

МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

53.05

**НЕКОТОРЫЕ ЛЕКЦИОННЫЕ ДЕМОНСТРАЦИИ ПО КУРСУ
ОБЩЕЙ ФИЗИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

В литературе¹ имеется описание отдельных демонстраций с использованием телевидения, но широкое применение этого прогрессивного метода только начинается. Несомненное преимущество телевидения — возможность показа явлений в динамике, при слабых освещенностях и больших увеличениях. На физическом факультете ЛГУ уже более двух лет в большой аудитории производится показ опытов, часть которых описывается ниже. Для этого используется промышленная телевизионная установка ПТУ-106. В аудитории установлено 6 телевизоров, что вполне достаточно для наблюдения с любого места аудитории.

1. Аномальная дисперсия в парах (метод крюков)

Основная часть установки (рис. 1) — интерферометр Рождественского², изготовленный в мастерской физического кабинета. В качестве источника сплошного спектра используется диапроектор 6. Горизонтальные интерференционные полосы проектируются на входную щель призмного монохроматора УМ-2. Выходная щель

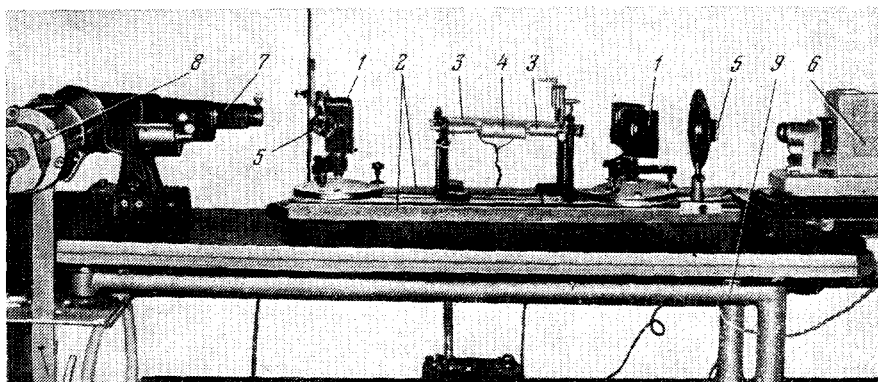


Рис. 1. Установка для демонстрации аномальной дисперсии в парах натрия.

1 — головка интерферометра, 2 — оптическая скамья, 3 — стеклянные кюветы, 4 — электроннагреватель, 5 — линзы, формирующие пучок, 6 — диапроектор, 7 — монохроматор, 8 — передающая трубка, — демонстрационный стол.

монохроматора удалена, а фокальная плоскость совмещена с поверхностью фотокатода суперрортика 8. В обоих плечах интерферометра установлены стеклянные кюветы 3. В одну из них, в специальное углубление, помещен кусочек металлического

натрия. Очистка производится путем его интенсивного прогрева при откачке форвакуумным насосом. Для уменьшения запыления окошек в трубку с Na добавлен буферный газ (неон). Электронагреватель 4 обеспечивает необходимое давление паров натрия. Демонстрация этого трудного опыта предполагает устранение влияния вибраций.

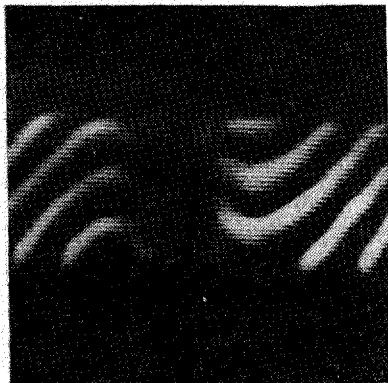


Рис. 2. Крюки Рождественского вблизи линии поглощения натрия.

Для этого интерферометр укреплен на двух жестко связанных оптических скамьях 2, смонтированных на тяжелом демонстрационном столе 9, имеющем резиновые колеса.

Опыт можно показывать в двух вариантах: а) На экране телевизора, по мере увеличения давления паров, возникает узкая темная линия поглощения, в окрестности которой изменение кривизны интерференционных полос воспроизводит ход показателя преломления вблизи линии поглощения (метод Пуччианти). б) В плечо интерферометра с «пустой» кюветой вводится слюдяная пластинка, создающая дополнительную разность хода. Вблизи линии поглощения образуются «крюки» Рождественского (рис. 2).

2. Броуновское движение

Препарат — молочная эмульсия в воде в соотношении $\sim 1 : 100$ — помещается между покровными стеклами на горизонтальный столик микроскопа и освещается слабым источником света, практически исключающим нагрев. Действительное изображение препарата проецируется на фотокатод приемной трубки. Для того чтобы по хаотическому движению частиц, отображаемых на экран телевизора, можно было оценить среднеквадратичное смещение за время наблюдения ~ 1 мин., необходимо большое увеличение системы микроскопа — суперорбитикон — экран

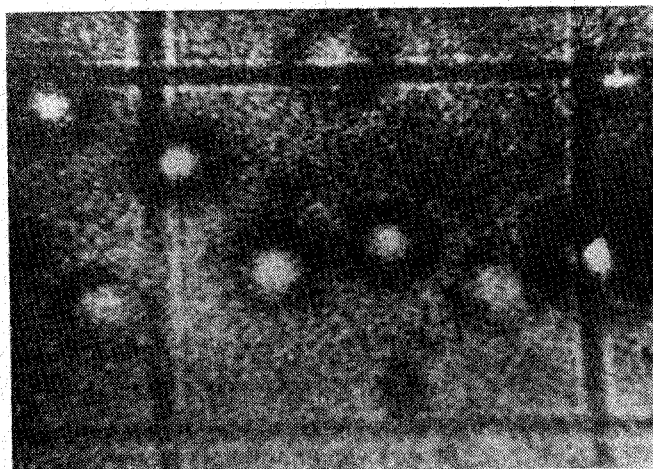


Рис. 3. Мгновенная фотография броуновских частиц с масштабной сеткой

телевизора. В нашем случае оно $\sim 20\,000$. Перед демонстрацией опыта определяется масштаб длины путем сравнения заданной меры со шкалой окулярного микрометра.

На рис. 3 приведена фотография броуновских частиц вместе с масштабной сеткой (сторона квадрата $10\ \mu\text{м}$). Фломастером на экране телевизора отмечается положение броуновской частицы через каждые $5\ \text{сек}$. На листе бумаги, прижатом к экрану, получается изображение ее хаотического перемещения, которое вместе с масштабом с помощью энциклопедии демонстрируется аудитории. При этом возможна оценка $\overline{\Delta r^2}$ и величина константы Больцмана. Так, например, из рис. 4 при $r \sim 0,5\ \mu\text{м}$, $\eta = 0,01\ \text{пуаз}$, $\Delta t = 5\ \text{сек}$, $T \sim 300\ \text{°K}$ по формуле Эйнштейна — Смолуховского³ получаем $k \sim 10^{-16}\ \text{эрг/град}$.

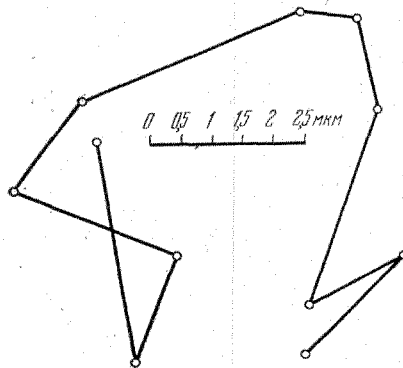


Рис. 4. Положения броуновской частицы через $\Delta t = 5$ сек.

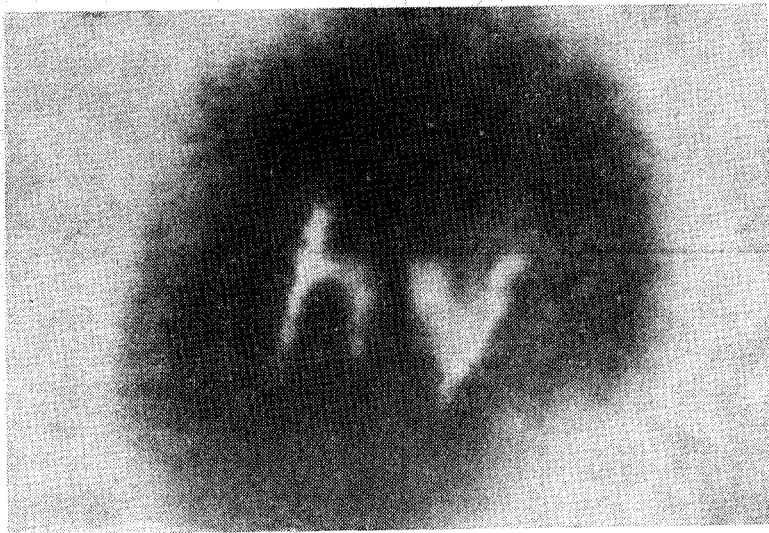


Рис. 5. Дифракционное изображение символа $h\nu$.

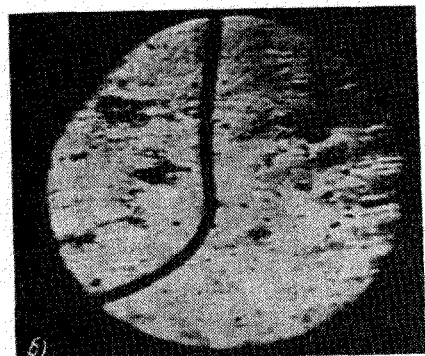
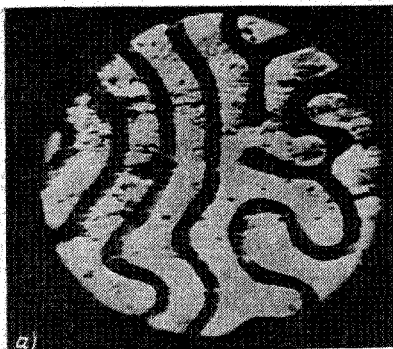


Рис. 6. Доменная структура ортоферрита:
 а) без магнитного поля, б) в поле постоянного магнита.

3. Фокусировка изображения при дифракции света на малом экране

На рис. 5 представлено изображение символа *kv* на экране телевизора. Объект написан иглой на зачерненной стеклянной пластинке и освещен источником света, в качестве которого использована лампа ДРШ-250 с конденсором. Расстояние от объекта до катода суперортикаона ~ 12 м.

При изложении дифракции света иногда показывают фотографии ⁴ дифракционного изображения. Телевизионный вариант заметно выигрывает по сравнению с обычными демонстрациями, поскольку студенты видят установку и лектор может менять условия опыта.

4. Магнитные домены

Тонкая (0,1 мм) монокристаллическая пластинка ортоферрита ⁵, $DyFeO_3$, помещена на столик поляризованного микроскопа. Действительное изображение поверхности пластинки проектирует на фотокатод приемной трубки. При увеличении микроскопа ~ 100 и определенной ориентации оптической оси кристалла видны темные и светлые области (домены) с довольно резкими границами. Здесь проявляется эффект Фарадея, вызванный сильным магнитным полем в пределах домена. Если к ферромагнитной пластинке приблизить подковообразный магнит так, чтобы существовала компонента поля, перпендикулярная к поверхности образца, то доменная картина изменяется — происходит вытеснение энергетически невыгодных доменов. В зависимости от направления поля растет суммарная площадь «светлых» либо «темных» доменов. При дальнейшем увеличении поля исчезают границы доменов (возникает однодоменное состояние). Это состояние устойчиво и для восстановления многодоменной структуры необходимо перемагничивание в резко неоднородном поле (с помощью магнитной спицы). На рис. 6 представлена фотография доменов с экрана телевизора без внешнего поля *a*) и в слабом поле постоянного магнита (*б*).

Ленинградский государственный университет им. А. А. Жданова *Н. И. Калитевский, В. С. Михалев, С. Н. Пеньков, В. А. Полищук, В. К. Прилико*

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Ш. Перкальскис, Докт. диссертация, 1973.
2. Д. С. Рождественский, Изв. АН СССР, сер. физ., № 6, 1119 (1934).
3. А. Эйштейн, М. Смолуховский, Броуновское движение. Перевод с нем. М.—Л., ОНТИ, 1936, с. 22—27.
4. Р. В. Поль, Введение в оптику. «Наука», 1966, с. 146.
5. Физические и физико-химические свойства ферритов, Минск, «Наука и техника», 1975, с. 153—156.

53.072.21

МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРУЕМОЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

При изучении пластической деформации твердых тел с кристаллической структурой известный интерес представляют модели, имитирующие механизмы образования и движения различных структурных дефектов. С этой целью применяют плоские шариковые и различные пузырьковые модели. Шариковая модель структурных объектов состоит из одного слоя шариков одинакового диаметра, помещенных между двумя прозрачными параллельными пластинами. Встряхиванием модели нарушается симметрия упаковки шариков-атомов и возникающее локальное изменение плотности имитирует структурные дефекты в среде. Дефекты в этой модели являются фиксированными нарушениями, возникающими в результате нерегулируемого взаимодействия шариков. Модель Брега ¹ состоит из выдутых пузырьков, удерживающихся вместе за счет поверхностного натяжения, скопление их имитирует кристаллические структуры реальных твердых тел. Пузырьковые модели более совершенны, поскольку в них проявляется взаимодействие сил притяжения между пузырьками за счет поверхностного натяжения и сил отталкивания вследствие внутреннего избыточного давления. Недостатком описанных моделей является нерегулируемое изменение формы, размера и места положения дефектов, а также сложность изготовления пузырьковой модели.

Более совершенной в этом отношении является описываемая в настоящей работе сравнительно простая плоская шариковая модель с подвижными структурными дефектами, регулируемая направленным нагружением, в котором между шариками взаи-

модействуют силы притяжения и отталкивания. Модель (рис. 1) состоит из стальных шариков 1, помещенных в предварительно растянутое резиновое кольцо 2 между двумя плоскими прозрачными пластинами 3. Для нагружения объекта, по окружности жесткого кольца 4 в радиальном направлении, установлено шесть винтов 5 с толкателями 6. Перемещением толкателя деформируют резиновое кольцо, вызывая смещение шариков, которому противодействует сжимающая реакция резинового кольца, моделирующая упругие силы связи между шариками. Нарушение симметрии имитирует образование и развитие: дислокаций, вакансий, пор, а также процессов скольжения,

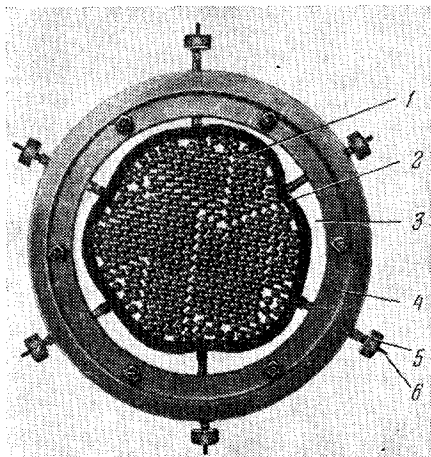


Рис. 1. Шариковая модель кристаллической структуры

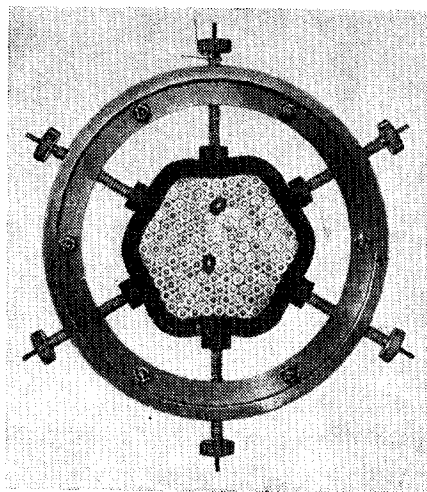


Рис. 2. Кольцевая модель кристаллической структуры.

формирование границ между зернами и другие явления, характерные для деформированных кристаллических структур. Скольжение происходит путем смещения шариков одного ряда относительно соседнего. Неодинаковое смещение шариков вдоль ряда имитирует дислокационное нарушение структуры. Границы зерен видны в виде изогнутой линии, вдоль которой заметно линейное нарушение плотности. При разгрузке частично восстанавливается плотность за счет сжимающей реакции резинового кольца. В местах пересечения сдвигов образуется скопление дефектов, которое не исчезает при снятии нагрузки. Быстрое приложение нагрузки путем непосредственного нажима на иглу толкателя приводит к скачкообразному смещению шариков и даже их перестройке в объемах, примыкающих к толкателю. Используя шарики двух разных размеров так, чтобы меньшие по размеру могли перемещаться в полостях между крупными в тех местах, где нарушена плотность упаковки, можно наблюдать искажения, характерные для влияния примесей. Переход к разноцветным группам шариков расширяет демонстрационные возможности описанной модели.

На рис. 2 представлена аналогичная модель, в которой вместо стальных шариков установлены кольца из фотоэластичного материала. При радиальном сближении толкателей происходит смещение и упругая деформация колец так, что в проходящем поляризованном свете видны затемненные и просветленные области, свидетельствующие о напряжении на контактах и их распределении в среде. Резиновые (черные) кольца имитируют процессы перестройки и заживление среды при уплотнении. Описанная модель позволяет дать количественную оценку процессов при деформации дисперсной среды; в этом случае упругие силы связи между шариками (кольцами) можно изменять за счет размеров резинового кольца, а внешние силы измерять по прогибу пружин, установленных между толкателями и винтами.

Физико-технический институт
АН УССР, Харьков

Л. М. Поляков

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. W. L. Bragg, J. Sci. Instr 19, 148 (1942).