

Г. Н. БЕСПАЛОВ

ПРИБОР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ЯВЛЕНИЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

Abstract: (Apparatus for Modelling the Fundamental Phenomena of Statistical Physics) In this paper the author writes about a simple and cheap appliance developed by himself for modelling the following fundamental phenomena of statistical physics: Brown-movement, diffusion of gases, direction of thermal processes, dispersion of gas molecules in gravitational field.

В настоящее время заметен прогресс демонстрационного эксперимента, его ускорение связано с появлением новых научных идей и новых технических средств. Совершенствование экспериментальной техники, повышение эффективности имеющихся и разработка новых демонстрационных приборов, а также создание средств наглядности для случаев, когда демонстрация явления или физического закона в аудиторных условиях невозможна - все это составляет эмпирический базис теории. Поэтому, без фундаментального и наглядно поставленного демонстрационного эксперимента невозможно достаточно научно и логически непротиворечиво изложить теорию молекулярной физики. Так как основные понятия молекулярной физики важны для формирования физических представлений об окружающем мире, необходимо усилить соответствующий демонстрационный эксперимент.

Повышение качества знаний студентов по молекулярной физике и термодинамике неразрывно связано с созданием эффективных средств наглядного обучения и в первую очередь моделирующих приборов. В молекулярной физике мы имеем дело с процессами, которые, несмотря на значительное усовершенствование современной аппаратуры, все еще мало доступны для наблюдения в аудиторных условиях. В связи с этим незаменимую помощь при изучении процессов микромира могут оказать технические средства. Возникает необходи-

мость в более широком использовании различного рода схем и моделей, имитирующих поведение молекул в реальных газах и динамику процессов. Предлагаемый нами прибор, позволяющий моделировать основные явления молекулярной физики, дает возможность наглядного представления ряда физических явлений и законов молекулярно-кинетической теории и термодинамики.

На рис. 1 показан внешний вид прибора. Как видно из рисунка, он представляет собой катушку высотой 40-40 мм. Каркас катушки собирается из текстолита или изготавливается из уплотненного пенопласта. Катушка имеет отверстие в форме прямоугольного параллелепипеда¹. В каркасе катушки с помощью резака прорезаются пазы², по которым могут перемещаться стеклянные пластинки³. Этими пластинками мы имеем возможность закрывать внутреннюю полость катушки (рабочий объем), а также через стеклянные пластинки проецировать внутреннюю полость катушки с помощью графопроектора "Лектор-2000" на экран. На каркас катушки наматывается 500-600 витков провода ПЭЛ-0,8 (4, рис 1).

В нашем приборе молекулы газа заменяем специально изготовленными частицами. Они состоят из небольших керамических магнитов, помещенных во внутрь пенопластовых шариков различных размеров.

Подключая катушку через автотрансформатор к источнику переменного тока, мы получаем переменное магнитное поле, которое имеет наибольшую индукцию в рабочем объеме. Частицы с постоянными магнитами, помещенные в рабочий объем, будут беспорядочно двигаться по всему рабочему объему. Керамические магниты шариков ориентированы хаотично и при взаимодействии с переменным магнитным полем, а также и между собой начинают двигаться по случайным траекториям. Таким образом частицы под действием переменного магнитного поля и взаимодействия между собой приходят в хаотическое движение. Этот прибор может быть использован для проведения ряда демонстраций по молекулярной физике в школе, а также и при чтении лекций в ВУЗе. Приведем описание нескольких демонстраций с использованием прибора.

Моделирование теплового движения молекул.

Молекулы любого вещества находятся в непрерывном хаотическом движении и его интенсивность зависит от температуры вещества. Чем выше температура, тем движение молекул становится более интенсивным. Прибор позволяет наблюдать эту зависимость. Включаем автотрансформатор и частицы, на-

ходящиеся в рабочем объеме катушки, приходят в тепловое (хаотическое) движение. Изменяя напряжение на концах катушки, обнаруживаем изменение поведения частиц. Они ведут себя как молекулы газа при изменении температуры. При увеличении напряжения на катушке частицы начинают двигаться быстрее, а при уменьшении напряжения движение частиц замедляется, что позволяет лучше фиксировать столкновения частиц, а также их движение.

Моделирование броуновского движения.

На предложенном приборе можно продемонстрировать и броуновское движение. Для этого из пенопласта вырезаем две модели броуновских частиц. Диаметр первой частицы 25 мм и высотой 20 мм, диаметр второй частицы 15 мм, а высота 10 мм. Поочередно помещаем броуновские частицы в рабочий объем, где уже находятся 40-50 частиц с керамическими магнитами. Интенсивность движения броуновской частицы меньшего размера значительная, так как при хаотическом движении частиц импульсы, передаваемые ими броуновской частице справа и слева, неодинаковы. Поэтому отлична от нуля результирующая сила давления, которая вызывает изменение движения броуновской частицы. Чем больше поверхность броуновской частицы, тем менее значительные изменения силы давления, действующие на броуновскую частицу.

Моделирование диффузии газов.

Прибор позволяет продемонстрировать проникновение одних веществ в объем, занятый другими веществами. Для демонстрации диффузии газа помещаем перегородку, показанную на рис. 2 в рабочий объем. В этой перегородке имеется большое прямоугольное отверстие. Допустим, слева от перегородки в рабочий объем помещаем частицы большого диаметра, а справа - малого. В процессе работы прибора частицы малого размера диффундируют в левую часть объема, а частицы большого размера в правую часть.

Необратимость тепловых процессов.

Все происходящие в природе макроскопические процессы протекают только в одном определенном направлении, в обратном направлении протекать не могут. Необратимость таких процессов выглядит парадоксально, так как все микропроцессы обратимы, что наглядно можно продемонстрировать с данным прибором. Прибор позволяет показать, как обратимые процессы становятся практически необратимыми при увеличении числа участвующих в них частиц.

В первом опыте помещаем в левую часть рабочего объема, допустим четыре частицы. В процессе работы прибора эти частицы будут располагаться

в различных положениях в рабочем объеме, и довольно скоро вновь окажутся все в левой части, что свидетельствует о обратимости процесса с незначительным числом частиц.

Второй опыт проводим с большим количеством частиц (более 30). В этом случае начальное состояние является упорядоченным, когда все частицы находятся в левой части рабочего объема. При включении прибора частицы, находящиеся в центре рабочего объема, начнут двигаться вправо, отразившись от стенки, полетят навстречу остальным и через небольшой промежуток времени первоначальное упорядоченное состояние превратится в беспорядочное состояние. Все частицы, в основном, равномерно распределяются по всему объему и в дальнейшем будет иметь место лишь небольшие отклонения от этого состояния равновесия равновесия. В систем мах состоящих из большого количества частиц возникают новые закономерности, несвойственные одной частице или небольшой их группе, раскрывается статистический характер законов молекулярного движения.

Распределение молекул газа в поле земного тяготения.

Предлагаемый прибор позволяет демонстрировать распределение молекул газа в однородном поле силы тяжести. Для этого нужно изменить положение катушки с горизонтального на наклонное. В этом случае рабочий объем можно проецировать на экран с помощью графопроектора. Получаемая картина иллюстрирует распределение молекул в воздушной оболочке Земли.

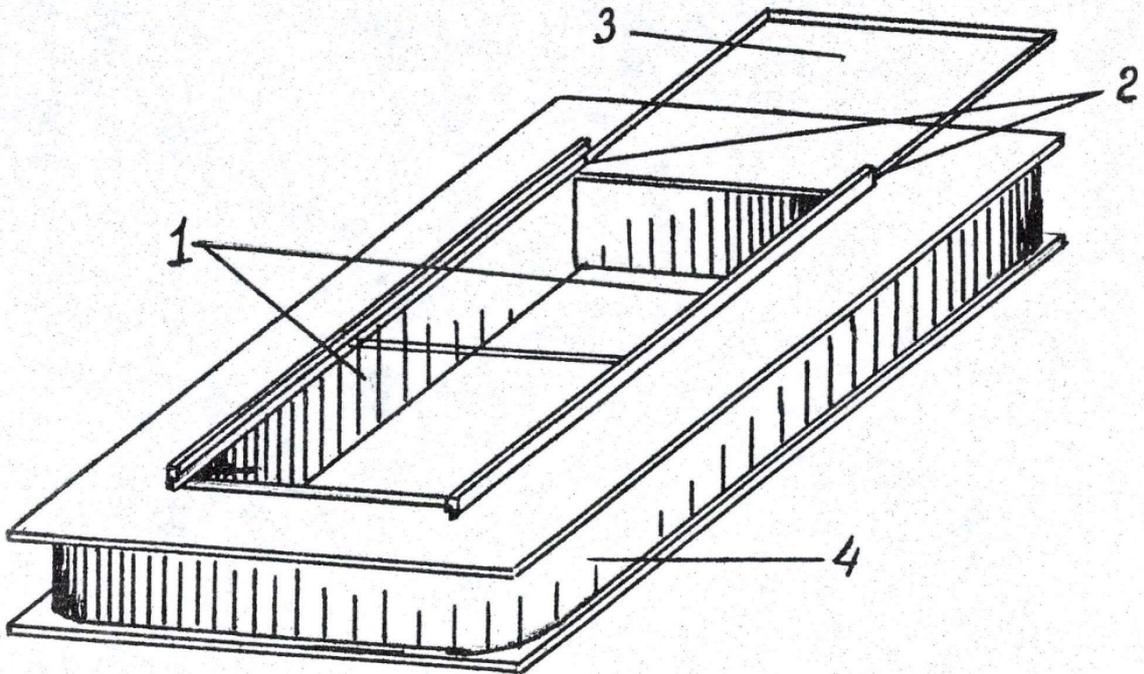


Рис. 1

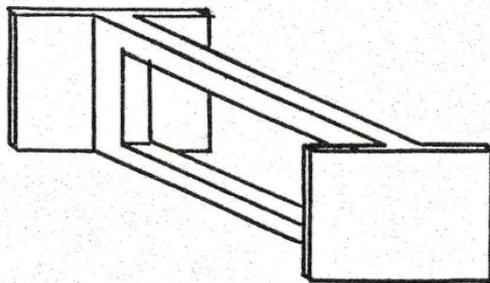


Рис. 2

