосферу немалу кількість водяної пари та вуглекислоти. В нормальній атмосфері сернистого газу, хлористого водня та інших малоприємних газів не має, тому що всі гази знаходяться в хімічній рівновазі, і з океаном, і з речовиною земних порід. Тому кислотні оксиди, що викинуті вулканами, дуже швидко розчиняються в океані, утворюючи кислоти. Вони утворюють солі, що розчиняються в океані, а не розчинні складають осадові породи.

Що стосується джерела кисня Землі – рослинності, то хлорофіл рослин під дією сонячних променів переробляє вуглекислоту.

Її вуглець входить в органічні з'єднання рослин, а кисень потрапляє в атмосферу. Виникає питання: чому гази не потрапляють в космос?

Тиск повітря біля поверхні Землі, як відомо дорівнює $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Це означає, що всю поверхню Землі площею $4\pi R^2$ діє сумарна сила $4\pi R^2 p_0$. Першоджерелом цієї сили є сила тяжіння. Відповідно другому закону Ньютона ця сила дорівнює масі земної атмосфери, помноженої на прискорення вільного падіння g . Звідси неважко обчислити масу атмосфери Землі:

$$m_A = 4\pi R^2 p_0 / g = 5,3 \cdot 10^{18} \text{ кг.} \quad (1)$$

Вона складає майже одну мільйонну долю всієї маси Землі.

Цікаво порівняти масу атмосфери з масою води на земній кулі: 98% води знаходиться в океанах, 2% в льодовиках, маса водяної пари та води прісних водойм відносно мала. А всього на Землі води $1,4 \cdot 10^{21} \text{ кг}$, тобто її маса в 266 разів перевищує масу атмосфери.

Прискорення земного тяжіння не тільки створює тиск атмосфери біля поверхні. Воно перешкоджає дисипації надходження атмосферних газів в космічне середовище. Порівняємо швидкості молекул різних газів при температурі, наприклад 300^0 К , з другою космічною швидкістю Землі $V_2 = 11,2 \text{ км/с}$. Ясно, що теплова швидкість молекул газу опиниться близькою до другої космічної швидкості, то цей газ в атмосфері не утримається. Так теплова швидкість водня дорівнює $1,1 \text{ км/с}$, молекул гелія – $0,8 \text{ км/с}$, середня швидкість молекул азота і кисня близька до $0,3 \text{ км/с}$.

Насправді гази атмосфери все ж таки досягають космосу, тільки дуже повільно. Виникає це тому, що в високих шарах атмосфери температура набагато вища, ніж біля поверхні, вона досягає 1200^0 К .

Земна поверхня має однорідний склад, добре перемішана тільки нижче 90 км. Ця частина називається гомосферою. Вище лежить гетеросфера – частина атмосфери зі змінним складом. Концентрація гелія та водня в гетеросфері наростає з висотою. Вище 700 км атмосфера Землі складається практично тільки з цих газів. В основному, тільки водень і гелій потрапляють до космосу.

Гелій утворюється в земній корі при розпаді важких радіоактивних елементів. А водень верхньої атмосфери утворюється з води. Під дією ультрафіолетової частини випромінювання Сонця молекули H_2O на висотах 30 – 50 км розпадаються на водень і кисень. Це приводить до зменшення кількості води на Землі і до зростання вмісту кисня в атмосфері. Дисипація газів в космос якісно визначають склад і масу атмосфер інших планет Сонячної системи.

РАДИОТЕЛЕСКОПЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ КОСМОСА

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. Г.К. Джвартава

Рук. доц. А.А. Рожков

Современные радиотелескопы позволяют исследовать Вселенную в таких подробностях, которые еще недавно находились за пределами возможного не только в радиодиапазоне, но и в традиционной астрономии видимого света. Объединенные в единую сеть инструменты, расположенные на разных континентах, позволяют заглянуть в самую сердцевину радиогалактик, квазаров, молодых звездных скоплений, формирующихся планетных систем. Радиоинтерферометры со сверхдлинными базами в тысячи раз превосходили по «зоркости» самые крупные оптические телескопы. С их помощью можно не только отслеживать перемещение космических аппаратов в окрестностях далеких планет, но и исследовать движения коры нашей собственной планеты, в том числе непосредственно «почувствовать» дрейф материков. На очереди космические радиоинтерферометры, которые позволят еще глубже проникнуть в тайны Вселенной. Земная атмосфера прозрачна не для всех видов электромагнитного излучения, приходящего из космоса. В ней есть только два широких «окна прозрачности». Центр одного из них приходится на оптическую область, в которой лежит максимум излучения Солнца. Именно к нему в результате эволюции адаптировался по чувствительности человеческий глаз, который воспринимает световые волны с длиной от 350 до 700 нанометров. (На самом деле это окно прозрачности даже немного шире — примерно от 300 до 1 000 нм, то есть захватывает ближний ультрафиолетовый и инфракрасный диапазоны). Однако радужная полоска видимого света — лишь малая доля богатства «красок» Вселенной. Во второй половине XX века астрономия стала поистине всеволновой. Достижения техники позволили астрономам вести наблюдения в новых диапазонах спектра. С коротковолновой стороны от видимого света лежат ультрафиолетовый, рентгеновский и гамма-диапазоны. По другую сторону располагаются инфракрасный,

субмиллиметровый и радиодиапазон. Для каждого из этих диапазонов есть астрономические объекты, которые именно в нем проявляют себя наиболее рельефно, хотя в оптическом излучении они, может быть, и не представляют собой ничего выдающегося, так что астрономы до недавнего времени их просто не замечали. Один из наиболее интересных и информативных диапазонов спектра для астрономии - радиоволны. Излучение, которое регистрирует наземная радиоастрономия, проходит через второе и гораздо более широкое окно прозрачности земной атмосферы - в диапазоне длин волн от 1 мм до 30 м. Ионосфера Земли — слой ионизованного газа на высоте около 70 км - отражает в космос все излучение на волнах длиннее 30 м. На волнах короче 1 мм космическое излучение полностью «съедают» молекулы атмосферы (главным образом кислород и водяной пар).

Главная характеристика радиотелескопа — его диаграмма направленности. Она показывает чувствительность инструмента к сигналам, приходящим с разных направлений в пространстве. Для «классической» параболической антенны диаграмма направленности состоит из главного лепестка, имеющего вид конуса, ориентированного по оси параболоида, и нескольких гораздо (на порядки) более слабых боковых лепестков. «Зоркость» радиотелескопа, то есть его угловое разрешение, определяется шириной главного лепестка диаграммы направленности. Два источника на небе, которые вместе попадают в раствор этого лепестка, сливаются для радиотелескопа в один. Поэтому ширина диаграммы направленности определяет размер самых мелких деталей радиоисточника, которые еще можно различить по отдельности.

Универсальное для телескопостроения правило гласит, что разрешающая способность антенны определяется отношением длины волны к диаметру зеркала телескопа. Поэтому для увеличения «зоркости» телескоп должен быть побольше, а длина волны — поменьше. Но как назло радиотелескопы работают с самыми длинными волнами электромагнитного спектра. Из-за этого даже огромные размеры зеркал не позволяют добиться высокой разрешающей способности. Не самый крупный современный оптический телескоп с диаметром зеркала 5 м может различить звезды на расстоянии всего 0,02 угловой секунды. Невооруженным глазом видны детали около одной минуты дуги. А радиотелескоп диаметром 20 м на волне 2 см дает разрешение еще в три раза хуже — около 3 угловых минут. Снимок участка неба, сделанный любительским

фотоаппаратом, содержит больше деталей, чем карта радиоизлучения той же области, полученная одиночным радиотелескопом.

Широкая диаграмма направленности ограничивает не только остроту зрения телескопа, но и точность определения координат наблюдаемых объектов. Между тем точные координаты нужны для сопоставления наблюдений объекта в разных диапазонах э/магнитного излучения - это неременное требование современных астрофизических исследований. Поэтому радиоастрономы всегда стремились к созданию как можно более крупных антенн. И, как ни удивительно, радиоастрономия в итоге намного обогнала по разрешению оптическую. Радиоинтерферометры с угловым разрешением в тысячные доли секунды дуги «заглянули» в самые внутренние области наиболее мощных «радиомаяков» Вселенной - радиогалактик и квазаров, которые излучают в радиодиапазоне в десятки миллионов раз интенсивнее, чем обычные галактики. Удалось «увидеть», как из ядер галактик и квазаров выбрасываются облака плазмы, измерить скорости их движения, которые оказались близкими к скорости света. Много интересного было открыто и в нашей Галактике. В окрестностях молодых звезд найдены источники мазерного радиоизлучения (мазер — аналог оптического лазера, но в радиодиапазоне) в спектральных линиях молекул воды, гидроксила (ОН) и метанола (СН₃ОН). По космическим масштабам источники очень малы - меньше Солнечной системы. Отдельные яркие пятнышки на радиокартах, полученных интерферометрами, могут быть зародышами планет. Такие мазеры найдены и в других галактиках. Изменение положений мазерных пятен за несколько лет, наблюдавшееся в соседней галактике М33 в созвездии Треугольника, впервые позволило непосредственно оценить скорость ее вращения и перемещение по небу. Измеренные смещения ничтожны, их скорость во многие тысячи раз меньше видимой для земного наблюдателя скорости улитки, ползущей по поверхности Марса. Такой эксперимент пока находится далеко за пределами возможностей оптической астрономии: заметить собственные движения отдельных объектов на межгалактических расстояниях ей просто не под силу. Наконец, интерферометрические наблюдения дали новое подтверждение существования сверхмассивных черных дыр. Вокруг ядра активной галактики NGC 4258 были обнаружены сгустки вещества, которые движутся по орбитам радиусом не более трех световых лет. Это означает, что масса центрального тела - не менее миллиарда масс Солнца, и оно не может быть не чем иным, как черной дырой.

ЧЕЛОВЕК РАЗУМНЫЙ. УЧЕНИЕ О НООСФЕРЕ

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

Ст. М. Махинько

Рук. проф. С.С. Авотин

Современному миру для решения его сложнейших проблем нужны наука и техника, но не в меньшей мере он нуждается в философии для решения «вечных вопросов». К таким вечным проблемам относится и вопрос о единстве человека и природы, который в наше время обретает небывалую актуальность и напряженность. Причем эта проблема уже встаёт как вопрос о разрыве единства в ситуации угрозы глобального экологического кризиса.

На протяжении всей истории человечества люди в зависимости от своеобразия и уровня своего развития нуждались в природе, но видели её по-разному, создавая различные (мифологические, религиозные, философские образы природы, в которых они так или иначе соотносили себя с природой, познавая себя через природу и природу через себя. Человеку жизненно важно общаться с природой. Например в древние времена люди поклонялись богам для того чтобы был хороший урожай или просили хорошей погоды. Но если раньше человек зависел от природы, то сейчас природа часто зависит от человека и к большому сожалению человек приносит больше вреда нежели пользы.

Несмотря на появление представлений о единстве Природы и Человека, их взаимообусловленности, эти два мира в сознании ученых 19 века еще не были взаимосвязанными. Таким связующим звеном оказалось учение о ноосфере, которое начало формироваться Владимиром Ивановичем Вернадским.

Уже в первые годы 19 века, он начал говорить о том, что воздействие человека на окружающую природу растет столь быстро, что не за горами настанет то время, когда он превратится в основную геологообразующую силу. И, как следствие ,он должен будет принять на себя ответственность за будущее развитие природы. Развитие окружающей среды и общества сделаются непрерывными. Биосфера перейдет в сферу разума – ноосферу. Произойдет великое объединение, в результате которого развитие планеты сделается направленным – направляемым силой разума. Ноосфера Вернадского

– это такое состояние биосферы, когда её развитие происходит целенаправленно, когда Разум имеет возможность направить развитие биосферы в интересах человека и его будущего. С появлением человека разумного и развитием человеческого общества биосфера постепенно переходит в ноосферу. Согласно Вернадскому, "Человечество, овладевая законами природы и развивая технику, всё более преобразует природу соответственно своим потребностям, и потому ноосфера имеет тенденцию к непрерывному расширению, чему способствует выход человека в космос и проникновение в глубины планеты.

Предвидения В.И. Вернадского в части, касающейся масштабов человеческой преобразовательной деятельности, нашли подтверждение. Но его мечта о царстве разума кажется сейчас несбыточной, хотя, конечно, разуму будет принадлежать всё большая роль в отношениях с природой.

Хочу привести пример ноосферы – это знаменитые Черноземы Украины которые занимают 44% территории страны и примерно 27 % от мировых запасов. Черноземы ценятся во всем мире, но нерациональное их использование, накопление в почве химикатов делает её мертвой. И это всё деятельность человека.

Или, например, строительство химических заводов, промышленных предприятий в тех местах где запрещено их строительство. В итоге люди дышат этими всеми отравленными газами, т е человек сам приносит вред природе и сам же потом от этого страдает.

Не менее опасна и другая позиция так называемых "глубоких экологов" говорящих о человечестве в терминах болезни. Согласно их взглядам, люди это патогены, своего рода вирусы, вид глобального рака, угрожающего самому существованию Земли. Иначе говоря они считают что и мир поражен раком и рак этот сам человек. Способ лечения один: стереть человечество с лица земли.

Каковы основные выводы, к которым можно прийти в результате анализа вышеизложенного материала. Главный из них заключается в том, что своим разумом и деятельностью человек может как позитивно так и негативно влиять на природу. Однако для преодоления существующих экологических трудностей необходимы существенные изменения в направлениях развития науки и техники (реформирование существующих дисциплин глобальной экологии, разработка новых методов и подходов к исследованию взаимоотношений человека и природы и т п).

ПОЛИГОНАЛЬНЫЕ ВОЛЧКИ САКАИ

*Харьковский национальный университет
имени В.Н. Каразина*

*Ст.: В. Шабленко (ХНУ им. В.Н. Каразина),
М. Конкин (Харьковский частный лицей городского
хозяйства при ХНУГХ им. А.Н. Бекетова)*

Рук. доц. А.Р. Казачков

Волчок, остроумно согнутый японским профессором Такао Сакаи [1,2] из обычной скрепки для бумаги (Рис. 1), является отличным примером 'low tech' физической игрушки. Простота в изготовлении, дешевизна и доступность материала делают удивительным, что такой проволочный волчок не был изобретен ранее конца XX века.



Рис. 1. Волчок Сакаи, согнутый из скрепки размера 50 мм.
Слева: в покое на горизонтальной плоскости, справа: во вращении

Традиционная техника изготовления волчка Сакаи такова. Скрепка (желательно из мягкой проволоки) распрямляется, после чего симметрично сгибается в не полную дугу окружности так, что оставшихся прямых участков проволоки хватает, чтобы отогнуть их радиально до центра окружности и потом перпендикулярно ей. Один из отрезков перпендикулярных плоскости окружности будет осью, на острие которой волчок вращается. Второй послужит ручкой для запуска волчка. Конструкция приводится во вращение быстрым встречным движением большого и указательного пальца руки. Вращение тем устойчивее и продолжительнее, чем точнее центр тяжести волчка попадает на его ось. Несложный, однако требующий

интегрирования расчет показывает, что для этого угол α между радиальными отрезками должен быть таким, что

$$\operatorname{tg}(\alpha/2) = 1/2 \quad (1)$$

Схематическим пояснением конструкции устойчивого во вращении волчка Сакаи служит Рис. 2. Отметим, что построение угла, удовлетворяющего условию (1), чрезвычайно просто и может быть выполнено без чертежных инструментов, например по тетрадным клеткам.

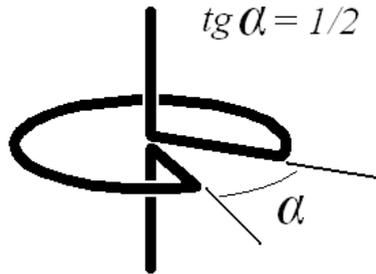


Рис. 2. Условие устойчивости волчка Сакаи при вращении.

Рассмотрим волчки Сакаи, у которых дуговая часть заменена ломаной линией, являющейся границей правильного многоугольника. Радиальные отрезки при этом соединяют ось волчка с двумя соседними вершинами такой проволочной фигуры. Анализ (расчет положения центра тяжести сводится к вычислению произведений длин отрезков и координат их середин, т.е.

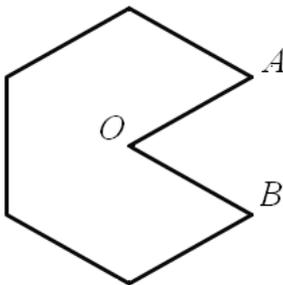


Рис. 3. Центр тяжести волчка Сакаи на основе правильного шестиугольника попадает в его геометрический центр O .

крайне просто) показывает, что устойчивого вращения следует ожидать от шестиугольного волчка, Рис. 3. Треугольный, квадратный и другие

аналогичные волчки не обеспечивают попадание центра тяжести в геометрический центр, а значит на ось вращения.

Согнуть шестиугольный волчок Сакаи из мягкой проволочной скрепки не представляет большого труда. Для его устойчивого вращения угол между радиальными отрезками OA и OB должен составлять 60° . Интересно, что такой же угол между OA и OB обеспечивает попадание центра тяжести волчка на его ось и в случае проволочного квадрата, если радиальные отрезки начинаются не в вершинах, а на одной из сторон, Рис. 4.

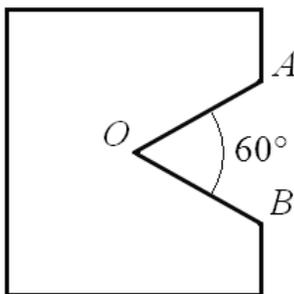


Рис. 4. Устойчивый «квадратный» волчок Сакаи.

Анализ обобщений на случай других симметричных конструкций волчков Сакаи сочетал точные расчеты и виртуальный эксперимент по зависимости положения центра тяжести от формы «контурных» фигур. Соответствующие компьютерные проекты выполнены в электронных таблицах *Microsoft Office Excel* с использованием для их анимации программных алгоритмов-макросов, ранее созданных студентами ХНУ им.В.Н.Каразина [3].

Литература:

1. T.Sakai. Topics on tops which enable anyone to enjoy himself. *Mathematical Sciences*, No. 271, January 1986, pp. 18-26 (in Japanese).
2. C.Ucke . Professor Sakai's Paper-Clip Tops. *Physics Education (India)* v.19, No. 2, July-September 2002, pp. 97-100.
3. Казачков А.Р., Аверков С.С., Игнатова О.С. Применение анимации в электронных таблицах Excel при решении задач по физике. Материалы студ. конференции «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение», НТУ «ХПИ» - Х., 2007, с. 20-22.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ФИЗИКЕ

*Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт"
Ст. А.А. Наконечная
Рук. доц. И.В. Синельник*

В настоящее время появилось большое количество приложений для мобильных устройств – сотовых телефонов, смартфонов, планшетов, нетбуков и ноутбуков, – отображающих результаты измерения расстояний, углов, времени, температуры, давления, физических характеристик звука, магнитного поля и других величин. Зачастую точность таких измерений, заявленная разработчиками, превышает возможности приборов, используемых в лабораторном физическом практикуме, что делает перспективным их применение в лабораторном эксперименте. Целью настоящей работы является изучение возможностей измерения различных физических величин с помощью приложений для смартфона.

Для измерения времени используется программа Секундомер, для которой существует большое число модификаций разных производителей, например, «Простейший секундомер» (ViK), «Простой секундомер» (Spaceware), «Секундомер» (Clever Mobile), «Таймер и Секундомер» (AmazingByte). Измерение температуры можно выполнить с помощью приложений «Thermometer» (Vorce Trajlovski) или «Электронный термометр HD» (UsefullApps). Большое количество приложений разработано для расчета характеристик звука «Шумомер: Sound Meter» (Smart Tools CO.), «Шумомер Hoffman» (Hoffman Silver IQ), «Шумомер» (Splend Apps), «Детектор дБ Шумомер/шум» (Fluxapp), «Sound Meter: SPL Calculator» (CyberWalker Studios) и магнитного поля «Компас» (EONSOFT), «Компас» (Gabenative), «Компас PRO» (Mobile Essentials). Существуют приложения, которые позволяют выводить результаты измерений сразу нескольких величин, например, «Sensor Sense» (Kristof Jannes).

При всем разнообразии измеряемых величин и программного обеспечения общая схема процедуры измерения одинакова и представлена на рис. 1. Некоторые из измерений являются прямыми, в таком случае приложение осуществляет только визуализацию результата, но большинство – косвенными, то есть значение

физической величины получается в результате расчета, выполненного приложением.



Рисунок 1. Общая схема процедуры измерения

Точность измерения зависит от параметров датчика измерений, калибровки сигнала перед его программной обработкой, алгоритма расчета значения физической величины при косвенных измерениях.

Проведено сравнение значений физических величин, полученных с помощью смартфона, с результатами лабораторных измерений.

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ

НЕБЕСА, ПОЛНЫЕ ТАЙН. РАДУЖНЫЕ ОБЛАКА.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. Е.Д. Сергеева

Рук. доц. Т.И. Храмова

Небо живет своей жизнью, зовет и манит мечтательного человека. Оглядевшись, можно обнаружить буквально рядом с нами явления, которые кажутся необыкновенными.

Многие явления в древние времена вызывали мистический страх. Гром, молния, призраки в облаках и огни на концах мачт все это пугало и влекло человека. Все эти явления связаны с небом. Мир загадочного и непознанного не может обойтись без мира небесного. Атмосфера планеты создает редкие и необычайно интересные явления. В докладе будет раскрыта природа одного из очень интересного, красивого явления природы радужных облаках.

Многочисленные и разнообразные световые явления, наблюдаемые в облаках или выпадающих осадках, такие как радуги — все они обязаны своим происхождением рассеянию света. Облачный покров нашей планеты сам по себе способен создавать необычайные картины. А в сочетании с Солнцем происходят явления, вызывающие восторг своей красотой.

Так, Джордж Симпсон, по результатам наблюдений за оптическими эффектами в облаках опубликовал в 1912 году первую статью, посвященную такому явлению как иризация в облаках (от греческого Ирис, *ἶρις* — радуга), еще называемому «радужными облаками».

Радужные облака — довольно редкое оптическое явление, при котором очень тонкие облака, находящиеся вблизи Солнца, окрашиваются в спектральные цвета. Обычно эти цвета пастельные, бледные, но при определенных условиях могут быть и очень яркими. Симпсон справедливо указал на то, что иризация является наиболее распространенным видом венцов — оптического явления, связанного с дифракцией света на каплях переохлажденной воды в облаках и образованием цветных кругов в облачной пелене вокруг Солнца.

По своей сути, радужные облака — это части несостоявшихся венцов. И если полноценные венцы в атмосфере встречаются крайне редко, то радужные облака увидеть можно почти каждому, главное — быть внимательным! Наблюдать за радужными облаками лучше всего в темных очках, чтобы не ослепнуть, ведь появляются они только вблизи Солнца, на расстоянии около 3–15°, в отдельных случаях до 30°. Но если светило скрыто за чем-то (за другим облаком, за горой и т.д.), то иризацию можно увидеть и невооруженным глазом. Наблюдается иризация обычно на краях перистых, перисто-кучевых и высококучевых облаков.

Источником света, кстати, может быть не только Солнце, но и Луна. Иризацию можно увидеть на конденсационных следах самолетов, а еще — на верхней части кучево-дождевых облаков (на так называемой вуали или наковальне). А чаще всего иризация встречается в высоко-кучевых линзовидных (лентикокулярных) облаках, характерных для горных местностей. Воздух в горах более чистый, практически без примесей, в результате водным каплям гораздо труднее переходить в кристаллы. Дело в том, что для появления иризации переохлажденная вода предпочтительнее ледяных кристаллов.

В облаке с большим разбросом частиц по размеру цветные круги будут накладываться друг на друга, и иризация пропадет. В оптически плотных облаках возрастает эффект, связанный с многократным рассеиванием, что тоже «смертельно» для эффекта радужности. Таким образом, идеальными для иризации являются оптически тонкие облака (или части облаков) с монодисперсным распределением облачных частиц по размеру и форме. Чем выше такая однородность облачных частиц, тем ярче цвета у радужного облака. И выше она именно у водных капель. Да и размером они куда удачнее своих ледяных собратьев.

Для образования радужных облаков размер облачных частиц должен быть в 5 – 50 раз больше длины световой ВОЛНЫ, то есть от 3,5 до 35 мкм для красного и от 2 до 20 мкм для синего цвета. Наблюдения показывают, что наиболее яркие радужные облака отмечаются в облаках с размером частиц около 10 мкм и меньше. А согласно последним данным спутниковых наблюдений, наиболее распространенный размер кристаллов льда в облаках — около 30 – 40 мкм, хотя встречаются ледяные кристаллы и меньших и больших размеров (от 2 – 3 до 60 – 65 мкм). Диапазон изменчивости капель воды в облаках уже: от десятых долей до 30 – 40 мкм, при этом чаще

всего встречаются размеры капель в диапазонах 2 – 3 мкм и 10 – 15 мкм. Именно такие переохлажденные капли и являются идеальными для образования радужных облаков! Еще один интересный факт: именно Джордж Симпсон в своей статье 1912 года на основании наблюдений за радужными облаками первым подтвердил (хотя и косвенно), что вода в облаках находится в переохлажденном состоянии. Современные наблюдения показывают, что примерно до температуры около -15°C облака практически полностью состоят из капель воды, до температуры -40°C — как из капель воды, так и из кристаллов льда, и лишь при более низкой температуре вода в жидкой фазе в облаках почти не встречается.

Солнечный свет, попадая на облачную каплю или кристаллик льда, отклоняется от распространения по прямой линии. При этом величина отклонения света зависит от длины волны, поэтому дифракция солнечного света всегда приводит к его разложению в спектр. Вокруг каждой капли за счет такого однократного рассеяния формируются цветные круги. Их яркость очень мала и видна только в результате суперпозиции. Размер цветных кругов зависит не только от длины волны, но и от размера препятствия (кстати, по угловому расстоянию кругов одного цвета в венцах от Солнца можно достаточно точно рассчитать радиус облачных частиц).

Сейчас активно изучается явление иризации аномально высоких и холодных перистых облаков, состоящих из ледяных кристаллов, которые имеют почти монодисперсное распределение по размеру. Расположены эти облака вблизи тропопаузы (узкого слоя атмосферы, разделяющего тропосферу и стратосферу), их температура около $-70... -75^{\circ}\text{C}$, а размер ледяных частиц всего 2–5 мкм. В одной из последних работ американские ученые сделали предположение, что эти ледяные кристаллы образовались в результате опускания из стратосферы частиц серной кислоты, которые служат своеобразными ядрами конденсации для водяного пара.

В стратосферу сера попадает во время крупных извержений вулканов, особенно «хороши» для этого тропические вулканы. Они могут забросить серу в стратосферу на высоту до 20 – 30 км, здесь сера быстро распространяется по всей планете (благодаря циркуляции Брюера — Добсона, которая переносит воздух в стратосфере из тропиков в полярные широты) и начинает медленно оседать в нижние слои атмосферы. Процесс оседания может продолжаться до 2 – 3 лет.

Сульфатные аэрозоли в стратосфере вызывают различные оптические эффекты, начиная от красочных закатов и рассветов,

заканчивая так называемыми кольцами Бишопа — разновидностью гало с бело-голубым ярким центром и темной красно-коричневой окраиной. Последним мощным извержением является взрыв вулкана Пинатубо в 1991 году, следующий год ознаменовался настоящим буйством световых явлений в атмосфере.

Так, в Голландии кольца Бишопа регистрировались практически каждый день, синоптики не видели их только в дни со сплошной низкой облачностью. Возможно, что и радужные облака наблюдались чаще, однако прямых сведений об этом нет: на сегодняшний день какая-либо систематическая оценка климатологии (пространственного распределения, годового хода, межгодовых изменений и т.д.) этого явления отсутствует. Так что для подтверждения влияния вулканов на образование радужных облаков, похоже, придется ждать следующего мощного извержения. А пока можно просто наслаждаться фотографиями, которыми делятся с нами везучие исследователи необычных природных явлений.

Литература:

1. Simpson G.C., Coronae and iridescent clouds, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 38(164), 291–299, 1912.

2. Bohren C. Simple Experiments in Atmospheric Physics: A Serendipitous Iridescent Cloud, *Weatherwise*, 38(5), 268–274, 1985.

3. Shaw J.A. and Pust N.J. Icy wave-cloud lunar corona and cirrus iridescence, *Applied Optics*, 50(28), F6–F11, 2011.

4. Sassen K. Iridescence in an aircraft contrail, *Journal of the Optical Society of America*, 69(8), 1080–1083, 1979.

5. Shaw J.A. and Neiman P.J. Coronas and iridescence in mountain wave clouds, *Applied Optics*, 42(3), 476485, 2003.

6. Sassen K. Cirrus cloud iridescence: a rare case study, *Applied Optics*, 42(3), 486–491, 2003.

7. Lock J.A. and Yang L. Mie theory of the corona, *Applied Optics*, 30(24), 3408–3414, 1991.

8. Stubenrauch C.J. and Coauthors, Assessment of Global Cloud Datasets from Satellites: Project and Database Initiated by the GEWEX Radiation Panel, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(7), 1031–1049, 2013.

9. Мазин И.П. и Хргиан А.Х. Облака и облачная атмосфера, Ленинград: Гидрометеиздат, 648 стр., 1989.

10. Hattinga Verschure P.-P. Thirty years of observing and documenting sky optical phenomena, *Applied Optics*, 37(9), 1585–1588, 1998.

УСТРОЙСТВО ПОЛИГРАФА

Харьковский национальный университет

им. В.Н. Каразина

Ст. А.С.Галуцак

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт»

Ст. С.Г. Пономаренко

Рук. ст. пр. И.В. Галуцак

Полиграф — техническое средство, используемое при проведении инструментальных психофизиологических исследований для синхронной регистрации параметров дыхания, сердечно-сосудистой активности, электрического сопротивления кожи, а также, при наличии необходимости и возможности, других физиологических параметров с последующим представлением результатов регистрации этих параметров в аналоговом или цифровом виде, предназначенном для оценки достоверности сообщённой информации.

Прообраз современного полиграфа разработал в 1920-х годах Джон Ларсон (John Larson), офицер калифорнийской полиции. Созданное им устройство обеспечивало одновременную регистрацию кровяного давления, пульса и дыхания. С помощью этого аппарата было проведено большое количество проверок лиц, подозревавшихся в уголовных преступлениях. Название «полиграф» произошло от двух греческих слов — «поли» (много) и «графо» (писать).

Зачастую полиграф называют детектором лжи, но этот термин некорректен, поскольку вводит общественность в заблуждение. Полиграф не читает мысли и не обнаруживает ложь, а всего лишь регистрирует физиологическую активность и изменения ее параметров. Он выявляет не ложь, а только возбуждение, которое с определенной долей вероятности может свидетельствовать о лжи.

Современный полиграф фиксирует сигналы, поступающие с датчиков, которые прикреплены к различным участкам тела. При этом изменения показателей связываются с колебаниями уровня возбуждения. Считается, что ложь будет вызывать более высокий уровень возбуждения, чем сообщение правды. Это может быть результатом чувства вины у испытуемых или, что более вероятно в

контексте проведения тестирования на полиграфе, — появления страха перед обнаружением лжи.

В настоящее время полиграф способен очень точно зафиксировать изменение потоотделения ладоней, кровяного давления и дыхания, причем чувствителен даже к малейшим сдвигам. Для регистрации изменений глубины и частоты дыхания на область грудной клетки и желудка помещаются пневматические трубки. Изменение кровяного давления регистрируется при помощи специального манжета, который оборачивается вокруг плеча, а показатель потоотделения ладоней — при помощи металлических электродов, прикрепленных к пальцам руки. В некоторых случаях также регистрируется электрическая активность головного мозга (вызванные потенциалы).

Результат проверки на детекторе лжи не может считаться достоверным на 100%, так как полиграф анализирует лишь эмоции и физиологические реакции по поводу предмета тестирования, безотносительно истинной виновности/невиновности их носителя. Любая сильная эмоция испытуемого: гнев, страх, сексуальное возбуждение может быть ошибочно, и трактована полиграфом как его виновность. Вероятность получения неверных результатов увеличивается тем больше, чем более обобщенными становятся сами вопросы.

Для того чтобы детекторы лжи работали эффективнее, специалисты предложили включать в тест больше вопросов, на которые предусмотрен заведомо правдивый ответ. После них человеку будет сложнее лгать, и соответствующие физиологические проявления станут заметнее. Обычно перед непосредственной проверкой на детекторе лжи с тестируемым обсуждают все вопросы, которые будут заданы. Тема проверки оговаривается заранее, чтобы избежать неопределенной реакции на неожиданный вопрос.

В настоящее время нет никакой другой возможности обнаружить ложь, кроме как опосредованным путем, поскольку 100%-надежного паттерна физиологической активности, характерного для лжи, просто не существует.

Факторы, влияющие на конечный результат психофизиологического исследования

Образование полиграфолога — по международным стандартам полиграфолог обязан учиться по очной форме не менее 400 часов в аудитории. Уровень образования является ключевым

фактором при проведении психофизиологического исследования с применением полиграфа.

Ошибочная интерпретация результатов — детектор измеряет не ложь, а изменение физиологических реакций организма, свидетельствующих о значимости предъявляемых стимулов для исследуемого лица. При несоблюдении специалистом существующих методик и базовых принципов проведения исследований данный фактор может приводить к ошибкам.

Предубеждение исследуемого лица — реакции организма отражают не истинность фактов, а всего лишь веру испытуемого в их истинность или ложность. Испытуемый может думать, что его знание правдиво, хотя на самом деле оно не отражает объективной реальности.

Предубеждение полиграфолога — так как данные, полученные при помощи полиграфа, могут интерпретироваться весьма широко, то в случаях, когда эксперт имеет предубеждение по отношению к тестируемому, существует опасность ложного вывода.

Противодействие — утверждается, что существуют методы, при которых тестируемый может влиять на показания, используя различные манипуляции, не замечаемые специалистом.

Состояние проверяемого лица — физическое или психологическое истощение исследуемого лица. Наличие у исследуемого лица психического расстройства или фазы обострения заболевания, связанного с нарушением деятельности сердечно-сосудистой либо дыхательной системы. Нахождение исследуемого лица в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, регулярное употребление исследуемым лицом сильнодействующих лекарственных препаратов или психоактивных веществ, наличие у исследуемого лица болевого синдрома связанного с обострением какого-либо заболевания, а также нахождение женщины во второй половине периода беременности и если возраст исследуемого лица менее 14-18 лет.

Блок обработки сигналов

Датчики передают на блок обработки сигналов (БОС) аналоговый сигнал изменения физиологического параметра, например динамику пульса.

Перед началом работы БОС настраивается на сигналы датчиков таким образом, чтобы выходной сигнал на компьютер был в определенном диапазоне (показания датчиков зависят от температуры

воздуха, температуры тела испытуемого, как давно их принесли с холодной улицы, величины возбуждения испытуемого).

Сигналы с датчиков поступают на аналоговый блок (АБ) каждого датчика. Управляющие сигналы с блока цифровой обработки сигналов, нормируют амплитуду выходного сигнала с АБ и далее через аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) преобразуются в цифровую форму и поступают на блок цифровой обработки сигналов.

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) служит для преобразования цифровых управляющих сигналов в аналоговые.

Блок цифровой обработки сигналов (БЦОС) передает цифровые сигналы в блок сопряжения, который делает с БЦОС сигналы «понятными компьютеру». С блока сопряжения данные по кабелю Centronics передаются в компьютер.

С помощью компьютера можно управлять программой, заложенной в БЦОС. Для этого существует канал управления по кабелю Centronics, который позволяет изменять правила обработки данных БЦОС, как во время работы, так и непосредственно закладывать программу их обработки.

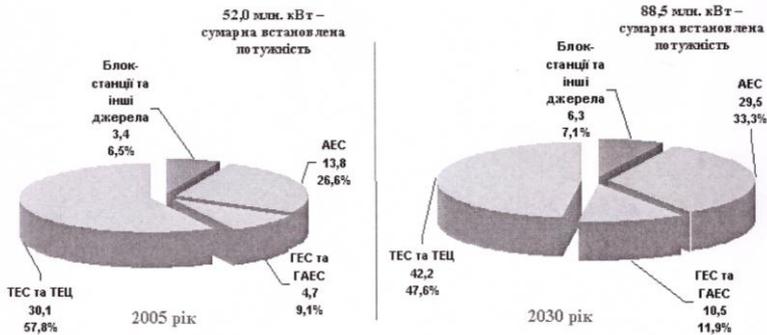


ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СВІТОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Ст. А.С. Дмитров
Кер. доц. Л.Г. Петренко*

Електроенергетика – це провідна галузь світової промисловості. Розвиток електроенергетики починався з кінця 19 століття, коли джерелом для отримання електричної енергії стала теплоенергетика.

На початку 21 століття основну частину електроенергії в світі виробляють теплові, атомні та гідроелектростанції. Альтернативна енергетика (вітряна, сонячна, геотермальна та ін.) займає невелику частину електроенергетичного комплексу. Зараз близько 50% всієї електроенергії світу виробляється на теплових електростанціях (в 1973 році - близько 76%). Ця енергія виробляється за рахунок невідновлюваних джерел – вугілля, нафти, природного газу.



Світова структура споживання енергії буде подібна сучасній і через 20-30 років. Нафта, газ і вугілля збережуть своє домінуюче значення, лише частково поступившись своїми позиціями поновлюваним джерелам енергії.

Аналіз тенденцій розвитку світової енергетики показує, що ключовими факторами є енергоефективність, енергобезпека, надійність енергопостачання, екологічна гармонізація.

У світовій електроенергетиці посиляться інтеграційні процеси з подальшим об'єднанням національних енергосистем в великі транснаціональні енергооб'єднання з більш тісною кооперацією, що дозволить оптимізувати їх роботу, підвищити надійність енергопостачання.



Подальший розвиток об'єднаних енергосистем буде здійснюватися за рахунок введення великих базисних ТЕС і АЕС. В період з 2030 року і надалі будуть рости темпи використання нетрадиційних відновлюваних джерел енергії. Найбільш істотно зросте роль вітроенергетики, сонячних електростанцій і теплових панелей, істотно посиляться роль біоенергетики.



Одним із основних рушійних мотивів розвитку енергетики в період 2030-2050 років з'явиться запобігання глобальної екологічної кризи та змін



клімату за рахунок планомірного зниження викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин, що потребують корінних якісних змін у виробництві енергії. Ключовими напрямками вирішення даного завдання послужать інноваційні технології теплової енергетики. Істотно зросте роль атомної енергетики – до 2030 року встановлена потужність ядерних реакторів в світі зросте на 60%. Значний розвиток отримають реактори-розмножувачі на швидких нейтронах.

Енергетична стратегія України на період до 2030 року передбачає цілий ряд заходів для забезпечення енергетичної незалежності країни – збільшення обсягів видобутку вугілля та урану, зниження рівня імпорту енергоносіїв на виробництво електроенергії, зниження показників питомого споживання енергії промисловими підприємствами і в побуті, кардинальне зменшення обсягу споживання газу, використання електроенергії для опалення житла, запровадження інноваційних технологій в тепловій та атомній енергетиці.

[1] <http://uk.wikipedia.org/wiki/Електроенергетика>,

[2] <http://energetika.com.ua/normatyvna-baza/384-energetichna-strategiya-ukrajini-na-period-do-2030-roku>.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
Ст. М.А. Гуринович, Д.В. Шангин
Рук.: доц. В.И. Белозерцева, ст.пр. И.А. Корж*

Известно, что ядерная энергия может освобождаться не только при делении тяжелых ядер, но и при слиянии (синтезе) легких ядер в более тяжелые, причем в гораздо большем количестве. Управляемый термоядерный синтез (УТС) – процесс слияния легких атомных ядер, проходящий с выделением энергии при высоких температурах в регулируемых управляемых условиях. На современных атомных электростанциях используются реакции деления тяжелых ядер.

УТС, по сравнению с ними, имеет такие преимущества: отсутствие долгоживущих радиоактивных отходов, практически неисчерпаемые запасы топлива и других необходимых материалов.

Но задача освоения термоядерного синтеза оказалась необычайно сложной. Чтобы понять и описать сложные физические процессы, происходящие в реагирующей смеси, был создан специальный раздел науки – физика плазмы. Кроме того, необходимо найти решение множества технических проблем: создания глубокого вакуума в больших объемах, разработки импульсных систем питания для создания мощных пучков частиц и многого другого.

На современном этапе разрабатываются две принципиальные схемы осуществления УТС. В квазистационарных системах, лучше изученных, плазма удерживается магнитным полем при относительно низком давлении и высокой температуре.

В импульсных системах кратковременный нагрев небольших мишеней, содержащих дейтерий и тритий, сверхмощными лазерными лучами или пучками высокоэнергетичных частиц вызывает последовательность термоядерных микровзрывов.

Для удержания плазмы в некотором объеме используется магнитная ловушка – устройство, принцип действия которого основан на взаимодействии заряженных частиц с магнитным полем. Для создания эффективной магнитной ловушки применяются мощные

электромагниты. Реальное начало промышленной эксплуатации термоядерных реакторов ожидается к середине двадцать первого века.

ПРОБЛЕМА ТЕМНОЙ МАТЕРИИ

*Национальный технический университет «
Харьковский политехнический институт»*

Ст. С.И. Сак

Рук. Т.И. Храмова

Самое загадочное космологическое наблюдение последнего времени – 90 % массы Вселенной состоит не из барионов и электронов, а из некоторой неизвестной субстанции, которая не испускает и не поглощает электромагнитное излучение и не взаимодействует с ним. Это свойство данной формы вещества делает невозможным ее прямое наблюдение. Поэтому вывод о существовании темной материи сделан на основании косвенных признаков поведения астрофизических объектов и по создаваемым ими гравитационным эффектам. Проблема темной материи является очень важной, потому что обнаружение ее природы сделает большой вклад в решение проблемы скрытой массы, которая, в частности, заключается в аномально высоких скоростях вращения внешних областей галактик. Впервые термин «темная материя» был упомянут в 1922 году в работах астрономов Д. Джинса и Я. Каптейна, которые исследовали движение звезд в нашей галактике. Они пришли к выводу, что большая часть вещества в галактике является невидимой. Широкую огласку термин «темная материя» получил после работ Ф. Цвики, который употребил этот термин в 1933 году в одной из своих работ. Результатом работ Цвики, на примере созвездия Волосы Вероники, стало то, что он обнаружил, галактика на всем своем протяжении содержит значительную массу невидимого вещества. Вскоре к этой точке зрения пришли и другие астрономы, на примере других галактик. Еще одним подтверждение этой точки зрения является туманность Андромеды, которая вызвала особенный интерес. Скорость вращения звезд вокруг ее центра не уменьшалась, как предсказывала небесная механика, обратно пропорционально $R^{1/2}$ (R – расстояние до центра), а оставалась неизменной. Помимо космологических данных, в пользу о существовании темной материи служат измерения гравитационного поля в скоплениях галактик и в галактиках. Имеется несколько способов измерения гравитационного поля в скоплениях галактик, один из которых – гравитационное линзирование. Темная материя имеется и в галактиках. Это также

следует из измерений гравитационного поля, на этот раз уже в галактиках и их окрестностях. Чем сильнее гравитационное поле, тем быстрее вращаются вокруг галактики, звезды и облака газа, так что измерения скоростей вращения в зависимости от расстояния до центра галактики позволяют восстановить распределение массы в ней. По мере удаления от центра галактики скорости обращения не уменьшаются, то есть, в галактике имеется несветящаяся, темная материя. Возникает вопрос из каких частиц состоит темная материя и что они из себя представляют? Ясно, что эти частицы не должны распадаться на другие, более легкие частицы. Этот факт является свидетельством того, что в природе действует новый, не открытый пока закон сохранения, запрещающий этим частицам распадаться. Аналогия здесь с законом сохранения электрического заряда: электрон – это легчайшая частица с электрическим зарядом, и именно поэтому он не распадается на более легкие частицы. Также, частицы темной чрезвычайно слабо взаимодействуют с нашим веществом, иначе они были бы уже обнаружены в земных экспериментах. Далее начинается область гипотез. Наиболее правдоподобной представляется гипотеза о том, что частицы темной материи в 100 – 1000 раз тяжелее протона, и что их взаимодействие с обычным веществом по интенсивности сравнимо с взаимодействием нейтрино. Именно в рамках этой гипотезы современная плотность темной материи находит простое объяснение: частицы темной материи интенсивно рождались и аннигилировали в очень ранней Вселенной при сверхвысоких температурах (порядка 10^{15} градусов), и часть их дожила до наших дней. При указанных параметрах этих частиц их современное количество во Вселенной получается именно такое, какое нужно. Возникает вопрос можно ли ожидать открытия частиц темной материи в недалеком будущем в земных условиях? Ответить на этот вопрос вполне однозначно нельзя, поскольку на сегодняшний день мы не знаем природу этих частиц. Тем не менее, перспектива представляется весьма оптимистической. Имеется несколько путей поиска частиц темной материи. Один из них связан с экспериментами на ускорителях высокой энергии – коллайдерах. Другой путь состоит в обнаружении частиц темной материи, которые летают вокруг нас. Еще один путь связан с обнаружением продуктов аннигиляции частиц темной материи между собой. Имеются и другие подходы к поиску темной материи, например, поиск продуктов аннигиляции в центральной области нашей Галактики. Какой из этих путей приведет к успеху, покажет время, но в любом случае, открытие этих новых

частиц и изучение их свойств станет важнейшим научным достижением.

ЛАЗЕРНИЙ ТЕРМОЯДЕРНИЙ СИНТЕЗ

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Ст. О. Соловей

Кер. доц. Т.І. Храмова

Принцип лазерного термоядерного синтезу — науковий напрям, що швидко розвивається, в основу якого лягли два видатні відкриття ХХ сторіччя: термоядерні реакції і лазери.

Енергія термоядерного синтезу - давня мрія людства. Термоядерні реакції протікають при злитті (синтезі) ядер легких елементів. При цьому разом з утворенням важчих елементів виділяється надмірна енергія у вигляді кінетичної енергії кінцевих продуктів реакції і гамма-випромінювання. Надзвичайно привабливою представляється можливість утилізації енергії, що виділилася при термоядерних реакціях для вирішення енергетичної проблеми. Річ у тому, що паливом при такому способі отримання енергії є ізотоп водню дейтерій (D), запаси якого в Світовому океані практично невичерпні.

Якщо в теоретичному плані проблема термоядерних реакцій практично завершена, то в практичному плані вона далека від свого вирішення. На сьогоднішній день розроблені і проводяться дослідження 6 різних способів здійснення термоядерних реакцій, перелічених і описаних в даній роботі.

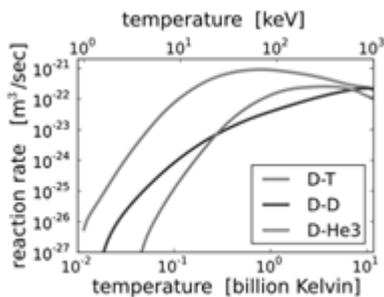


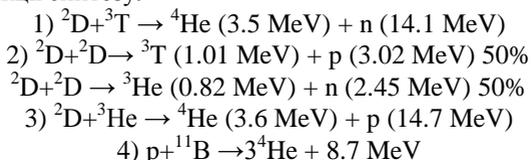
Рис.1.

оптичного методу повертання хвильового фронту.

На єдиній реалістичною на даний момент реакції D + T потік нейтронів, який зробить радіоактивними будь-які елементи конструкції - в ~ 10 разів вище, ніж у звичайних реакторах на тій же потужності.

На Рис1. представлений графік, залежності швидкість реакції (т.з. переріз реакції) залежно від швидкості (= енергії) атомів, що з'єднуються. Реакція D + T - сама «легка» в практичному та технічному плані (їй потрібні “якихось” 100 мільйонів градусів), реакція D + D - приблизно в 100 разів повільніша за тих же температур, D +3He йде швидше ніж конкуруюча D + D тільки при температурах порядку 1 млрд градусів.

Найбільш реалістичні та цікаві в практичному відношенні наступні реакції синтезу:



У даних реакціях використовуються Дейтерій(D), Тритій(T), Гелій та Бор.

Потрібно сказати, що запуск установок такого масштабу не тільки наблизить можливість створення термоядерного реактора на основі лазерного термоядерного синтезу, але і надасть в розпорядження дослідників унікальний фізичний об'єкт - мікровибух з енерговиділенням 107-109 Дж, могутнє джерело нейтронного, нейтрино, рентгенівського і g-випромінювань. Це матиме не тільки велике загальнофізичне значення (можливість досліджувати речовини в екстремальних станах, фізики горіння, рівняння стану, лазерних ефектів і т.д.), але і дозволить вирішити спеціальні завдання прикладного, зокрема військового, характеру.

Для реактора на основі лазерного термоядерного синтезу необхідне, проте, створення лазера мегаджоульного рівня, що працює з частотою повторення в декілька герц. У ряді лабораторій досліджуються можливості створення таких систем на основі нових кристалів. Запуск досвідченого реактора за американською програмою планується на 2025 рік.

Література:

1. Міланта В.П., Темко С.В. Фізика плазми: кн. для позакласного читання. 2-е вид., Доп. – М.: Просвітництво, 1983. - 160 с.
2. Свірський М.С. Електронна теорія речовини: навч. Посібник для студентів фіз.-мат. Фак.. – М.: Просвітництво, 1980. – 288 с.
3. Цитович В.М. Електричні властивості плазми. М., «Знання», 1973.
4. Техніка молоді//№2/1991
5. Яворський Б.М., Селезньов Ю.О. Довідник з фізики. – М.: Наука. – Гол. Ред.. фіз.-мат. Літ., 1989. -576 с.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПОЛНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОФИЦИРОВАННОГО САМОЛЁТА.

*Национальный политехнический университет
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д.А. Вертиёв
Рук. доц. Г.И. Копач*

Под электрофицированным самолётом понимают самолет с единой централизованной системой электроснабжения, обеспечивающей все энергетические потребности самолета.

К такому самолёту предъявляется целый ряд высоких требований, с точки зрения стоимости, эксплуатации, экологии и топливной эффективности.

На современных летательных аппаратах все системы управления разделены на две категории:

- первичная (силовая установка летательного аппарата);
- вторичная (система электроснабжения, пневматическая система, гидравлическая система, система герметизации, система устранения обледенения, система вентиляции, и т.д.).

Силовые установки электрофицированных самолётов будут использовать электрические двигатели-двигатели или, наряду с воздушно-реактивными двигателями будут использоваться и электрические.

В настоящее время на самолётах вторичная система разделена на три системы управления:

- гидравлическая система;
- система электроснабжения;
- пневматическая система.

В будущем эти системы будут объединены в единую электроэнергетическую.

Интенсивные исследования в области создания полностью электрифицированного самолёта начались в конце 1970-х годов. В ходе исследований установлено, что наибольший экономический эффект от повышения уровня электрификации следует ожидать на крупных самолётах (пассажирских и транспортных).

Показано, что замена всех видов энергии на электрическую должна обеспечить улучшение аэродинамических характеристик

самолета, увеличение дальности полета, снижение массы авиадвигателя и самолета, улучшение режимов работы силовой установки, уменьшение расхода топлива и т.д. По представленным в [1] оценкам, реализация полностью электрифицированного самолета применительно к тяжелым транспортным самолетам позволит получить:

- снижение потребления топлива – 8-12%;
- снижение полной взлетной массы – 6-10%;
- снижение прямых эксплуатационных расходов – 5-10%;
- снижение стоимости жизненного цикла – 3-5%;
- увеличение среднего налета на отказ – 5-6%;
- снижение времени технического обслуживания – 4-4,5%.

Для самолетов меньших размеров положительный эффект ниже и в основном, сводится к упрощению системы технического обслуживания и повышению надежности.

В настоящий момент научные центры во всем мире, проводят исследования и технические разработки в области элетротехники и аэродинамики, с целью создания полностью электрифицированного самолета [2-4].

На сегодняшний день Европейский аэрокосмический консорциум (EADS) уже представил двухместный электрический самолёт E-Fan способный на полет со скоростью 180 км/ч [2]. К середине XXI века EADS выпустит еще два пассажирских авиалайнера.

Имеются разработки компаний Boeing – самолёт SUGAR, который имеет в качестве тяговых двигателей как электрические, так и обычные авиатурбины; и компаний William Mannarn and Scott Andrew из EADCO GmbH – самолёт Elektro E6, способный на полёт дальностью в 300 километров со скоростью в 220км/ч.

На всех летательных аппаратах, в конструкции фюзеляжа применены композитные материалы на основе карбона (углеволокно).

Литература:

1. Журнал "Авиапанорама" №2-2009
2. <http://www.infuture.ru/article/9447>
3. <http://compulenta.computerra.ru/tehnika/transport/10007369/>
4. <http://www.fainaidea.com/archives/29670>

ГИПЕРЗВУК

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Кур.: В. Тищенко, А. Навроцкий, А. Мосин

Рук. ст. пр. Ю.И. Чекрыгина

Приближаясь к частоте $\nu \sim 1$ ГГц -10 ТГц, упругая волна представляет собой особое акустическое явление, называемое гиперзвуком.

Диапазон частот	Область звука
$f = 16 \div 2 \cdot 10^4$ Гц	Звук, воспринимаемый человеком
$f < 16$ Гц	инфразвук
$f > 2 \cdot 10^4$ Гц	ультразвук
$f > 10^9$ Гц	гиперзвук

В жидкостях и газовых средах (в частности, в воздухе) распространение гиперзвуковой волны затруднено вследствие сильного поглощения, пропорционального квадрату частоты, и быстрого затухания. Что касается кристаллических тел, на данный процесс большое влияние оказывают взаимодействия гиперзвука как потока фононов с тепловыми фононами, электронами проводимости или магнитоупругие взаимодействия.

Частота 1,5 ГГц сопоставима с электромагнитными колебаниями, поэтому явления, связанные с гиперзвуком, влияют на распространение в среде ЭМ волн. Распространяясь в кристалле, колебания высокой частоты содержат акустическую оптическую компоненты. При этом часть энергии рассеивается на кристаллической решетке в виде гиперзвука - фононов и теплового излучения.

К современным методам возбуждения гиперзвуковых акустических волн относится воздействие на твердое тело сверхкоротких лазерных импульсов. Генерация таких колебаний является следствием квантового размерного эффекта отражения

фононов от поверхности наносистемы, линейные размеры которой не превышают длину их свободного пробега.

С фундаментальной точки зрения взаимодействие гиперзвука с конденсированными средами позволяет исследовать состояние вещества, в том числе широкий класс эффектов электрон-фононного взаимодействия. С точки зрения практического применения гиперзвуковая область частот в конденсированных средах принципиально важна для исследования явлений акустоэлектроники, оптоакустики, магнитоакустики и др.

Необходимо отметить, что практическое использование таких волн обусловлено прозрачностью исследуемого твердого тела по отношению к гиперзвуку. Например, для монокристалла кварца поглощение гиперзвука при комнатной температуре на частоте 10 ГГц составляет 60-70 см⁻¹.

Согласно современным представлениям поглощение гиперзвука объясняется неупругим рассеянием на тепловых фононах вследствие ангармонизма кристаллической решетки [1]. Это означает, что при определенных условиях деформация кристаллической решетки под действием гиперзвуковой волны изменяет равновесное распределение фононного газа, что приводит к необратимому переносу энергии от гиперзвуковой волны к тепловым фононам. Определяющими факторами рассеяния и поглощения при этом являются угловая частота гиперзвука и время релаксации тепловых фононов [2]. Данный вид поглощения на частотах выше 10 ГГц не позволяет использовать гиперзвук в области высоких – дебаевских температур θ_d . Однако, при низких температурах ($T \sim 3-4$ К) в кристаллах кварца, сапфира, ниобата лития и других материалах, с минимальным количеством свободных носителей зарядов, поглощение очень слабое. Это физическое свойство позволило обнаружить экспериментально рекордно длительное запоминание электромагнитного сигнала и использовать это явление при разработке криогенных акустических линий задержки СВЧ сигналов [3].

[1] Такер Дж., Рэмpton В. Гиперзвук в физике твердого тела, пер. с англ., Москва, 1975.

[2] Мэзон У., Терстон Р. Физическая акустика, пер. с англ., Москва, 1974.

[3] Г.С. Воробьев, Радиофизические методы диагностики материалов и сред, Сумы, 2013.

ИСТОРИЯ ФИЗИКИ

ИСТОРИЯ ПАРОВОЙ МАШИНЫ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: К. Чернявская, П. Редченко

Рук. доц. С.Д. Гапченко

Паровой машиной называется машина, которая совершает работу за счет расширяющегося пара. Источником пара является нагреваемый резервуар с водой.

Первая паровая машина – эолипил – была создана древнегреческим ученым и изобретателем Героном в I в. до. н.э.



Рис. 1

(рис. 1). Эолипил представлял собой наглухо запаянный котел с двумя трубками на крышке. На трубках устанавливался вращающийся полый шар, на поверхности которого были установлены два Г-образных патрубка-сопла. В котел через отверстие заливалась вода, отверстие закрывалось пробкой, и котел устанавливался над огнем. Вода вскипала, образовывался пар, который по трубкам поступал в шар и в Г-образные патрубки. При достаточном давлении струи пара, вырываясь из сопел, быстро вращали шар. Построенный современными

учеными по чертежам Герона эолипил развивал до 3500 оборотов в минуту. Работа Герона оказалась невостребованной практически тысячелетие. Вплоть до второй половины XVIII века люди использовали для нужд производства в основном водяные двигатели, которые были дорогостоящими и маломощными. Со временем стала остро ощущаться потребность в принципиально новом двигателе: мощном, дешевом, автономном и легкоуправляемом. Именно таким двигателем на целое столетие стала для человека паровая машина.

Основу всех паровых поршневых двигателей составляет цилиндр с поршнем. Первые паровые машины, были не столько двигателями, сколько паровыми насосами, используемыми для откачки воды из глубоких шахт. Принцип их действия основывался на том, что после своего охлаждения и конденсации в воду пар занимал пространство в 170 раз меньше, чем в разогретом состоянии. Если

вытеснить из сосуда воздух разогретым паром, закрыть его, а потом охладить пар, давление внутри сосуда будет значительно меньше, чем снаружи. Внешнее атмосферное давление будет сжимать такой сосуд, и если в него поместить поршень, он будет вдвигаться внутрь с тем большей силой, чем больше его площадь. Впервые модель такой машины была предложена в 1690 году Папеном. Следующая модель насоса была создана в 1702 году Севери. Но наиболее широко применялась в первой половине XVIII века паровая машина Ньюкомена (рис. 2), созданная им в 1711 году. Фактически в машине Ньюкомена работу совершало атмосферное давление, а пар служил только для создания разреженного воздуха. Основным недостатком машины Ньюкомена — рабочий цилиндр в ней являлся в то же время и конденсатором. Из-за этого приходилось поочередно то охлаждать, то нагревать цилиндр, и расход топлива оказывался очень велик. Коэффициент полезного действия (КПД) этой машины едва ли превышал 1%.

Несмотря на недостатки, принципиальная схема машины Ньюкомена оставалась неизменна на протяжении 50 лет, пока ее усовершенствованием не занялся механик университета в Глазго Джеймс Уатт (1765). Основным недостатком машины Ньюкомена состоял в попеременном нагревании и охлаждении цилиндра. Он понял, что цилиндр может постоянно оставаться горячим, если до конденсации отводить пар в отдельный резервуар через трубопровод с клапаном. При этом перенос процесса конденсации пара за пределы цилиндра должен способствовать снижению расхода пара. Более того, цилиндр может оставаться горячим, а конденсор холодным, если снаружи их покрыть теплоизоляционным материалом. Усовершенствования, которые внес Уатт в паровую машину (центробежный регулятор, отдельный конденсатор пара, уплотнители и др.), не только подняли коэффициент полезного действия машины, но и окончательно превратили пароатмосферную машину в паровую, а главное - машина стала легко управляемой. В 1769 г. он получил патент на машину, но только в 1776 г. паровая машина Уатта была, наконец, построена и успешно прошла испытание.

В 1781 г. Джеймс Уатт получил патент на изобретение второй модели своей машины (рис. 3). Среди новшеств, внесённых в неё и в

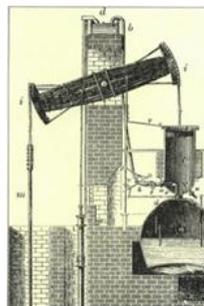


Рис. 2

последующие модели, были:

1. цилиндр двойного действия, в котором пар подавался попеременно по разные стороны от поршня, при этом отработанный пар поступал в конденсатор;

2. жаровая рубашка, окружавшая рабочий цилиндр для снижения тепловых потерь, и золотник;

3. преобразование возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение вала сначала посредством шатунно-кривошипного механизма, а затем с помощью шестеренчатой передачи, явившейся прообразом планетарного редуктора;

4. центробежный регулятор для поддержания постоянства числа оборотов вала и маховик для уменьшения неравномерности вращения.

В 1782 г. первая универсальная паровая машина «двойного действия» (рис. 3), была построена. Крышку цилиндра Уатт оснастил изобретенным незадолго до того сальником, который обеспечивал свободное движение штока поршня, но предотвращал утечку пара из цилиндра. Пар поступал в цилиндр попеременно то с одной стороны поршня, то с другой, создавая вакуум с противоположной стороны цилиндра. Поэтому поршень совершал и рабочий и обратный ход с помощью пара, чего не было в прежних машинах. Кроме того, в 1782 г. Д. Уатт ввел принцип расширительного действия, разделяя поток пара в цилиндре в начале его течения так, что он начинал расширяться остальную часть цикла под своим собственным давлением.

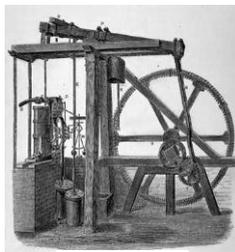


Рис. 3.

Расширительное действие означает некоторую потерю в мощности, но выигрыш в «производительности». Универсальный паровой двигатель двойного действия с непрерывным вращением (паровая машина Уатта) получил широкое распространение и сыграл значительную роль в переходе к машинному производству. Запатентованная Джеймсом Уаттом «ротативная паровая машина» сначала широко применялась для приведения в действие машин и станков прядильных и ткацких фабрик, а позже и других промышленных предприятий. Это привело к резкому повышению производительности труда. Двигатель Джеймса Уатта годился для любой машины, и этим не замедлили воспользоваться изобретатели самодвижущихся механизмов. Так

паровая машина пришла на транспорт (пароход Фултона, 1807 г.; паровоз Стефенсона, 1815 г.).

ЭФФЕКТЫ СИЛЫ КОРИОЛИСА

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст. М.Р. Хузяхметова

Рук. доц. Т.Н. Шелест

Сила Кориолиса – одна из сил инерции, существующая в неинерциальной системе отсчёта из-за вращения и законов инерции, проявляющаяся при движении в направлении под углом к оси вращения. Названа по имени французского учёного Гюстава Гаспара Кориолиса, впервые её описавшего. Ускорение Кориолиса было получено Кориолисом в 1833 г., Гауссом в 1803 г. и Эйлером в 1765 г.

Причина появления силы Кориолиса – в кориолисовом (поворотном) ускорении. В инерциальных системах отсчёта действует закон инерции, то есть, каждое тело стремится двигаться по прямой и с постоянной скоростью. Если рассмотреть движение тела, равномерное вдоль некоторого вращающегося радиуса и направленное от центра, то станет ясно, что чтобы оно осуществилось, требуется придавать телу ускорение, так как чем дальше от центра, тем должна быть больше касательная скорость вращения. Это значит, что с точки зрения вращающейся системы отсчёта, некая сила будет пытаться сместить тело с радиуса. Из-за силы Кориолиса реки размывают в северном полушарии правый берег (в южном полушарии – левый), который вследствие этого оказывается более круглым (закон Бэра). Объяснение эффекта аналогично объяснению отклонения снарядов при стрельбе в горизонтальном направлении: под действием силы Кориолиса вода сильнее ударяется в правый берег, что приводит к его размыву, и, наоборот, отступает от левого берега. Во вращающейся системе отсчёта (например, на поверхности Земли) наблюдателю кажется, что тела движутся по изогнутой траектории. Если бы рельсы были бы идеальными, то при движении железнодорожных составов с севера на юг и с юга на север, под воздействием силы Кориолиса один рельс изнашивался бы сильнее, чем второй. В северном полушарии больше изнашивается правый, а в южном левый. Силу Кориолиса необходимо учитывать при рассмотрении планетарных движений воды в океане. Она является причиной возникновения гироскопических волн.

КОЛАЙДЕР У ВІДПОВІДЯХ ТА ЗАПИТАННЯХ

*Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”*

Кур. О. Назарченко

Кер.: доц. Н.Л. Дьяконенко, к.т.н. О.А. Макогон

Питання, пов'язані з найбільш відомим сучасним фізичним експериментом - великим адронним колайдером (ВАК) - широко обговорюються в науково-популярних Інтернет-ресурсах. Звичайно, у студентів, які вивчають фізику, виникає необхідність відокремити науково обгрунтовані факти від фантастичних домислів. Усіх хвилює ця велетенська машина з примарним призначенням. Шлейф таїни не розвіюють ні заявлена мета, яку вчені хочуть досягти за допомогою ВАК, ні їхні повідомлення про відкриття. Колайдер, зіштовхувач (від англ. collide — зіткнути) — це система з двох підземних кругових прискорювачів заряджених частинок, в якій два пучки рухаються назустріч один одному. Радіус кола 27 км. ВАК призначений для вивчення взаємодії найменших частинок, а також процесів, які викликають ці взаємодії. Розташований прискорювач на кордоні Швейцарії і Франції у науково-дослідному центрі Європейської організації ядерних досліджень (CERN). Усередині колайдера підтримується температура - 271,3°С (нижча майже на 1,5°С від температури космосу), щоб виникло явище надпровідності для створення магнітного поля, здатного розганяти протони до швидкості світла. Зіштовхнувши іони золота, дослідники здобули найгарячішу речовину, відому людству - кварк-глюонну плазму з температурою 4 трлн °С (тобто у 250 000 разів гарячішу за температуру Сонця). Хоча першими її відкрили в США під час експерименту в релятивістському колайдері важких іонів (RHIC). Учені CERN відкрили частинку, схожу на бозон Хіггса (єдину відсутню ланку так званої Стандартної моделі, існування якої передбачили ще півстоліття тому). Проте на конференції в італійських Альпах вчені визнали, що відкрита частинка хоча і дуже схожа на «часточку бога», проте не всіма параметрами відповідає Стандартній моделі. Тому вчені ще вивчають відкритий бозон. У проєкті Великого адронного колайдера співпрацюють 10 тисяч учених, серед яких є і українські науковці. Зараз великий адронний колайдер модернізують і планують запустити у цьому році.

ИСТОРИЯ, РАЗРАБОТКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГРОЗОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Национальный технический университет «ХПИ»

Ст.: С.Г. Пономаренко, Н.Н. Носаченко

Рук.: доц. А.Я. Дульфан, доц. Н.Б. Фатянова

Грозовая электростанция – инженерное сооружение, совокупность установок, оборудования и аппаратуры, используемых непосредственно для поимки, сохранения и перенаправления энергии молний в электросеть. Способы использования энергии молний могут быть различны и зависят от конструкции электростанции. Из физики атмосферы известно, молния - электрический разряд через ионизированный воздух между облаком, накопившим разряды за счёт кристаллизации капелек воды в грозовом облаке и Землёй, бывают разряды и между облаками. Сила тока в разряде молнии достигает 10-300 тысяч ампер, напряжение — от десятков миллионов до миллиарда вольт. Мощность разряда — от 1 до 1000 ГВт. Количество электричества, расходуемого молнией при разряде — от 2 до 10 Кл. Бразильские ученые изучили поведение дождевых капелек в грозовых тучах и пришли к выводу, что электрически нейтральная вода забирает и сохраняет электрический заряд частиц пыли и других жидкостей. Таким образом, в облаках с течением времени скапливаются весьма большие заряды, которые являются причиной молнии. Долгое время человек не умел объяснить причины грозовых явлений. Природа молнии стала проясняться после исследований, проведенных в XVIII столетии русскими учеными М.В. Ломоносовым (1711 – 1765) и Г. Рихманом (1711 – 1753) и американским ученым Б. Франклином (1706 – 1790). В результате эксперимента "поймать молнию" для зарядки накопительных электрических устройств в специально созданной лаборатории, снабжённую высоким металлическим штырём на крыше, соединённым с большим количеством лейденских банок (конденсаторов) летом 1753г. ударила молния. От удара молнии Лаборатория взорвалась и сгорела, погиб коллега Ломоносова – учёный физик Р.Г. Вильгельм. Эксперимент доказал что чрезвычайно опасно пытаться утилизировать молнии. Н. Тесла (1856 – 1943) в начале XX века предсказывал, что в будущем люди научатся добывать и сохранять атмосферное электричество. Появятся приборы, которые будут собирать и хранить атмосферное электричество так же, как

фотоэлементы преобразуют в энергию солнечный свет. И ученые вплотную приблизились к решению этой задачи.

Проблемы в грозовой энергетике:

1 молнии являются очень ненадёжным источником энергии, так как заранее нельзя предугадать, где и когда случится гроза;

2 разряд молнии длится доли секунд и, как следствие, его энергию нужно запасать очень быстро;

3 прежде, чем атмосферное электричество попадет в промышленную сеть, оно должно быть преобразовано в промышленный стандарт: переменный ток частотой 50 – 60 Гц с напряжением 220 – 550 кВ (для энергосетей разных стран эти параметры отличаются).

В разное время предлагались разные решения этих проблем, в том числе и подземные водяные резервуары. Под действием энергии электрического разряда, вода должна превращаться в пар, который, по мысли авторов патента (а такая схема запатентована в США в 60 годы прошлого века) должен вращать лопасти турбин, как на классических тепловых и атомных станциях. Очевидно, что КПД таких генераторов крайне не велик. Но теперь появились электрические конденсаторы – накопители большой емкости, способные месяцами хранить накопленную энергию и преобразователи переменного тока на быстродействующих тиристорах, КПД которых приближается к 85%. *Исследования грозовой активности.* Глобальная карта частоты молний. Шкала сбоку показывает количество молний в год на каждый квадратный километр. В 2006 году специалисты, работающие со спутником NASA «Миссия измерения тропических штормов», опубликовали данные по количеству гроз в разных регионах планеты. Стало известно, что существуют районы, где в течение года происходит до 70 ударов молний на квадратный километр площади. Компания Alternative Energy Holdings, 11. 10. 2006 года, объявила об успешном развитии прототипа модели, демонстрирующей возможности «захвата» молнии для дальнейшего её превращения в электроэнергию. Молния является чистой энергией, и её применение будет не только устранять многочисленные экологические опасности, но также будет значительно уменьшать дороговизну производства энергии. Также компания сообщила, что окупаться такая установка будет за 4 – 7 лет, молниевые фермы смогут производить и продавать электроэнергию по цене всего \$ 0,005 за КВ/час. Перспективы у таких

источников энергии крайне высокие.

РЕЙКОТРОН - ПЕРСПЕКТИВНА ЗБРОЯ

*Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"*

Кур. О.В. Базелюк

Кер.: Н.Л. Дьяконенко, к.т.н. О.А. Макогон

Звичайна зброя не врятує нас від агресії, а виробництво ядерної сьогодні забороняється міжнародними законами. Ідея створення джерел надпотужних магнітних полів та надвеликих електричних струмів може призвести до створення нової зброї, яка не підпадає ні під які санкції та заборони. У багатьох країнах світу зараз працюють над створенням рейкотрону, який відноситься до електромагнітних прискорювачів мас. Використання його у стрілецькій зброї залишається у сфері фантастики, але оснащення рейкотроном важкої техніки та військових кораблів уже почалось у США. Основні частини уставки: джерело живлення (батарея конденсаторів, яка створює короткий потужний імпульс струму); ствол, який витримує $P = 1000$ ат. і $T = 30000$ К. Вздовж ствола розташовані два довгих паралельних електрода (рейки). На рейки подається потужний імпульс струму. Поміж рейок спалахує плазмова дуга, крізь яку тече струм, виникає потужне електромагнітне поле. Під впливом сили Лоренца плазма почне швидко рухатися вздовж ствола. Якщо попереду неї був снаряд, то його $V = 13\text{--}15$ км/с (для порівняння, сучасні артилерійські знаряддя здатні прискорювати снаряд до 2 км/с). Рейкотрон може бути зброєю і без застосування снарядів, стріляючи згустками плазми, швидкістю до 50 км/с. Перевагою такої зброї є велика пробивна сила. Наприклад, полімерна кулька масою 2 г пробиває товсті металеві пластини, при цьому частина металу перетворюється у плазму та випаровується. Дальність пострілу може сягати 400 км. Враховуючи швидкість кулі, відстань до 10 км вона подолає за секунду. Уникнути такого удару неможливо. При швидкості більш, ніж 4 км/с кінетична енергія снаряду настільки велика, що при влученні в ціль трапляється навіть не удар, а справжній вибух, потужніший ніж у будь-якої існуючої вибухової речовини. До недоліків рейкотрону відносяться великі розміри батареї конденсаторів. Тому їх встановлюють тільки на кораблях. Вплив плазми руйнує ствол, тому зараз досліджуються нові композитні матеріали, одержані за допомогою нанотехнологій. Сучасні рейкотрони далеко не бездоганні, але вже існують і модернізуються.

ТАЙНА ГРАВИТАЦИОННЫХ СИЛ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: Т.С. Кузменская, Д.А. Яринских

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

Создание всеобщих теорий чаще всего начинается с попыток разгадать тайну всемирного тяготения. Но для проверки теоретических построений необходимо как минимум зафиксировать гравитационные волны и разобраться с частицами-гравитонами. Часто говорят, что гравитационные волны – это распространяющиеся в пространстве возмущения поля тяготения, они теоретически были предсказаны еще Эйнштейном. Согласно общей теории относительности, тяготение возникает из-за искривления пространства-времени. Мощный источник гравитационные волн возникает при рождении Вселенной в большом взрыве, на стадии мгновенного расширения. Этот процесс породил такие сверхмощные гравитационные волны, что их остатки должны были сохраниться до настоящего времени. Реально обнаружить волны тяготения можно, найдя подходящий космический источник гравитационного поля. Перспективные для обнаружения волн тяготения двойные звездные системы. В космосе существуют и иные периодические источники, порождающие короткие, но мощные гравитационные всплески - при коллапсе (катастрофическом сжатии) массивных звезд, слияние нейтронных звезд. На сегодняшний день одним из самых загадочных элементов гравитации являются черные дыры, силы притяжения которых настолько сильны что могут засасывать безвозвратно абсолютно любые объекты. Напомним, что один из основных понятий при разговоре о природе черных дыр является «горизонт событий». Так называют воображаемую поверхность, окружающую черную дыру внутри которой гравитация столь сильна, что не даст возможности выхода из нее ни одной частице. Если же смотреть с точки зрения квантовой физики, то предположения о том, что из черной дыры невозможно выбраться, являются несостоятельными. По данной теории выход энергии из данного образования возможен. Несмотря на это, в 2012 году был проведен мысленный эксперимент, который породил парадокс «огненной стены». Вся суть этого эксперимента в том, что произойдет если вдруг в черную дыру попадет космонавт.

Если обратиться к классической теории, то в данном случае космонавт будет находиться в свободном падении в центр черной дыры. Проведя этот эксперимент, обнаружим совсем другой вариант развития событий. Который гласит что по теории квантовой физики, «горизонт событий» будет являть собой высокоэнергетическую зону – «стену огня», поэтому любой, кто приблизиться к ней, мгновенно сгорит, не достигнув сингулярности. Наряду с черными дырами нейтронные звезды являются конечной стадией эволюции звезд большой массы. Сейчас в ряде стран действуют криогенные детекторы волн тяготения, работающие при температурах близких к абсолютному нулю.

В настоящее время в физике так же популярна теория струн, согласно которой, помимо трех измерений пространственных измерений есть еще несколько, которые пока никому не удалось заметить, эта теория претендует стать единой теорией всего. Эти измерения компактно скручены и «спрятаны» в глубине обычного пространства. Движение частиц и полей на таком глубочайшем уровне материи в теории квантовой гравитации дает возможность представить не только то, что происходит сразу после Большого взрыва, но и до него. Однако пока очень трудно экспериментировать с гравитационными взаимодействиями в основном лишь на теорию и компьютерное моделирование. С этого можно сделать вывод что четвертое пространственное измерение постулировано, оно существует реально и не ощущается нами лишь потому, что мир в этом направлении представляет крошечную замкнутую окружность. Если бы мы могли двигаться в этом направлении, мы бы сразу вернулись в исходную точку. Как отмечая, выдающейся физик XX столетия Ричард Фейнман, - «главная причина в том, что мы пока не знаем всех законов природы, которые можно было свести в единую теорию».

Литература:

1. Визгин В. П. Релятивистская теория тяготения (истоки и формирование, 1900—1915). — М.: Наука, 1981.
2. Визгин В. П. Единые теории в 1-й трети XX в. — М.: Наука, 1985. — 304с.
3. Иваненко Д. Д., Сарданашвили Г. А. Гравитация. 3-е изд. — М.: УРСС, 2008. — 200с.
4. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация. — М.: Мир, 1977.

5. Торн К. Черные дыры и складки времени. Дерзкое наследие Эйнштейна. — М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 2009.

ТЕОРИЯ СТРУН

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: А.А. Баринова, С.С. Климова

Рук. асс. Н.А. Сухина

Теория струн - направление математической физики, изучающее динамику не точечных частиц, как большинство разделов физики, а одномерных протяжённых объектов, так называемых струн. В рамках этой теории постулируется, что все фундаментальные частицы и их фундаментальные взаимодействия возникают в результате колебаний и взаимодействий ультрамикроскопических струн, длина которых составляет порядка 10^{-35} м (планковская длина). Данный подход приводит к более глубокому взгляду на структуру материи, сил и самого пространства-времени, поскольку язык теории струн подходит для описания как микроскопического мира (область применения квантовой механики), так и макроскопического мира (область применения общей теории относительности).

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Постулируется, что все фундаментальные частицы представляют собой колебания (возбуждения) ультрамикроскопических струн. Протяжённость струны чрезвычайно мала, порядка 10^{-35} м (планковская длина), поэтому она недоступна наблюдению в эксперименте.

Аналогично колебаниям струн музыкальных инструментов, колебания ультрамикроскопических струн возможны только на определённых частотах. Чем больше частота, тем больше энергия, накопленная в таком колебании, и, в соответствии с формулой Эйнштейна $E=mc^2$, тем больше масса частицы, в роли которой проявляет себя колеблющаяся струна в наблюдаемом мире.

Непротиворечивые и самосогласованные квантовые теории струн возможны лишь в пространствах высшей размерности (больше четырёх, учитывая размерность, связанную со временем). Наиболее реалистичные теории струн в качестве обязательного элемента включают суперсимметрию, поэтому такие теории называются суперструнными. В середине 1980-х годов, в ходе первой

суперструнной революции, физики пришли к выводу, что суперсимметрия, являющаяся центральным звеном теории струн, может быть включена в неё не одним, а пятью способами, что приводит к пяти различным теориям. Все они формулируются в десятимерном пространстве-времени, однако различаются набором частиц и фундаментальной группой симметрии.

В середине 1990-х годов, в ходе второй суперструнной революции, выяснилось, что все эти теории, на самом деле, тесно связаны друг с другом благодаря определённым дуальностям. Было высказано предположение, что все пять теорий являются различными предельными случаями единой фундаментальной теории, получившей название М-теории. В настоящее время ведутся поиски адекватного математического языка для формулировки этой теории.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

Среди многих свойств теории струн особенно важны три. Во-первых, гравитация и квантовая механика являются неотъемлемыми принципами устройства Вселенной, и поэтому любой проект единой теории обязан включать и то, и другое. В теории струн это реализуется. Во-вторых, исследования на протяжении XX века показали, что существуют и другие ключевые идеи, - многие из которых были проверены экспериментально, - являющиеся центральными для нашего понимания Вселенной.

В числе этих идей - спин, существование поколений частиц материи и частиц-переносчиков взаимодействия, калибровочная симметрия, принцип эквивалентности, нарушение симметрии и суперсимметрия. Все эти идеи естественным образом вытекают из теории струн. В-третьих, в отличие от более общепринятых теорий, таких, как стандартная модель с её 19 свободными параметрами, которые могут подгоняться для обеспечения согласия с экспериментом, в теории струн свободных параметров нет.

Несмотря на то, что арена основных действий в теории струн недоступна прямому экспериментальному изучению, ряд косвенных предсказаний теории струн всё же можно проверить в эксперименте.

Во-первых, обязательным является наличие суперсимметрии. Ожидается, что запущенный сентября 2008 года, но полноценно вступивший в строй в 2010 году адронный коллайдер сможет открыть некоторые суперсимметричные частицы. Это будет серьёзной поддержкой теории струн.

Во-вторых, в моделях с локализацией наблюдаемой вселенной в мультивселенной изменяется закон гравитации тел на малых расстояниях. В настоящее время проводится ряд экспериментов, проверяющих с высокой точностью закон всемирного тяготения на расстояниях в сотые доли миллиметра. Обнаружение отклонения от этого закона было бы ключевым аргументом в пользу суперсимметричных теорий.

В-третьих, в тех же самых моделях гравитация может становиться очень сильной уже на энергетических масштабах порядка нескольких ТэВ, что делает возможной её проверку на Большом адронном коллайдере. В настоящее время идёт активное исследование процессов рождения гравитонов и микроскопических чёрных дыр в таких вариантах теории.

Наконец, некоторые варианты теории струн приводят также и к наблюдательным астрофизическим предсказаниям. Суперструны (космические струны), D-струны или другие струнные объекты, растянутые до межгалактических размеров, обладают сильным гравитационным полем и могут выступать в роли гравитационных линз.

Кроме того, движущиеся струны должны создавать гравитационные волны, которые, в принципе, могут быть обнаружены в экспериментах типа LIGO (Лазерная интерферометрическая гравитационная обсерватория, основанная в 1992 г. Массачусетским технологическим институтом и Калифорнийским технологическим институтом) и VIRGO. Они также могут создавать небольшие нерегулярности в реликтовом излучении, которые могут быть обнаружены в будущих экспериментах.

В последние годы теория струн столкнулась с серьёзной трудностью, называемой проблемой ландшафта, суть которой состоит в том, что теория струн позволяет равноправное существование огромного множества различных вселенных, а не только той, в которой мы существуем. Тем не менее разработка теории струн стимулировала развитие математических теорий, в основном алгебраической и дифференциальной геометрии, топологии, а также позволила точнее понять структуру материи и квантовой гравитации.

РАДИО. ПРИНЦИП РАДИОСВЯЗИ

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Ст.: Д.А. Басин

Рук. доц. Т.Н. Шелест

Радио (лат. radio — излучаю, испускаю, radius — луч) — разновидность беспроводной связи, при которой в качестве носителя сигнала используются радиоволны, свободно распространяемые в пространстве.

Передача сигналов происходит следующим образом: на передающей стороне (в радиопередатчике) формируются высокочастотные колебания (несущий сигнал) определенной частоты. На него накладывается сигнал, который нужно передать (звуки, изображения и т.д.) — происходит модуляция (процесс изменения одного или нескольких параметров высокочастотного несущего колебания по закону низкочастотного информационного сигнала) несущей полезным сигналом. Сформированный таким образом высокочастотный сигнал излучается антенной в пространство в виде радиоволн.

На приёмной стороне радиоволны наводят модулированный сигнал в приемной антенне, он поступает в радиоприёмник. Здесь система фильтров выделяет из множества наведенных в антенне токов от разных передатчиков сигнал с нужной несущей частотой, а детектор выделяет из него модулирующий полезный сигнал.

Радиоволны распространяются в пустоте и в атмосфере; земная твердь и вода для них непрозрачны. Однако, благодаря эффектам дифракции и отражения, возможна связь между точками земной поверхности, не имеющими прямой видимости (в частности, находящимися на большом расстоянии).

В зависимости от диапазона радиоволны имеют свои особенности и законы распространения:

ДВ сильно поглощаются ионосферой, основное значение имеют приземные волны, которые распространяются, огибая землю. Их интенсивность по мере удаления от передатчика уменьшается сравнительно быстро.

СВ сильно поглощаются ионосферой днём, и район действия определяется приземной волной, вечером хорошо отражаются от

ионосферы и район действия определяется отражённой волной.

КВ распространяются исключительно посредством отражения ионосферой, поэтому вокруг передатчика существует т. н. зона радиомолчания. Днём лучше распространяются более короткие волны (30 МГц), ночью — более длинные (3 МГц). Короткие волны могут распространяться на большие расстояния при малой мощности передатчика.

УКВ распространяются прямолинейно и, как правило, не отражаются ионосферой, однако при определённых условиях способны огибать земной шар из-за разности плотностей воздуха в разных слоях атмосферы. Легко огибают препятствия и имеют высокую проникающую способность.

СВЧ не огибают препятствия, распространяются в пределах прямой видимости. Используются в WiFi, сотовой связи и т. д.

КВЧ не огибают препятствия, отражаются большинством препятствий, распространяются в пределах прямой видимости. Используются для спутниковой связи.

Гипервысокие частоты не огибают препятствия, отражаются подобно свету, распространяются в пределах прямой видимости. Использование ограничено.

Первый патент на беспроводную связь получил в 1872 г. Малон Лумис, заявивший в 1866 г. о том, что он открыл способ беспроволочной связи; в Германии создателем радио считают Генриха Герца (1888); в США — Дэвида Хьюза (1878), а также Томаса Эдисона (1875); в США и ряде балканских стран — Николу Тесла (1891); во Франции — Эдуарда Бранли (1890); в Индии — Джагадиша Чандра Боше (1894); в Англии — Оливера Джозефа Лоджа (1894).

Создателем первой успешной системы обмена информацией с помощью радиоволн в ряде стран считается итальянский инженер Гульельмо Маркони (1895). В России изобретателем радиотелеграфии традиционно считают А.С. Попова (1895).

ДЛЯ НОТАТКІВ

ДЛЯ НОТАТКІВ

Наукове видання

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Тези доповідей

XV регіональної наукової студентської конференції

(22-23 квітня 2015 року)

Відповідальний за випуск проф. А.О. Мамалуй

В авторській редакції

Підп. до друку 28.03 2015 р. Формат 60x84 1/16 Папір
офісний.

Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 7,4. Наклад 100 прим.
Зам. №163 Безкоштовно. Ціна договірна.

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

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