

**ХАРЬКОВСКАЯ ОБЛАСТНАЯ ГОСАДМИНИСТРАЦИЯ  
УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ  
И ИХ ИНФОРМАЦИОННОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**МАТЕРИАЛЫ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

**ХАРЬКОВ 2003**

## ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

<b>Товажнянский Л.Л.</b>	председатель оргкомитета, ректор Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», доктор техн. наук, проф.
<b>Сокол Е.И.</b>	зам. председателя оргкомитета, первый проректор Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», доктор техн. наук, проф.
<b>Мамалуй А.А.</b>	зам. председателя, зав. кафедрой общей и экспериментальной физики, д-р физ.-мат. наук, проф.

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

<b>проф. Мамалуй А.А.</b>	председатель
<b>проф. Беляева А.И.</b>	зам. председателя
<b>доц. Якуша В.К.</b>	зам. председателя
<b>доц. Синельник И.В.</b>	зам. председателя
<b>ст.пр. Подъячая Е.Н.</b>	ученый секретарь

---

Печатается по решению ученого совета НТУ «ХПИ»  
Протокол №            от

## РЕГЛАМЕНТ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

14 мая 2003 г., среда

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12<sup>30</sup>, ФИЗИЧЕСКИЙ КОРПУС, БОЛЬШАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ АУДИТОРИЯ

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

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

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

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

### Доклады

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

1. АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СВОЙСТВ ВТСП СИСТЕМ В  
· ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР 100-200К  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
*Ст. Нечай А.Н.*  
*Рук. проф. Мамалуй А.А.*
2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ  
ЖИДКОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЗРАЧНЫХ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КЮВЕТ  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
*Ст. Артеменко С.В.*  
*Рук.: доц. Мусил В.В., доц. Лемешевская Е.Т*

3. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ФИЗИКА ДЛЯ ВСЕХ «АВТОМОБИЛЬНЫЕ»  
ЭКСПЕРИМЕНТЫ КРИСТОФЕРА ЧИАВЕРИНЫ  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина  
Ст. Сенченко Е.В., Калашиник Н.А., Гайворонский Д.В.  
Рук. доц. Казачков А.Р., проф. Сыркин Е.С.*
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ  
НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО УРАВНЕНИЯ ВАН-ДЕР-  
ВААЛЬСА  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Харьковский автодорожный институт.  
Ст. Ходеева Т.В.  
Рук. проф. Пятак А.И., доц. Кудрявцев И.Н.*
5. УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ РЕЗОНАНСА ТОКОВ,  
РЕЗОНАНСА НАПРЯЖЕНИЙ, И ФЕРРОМАГНИТНЫХ ТЕЛ  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: Забаровский Н.А. Попов А.С.  
Рук. доц. Ушаков В.В.*
6. ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРОНОВ ПО  
СКОРОСТЯМ  
*Национальный технический университет  
“Харьковский политехнический институт”  
Ст. Десятниченко А.В., Рассоха М.А., Рожевский Д.Н.  
Рук. доц. Кульчицкая А.К.*
7. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧЕЧНЫХ ЗАРЯДОВ НА СФЕРЕ И  
МНОГОГРАННИКЕ  
*Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина  
Ст. Каменский Д.Л.,  
Рук. доц. Горбач В.Н.*
8. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ  
*Национальный технический университет  
“Харьковский политехнический институт”  
Ст. Шах Вали Шамла, Малахова Е.  
Рук. Синельник Ирина Васильевна*

15 мая 2003 г., четверг  
секционные заседания

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ**

12<sup>30</sup>, 213 У2

**Доклады**

1. КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИХ  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: Сергиенко А.В.  
Рук.: ст. пр. Галуза А.А.*
2. ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ЗЕЕБЕКА ТОНКИХ ПЛЕНОК SnTe ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Калашник Н.А.  
Рук. Проф. Розачева Е.И.*
3. КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ МИКРОИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ФОТОГРАФИЙ ПОВЕРХНОСТИ  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст.: Кудленко А.Д.  
Рук.: к.ф.м.н. Галуза А.А.*
4. СКАНИРУЮЩАЯ ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Михайлова И.Ю., Авдеева Е.А.  
Рук.: с.н.с. Дьяконенко Н.Л., доц. Белозерцева В.И.*

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

14<sup>30</sup>

213 У/2

### Доклады

1. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФИТИНГ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ  
*Малый Университет Харьковского национального университета им В.Н.Каразина*  
*Ст. Аверков С.С., Бирченко А.П., Кривчиков А.А.*  
*Рук. доц. Казачков А.Р., к. ф.-м.н., ст. пр. Василевская Ю.В., пр. Мазничко А.Б.*
2. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОЁМКОСТИ ПЛАТИНЫ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО НАГРЕВА  
*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. Лебедев А. В.*  
*Рук. доц. Авотин С. С.*
3. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ РАДИОСВЯЗЬ – ТЕХНОЛОГИИ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ.  
*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта,*  
*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*  
*Ст. Мицик А.А.*  
*Рук. доц. Елизаренко А.В., доц. Федорченко В.И.*
4. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ КАРТИН В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИНАХ  
*Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина*  
*Ст. Волгин А.А.,*  
*Рук. доц. Горбач В.Н.*
5. ПАРАДОКС БЕРТРАНА: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
*Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина*  
*Ст. Каменский Д.Л.*  
*Рук. Дюкарев Ю.М.*

6. ИЗУЧЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
ст. Рассоха М.А., Десятниченко А.В., Рожевский Д.Н.  
Рук. доц. Кульчицкая А.К.*
7. ВОЗМОЖНОСТИ ТРЕХМЕРНОГО ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА 3D STUDIO MAX5 ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТОК ТВЕРДЫХ ТЕЛ  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Потапов М.А.  
Рук. доц. Синельник И.В.*
8. КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ВОДОРОДОПОДОБНОГО АТОМА  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Фиофилова А.А., Овчаренко Г.Д.  
Рук. доц. Синельник И.В.*

## **ИНЖЕНЕРНАЯ СЕКЦИЯ**

**15.05.03 12<sup>30</sup> 9 У2**

### **Доклады**

1. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ЧЕЛОВЕКА  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Плотницкая О.А.  
Рук. доц. Павляк Я.С.*
2. РОЛЬ ПРИНЦИПОВ ФИЗИКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО ЗНАНИЯ  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Руденко О.С.  
Рук. ст. пр. Меньшов Ю. В., доц. Меньшова И.И.*

3. **СОВРЕМЕННЫЕ ЛАЗЕРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Саврицкая И.В., Нижевский И.В.,  
Турчинова Ю.А., Соломаха Е.А.  
Рук. к.ф.-м.н. Лысак С.В., доц. Петренко Л.Г.*
4. **РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ, ЭКОЛОГИЯ**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Сл. Воловик Е.М.  
Рук. асс. Корж И.А.*
5. **ФИЗИКА, ЭНЕРГЕТИКА, ЭКОЛОГИЯ**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Литус Д.В., Романенко К.А.,  
Швидкий А.В., Бобраков А.В.  
Рук. доц. Петренко Л.Г., к.ф.-м.н.Лысак С.В.*
6. **О ПРИРОДЕ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ:  
ОТ МАГНИТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ К  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ СВЕРХПРОВОДНИКАМ**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Ст. Старцев С.В.  
Рук.: доц. Белозерцева В.И., ст.преп. Толстенко А.С.*
7. **ЛАЗЕР И ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
ст. С.П. Горбаченко  
Рук: доц. Белозерцева В. И., ст. пр. Толстенко А. С.*
8. **ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТООПТИЧЕСКОГО  
ЭФФЕКТА ФАРАДЕЯ**  
*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"  
Ст. Котов Д.В.  
Рук. ст. пр. Подъячая Е.Н, доц. Подъячий Ю.И.*



9. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ,  
СОЗДАВАЕМЫХ СИСТЕМОЙ ПРОВОДНИКОВ С ТОКАМИ

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст. Сирук А.А., Сивков М.А.*

*Рук. доц. Лебедева М.В.*

10. ОСВОЕНИЕ РЕАЛЬНОСТИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Незборецкая О.Д., Назаров И.А.*

*Рук. доц. Гнидаш Н.И.*

## **ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ**

### **АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СВОЙСТВ ВТСП СИСТЕМ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР 100-200К**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Нечай А.Н.*

*Рук. проф. Мамалуй А.А.*

Многочисленные экспериментальные исследования свойств ВТСП систем в области 100-200 К демонстрируют аномальное поведение. Однако физический механизм наблюдаемых аномалий остается неясным до настоящего времени. Фиксация структурного состояния из области температур, при которых наблюдается аномалия, свидетельствует о том, что это структурное состояние характеризуется повышенными значениями температуры сверхпроводящего перехода ( $T_c$ ) на 10-40% [1].

Представляют значительный интерес результаты работ [2,3], в которых были обнаружены и исследованы фотоструктурные превращения в пленках

Y-Ba-Cu-O в процессе фотооблучения при температурах аномалий. Данное сообщение посвящено анализу результатов работ по изучению оптических свойств Y-Ba-Cu-O в аномальной области.

Количество работ, посвященных этой проблеме достаточно велико. Рассмотрим результаты лишь некоторых основополагающих исследований в этой области.

В работе [2] была обнаружена фотодопированная металлизация пленки и аномальное фотоиндуцированное изменение оптического пропускания пленки Y-Ba-Cu-O при малых дозах облучения.

Показано что фотоиндуцированное пропускание зависит от множества факторов, таких например как доза облучения пленки и процедура термообработки пленки. Интересной особенностью данного эффекта стала необычная зависимость времени релаксации остаточного фотоиндуцированного пропускания от температуры. При нагреве пленки выше 125K происходит резкий сброс фотоиндуцированных эффектов с восстановлением исходных значений фотопроводимости и концентрации носителей. Это коррелирует с результатами [1], но различаются времена релаксации.

В ряде работ, например [3] проводилось комплексное изучение влияния оптического облучения на электрические свойства и критические параметры пленочных Y-Ba-Cu-O образцов. Эти эксперименты показывают что фотоиндуцированные изменения являются долгоживущими при  $T < 150-200\text{K}$ . При  $T > 150-200\text{K}$  происходит быстрая релаксация образцов с восстановлением исходных параметров, а при  $T < 150-200\text{K}$  происходит медленная релаксация. Следует добавить что долгоживущие фотоиндуцированные эффекты наблюдаются только для соединений Y-Ba-Cu-O имеющего плоскости  $\text{CuO}_2$  и цепочки  $\text{CuO}_x$ .

В работе [4] характер аномалий был связан с рядом структурных переходов вакансионной подсистемы от одного к другому типу вакансионных сверхструктур (ВСС). В этой работе с использованием представлений о двухямном потенциале атомов цепочечного кислорода показано что при различных температурах энергетически выгодно образование различных ВСС, и, таким образом теоретически подтверждена гипотеза [1] о температурном полиморфизме ВСС в Y-Ba-Cu-O системе.

Анализ работ показал необходимость проведения дополнительных экспериментальных исследований Y-Ba-Cu-O оптическими методами в области 100-200K в условиях [1,4].

Литература:

1. А.А.Мамалуй, Л.С.Палатник, К.В. Беднов, М.А.Оболенский, А.В. Бондаренко Низкотемпературная закалка монокристаллов Y-Ba-Cu-O.-ФНТ.-N11.с.1180-1186.

2. И.Я.Фуголь, В.Н.Самоваров, М.Ю.Либин Влияние структурной неравновесности и температуры на фотоиндуцированные изменения пропускания пленки Y-Ba-Cu-O.-ФНТ.-1995.--N5.с523-530.

3. В.М.Дмитриев, В.В.Еременко, И.С.Качур, В.Г. Пирятинская, О.Р.Приходько, А.М. Ратнер, Е.В. Христенко, В.В.Шапиро, Кинетика критических токов, критической температуры сверхпроводимости и электропроводности нормального состояния при фотооблучении эпитаксиальной пленки Y-Ba-Cu-O. ФНТ.-1995.-N2.с.219-227.

4. И.Н.Саблин Устойчивость кислородной подсистемы и свойства Y-Ba-Cu-O. Дисс. Канд. ф.-м. Наук. Харьков. 2003.

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЗРАЧНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КЮВЕТ**

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст. Артеменко С.В.*

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

Показатель преломления вещества  $n$  является одним из важнейших его параметров. Для измерения показателя преломления используются различные методы: внутреннего отражения, автоколлимации, иммерсионный и др. Приборы, предназначенные для этой цели, носят общее наименование - рефрактометров [1].

В данной работе рассматривается простой метод определения  $n$  жидкостей, находящихся в кюветах цилиндрической формы произвольного диаметра, например, тонкостенных пробирках, полимерных трубках и др. В основе метода лежит явление преломления света в цилиндрических линзах [2]. Для его реализации используется система регулярно расположенных в плоскости линий (решетка).

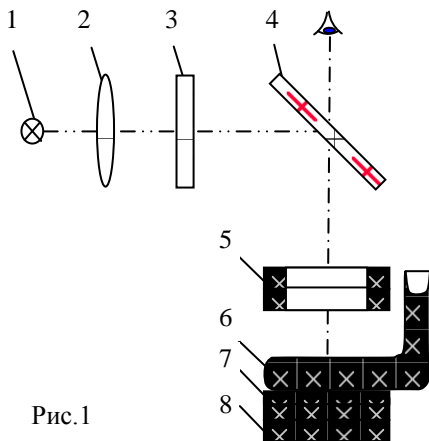


Рис.1

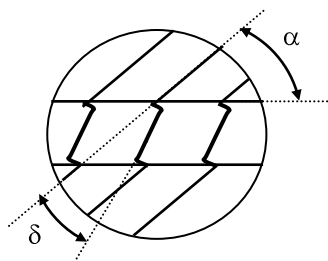


Рис.2

На рисунке 1 приведена схема устройства (рефрактометра) для измерения показателя преломления, а на рисунке 2 - поле его зрения. Рефрактометр содержит источник света 1, расположенный в фокусе объектива коллиматора 2, светофильтр 3. Параллельный пучок лучей, отражаясь от полупрозрачной пластинки 4, попадает на кювету 6, заполненную жидкостью, и освещает транспарант с решеткой 7. Кювета расположена непосредственно на транспаранте и закреплена в трехкоординатном микропозиционере (на рисунке не показан). Если линии решетки образуют с осью кюветы угол  $\alpha$ , то их соответствующие изображения, наблюдаемые через прозрачную кювету в монохроматическом свете, оказываются повернутыми на угол  $\delta$ . Для измерения углов  $\delta$  и  $\alpha$ , соответственно, используются гониометры 5 и 8.

По измеренным значениям углов  $\alpha$  и  $\delta$  можно однозначно определить показатель преломления жидкости из уравнения [2]

$$n = \frac{2 \cos \alpha \cdot \sin(\alpha + \delta)}{\sin(2\alpha + \delta)}.$$

Значения показателей преломления ряда жидкостей (воды, водных растворов сахара и др.), определенных по предлагаемой методике, хорошо согласуются с известными данными, а также с результатами измерения  $n$  стандартными методами (например, на рефрактометре типа УРЛ-1). Достижимая точность измерения показателя преломления зависит от точности измерения углов  $\alpha$  и  $\delta$  и ошибка определения показателей преломления может быть менее  $10^{-3}$ .

Предлагаемая методика предназначена для постановки работы в лабораторном практикуме по спецкурсу "Оптический контроль".

Литература:

[1] Иоффе Б.В. Рефрактометрические методы химии. Л.: Химия, 1983. 344 с.

[2] J.Alonso, E.Bernabeu. A method for the measurement of the refractive index of dielectric cylinders. Pure Appl. Opt., V.6, pp.147 – 152, 1997.

## **ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ФИЗИКА ДЛЯ ВСЕХ: “АВТОМОБИЛЬНЫЕ” ЭКСПЕРИМЕНТЫ КРИСТОФЕРА ЧИАВЕРИНЫ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
Харьковский национальный университет им.  
В.Н.Каразина*

*Ст. Сенченко Е.В., Калашник Н.А., Гайворонский Д.В.,  
Черкашин А. С.*

*Рук. доц. Казачков А.Р., проф. Сыркин Е.С.*

Физика может стать для всех учащихся любимым предметом, если на занятиях они почувствуют вкус настоящего научного исследования. Выбирая темы таких работ, следует помнить, что многие важные физические явления можно изучить вне стен учебной лаборатории в ходе простых и наглядных экспериментов, не требующих сложного оборудования и специальных измерительных приборов. А если эти исследования пройдут в увлекательной форме, успех учебы гарантирован.

Именно так подходит к преподаванию всех разделов физики выдающийся американский физик–педагог Кристофер Чиаверина, автор многих статей в журналах *The Physics Teacher* и *American Journal of Physics* и популярного учебника *Light Science* (Springer, NY, 1999). Он предлагает своим ученикам интересную исследовательскую задачу о уже в самом начале курса, при изучения основы основ – ньютоновских законов движения. Эта необычная работа, проходящая на школьной автостоянке, позволяет наглядно (и даже весело) убедиться в справедливости 2-го закона Ньютона, а зная его, определить без взвешивания массу легкового автомобиля  $m_{авт}$  (измерения

проводились и со школьным автобусом). При этом список приборов для измерения ограничивается напольными весами, секундомером и рулеткой.

Опыт ставится следующим образом. Несколько (как правило, трое) учащихся толкают машину с постоянной силой, величина которой  $F_m$  отсчитывается по напольным весам: машина толкается весами, прижатыми к заднему стеклу через листы поролона или небольшие подушки. Приведенная в движение машина едет по горизонтальному пути, и один из ее пассажиров по сигналу второго (“хронометриста”) через каждые две секунды выставляет на дорогу метки, которые определяют положение автомобиля как функцию времени. Эксперимент заканчивается, когда машина разгоняется настолько, что студентам с весами становится трудно успевать за



ней. Усилие толкания подбирается таким, чтобы за один “заезд” пассажиры выставили несколько ( $\sim 10$ ) меток. Рулеткой измеряется расстояние между метками и рассчитывается средняя скорость автомобиля на каждом двухсекундном отрезке:

$$V_{cp} = \Delta S / \Delta t, \quad (1)$$

где  $\Delta t = 2$  с. Далее, учащиеся строят график зависимости  $V_{cp}$  от времени и по углу наклона прямой  $V_{cp}(t) = kt$  находят ускорение автомобиля  $a$ . Подставив его в “перевернутое вверх ногами” (К.Чиаверина) выражение для 2-го закона Ньютона

$$m = F/a, \quad (2)$$

где  $F$  – равнодействующая сил, приложенных к автомобилю, учащиеся определяют массу машины с пассажирами. Вот когда вновь пригодятся напольные весы! Найдя с их помощью массы водителя, “хронометриста” и “установщика меток” и вычтя их из рассчитанной по формуле (2) величины  $m$ , получают искомое значение  $m_{авт}$ .

Равнодействующая  $F$  меньше суммы показаний весов при толкании  $F_m$  на величину силы трения  $F_{mp}$ :

$$F = F_m - F_{mp}, \quad (3)$$

последняя же равна отсчету весов, при каком автомобиль движется равномерно.

“Автомобильный” эксперимент пользуется у учащихся большим успехом, во многом потому, что он носит в наилучшем смысле “прагматический” характер: знание законов физики позволило им остроумно измерить практически важную величину  $m_{авт}$ .

Однако, полученное значение массы может существенно расходиться с указанным в техпаспорте машины из-за экспериментальные погрешностей. Для предотвращения грубых ошибок стрелка весов должна находиться на уровне глаз толкающих, а направление приложения силы должно быть параллельно дороге. Инструктируя учащихся перед началом эксперимента, К.Чиаверина всегда обращает их внимание на эти и другие важные для получения достоверного результата моменты.

Анализируя экспериментальные данные, любезно предоставленные юными американскими исследователями, мы заметили, что большую погрешность могут внести начальные и конечные двухсекундные отрезки пути, на которых учащимся трудно сохранять силу толкания постоянной. Что касается измерения силы трения, то при малых скоростях машины (1-3 м/с) водителю не удастся уверенно зафиксировать равномерный режим движения, поэтому  $F_{mp}$  определяется со значительной ошибкой.

Мы предлагаем несколько изменить схему эксперимента, что позволит повысить точность измерения  $m_{авт}$  (и сократит объем работы). Пусть в ходе одного “заезда” машину толкают сначала с некоторой постоянной силой  $F_{m1}$ , а потом – с меньшей  $F_{m2}$ . Измерив расстояния  $\Delta S_n$ ,  $\Delta S_{n+1}$  между любыми тремя соседними метками на первом участке, определяем ускорение автомобиля как

$$a_1 = (\Delta S_{n+1} - \Delta S_n) / (\Delta t)^2. \quad (4)$$

Аналогично рассчитывается величину ускорения  $a_2$ , которое приобрел автомобиль под действием силы  $F_{m2}$ . Из двух уравнений с двумя неизвестными ( $m, F_{mp}$ )

$$ma_1 = F_{m1} - F_{mp}; \quad ma_2 = F_{m2} - F_{mp} \quad (5)$$

(“традиционный” вид 2-го закона Ньютона) находим силу трения и массу автомобиля:

$$F_{mp} = (F_{m2} a_1 - F_{m1} a_2) / (a_1 - a_2); \quad m = (F_{m1} - F_{m2}) / (a_1 - a_2). \quad (6)$$

Таким образом, не приходится отдельно (и заведомо неточно) мерить силу трения. Кроме того, для расчетов можно выбрать такие пары соседних отрезков  $\Delta S_n, \Delta S_{n+1}$ , на которых машину удалось толкать с наиболее постоянным усилием  $F_{m1}, F_{m2}$ .

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО УРАВНЕНИЯ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
Харьковский автоторожный институт.*

*Ст. Ходеева Т.В.*

*Рук. проф. Пятак А.И., доц. Кудрявцев И.Н.*

Корректное решение многих прикладных задач, связанных с движением жидкостей и газов в области критических значений температуры, давления и объема является необходимым для разработки новейших образцов техники, работающих в широких диапазонах давлений и температур, в частности, криогенных автомобилей (Туренко А.Н., 2000).

Как известно, для анализа поведения реальных газов широко применяется уравнение состояния Ван-дер-Ваальса

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V^2} \quad (1)$$



где  $a$  и  $b$  - постоянные, учитывающие притяжение и отталкивание молекул.

В соответствии с данным уравнением на изотермах  $P(V)$  при низких температурах имеются два экстремума, а при достаточно высоких - получаются обычные изотермы, которые находятся тем ближе к случаю идеального газа, чем выше температура газа.

Отметим, что определение величины  $T_k$  является ключевым моментом в решении вопроса о других критических параметрах, в частности, критическом объеме  $V_k$  и критическом давлении  $P_k$ .

Обычно величина  $T_k$  определяется следующим образом, (см., например, (Дутчак Д.И., 1973)). При критической температуре на кривой Ван-дер-

Ваальса есть точка перегиба, в которой вторая производная  $\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}$  равна нулю. Из этого условия можно найти значения критического объема и критической температуры

$$V_k = 3b, \quad T_k = \frac{8a}{27Rb} \quad (2)$$

Соответственно для критического давления  $P_k$  из уравнения (1) получаем значение

$$P_k = \frac{a}{27b^2}$$

Выражения (2), (3) позволяют установить, что для всех веществ в данной модели выполняется соотношение

$$\frac{RT_k}{P_k V_k} = \frac{8}{3} = 2.67 \quad (4)$$

Для сравнения с экспериментом рассмотрим таблицу опытных данных (Дутчак Я.И., 1973).

Таблица 1 Экспериментальные значения для отношения критических параметров

Вещество	$\frac{RT_k}{P_k V_k}$
Водород	3,28
Кислород	3,42
Этиловый спирт	4,0
Вода	4,35
Уксусная кислота	6,8

Как видно из табл. 1, отличия теоретических результатов, полученных на основе уравнения Ван-дер-Ваальса, от экспериментальных очень большие (вплоть до 300%). К настоящему времени написано около 150 видов уравнений состояний для реальных газов, но все они, как отмечается в работе (Дутчак Я.И., 1973), являются неточными.

Из экспериментальных данных следует, что значительно лучше выполняется равенство  $V_K=2b$ . Остановимся на этом моменте подробнее.

Данный результат  $V_K=2b$  можно получить из уравнения Ван-дер-Ваальса, не требуя равенства нулю первой и второй производных

$$\left( \frac{\partial P}{\partial V} = 0 \quad \frac{\partial^2 P}{\partial V^2} = 0 \right), \text{ а требуя отсутствия экстремумов на кривой } \frac{\partial P}{\partial V}.$$

Уравнение для  $\frac{\partial P}{\partial V}$  можно написать в виде

$$\frac{\partial P}{\partial V} = -\frac{RT}{(V-b)^2 V^3} \left[ V^3 - \frac{2a}{RT} (V-b)^2 \right] \quad (5)$$

Нули производной (10) определяются функцией

$$y(V) = V^3 - \frac{2a}{RT} (V-b)^2 \quad (6)$$

Приведем ее качественный график

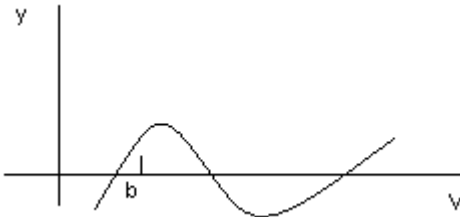


Рис. 1. График функции (6), определяющей нули производной  $\frac{\partial P}{\partial V}$

Ясно, что в общем случае происходит три пересечения оси абсцисс и существуют два экстремума функции  $y(V)$ . Наличие двух точек пересечения кривой  $y(V)$  с осью абсцисс при  $V > b$  означает существование экстремумов на кривой  $P(V)$ . При этом условие существования экстремумов на кривой  $y(V)$  имеет вид

$$\frac{dy}{dV} = 3V^2 - \frac{4a}{RT} (V-b) = 0 \quad (7)$$

Решениями этого уравнения являются значения

$$V_{\pm} = \frac{2}{3} \frac{a}{RT} \pm \sqrt{\frac{4a^2}{9R^2T^2} - \frac{4ab}{3RT}} \quad (8)$$

Критическая температура определяется из требования равенства нулю подкоренного выражения в (8), откуда получим

$$T_k = \frac{a}{3bR} \quad (9)$$

При температурах  $T < T_k$  имеется два действительных корня, а значит два экстремума на кривых Ван-дер-Ваальса, но при  $T > T_k$  корни становятся комплексными, что означает исчезновение экстремумов, т.е. переход к изотермам идеального газа.

При  $T = T_k$  из формул (8) и (9) получаем значение критического объема  $V_{k=2b}$  (10)

Отметим, что это значение критического объема как раз и соответствует экспериментально полученным результатам (см., напр., (Дутчак Я.И., 1973)).

Литература

Туренко А.Н., Пятак А.И., Кудрявцев И.Н. и др. (2000). Экологически чистый криогенный транспорт: современное состояние проблемы // Вестник ХГАДТУ. Сб. науч. трудов.-Харьков, вып. 12-13, с.42-47.

Дутчак Я.И. (1973). Молекулярная физика. Изд-во Львовского университета. - 263 с.

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ РЕЗОНАНСА ТОКОВ, РЕЗОНАНСА НАПРЯЖЕНИЙ, И ФЕРРОМАГНИТНЫХ ТЕЛ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Забаровский Н.А. Попов А.С.  
Рук. доц. Ушаков В.В.*

Существуют различные методы регистрации резонанса токов и напряжений [1]. Предлагаемое устройство реализовано на базе действующей лабораторной установки «Эффект Холла в полупроводниках» [2], с целью её модернизации. Установка-прототип содержит: электромагнит, датчик Холла с

милливольтметром, источники питания постоянным током, микроамперметр и мост Уитстона с магазином сопротивлений.

Схема предлагаемого устройства представлена на рис. 1, а её

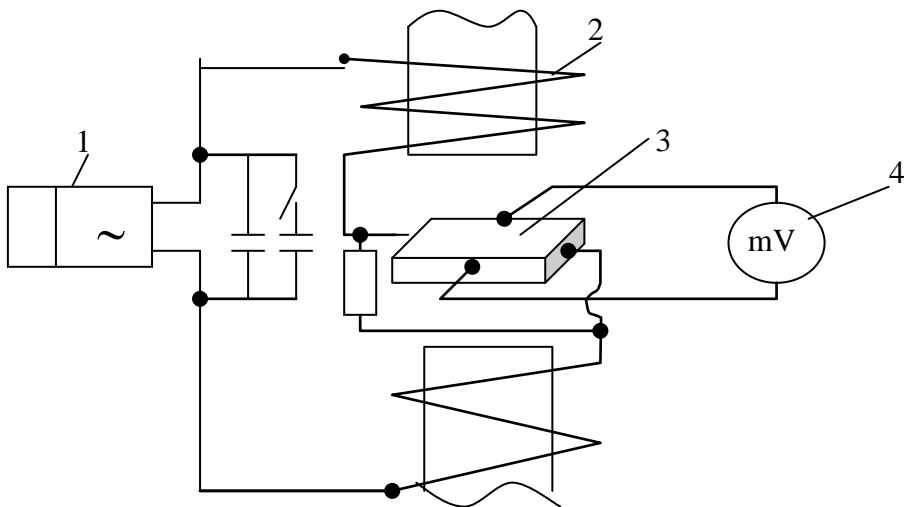


Рис.1

принципиальная электрическая схема – на рис. 2.

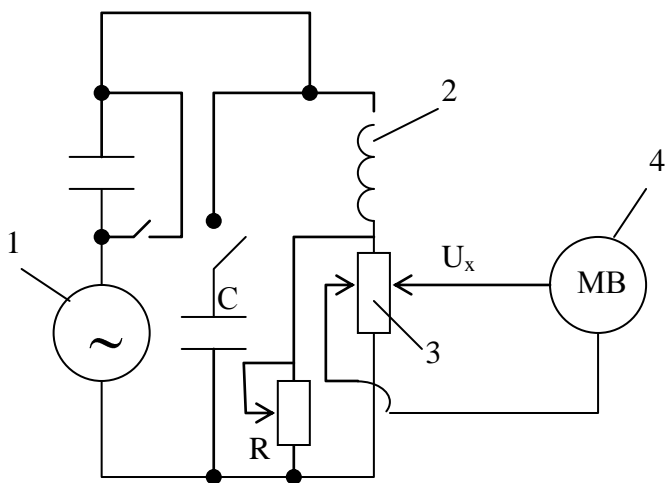


Рис.2

Вместо регулируемого источника постоянного тока используется генератор 1 переменного тока в диапазоне частот  $17-20 \cdot 10^3$  Гц. Генератор питает последовательно включенные обмотку электромагнита 2 и датчик Холла 3, к которому подключен милливольтметр 4. Датчик Холла шунтируется низкоомным реостатом R для ограничения силы тока через датчик (рис. 2). Кроме того, к генератору подключена батарея конденсаторов с ёмкостью  $C = 10 \div 50$  мкФ, что необходимо для осуществления резонанса токов [1].

Устройство работает следующим образом. При постепенном увеличении частоты  $\omega$  генератора изменяется амплитуда силы тока  $I$  в индуктивной ветви контура, что вызывает адекватные осцилляции магнитной индукции  $B$ . Напряжение на холловских контактах

$$U_x = R \cdot \frac{I \cdot B}{d},$$

(где  $R$  – постоянная Холла,  $d$  – толщина датчика), остается однако, знакопостоянным, т.к. направление тока через датчик и направление вектора магнитной индукции для мягкого железа электромагнита изменяется практически адекватно. Поэтому при прохождении частоты  $\omega = 1/\sqrt{L \cdot C}$  милливольтметр регистрирует показания, адекватные резонансу токов или напряжений.

Для осуществления резонанса напряжений генератор 1 подключается последовательно в цепь с элементами контура на рис. 2.

В нашем практикуме используется и более простой в эксплуатации вариант схемы 1: датчик питается постоянным током, в индуктивную ветвь подключается электромагнит установки-прототипа, либо катушка со сменными сердечниками из разных материалов, холловские контакты подключаются к милливольтметру переменного тока или осциллографу.

Изложенная методика позволяет существенно расширить функциональные возможности используемой установки при минимальных капитальных затратах.

#### Литература

- [1] Калашников С.Г. Электричество, - М.: Наука, 1977, с. 485 – 494.
- [2] Ушаков В.В. Определение концентрации, подвижности и знака носителей заряда в полупроводнике в сб. Методические указания к лабораторным работам по разделам «Физика атомов, молекул и твердого тела», - Харьков. ХПИ, 1990г. стр.86-90.

# ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРОНОВ ПО СКОРОСТЯМ

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст. Десятниченко А.В., Рассоха М.А., Рожевский Д.Н.  
Рук. доц. Кульчицкая А.К.*

Изучение статистических закономерностей является одной из важных задач, так как позволяет выяснить смысл функции распределения и законов статистической физики, что в дальнейшем поможет успешно освоить некоторые математические и специальные дисциплины.

Принципиальная схема, с помощью которой можно разделить по скоростям термоэлектроны, эмитированные из нагретого катода  $K$  трехэлектродной лампы представлена на рис. 1.

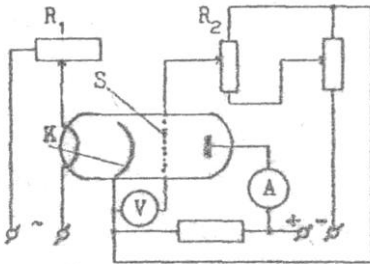


Рис. 1

Распределение скоростей описывается функцией распределения (закон распределения Максвелла):

$$f(u) = \frac{dN_u}{N_o du} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} u^2 e^{-u^2} \quad (1)$$

где  $u=v/v_o$  - относительная скорость частиц;  $v_o$  - наиболее вероятная

скорость;  $\frac{dN_u}{N_o}$  - отношение числа

частиц (термоэлектронов) с заданным значением  $u$  к общему числу частиц  $N_o$ , то есть вероятность попадания того или иного значения  $u$  исследуемой величины в интервал  $du=dv/v_o$ .

Кинетическая энергия и скорость термоэлектронов, а, следовательно, и температура электронного газа зависит от температуры катода. На сетку подается задерживающий потенциал  $\phi$ , который измеряют вольтметром  $V$ . Величину  $\phi$  можно изменять с помощью потенциометра  $R_2$ .

Если потенциал сетки  $\varphi = 0$ , то все электроны достигают анода и создают ток  $I_0$ . Этот ток пропорционален общему числу электронов  $N_0$ , участвующих в опыте, то есть  $I_0 = \gamma N_0$ .

При подаче на сетку задерживающего потенциала  $\varphi$ , до анода доходят только те электроны, скорость которых превышает значение  $v = \sqrt{2e\varphi/m}$ , где  $e$  и  $m$  – соответственно заряд и масса электрона. При этом анодный ток пропорционален числу  $N$  таких электронов, то есть  $I = \gamma N$ .

Поэтому, если задерживающему потенциалу  $\varphi_1$  на сетке соответствует ток  $I_1$ , а задерживающему потенциалу  $\varphi_2$  – ток  $I_2$ , то в интервал скоростей

$$\Delta v = \sqrt{\frac{2e}{m}}(\sqrt{\varphi_2} - \sqrt{\varphi_1}) = \sqrt{\frac{2e}{m}}\Delta(\sqrt{\varphi}) \quad (2)$$

попадает число электронов

$$\Delta N = (I_2 - I_1) / \gamma = \Delta I / \gamma \quad (3)$$

На основании выражений (1) – (3) можно получить функцию распределения:

$$f(\sqrt{\varphi}) = \frac{\Delta I \sqrt{\varphi_e}}{I_0 \Delta(\sqrt{\varphi})} \quad (4)$$

Проанализировав зависимость  $\Delta I$  от  $\sqrt{\varphi}$ , можно найти  $\sqrt{\varphi_e}$ , а, следовательно,  $v_e$ . Изменяя ток накала лампы, можно получить зависимость  $f(\sqrt{\varphi})$  при различных температурах электронного газа. Из сравнения графиков  $f(v)$  и  $f(\sqrt{\varphi})$  следует, что полученное распределение термоэлектронов по скоростям аналогично максвелловскому распределению.

Установка, с помощью которой получены результаты данного исследования и использованная методика, могут быть рекомендованы в качестве лабораторной работы.

Литература:

Савельев И.В. Механика. Молекулярная физика. Москва, Наука, 1999, 295с.

Механика и молекулярная физика: Учебное пособие к выполнению лабораторных работ./ А.И. Бабкин, В.К. Герасимов, А.Е. Гришкевич и др.; Под ред. А.Е. Гришкевича и Т.П. Приваловой.- Челябинск: ЧГТУ, 1995.- 125 с.

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧЕЧНЫХ ЗАРЯДОВ НА СФЕРЕ И МНОГОГРАННИКЕ**

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

*Ст. Каменский Д.Л.,  
Рук. доц. Горбач В.Н.*

Исследование топографии электростатических полей точечных зарядов в пространстве всегда представляет интересную методическую задачу при изучении раздела «Электростатика» курса общей физики. К настоящему времени создано достаточно много программ (например  $[-3]$ ) для компьютерного моделирования электростатических полей точечных зарядов, расположенных в одной плоскости.

Схема построения силовых линий для большинства программ состоит в следующем. С окружности малого радиуса вокруг одного из точечных зарядов, через равные дуги окружности, стартуют  $N$  силовых линий. Вычисляются  $E_x$  и  $E_y$  компоненты электростатического поля, и в направлении, определенном этими компонентами, прорисовывается участок силовой линии. Затем в новой точке вычисляются компоненты поля, и прорисовывается новый вектор вдоль силовой линии, и так вплоть до второго заряда или до края монитора, после чего рассчитывается и выводится на экран монитора новая силовая линия.

Из этого видно, что при такой процедуре определения координат точек начала старта подпрограммы, с помощью которой осуществляется построение силовой линии, правильная плотность силовых линий электрического поля не обеспечивается. Необходимо решить задачу по определению координат точек старта силовых линий. Для случая распределения точечных зарядов в плоскости процедура определения точек начала старта силовых линий предложена в работе [4]. Нами в этой работе предлагается схема определения этих точек для трехмерного случая.

Для этого решается задача по определению координат элементарных зарядов (на которые заменяются заданные точечные заряды, формирующие электростатическое поле), находящихся на сфере малого, но конечного



радиуса. Число элементарных зарядов пропорционально величине точечного заряда и равно числу входящих или выходящих силовых линий. Координаты элементарных зарядов в равновесном положении (с учетом как взаимодействия их между собой, так и взаимодействия их со всеми точечными зарядами) являются координатами начала построения силовой линии.

В случае если имеется только одна сфера (учитывается только взаимодействие элементарных зарядов между собой), координаты зарядов в равновесном состоянии являются координатами вершин многогранника, вписанного в сферу.

В предлагаемой программе имеется возможность не только определения координат вершин выпуклых многогранников, но и построения выпуклых многогранников с любым числом вершин. Интересно отметить, что получаемые многогранники не всегда являются правильными (например, куб). Но это очевидно, потенциальная энергия системы зарядов в вершинах куба больше потенциальной энергии системы зарядов, находящихся в вершинах построенной программой многограннике.

Литература:

Гульд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Т.1. – М.: Мир, 1990. – 349 с.

Кондратьев А.С., Лаптев В.В. Физика и компьютер. – Л.: ЛГУ, 1989. – 328 с.

Лучицкий Р.М., Солоницкий Я.В., Власій О.Д. Фізичне моделювання і його застосування для розрахунку та візуалізації електростатичних та магнітних полів. В зб. «Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики». Т. 2. Кривий Ріг, 2003, стор.229-232.

Брук В.В., Горбач В.Н., Ковзаленко А.М., Мураховский А.А. Моделирование электрического поля системы статических зарядов. в: Применение персональных компьютеров в научных исследованиях и учебном процессе. Под ред. Ульянова В.В., Харьков: ХГУ, 1994. – с.42.

## **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ**

*Национальный технический университет  
“Харьковский политехнический институт”*

*Ст. Шах Вали Шамла, Малахова Е.*

*Рук. доц. Синельник И.В.*

Широкое распространение компьютерных технологий и превращение компьютера в орудие профессиональной деятельности не только инженеров и ученых, но и представителей других специальностей – экономистов, библиотекарей, секретарей, художников, музыкантов стало возможным во многом благодаря развитию компьютерных технологий представления графической информации.

В данной работе рассматриваются физические процессы, обеспечивающие зрительное восприятие окружающего мира, влияние физических параметров световой волны на характер зрительного восприятия и применение данных закономерностей при создании графических изображений в компьютере.

Особое значение в создании графических эффектов играют закономерности восприятия света и возникающие при этом оптические иллюзии. Мы рассмотрели основные законы восприятия цвета человеком, законы оптического и пространственного смещения цветов, классические оптические иллюзии – Эббингауза, общей оценки, контраста, перспективы, Мюллера-Лайера, параллелограмма, параллельных линий.

Ввиду особой важности цвета для передачи графической информации, нами была подробно исследована оптическая иллюзия, связанная с возникновением эффекта цвета при движении черно-белого изображения – диск Бэнгхэма. При вращении диска диаметром 10 – 15 см, на который нанесен черно-белый рисунок (последовательно закрашенные секторы с ровным и неровным краем, концентрические полосы, секторы, ограниченные спиралью с началом в центре круга и т.д.) с частотой порядка 60 об/мин. рисунок становится цветным. Для изучения особенностей возникновения иллюзии нами была разработана компьютерная программа, моделирующая движение диска.

На основании изученных закономерностей рассмотрены способы создания цветных изображений на экране монитора; основные модели представления цвета в компьютерной графике – аддитивная RGB (**R** – red, красный, **G** – green, зеленый, **B** – blue, синий), субтрактивная CMYK (**C** – cyan, бирюзовый, **M** – magenta, пурпурный, **Y** – yellow, желтый, **K** – key, черный), физиологической HBS (Hue – цветовой тон, Brightness – яркость, Saturation – насыщенность); создание специальных графических эффектов и текстур.

Изучение физических закономерностей взаимодействия световых волн и восприятия их человеком позволит создавать реалистичные изображения окружающего мира, находить нетрадиционные решения в области компьютерного дизайна

# НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СЕКЦИЯ

## ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ЗЕЕБЕКА ТОНКИХ ПЛЕНОК SnTe ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Калашник Н.А.  
Рук. проф. Рогачева Е.И.*

Теллурид олова – представитель группы полупроводниковых соединений типа  $A^{IV}-B^{VI}$ , который широко используют в оптоэлектронике, термоэлектричестве и других областях науки и техники. Наличие широкой односторонней области гомогенности, смещенной в сторону избытка теллура, определяет высокую концентрацию дефектов нестехиометрии и носителей заряда  $p$  – типа в SnTe.

Объектом исследования явились тонкие пленки SnTe ( $d = 0.2 - 2.5$  мкм), полученные термическим испарением в вакууме кристаллов SnTe и последующим осаждением конденсата на стеклянные подложки при комнатной температуре. В задачи работы входило изучение температурных зависимостей коэффициента Зеебека  $S$  в интервале 80-300 К.  $S$  измеряли относительно меди компенсационным методом с точностью не ниже  $\pm 3\%$ .

Анализ полученных результатов показал, что для всех исследованных пленок наблюдается рост  $S$  с увеличением температуры. Характерной особенностью зависимостей  $S(T)$  является наличие на них ступенек, перегибов, которые не наблюдаются на температурных зависимостях массивных кристаллов. В некоторых случаях отмечается определенная периодичность в расположении температурных аномалий, отчетливо выраженный ступенчатый характер кривых.

Наблюдаемые особенности кривых  $S(T)$  свидетельствуют о прохождении системой (тонкой пленкой) в процессе ее нагревания ряда промежуточных состояний. Предполагается, что существование таких состояний может быть обусловлено высокой концентрацией катионных вакансий в SnTe и их перераспределением в процессе нагрева с образованием наиболее устойчивых структур.

# КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ МИКРОИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ФОТОГРАФИЙ ПОВЕРХНОСТИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Кудленко А.Д.  
Рук. ст.пр. Галуза А.А.*

Интерферометрия – раздел оптики, в котором получили успешное развитие фундаментальная наука и инженерная практика. Высокая чувствительность и точность интерференционных приборов, реализация принципа бесконтактного контроля исследуемых объектов определяют важную роль интерферометрии в современных высоких технологиях.

Так, например, микроинтерферометрия применяется для измерения толщин пленочных покрытий, качества обработки поверхности высокого класса чистоты, исследования особенностей микрорельефа и т.д. Как и при контроле формы поверхности, измерение высоты микронеровностей производят по искривлению интерференционных полос, получаемых с помощью, например, МИИ4 (микроинтерферометра Линника).

Процесс расчета высоты неровностей «вручную» позволяет рассмотреть малое количество точек и занимает много времени.

В настоящем сообщении предлагается компьютерная система обработки и анализа микроинтерферометрических картин.

В ходе работы решались две задачи: прямая и обратная.

Прямая задача заключается в получении интерференционной картины по имеющемуся рельефу поверхности.

Обратная задача состоит в восстановлении профиля поверхности по ее интерференционной картине.

Параллельно с тестированием компьютерной системы на конкретном тестовом образце было проведено и «ручное» измерение микронеровности, которое показало достаточную точность расчетов.

# **КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Сергиенко А.В.  
Рук. ст. преп. Галуза А.А.*

Каждому ученому-экспериментатору знакома проблема: как рационально организовать сбор, классификацию, хранение, обработку и визуализацию больших объемов экспериментальных результатов. Проблема усугубляется невозможностью создать универсальную систему такого рода, удовлетворяющую потребностям любого эксперимента. Каждый эксперимент требует своего уникального подхода к хранению и обработке данных.

На кафедре Общей и экспериментальной физики НТУ «ХПИ» ведутся активные исследования в области эллипсометрии. Огромные объемы экспериментальных данных потребовали создания специализированного программного обеспечения, отвечающего потребностям именно такого типа исследований.

Эллипсометрический эксперимент заключается в измерении изменения состояния поляризации излучения после отражения от исследуемой поверхности.

Разработанное программное обеспечение представляет собой специализированную базу данных для ввода и хранения значений углов скрещивания анализатора и поляризатора для различных условий эксперимента. Эти данные автоматически пересчитываются в эллипсометрические углы  $\Psi$  и  $\Delta$ . При этом выполняется анализ на наличие грубых ошибок. Система имеет возможность представления данных в виде различных графиков, которые могут быть экспортированы во внешние программы. Возможен вывод результатов на печать.

Система написана на Borland C++ Builder. Для работы подходит любой компьютер, на котором установлена операционная система из семейства MS Windows.

# СКАНИРУЮЩАЯ ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Михайлова И.Ю., Авдеева Е.А.*

*Рук. с.н.с. Дьяконенко Н.Л., доц. Белозерцева В.И.*

В данной статье рассказывается о принципах работы и возможностях основных типов сканирующих зондовых микроскопов (сканирующего туннельного и атомно-силового).

Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) – новый метод получения увеличенных изображений поверхности, основанный на использовании механического зонда. Этим методом можно получить изображение на воздухе, в жидкости и в вакууме с разрешением вплоть до долей ангстрема.

В конструкцию СЗМ входит зонд, пьезоэлектрические двигатели для перемещения зонда, электронная цепь обратной связи и компьютер для управления процессом сканирования, получения и обработки изображений. Главной частью микроскопа является сенсор с высоким пространственным разрешением. Основными видами сенсоров являются туннельный и атомно-силовой.

В качестве зонда сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) используется острая проводящая игла. Между остриём иглы и образцом прикладывается напряжение, и при подводе острия к образцу, примерно до 0,5–1,0 нм электроны образца начинают «туннелировать» через зазор к острию или наоборот, в зависимости от полярности рабочего напряжения. На основании данных о токе туннелирования в СТМ проводится визуализация топографии.

В основу работы СТМ положено явление туннельного эффекта (существования определённой, отличной от нуля вероятности проникновения микрочастиц через потенциальный барьер и тогда, когда их полная энергия меньше высоты барьера). Процесс туннелирования электронов происходит при перекрытии волновых функций атомов острия сканирующей иглы и поверхности. Экспоненциальная зависимость туннельного тока от расстояния придают СТМ очень высокую чувствительность.

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) позволяет получать количественные данные о микрорельефе поверхности в нанометровом диапазоне, обеспечивает возможность испытаний образцов непосредственно на воздухе, позволяет исследовать поверхности любых материалов – проводящих, полупроводников, а также изоляторов.

Основным элементом атомно-силового сенсора является консоль, представляющая собой пружину с малой жесткостью. АСМ зондирует поверхность образца острой иглой, длиной 1–2 мкм и диаметром обычно не более 10 нм. Игла устанавливается на свободном конце измерительной консоли.

Принцип действия силового сенсора основан на использовании сил атомных связей, действующих между атомами вещества. При изменении силы, действующей между поверхностью и острием, консоль отклоняется от положения равновесия. Такое отклонение регистрируется датчиком, состоящим из полупроводникового лазера и четырехсекционного фотодиода.

СЗМ широко используется в фундаментальных исследованиях: для анализа шероховатости поверхности, для построения трёхмерных изображений (от атомов до микронных образований на поверхности биологических объектов), позволяет измерять проводимость поверхности, распределение зарядов, магнитных полей и модуля упругости, свойства смазочных плёнок и др.

Основное достоинство сканирующего зондового микроскопа состоит в том, что он регистрирует, в отличие от оптического или электронного микроскопа, истинно трёхмерные параметры.

#### Литература:

[1] Суслов А.А., Чижик С.А., Сканирующие зондовые микроскопы// Материалы, технологии, инструменты.– №3.– С.78–89.– 1997.

[2] Филатов Д.О., Круглов А.В., Гущина Ю.Ю. Исследование топографии поверхности твёрдых тел методом атомно-силовой микроскопии в контактном режиме.

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФИТИНГ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

*Малый Университет Харьковского национального  
университета им В.Н.Каразина*

*Ст. Аверков С.С., Бирченко А.П., Кривчигов А.А.*

*Рук. доц. Казачков А.Р., к. ф.-м.н.,  
ст. пр. Василевская Ю.В., пр. Мазничко А.Б.*

Некоторые счетно-измерительные задачи, предлагаемые в качестве исследовательских на физическом отделении Малого Университета ХНУ, требуют от учащихся творческого использования их навыков работы с компьютером. Ниже рассмотрены две задачи такого типа.

1) Нахождение коэффициента трения скольжения по данным измерений, выполненных только линейкой.

“Динамический” способ нахождения коэффициента трения скольжения был предложен Леонардом Эйлером в середине 18 века. Полученная им формула выражает коэффициент трения скольжения  $\mu$  через величины, доступные непосредственному измерению. Схема эксперимента проста (современные студенты и школьники легко узнают в ней многочисленные задачи раздела Механика). Если тело скользит без начальной скорости с трением вниз по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом, и за время  $t$  проходит путь  $S$ , то коэффициент трения

$$\mu = tg\alpha - 2S/(gt^2\cos\alpha). \quad (1)$$

Отметим, однако, что в учебном, эксперименте, определить с приемлемой точностью значения входящих в формулу (1) величин отнюдь не просто даже сейчас, не говоря уже об эпохе Эйлера. Обходя измерительные трудности, связанные с тем, что пройденный телом путь должен быть найден с учетом времени движения, коэффициент трения скольжения часто принимают равным тангенсу такого угла наклона плоскости, при котором тело начинает соскальзывать без внешнего толчка. То есть *динамическая* величина  $\mu$  подменяется *статической* – максимальным значением коэффициента трения покоя.



Эту проблему можно решить, рассмотрев задачу о движении тела, скользящего по наклонной плоскости с начальной скоростью, направленной *горизонтально*. Качественное она проанализирована в связи с явлением «заноса» автомобиля ([1], задача 26), в литературе приведены также точные решения для ряда интересных частных случаев ([2], задача 1.95; [3], задачи 12.1,12.3). Недавнее точное решение и подробный анализ (А.Р.Казачков, С.Н.Зиненко, Ю.В.Василевская и др.) доложенные на региональных и международных конференциях, опираются на математический аппарат, выходящий за рамки школьной программы. Но дифференциальные уравнения движения, записанные в проекциях на оси X (горизонтальная) и Y как

$$a_x = -g\epsilon\cos\varphi\sin\alpha$$

$$a_y = g(1 - \epsilon\sin\varphi)\sin\alpha, \quad (2)$$

где  $\epsilon = \mu/\text{tg}\alpha$ ,  $\varphi$  - угол между направлением вектора скорости и осью X, могут быть решены численно. Считая движение тела в течение малых промежутков времени  $\Delta t$  равноускоренным, то есть принимая  $a_x, a_y = \text{const}$ , можно определить значения скорости и координаты тела в любой момент времени, тем самым, моделируя его движение в виртуальном эксперименте. Решение этой задачи было осуществлено при помощи программы, написанной на языке Turbo Pascal 7.0. Эта программа позволяет для любых заданных  $\mu$  и  $\alpha$  рассчитать траектории движения тела по наклонной плоскости, соответствующие различным начальным скоростям. Траектории такого виртуального движения финитны при  $\epsilon > 1$  и инфинитны при  $\epsilon \leq 1$ .

Особо интересен случай финитных траекторий. Зафиксировав  $\mu$  и  $\alpha$  и меняя начальную скорость виртуального броска, нельзя не заметить, что все точки остановки замечательным образом укладываются на одну прямую. Результаты эксперимента (на фотографии) полностью совпадают с предсказаниями компьютерного моделирования.

Это свойство двумерного скольжения по не гладкой наклонной плоскости было обнаружено теоретически: действительно, строгое решение системы (2) приводит к линейной зависимости между координатами точек остановки

$$y_{\text{ост}} = [(4\epsilon^2 - 1)/8\epsilon(\epsilon^2 - 1)] x_{\text{ост}}. \quad (3)$$

Внимание – отсюда следует, что не зная ни начальной скорости тела, ни времени его движения, из отношения координат точек остановки можно рассчитать величину коэффициента трения скольжения! Или же найти ее путем подгонки (фитинга) конечных точек полученных численным путем траекторий виртуального движения тела к экспериментальной зависимости  $y_{\text{ост}}(x_{\text{ост}})$ . При этом опытные данные получались из серии бросков небольших тел (монет – на фото слева) по плоскости с известным углом наклона  $\alpha$ , а варьируемым подгоночным параметром была искомая величина  $\mu$ .

2) Определение коэффициента истечения струи из отверстия (форм-фактора) по наклону огибающей семейства струй.

В докладе «Мир водяных струй» (К.Кравченко и др.) на студенческой научной конференции «Актуальные проблемы физики...» 2002 г. было показано, что огибающая семейства струй, вытекающих из разноуровневых отверстий в вертикальной боковой стенке сосуда, есть прямая линия (на фото – справа).



Продолжив это учебное исследование, мы заметили, что угол наклона огибающей к горизонту зависит от направления истечения струй и от коэффициента  $k$ , входящего в уточненную формулу Торричелли

$$V = k(2gh)^{1/2}, \quad (4)$$

Здесь  $V$  – начальная скорость струи, вытекающей из отверстия, расположенного на глубине  $h$  относительно уровня жидкости в сосуде, величина  $k$  зависит от формы отверстия, причем  $k$  всегда меньше 1.

Компьютерное моделирование (программирование в среде Borland C++ Builder 5) процесса истечения жидкости из сосуда позволило нам определить форм-фактор  $k$  семейства реальных струй. Изменение траекторий виртуальных струй производилось путем варьирования величины параметра  $k$  до наилучшего совпадения наклонов виртуальной и реальной огибающих:

сосуд (пластиковый контейнер) располагался в непосредственной близости от экрана монитора.

#### Литература:

[1] Слободецкий И.Ш., Асламазов Л.Г. Задачи по физике. – М.: Наука, 1975.-320с.

[2] Иродов И.Е., Савельев И.В., Замша О.И. Сборник задач по общей физике. – М.: Наука, 1975.-320 с.

[3] Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения с ответами и решениями. – М.: Мир, 1969, 624 с.

## **ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОЁМКОСТИ ПЛАТИНЫ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО НАГРЕВА**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Лебедев А. В.  
Рук. доц. Авотин С. С.*

При определении теплоёмкости металлов в лабораторном практикуме применяются методы охлаждения образца при постоянной температуре окружающей среды [1] и адиабатного нагрева образца в калориметре [2]. Обе методики достаточно сложны и обладают рядом недостатков, что связано с необходимостью учёта тепловых потерь.

Предлагается метод измерения теплоёмкости платины в лабораторном практикуме с использованием манометрической лампы ПМТ-2. Преобразователь манометрический термопарный представляет собой стеклянный отпаянный корпус (рис.1, поз.1), в котором на двух вводах смонтирован платиновый проволочный подогреватель (поз.2), на двух других вводах закреплена хромель–алюмелевая термопара (поз.3). В данной лабораторной установке спай термопары, нагреваемый платиновым подогревателем, служил источником ЭДС, значение которой фиксировали милливольтметром.

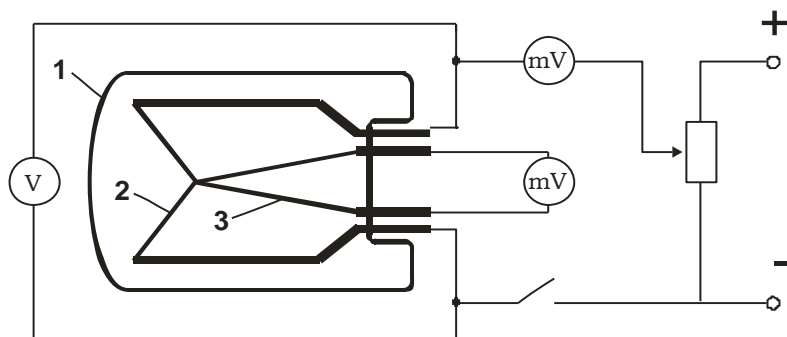


Рис. 1 Схема лабораторной установки

При проведении измерений в течении короткого промежутка времени  $\Delta t \sim 10 - 15$ с на подогреватель подавали напряжение  $U \approx 10$ В. В этом случае потери тепловой энергии путём излучения незначительны.

Удельную теплоёмкость платинового подогревателя вычисляем по формуле

$$C_x = \frac{I \cdot U \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta T},$$

где  $I$  - среднее значение силы тока подогревателя,  $U$  - напряжение,  $\Delta t$  - время нагрева,  $m = 10,2$ мг - масса платинового подогревателя,  $\Delta T$  - изменение температуры в процессе нагрева. Результаты проведенных измерений приведены в таблице 1.

№	$U$ , мВ	$I$ , мА	$\Delta t$ , с	$\Delta T$ , К	$C_x, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
1	460	100	6	372	130
2	500	145	8	443	128
3	550	120	10	487	133
4	600	100	12	520	135

Из приведенных в таблице данных видно, что теплоёмкость платины в исследованном интервале температур не зависит от температуры. Среднее

значение удельной теплоёмкости составляло  $132 \frac{Дж}{кг \cdot К}$ , что хорошо коррелирует с литературными данными [3].

1. Туровский Я. А., Бартенев Г. М. Определение теплоёмкости металлов методом охлаждения. ЖТФ, 10, вып. 6, 1940, с. 514-516.
2. Иверопова В. И. Физический практикум. Механика и молекулярная физика. – М.: Наука, 1976.- 352 с.
3. Кэй Дж., Лэби Т. Таблицы физических и химических постоянных. –М.: Физматгиз,1962.-274 с.

## **ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ РАДИОСВЯЗЬ – ТЕХНОЛОГИИ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ.**

*Украинская государственная академия  
железнодорожного транспорта*

*Национальный технический университет  
“Харьковский политехнический институт”*

*Ст. Мищик А.А.*

*Рук. доц. Елизаренко А.В.,  
доц. Федорченко В.И.*

На железнодорожном транспорте широкое применение находят системы радиосвязи с подвижными объектами: СРС, ПРС и РОРС. Это в основном аналоговые конвенциональные системы. Хотя парк радиостанций достаточно велик, около 80% абонентского оборудования, применяемого на железной дороге, физически и морально устарел и подлежит замене. Однако физическая замена аналоговых устройств на новые модели такого же класса представляет путь в никуда. Сегодня рассматривается возможность внедрения цифровых систем второго поколения – TETRA и GSM-R.

При выборе системы подвижной технологической радиосвязи железнодорожного транспорта более перспективными являются средства

третьего поколения, поскольку системы второго поколения устареют еще до их полного внедрения на сети железных дорог.

Все основополагающие технические решения сотовой связи третьего поколения базируются на технологиях CDMA. Среди основных преимуществ цифровых сотовых систем связи с кодовым разделением каналов можно выделить следующие: i) повышенная емкость системы; ii) высокое качество обслуживания абонентов, обусловленное использованием усовершенствованных алгоритмов обработки сигналов; iii) экономичность системы (средняя излучаемая мощность – менее 10 мВт).

#### Литература:

1. Ратынский М.В. Основы сотовой связи. Москва, «Радио и связь», 2002
2. А. Редников, В. Копейник, Б. Любимов, В. Куликов. Журнал «Новые технологии», март, 1998.

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ КАРТИН В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИНАХ**

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

*Ст. Волгин А.А.,  
Рук. доц. Горбач В. Н.*

Большинство кристаллов оптически анизотропные, т. е. их свойства в разных направлениях не одинаковы. Наиболее важным проявлением этой анизотропии является двойное лучепреломление, которое заключается в том, что световая волна, проходя через кристалл, раздваивается и поляризуется. В каждом направлении распространяются две волны с разными показателями преломления  $n'$  и  $n''$ . Плоскости поляризации обеих волн взаимно перпендикулярны. Оба луча имеют разные скорости распространения, вследствие чего между ними возникает разность фаз, зависящая от расстояния, пройденного ими в веществе. Ортогональные колебания не интерферируют.

В общем случае при сложении двух линейно поляризованных взаимно перпендикулярных колебаний возникает эллиптически поляризованное

колебание. Интерференция может наблюдаться только при сведении их плоскостей колебаний в одну, причем падающий луч должен быть плоско поляризованным. Поэтому для наблюдения интерференции поляризованных лучей в кристаллах используется поляризационный микроскоп или поляризационная установка, в состав которой входят поляризатор и анализатор.

Экспериментально наблюдают два вида интерференции: оптические явления в параллельных линейно поляризованных лучах (ортоскопия), оптические явления в сходящемся линейно поляризованном свете (коноскопия). В обоих случаях интенсивность луча монохроматического света, прошедшего через систему поляризатор – кристаллическая пластинка – анализатор, выражается следующим уравнением:

$$J = J_0 \left[ \cos^2 \alpha - \sin 2\alpha \sin 2\beta \sin^2 \frac{\delta}{2} \right]$$

где  $J_0$  – первоначальная интенсивность,  $\alpha$  и  $\beta$  – углы между одним из направлений колебаний линейно поляризованных лучей в кристалле (направления колебаний определяются из соответствующего сечения индикатрисы) и направлениями колебаний света в поляризаторе и анализаторе, соответственно,  $\delta$  – разность фаз между двумя ортогональными колебаниями света на выходе из кристалла. Разность фаз определяется из формулы:

$$\delta = \frac{2\pi d}{\lambda \cos \theta} (n' - n'')$$

где  $\lambda$  – длина световой волны,  $d$  – толщина пластинки,  $\theta$  – угол между направлением распространения обоих лучей и нормалью к поверхности кристалла. Показатели преломления  $n'$  и  $n''$  определяются из соответствующего сечения оптической индикатрисы.

Предлагаемая в работе компьютерная программа позволяет моделировать интерференционные картины, получаемые в результате интерференции поляризованных лучей в параллельных и сходящихся лучах. Моделирование можно проводить как для монохроматического излучения произвольной длины волны, так и для белого света (как смешение трех основных цветов: красного, зеленого, синего).

Изменяя значения показателей среды вдоль главных осей индикатрисы и тем самым, меняя показатели преломления среды  $n_e$ ,  $n_o$  и угол между оптическими осями, можно получить коноскопические фигуры реальных кристаллов различных кристаллографических систем для различных срезов

кристалла. Оптические явления в параллельных линейно поляризованных лучах особенно хорошо наблюдаются в кварцевом или гипсовом клиньях.

Программа позволяет, путем варьирования показателей преломления среды  $n_e$  и  $n_o$  и угла клина, наблюдать зависимость явлений интерференции от толщины пластинки как в монохроматическом свете, так и в белом свете.

Программа может быть использована в лабораторном практикуме по кристаллооптике. Например, в качестве самостоятельной работы по компьютерному моделированию интерференционных явлений в физической оптике.

## **ПАРАДОКС БЕРТРАНА: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

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

*Ст. Каменский Д.Л.  
Рук. Дюкарев Ю.М.*

В курс «Теория вероятностей и математическая статистика» желательно включать различные парадоксы типа парадокса де Мере, парадокса Бертрана и им подобные. Изучение таких парадоксов целесообразно как минимум с двух точек зрения.

Во-первых, такие парадоксы вызывают своеобразный «эффект участия» в становлении основных понятий теории вероятностей. Во-вторых, преодоление парадоксов требует аксиоматизации и формализации основных понятий теории вероятностей. В этом контексте аксиоматический подход к построению теории вероятностей воспринимается как естественное стремление к достижению общности и непротиворечивости, а не как искусственная и бесполезная «игра ума». Глубокого и неформального понимания природы парадоксов в рамках аксиоматического подхода можно достичь с помощью компьютерного моделирования и наглядного представления результатов моделирования.

Для иллюстрации сказанного мы рассмотрим классический парадокс Бертрана. Дана окружность радиуса  $R$  и случайная хорда в ней. Требуется найти вероятность того, что случайная хорда будет иметь длину большую, чем сторона правильного вписанного в рассматриваемую окружность



треугольника. Сформулированная задача, несмотря на кажущуюся простоту, допускает несколько решений, приводящих их к разным ответам, в первом из них мы предполагаем, пользуясь симметрией задачи, что случайные хорды параллельны. Во втором мы предполагаем, что начала случайных хорд находятся в одной точке рассматриваемой окружности. В третьем решении мы считаем, что центры случайных хорд равномерно распределены внутри окружности. Каждое из приведенных предположений кажется естественным, но они приводят к разным ответам. Простые вычисления показывают, что искомые вероятности равны  $1/2$ ,  $1/3$  и  $1/4$  соответственно.

С точки зрения аксиоматического подхода парадокс объясняется тем обстоятельством, что понятие «случайная хорда» условиями задачи не определяется однозначно. Поэтому с рассмотренной задачей мы можем связать различные пространства элементарных событий и получить различные вероятности для рассматриваемого события.

В данной работе предлагается обобщение указанных выше решений и ряд новых, а также серия компьютерных демонстраций, которые позволяют лучше понять природу данного парадокса и, при некоторых дополнительных условиях, считать «правильным» один из предложенных ответов.

Мы можем, например, положить, что длина хорды равномерно распределена на отрезке  $[0; 2r]$ . Тогда искомая вероятность равна  $0,13$ .

Отдельно были изучены хорды, образованные при сечении окружности «случайной» прямой. Однако понятие «случайная» прямая также не определено как и понятие «случайная» хорда. И поэтому выбор случайной прямой также неоднозначен. Были реализованы несколько различных способов выбора случайной прямой. А именно:

- а) прямая проходит через две точки, координаты которых выбираются случайно;
- б) прямая определяется точкой пересечения с осью координат и углом с ней;
- в) в уравнении прямой  $Ax + By + C = 0$  коэффициенты  $A$ ,  $B$  и  $C$  выбираются случайно.

Все случайные параметры выбирались равномерно распределенными в определенном интервале значений. Все способы были смоделированы на компьютере с помощью языка Delphi 3.0, а также получены теоретические значения вероятности того, что длина случайной хорды, образованной при пересечении «случайной» прямой, выбранной указанными выше способами и окружности.

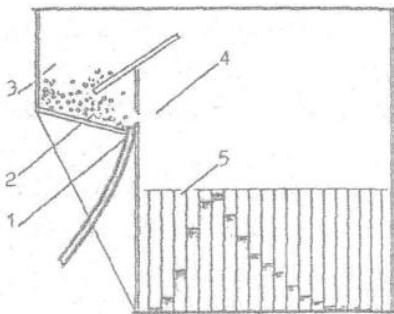
# ИЗУЧЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*ст. Рассоха М.А., Десятниченко А.В., Рожевский Д.Н.*

*Рук. доц. Кульчицкая А.К.*

Целью работы является исследование на механических моделях распределения скоростей хаотически движущихся частиц и сравнение его с максвелловским распределения молекул по скоростям, а также изучение закона нормального распределения случайной величины.



**Рис. 1**

Статистические закономерности выполняются для систем из большого числа частиц. Схема установки представлена на рисунке 1. В камеру 2 из бункера 3 поступают легкие частицы, которые увлекаются потоком воздуха от компрессора и, беспорядочно сталкиваясь друг с другом, приобретают различные скорости подобно молекулам при тепловом движении. Вследствие этого они вылетают из камеры через отверстие 4 с различными скоростями и движутся далее, как тела, брошенные горизонтально. При этом частицы с меньшими скоростями оседают в ячейках 5, расположенных ближе к камере, а частицы с большими скоростями пролетают дальше. В условиях опыта количество частиц, попадающих в конкретную ячейку, соответствует числу частиц, имеющих данную скорость.

В данной модели можно принять, что номер ячейки  $x$  пропорционален скорости частиц  $v$ , высота  $u_x$  столбика частиц в ячейки пропорциональна их числу  $N_x$ , а ширина ячейки  $\Delta x$  - интервалу скоростей  $\Delta v$ .

Функцию распределения можно выразить через относительную скорость частиц  $u$ , заменяя интервал  $\Delta x$  отношением  $\Delta x/x_g$  ( $x_g$  - номер ячейки с

максимальным числом частиц). Учитывая, что  $\Delta x = 1$ , расчетная формула для функции распределения частиц по ячейкам будет иметь вид

$$f(x) = \frac{y_x \cdot x_e}{\sum_i^N y_{x_i}} \quad (1)$$

где  $y_x$  - высота столбика частиц в ячейке с номером  $x$ ;  $\sum_i^N y_{x_i}$  - сумма высот столбиков частиц по всем ячейкам, пропорциональная общему числу частиц.

Далее следует вычислить для каждой ячейки относительную скорость частиц  $u = x/x_e$ , по таблице найти значения  $f(u)$ , рассчитать функцию распределения частиц по ячейкам по формуле (1) и на одном графике построить зависимость максвелловской функции распределения  $f(u)$  и функции распределения частиц по скоростям  $f(x)$ . Следует сравнить кривые и объяснить причины их несовпадения.

Изучение закона нормального распределения случайной величины производится на так называемой доске Гальтона - это вертикальная доска, на которой расположены стержни, предназначенные для рассеивания частиц, сыпавших сверху из бункера через воронку, а затем распределяющихся внизу по ячейкам, разделенных перегородками (нижняя часть установки такая же, как показано на рис.1). Попадание частиц в ту или иную ячейку носит случайный характер. Таким образом, на данной установке исследуемая случайная величина  $x$  - номер ячейки, в которую попала частица.

Число частиц  $N_x$ , попавших в ячейку с номером  $x$ , пропорционально высоте  $y_x$  столбика частиц в этой ячейке, а общее число частиц  $N_0$ , участвующих в опыте, очевидно, пропорционально сумме высот  $y_{x_i}$ . С учетом этого экспериментальная вероятность  $P_x$  попадания частиц в ячейку с номером  $x$

$$P_x = \frac{N_x}{N_0} = \frac{y_x}{\sum_i^{27} y_{x_i}} \quad (2)$$

Величина  $x$  имеет дискретный набор значений (от 1 до 27). Среднее значение  $\langle x \rangle$  вычисляется по формуле

$$\langle x \rangle = \frac{\sum_i^{27} x_i \cdot N_{x_i}}{N_0} = \sum_i^{27} P_{x_i} \cdot x_i \quad (3)$$

Основная характеристика нормального распределения - дисперсия  $D$  случайной величины  $x$

$$D = \sum_1^{27} (x_i - \langle x \rangle)^2 \cdot P_{x_i} \quad (4)$$

Найденные параметры распределения ( $x$ ) и  $D$  позволяют рассчитать значения функции нормального распределения частиц по ячейкам

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi D}} \cdot e^{-\frac{(x-\langle x \rangle)^2}{2D}} \quad (5)$$

Следует провести сравнение экспериментальной зависимости вероятности попадания частиц в ячейку  $P_x$  от номера ячейки  $x$  и теоретическую функцию распределения  $f(x)$ , соответствующую нормальному закону.

Данная работа и лабораторная работа "Изучение распределения термоэлектронов по скоростям" является элементами единого лабораторного занятия "Статистические распределения".

## **ВОЗМОЖНОСТИ ТРЕХМЕРНОГО ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА 3D STUDIO MAX5 ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТОК ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

***Ст. Поманов М.А.  
Рук. доц. Синельник И.В.***

3D Studio MAX 5 – это трехмерный графический редактор, позволяющий создавать модели реальных объектов. С помощью графических примитивов (сферы, каркасы куба, параллелепипеда, линии и др.), их модификаций, текстур, варьирования освещенности создаются реалистичные изображения объектов окружающего мира. Редактор позволяет также вращать объекты в разных направлениях и изменять положения обзора рассматриваемых моделей, приближать их к зрителю или удалять, что мы и использовали в ходе подготовки работы. 3D MAX дает нам возможность записать созданную анимацию объектов в файл видео формата и потом просматривать его как обычный видео клип.

Указанные особенности трехмерного графического редактора позволяют использовать его как инструмент при решении практических физических задач, требующих пространственного воображения.

Мы использовали его возможности для создания моделей кристаллической структуры твердых тел, которые позволяют получить представление о кристаллической решетке и наглядно увидеть, как расположены атомы в тех или иных веществах.

Задачей данной работы мы считали создание демонстрационных моделей кристаллической структуры твердых тел с целью облегчить восприятие студентами учебного материала, заинтересовать их возможностями научных исследований, которые открываются в связи с применением компьютерной техники.

Нами были созданы модели формирования кристаллической структуры вещества на основе представлений о плотнейшей упаковке шаров. В соответствии с этой моделью атомы представляют в виде твердых шариков заданного радиуса, которые заполняют пространство с максимально возможной плотностью. В зависимости от способа укладки шаров образуются различные типы кристаллических решеток.

Вторая демонстрация включает основные типы решеток Бравэ. Представлен вид элементарной ячейки и фрагмента решетки, состоящей из нескольких ячеек. Рассмотрение решетки под разными углами позволяет увидеть различные кристаллические плоскости, образуемые атомами решетки. Приведены примеры различных веществ, реализующих данные типы решеток.

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ВОДОРОДОПОДОБНОГО АТОМА**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Фиофилова А.А., Овчаренко Г.Д.  
Рук. доц. Синельник И.В.*

Компьютерное моделирование – эффективный и удобный способ исследования физических объектов. Одним из основных его достоинств является возможность визуализации процессов и явлений, наблюдаемых в реальном мире только опосредованно, не поддающихся непосредственному наблюдению (например, явления микромира или физические процессы, протекающие в экстремальных условиях).

Одним из таких объектов, структура и свойства которого определяются по результатам косвенных измерений, является мельчайшая структурная единица вещества – атом.

Нами разработана компьютерная программа, моделирующая водородоподобный атом и процесс возникновения спектральных линий, образующих серии, при излучении и поглощении атома.

Модель построена в рамках полуклассического приближения Бора. Атом рассматривается как система, состоящая из положительно заряженного ядра (с зарядом, равным порядковому номеру элемента, умноженному на элементарный заряд) и отрицательно заряженного электрона, который вращается вокруг ядра по одной из возможных круговых орбит. При переходе электрона с орбиты на орбиту атом излучает или поглощает энергию, соответствующую излучению определенной длины волны.

В интерактивном режиме пользователь может задавать исходное и конечное состояние атома (номер орбиты, на которой находится электрон), разновидность атома (порядковый номер химического элемента). При этом рассчитывается и выводится на экран значение радиуса орбиты, соответствующее заданному стационарному состоянию, кинетическая, потенциальная и полная энергии электрона в атоме, скорость движения электрона по орбите.

Представлена графическая динамическая модель атома с электроном, движущимся по орбите, энергетическая диаграмма переходов атома из одного состояния в другое и спектральная шкала линий излучения и поглощения. При переходе электрона с орбиты на орбиту электрон «перепрыгивает» и продолжает движение на новой орбите, на энергетической диаграмме отображается переход, соответствующий изменению состояния атома, на спектральной шкале появляется линия излучения (поглощения).

Программа может быть использована для изучения параметров водородоподобного атома и для решения задач по физике.

#### Литература:

А.А. Детлаф, Б.М. Яворский Курс физики М. «Высшая школа», 1989, 608 с.

# ИНЖЕНЕРНАЯ

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ЧЕЛОВЕКА

*Национальный технический университет  
“Харьковский политехнический институт”*

*Ст. Плотницкая О.А.  
Рук. доц. Павляк Я.С.*

Развитие телевидения, радиосвязи, радиолокации, расширение сети высоковольтных линий электропередачи, применение высокочастотной энергии в различных сферах промышленности и в быту привело к значительному росту уровня электромагнитного излучения на Земле.

Люди постоянно испытывают на себе действие этого излучения. Достаточно сказать, что мощность радиоволн в крупных городах в 2 миллиона раз превосходит естественный фон, создаваемый Солнцем.

Ученые однозначно заявляют, что воздействие электромагнитного излучения вредно для человека, поскольку оно обладает высокой биологической активностью. Так как излучение влияет на организм человека, минуя органы чувств, а последствия этого влияния носят отдаленный характер, то люди над этой проблемой, как правило, не задумываются.

В то же время исследования медиков в ряде стран доказали, что электромагнитное излучение оказывает негативное воздействие прежде всего на нервную, иммунную и репродуктивную системы человека.

В значительной степени это влияние зависит от частоты, мощности, длительности излучения. Особенно опасны сверхнизкочастотные поля, детектированные высоко- и сверхвысокочастотные поля со сверхнизкой модуляцией. Они действуют на ДНК как жесткая радиация, вызывая крайне тяжелые последствия, вплоть до разрушения гено типа.

При хроническом воздействии сверхвысокочастотных излучений развивается т.н. “радиоволновая” болезнь с разрушением регуляторных систем организма, в результате чего резко падает работоспособность человека, нарушается психика.

Конечно, не все люди по роду своей деятельности и из-за неудачного места жительства сталкиваются со сверхмощными источниками излучения, да и случаи опасных заболеваний, вызванных излучением, не очень часты. Но множество людей находится в потенциальной группе риска. Это, прежде

всего, пользователи ПК, люди, проводящие значительную часть времени у телевизоров, владельцы сотовых телефонов и т.п. Известно, что для пользователей компьютеров главную опасность представляет излучение монитора в диапазоне частот 20 Гц - 300 МГц и статический заряд экрана.

Пока нет бесспорно однозначных выводов о степени вреда, наносимого электромагнитным излучением, о допустимых нормах тех или иных параметров излучения, но ясно одно: такие исследования крайне необходимы, так как, по мнению экспертов Всемирной организации здравоохранения, сегодня степень электромагнитного “загрязнения” окружающей среды выходит на уровень загрязнения вредными химическими веществами.

## **РОЛЬ ПРИНЦИПОВ ФИЗИКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО ЗНАНИЯ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Руденко О.С.  
Рук. ст. пр. Меньшов Ю. В.*

В современной физике прослеживается тесная связь ее содержания с философской проблематикой. Физическому знанию присущ высокий уровень теоретических обобщений и разработки вопросов, связанных с методологическими обоснованиями физического знания. Методологический анализ принципов физики имеет значение, как для всего естествознания, так и для теории познания.

В данной работе рассмотрены принципы физики, которые в значительной мере характеризуют процесс познания, а именно: принципы наблюдаемости, соответствия и дополнительности.

В основе принципа наблюдаемости лежит положение, что физический эксперимент является не только определяющим фактором возникновения и развития физических представлений, но и критерием их истинности. Принцип наблюдаемости отражает определенные аспекты объективного мира и поэтому служит целям научного исследования.

Принцип соответствия устанавливает связь между различными физическими теориями, выступает как средство построения обобщающих теорий и имеет важное познавательное значение. Принцип соответствия – один из важнейших принципов в методологии научного познания.



Принцип дополнительности Бора отражает непримиримые противоречия микромира, является диалектическим принципом и носит философский характер, хотя и неразрывно связан с физикой; в нем современная физика нашла решение методологической проблемы соотношения теории и эксперимента.

Принцип дополнительности играет важную роль в познании физических явлений природы. Он отражает тот факт, что в процессе познания возникают противоречия, и что на каждом отдельно взятом этапе познания эти противоречия в какой-то мере разрешаются.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ЛАЗЕРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Саврицкая И.В., Нижевский И.В.,  
Турчинова Ю.А., Соломаха Е.А.*

*Рук. к.ф.-м.н. Лысак С.В., доц. Петренко Л.Г.*

В XX веке открытия науки и техники опережали идеи писателей-фантастов. Одним из таких открытий является создание генераторов индуцированного электромагнитного излучения - лазеров.

Лазерное излучение обладает рядом замечательных свойств: оно когерентно в пространстве и во времени, монохроматично, узконаправлено, характеризуется чрезвычайно высокой концентрацией энергии. Всё это ещё недавно казалось фантастикой.

В настоящее время в качестве рабочих веществ в лазерах используют самые различные материалы: активированные кристаллы и стёкла, пластмассы, жидкости, органические соединения и полупроводники. Создан новый класс газовых лазеров - ионные лазеры. Рабочий диапазон лазерного излучения простирается от ультрафиолетовой области (~0,3мкм) до дальней инфракрасной (~300мкм).

Уникальные свойства лазерного луча, многообразие конструкций современных лазеров и устройств на их основе обуславливает широкое применение лазерных технологий в промышленности, науке, медицине, биологии, средствах связи, информационной технике, астрофизике и в быту. Полупроводниковые лазеры сейчас очень широко используют для записи,

хранения и чтения информации на лазерных компакт-дисках. Лазерное излучение, передаваемое по оптоволоконным линиям, обеспечивает наиболее надёжную телефонную связь и кабельное телевидение.

Этим не исчерпываются все возможности применения лазеров. Например, они могут найти применение в электроэнергетике при разработке новых технологий энергосбережения. В перспективе - при изготовлении высокотемпературных сверхпроводников для линий электропередачи. Надежды физиков-ядерщиков осуществить управляемую термоядерную реакцию и инженеров-энергетиков - создать термоядерный реактор также связаны с лазерными технологиями.

## **РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ, ЭКОЛОГИЯ**

*Национальный технический университет  
“Харьковский политехнический институт”*

*Сл. Воловик Е.М.  
Рук. асс. Корж И.А.*

Радиационное излучение, его биологическое действие, прямое и косвенное, представляет серьёзную опасность для всех живых организмов. Но дальнейшее развитие науки и техники невозможно без использования атомной энергетики. Современные атомные электростанции в нормальном режиме работы в меньшей степени загрязняют окружающую среду, чем обычные тепловые.

В случае же техногенной катастрофы, последствия выбросов радиоактивных изотопов, с точки зрения экологии, несут значительно большую угрозу всему живому.

Причем опасность представляют не только большие дозы облучения, влекущие скорую гибель организма, но и малые дозы, вызывающие генетические нарушения.

Защита от действия ионизирующего излучения возможна посредством применения поглощающих экранов, защитных сооружений. Но при аварии, разрушении этих сооружений, радиоактивное заражение может охватывать обширные территории, радиационное поражение населения принять значительные масштабы. Примером этому служит катастрофа на Чернобыльской АЭС.

Исследования химических превращений под действием ионизирующего излучения позволили установить механизмы и создать средства защиты (так называемые протекторы) живых организмов от последствий облучения.

Так, например, молекулы некоторых органических соединений обладают способностью осуществлять защиту по типу «губки».

Не все механизмы действия известных защитных средств выяснены. Кроме того, возможно обнаружение новых протекторов.

Этими проблемами предстоит непосредственно заниматься тем, кто видит свою будущую работу на пересечении физики и химии.

## **ФИЗИКА, ЭНЕРГЕТИКА, ЭКОЛОГИЯ**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Литус Д.В., Романенко К.А.,  
Швыдкий А.В., Бобраков А.В.  
Рук. доц.Петренко Л.Г., к.ф.-м.н.Лысак С.В.*

Сейчас трудно себе представить, что всего 200 лет назад был создан первый гальванический элемент. С тех пор эпоху великих физических открытий сменило время техногенных и экологических катастроф. Начиная с 70-х годов прошлого столетия уверенность в «безграничности человеческой изобретательности» начала заметно уступать место серьёзной обеспокоенности состоянием окружающей среды, всё более изменяющейся под воздействием этой изобретательности не в лучшую сторону. Современное мировое сообщество является средой концентрированного энергопотребления, темпы роста которого и создают наибольшую угрозу мировой катастрофы.

В 80-90-х годах прошлого столетия Украина (с территорией 0,5% земной суши и с населением 1% общего числа жителей планеты) обладала 20% мощности всех ТЭС мира, вырабатывала 4% мирового производства электроэнергии, по производству газа занимала третье место в мире после России и США. Но к концу столетия промышленность Украины стала испытывать энергетический голод, а последствия Чернобыльской катастрофы ещё многие десятилетия будут ощущать не только Украина, но и многие страны Европы.

Всё это свидетельствует о том, что необходим кардинальный пересмотр энергетических и экологических программ, изменение стиля и образа жизни

как отдельных государств, так и всего мирового сообщества. Нужно находить новые пути производства электроэнергии, более доступные, дешёвые и экологически чистые (типа солнечных и ветровых электростанций), решить проблему создания термоядерных реакторов, искать способы экономии электроэнергии (например, путём использования высокотемпературных сверхпроводников), снижать энергоёмкость производств. Решение таких глобальных задач возможно лишь при объединении усилий учёных, инженеров и конструкторов всего мира. Нам, студентам электроэнергетического факультета, в будущей работе самым непосредственным образом придётся участвовать в решении этих проблем.

## О ПРИРОДЕ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ: ОТ МАГНИТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ К ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ СВЕРХПРОВОДНИКАМ

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст. Старцев С.В.*

*Рук. доц. Белозерцева В.И., ст.преп. Толстенко А.С.*

В высокотемпературных сверхпроводниках (ВТСП) сравнительно недавно было обнаружено любопытное явление – самопроизвольное разделение материала на две фазы: сверхпроводящую и изолирующую. Еще раньше подобное явление наблюдалось в магнитных полупроводниках, веществах не сверхпроводящих.

В данном докладе рассказывается как и почему происходит это разделение.

Известно, что в составе ВТСП, температура перехода которых  $\sim 160\text{K}$  обязательно присутствуют ионы меди  $\text{Cu}^{2+}$ , которые служат как бы микроскопическими магнетиками. Ионы-магнетики взаимодействуют друг с другом, образуя свою собственную упорядоченную структуру. В результате в кристалл из атомов оказывается вложенным кристалл из магнетиков.

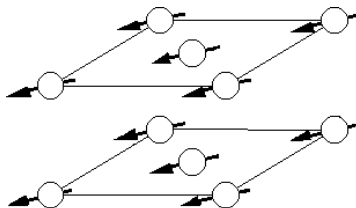


Рис.1.

Обсуждается ферромагнитная и антиферромагнитная структура кристаллов. На рис.1 показано ,что все ионы ориентированы в одном направлении, т.е. в кристалле имеется ферромагнитное упорядочение.

Оказывается, что электроны проводимости в магнитных материалах обладают интересным свойством: их энергия зависит от типа магнитного упорядочения.

Приводится информация о сверхкристаллах из электронных капель, о сверхпроводящих сверхкристаллах и перспективах их практических применений.

## **ЛАЗЕР И ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

*Национальный технический университет  
„Харьковский политехнический институт”*

*Ст. Горбаченко С.П.*

*Рук: доц. Белозерцева В. И., ст. пр. Толстенко А. С.*

Важным достижением физики второй половины XX века было изобретение оптического квантового генератора, или лазера.

Лазер представляет собой источник монохроматического когерентного света с высокой направленностью светового луча. Лазерное излучение происходит при взаимодействии фотона с возбуждённым атомом при точном совпадении энергии фотона с энергией возбуждённого атома (или молекулы) (рис. 1).

В данном докладе рассказывается о свойствах лазерного излучения, устройстве рубинового, газового и полупроводникового лазеров, их применения в промышленности и в быту .

Имеется краткий исторический обзор, в котором рассказывается об изобретении первого лазера в 1960 году. Его изобретателями были Джаван, Беннет и Херриот, которые сконструировали гелий-неоновый лазер, работающий в спектре инфракрасного излучения. В историческом обзоре ведётся речь о дальнейшем развитии и конструировании лазерных приборов, вплоть до нашего времени.

Особое внимание уделяется применению лазера в компьютерных и информационных технологиях, на примере действия магнитно-оптического накопителя (МОН).

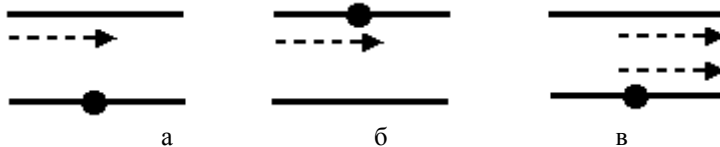


Рис. 1. Принцип действия лазера: а – поглощение энергии и возбуждение атома; б – атом, поглотивший энергию; в – испускание атомом фотона.

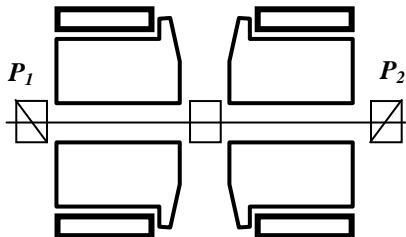
## ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТООПТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ФАРАДЕЯ

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст. Котов Д.В.*

*Рук. ст. пр. Подъячая Е.Н, доц. Подъячий Ю.И.*

Продольный магнитооптический эффект состоит в повороте плоскости поляризации луча света, проходящего через прозрачную среду, находящуюся в магнитном поле. Этот эффект был открыт в 1846 году. Открытие магнитооптического эффекта долгое время имело значение в чисто физическом аспекте, но за последние десятилетия оно дало много



*Рис. 1*

практических выходов.

Принципиальная схема устройства для наблюдения и многих применений эффекта Фарадея показана на *рис. 1*. Схема состоит из источника света, поляризатора, анализатора и фотоприемника. Между поляризатором и анализатором помещается исследуемый образец. Угол поворота плоскости

поляризации отсчитывается по углу  $\alpha$  поворота анализатора до восстановления полного гашения света при включенном магнитном поле.

Интенсивность прошедшего пучка определяется законом Малюса:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha.$$

На этом основана возможность использования эффекта Фарадея для модуляции пучков света. Угол поворота плоскости поляризации  $\alpha$  определяется следующей формулой:

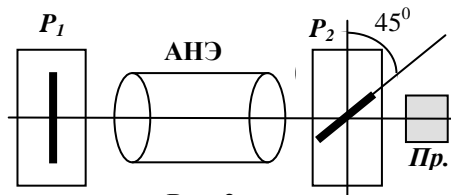
$$\alpha = \nu Hl,$$

где  $H$  - напряженность магнитного поля,  $l$  - длина образца, полностью находящегося в поле и  $\nu$  - постоянная Верде, которая содержит в себе информацию о свойствах, присущих исследуемому образцу, и может быть выражена через микроскопические параметры среды.

Основная особенность магнитооптического эффекта Фарадея состоит в его невзаимности, т.е. нарушении принципа обратимости светового пучка. Опыт показывает, что изменение направления светового пучка на обратное (на пути "назад") дает такой же угол поворота и в ту же сторону, как на пути "вперед". Поэтому при многократном прохождении пучка между поляризатором и анализатором эффект накапливается. Изменение направления магнитного поля, напротив, изменяет направление вращения на обратное. Эти свойства объединяются в понятие "гиротропная среда".

Согласно Френелю, поворот плоскости поляризации является следствием циркулярного дупреломления.

Рассмотрим теперь амплитудные и фазовые невзаимные элементы (АНЭ и ФНЭ) на основе эффекта Фарадея (рис. 2). В простейшем случае оптика



АНЭ состоит из пластинки специального магнитооптического стекла, содержащего редкоземельные элементы, и двух пленочных поляризаторов (поляроидов). Плоскости пропускания поляризаторов ориентированы под углом  $45^\circ$  друг к другу. Магнитное поле создается постоянным магнитом и подбирается так, чтобы поворот плоскости поляризации стеклом составлял  $45^\circ$ . Тогда на пути "вперед" вся система будет прозрачной, а на пути "назад" непрозрачной, т.е. она приобретает свойства оптического вентиля. ФНЭ предназначен для создания регулируемой разности фаз двух линейно

поляризованных встречных волн. ФНЭ нашел применение в оптической гиromетрии. Он состоит из пластинки магнитооптического стекла и двух пластинок  $\lambda/4$ , вносящих разность фаз  $\pi/2$  и  $-\pi/2$ . Магнитное поле, как и в АНЭ, создается постоянным магнитом. На пути "вперед" линейно поляризованная волна, прошедшая пластинку преобразуется в циркулярно поляризованную с правым вращением, затем проходит магнитооптическую пластинку с соответствующей скоростью и далее через вторую пластинку  $\lambda/2$ , после чего линейная поляризация восстанавливается. На пути "назад" получается левая поляризация, и эта волна проходит магнитооптическую пластинку со скоростью, отличающейся от скорости правой волны, и далее преобразуется в линейно поляризованную. Введя ФНЭ в кольцевой лазер, мы обеспечиваем разность времен обхода контура встречными волнами и вытекающую отсюда разность их длин волн.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ СИСТЕМОЙ ПРОВОДНИКОВ С ТОКАМИ**

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст. Сирук А.А., Сивков М.А.  
Рук. доц. Лебедева М.В.*

На практике для управления потоками заряженных частиц используются магнитные поля. Принципиально задача исследования их конфигурации (а следовательно, и траектории движения частиц) может быть решена с помощью закона Био-Савара-Лапласа и принципа суперпозиции полей, однако аналитическое решение такой задачи может быть получено только в отдельных случаях для симметричных систем. Но даже для такой простой системы как виток с током, обладающей осевой симметрией получение аналитической зависимости  $B(r)$  затруднено. Поэтому подобные задачи решаются либо численными методами с помощью ЭВМ, либо экспериментально с помощью датчиков (датчиков Холла, различного рода флюксметров).

В данной работе исследуется магнитное поле короткого соленоида, представляющего собой несколько витков проволоки, намотанных на



цилиндр из изоляционного материала. Учитывая осевую симметрию задачи конфигурация поля определяется в плоскости, перпендикулярной к плоскости витков. Если такую систему запитать переменным током, то для определения зависимости  $\mathbf{B}(\mathbf{r})$  удобно использовать вибрационный флюксометр, представляющий собой маленькую пробную катушечку с большим количеством витков. Измерение индукции таким датчиком основано на законе электромагнитной индукции. При пропускании через соленоид переменного тока изменяется и магнитный поток  $\Phi$ , принизывающий катушку датчика и в ней возникает ЭДС индукции  $\varepsilon$ , пропорциональная амплитудному значению индукции магнитного поля  $B_m$

$$\varepsilon = -\omega S N_1 B_m \cos \omega t ,$$

где  $\omega$  - циклическая частота тока,  $S$  и  $N_1$  - площадь поперечного сечения и число витков в катушке датчика,  $B_m$  - проекция вектора на нормаль к катушке. Для измерения ЭДС использовался цифровой вольтметр.

Градуировка датчика осуществлялась сравнением показаний вольтметра со значениями индукции магнитного поля в точке, где ее можно рассчитать аналитически. Для градуировки датчик размещался в центре кругового тока так, чтобы его ось совпадала с осью симметрии. Тогда

$$B_m = \mu_0 \frac{I_m}{2R} N ,$$

где  $N$  - количество витков кругового тока,  $I$  - сила тока в витках.

Чувствительность датчика существенно повышается при использовании в качестве источника переменного тока звукового генератора, позволяющего производить измерения на частотах в несколько килогерц.

## ОСВОЕНИЕ РЕАЛЬНОСТИ

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Незборецкая О.Д., Назаров И.А.  
Рук. доц. Гнидаш Н.И.*

Сегодня большинство научных теорий концентрируется на прагматическом предсказании и управлении, а не на достоверном описании или объяснении природы. Доминирующие теории могут изменяться самым непредсказуемым образом, а фундаментальные прошлые достижения науки

нередко приходится отвергать как ложные. В любой момент на смену сегодняшней науке может прийти радикально новая концепция.

Согласно Дэвиду Бому, мир, каким мы его знаем, представляет собой только один аспект реальности, ее «явный» или «развернутый» порядок. Сознание и материя оказывается взаимосвязанными, однако, не имеющими причинных связей на «явном» уровне реальности. Они представляют собой вложенные друг в друга проекции более высокой реальности, которая не является ни материей, ни сознанием в чистом виде.

Голографическая (холономная) модель реальности предоставляет чрезвычайно удобную концепцию для рациональной интерпретации или даже объяснения множества явлений из числа тех, что хоть и хорошо известны, но по сию пору не интегрированы в современную науку из-за своей «непонятности».

Современные физические направления проигнорировали голографическую модель вселенной Дэвида Бома, возлагая основные надежды на теорию великого объединения, связанную с теорией струн, которая, по мнению многих ученых, порождает столько же новых проблем, сколько решает старых.

Весь наш мир и мы сами – суть голограммы, «тень», проекция чего-то гораздо более грандиозного. При этом мы имеем достаточно информации, чтобы получить об этом представление. Никто не может объяснить, почему этот принцип работает, но идея «голограммы» постепенно становится одним из главных инструментов в поисках способа объединения гравитации и квантовой механики.

Концепция холономного подхода к природе вселенной и человека имеет исторические корни – в древних духовных учениях Востока, удивительных прозрениях мистиков Запада, или в философии немецкого математика и философа Готфрида Вильгельма фон Лейбница.

Наукове видання

**Товажнянський** Леонід Леонідович  
**Сокол** Євген Іванович  
**Мамалуй** Андрій Олександрович

## **Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення**

Матеріали студентської наукової конференції

Російською та українською мовами

Підп. до друку 05 2003 р. Формат 60x84 1/16 Папір Captain  
Друк. – ризографія. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 3,8  
Облік.-вид. арк. 4.1 Наклад 60 прим. Зам. №208 Безкоштовно.

---

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

---

Друкарня НТУ “ХП”

