

Лабораторная работа № 027

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ БОЛЬЦМАНА

Цель работы: используя результаты эксперимента определить постоянную Больцмана.

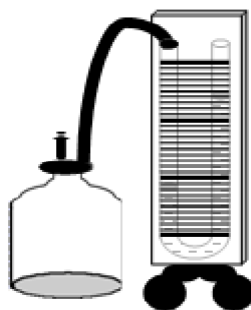
Приборы и принадлежности: сосуд, термометр, манометр, шприц, различные легкоиспаряемые жидкости.

Виртуальная лаборатория: <http://efizika.ru/html5/27/index.html>

Краткая теория

Согласно молекулярно-кинетической теории, давление газа P , его абсолютная температура T и концентрация молекул n связаны между собой соотношением $P = nkT$, где k – постоянная Больцмана. Следовательно, чтобы экспериментально определить постоянной Больцмана k нужно измерить концентрацию молекул n , давление p и температуру газа T :

$$k = \frac{P}{nT}$$



Если известна масса m газа, занимающая определенный объем V , можно легко вычислить концентрацию молекул газа с известной молярной массой μ . Взяв отношение массы газа m на молярную массу μ получаем число молей газа в сосуде объемом V . Каждый моль газа содержит число молекул, равное числу Авогадро N_A . Это значит, что в данном объеме V содержится $\frac{m}{\mu} N_A$ молекул. В единице объема их будет: $n = \frac{mN_A}{\mu V}$. Подставим это выражение в уравнение для определения постоянной Больцмана, и получим:

$$k = \frac{pV\mu}{mN_A T} \quad (1)$$

На рисунке изображена установка, которая применяется для экспериментального определения постоянной Больцмана. Стекло́нный сосуд, с известным объемом V , герметически закупорен и соединен резиновым шлангом с водяным открытым манометром. Сосуд заполнен воздухом при атмосферном давлении, поэтому уровни водяного столба в обоих коленах манометра, соединенного с сосудом, одинаковы. Набрав в шприц достаточное количество жидкого ацетона его вводят через пробку внутрь сосуда. Эфир испаряется довольно таки быстро; его пары равномерно распределяются по всему объему сосуда и создают давление P , которое измеряется манометром. Когда температура паров ацетона достигнет комнатной температуры и уровень водяного столба прекратит изменяться, можно начать измерять давление

Этих результатов измерений достаточно, чтобы вычислить постоянную Больцмана k .

Ход работы

1. Запустить виртуальный стенд <http://efizika.ru/html5/27/index.html>.

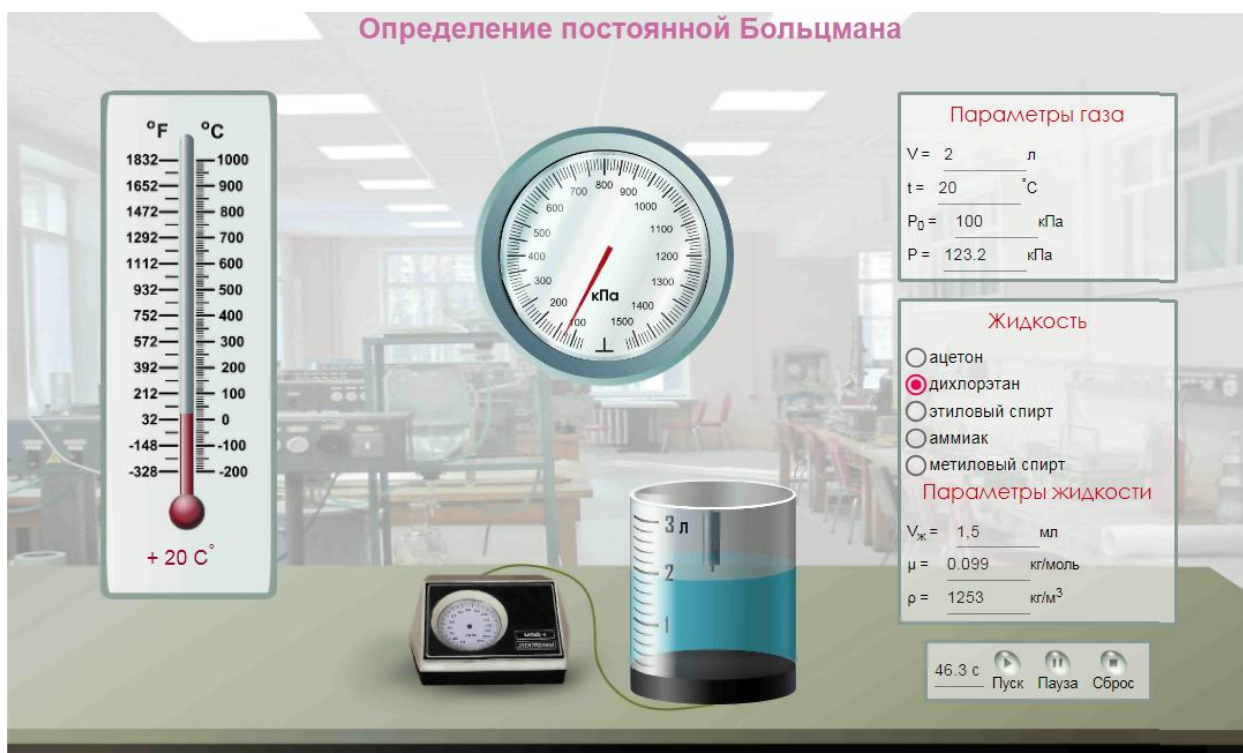


Рис. 1. Лабораторная установка

2. Установить параметры газа V , t , P_0 .

3. При помощи курсора и определенных иконок на стенде выбрать жидкость: Чайка В. – ацетон, дихлорэтан, этиловый спирт; Усов А. – ацетон, дихлорэтан, аммиак; Тихонова А. – ацетон, дихлорэтан, метиловый спирт; Козырев Д. – дихлорэтан, этиловый спирт, аммиак; Чупаха В. – дихлорэтан, этиловый спирт, метиловый спирт; Зайрис Д. – этиловый спирт, аммиак, метиловый спирт; Роловец Н. – аммиак, метиловый спирт, ацетон; Щеголев К. – метиловый спирт, ацетон, дихлорэтан. Установить объем жидкости $V_{ж}$, мл: Чайка В. – 1-1,5; Усов А. – 1,5-2; Тихонова А. – 2-2,5; Козырев Д. – 2,5-3; Чупаха В. – 3-3,5; Зайрис Д. – 3,5-4; Роловец Н. – 4-4,5; Щеголев К. – 5-5,5.

4. Нажать кнопку «Пуск».

5. Давление в сосуде P , начнет увеличиваться, его нужно измерить и записать его значение в таблицу после того, как оно перестанет изменяться, следовательно, вся масса жидкости превратится в пар.

6. Подсчитать массу введенного в сосуд ацетона в килограммах, как произведение плотности жидкости на её объем.

7. Используя результаты измерений, известные значения объема сосуда и молярной массы ацетона вычислите постоянную Больцмана по формуле (1).

8. Нажать кнопку «Сброс».

9. Опыт повторить не менее трех раз.

10. Прodelать то же самое с другой жидкостью.

11. Результаты измерений и вычислений внести в таблицу.

12. Вычислить погрешности измерения.

№ п/п	Вещество	Молярная масса μ , кг/моль	Объём жидкости $V_{ж}$, м ³	Плотность жидкости ρ , кг/м ³	Масса жидкости m , кг/м ³	Объём сосуда V , м ³
1						
2						
3						

Атмосферное давление P_0 , Па	Давление в сосуде, P , Па	Парциальное давление газа $p = P - P_0$, Па	Температура паров T , К	Постоянная Больцмана k , Дж/К	k , Дж/К	Δk , Дж/К	ε_k , %

13. Сформулировать выводы.

14. Письменно ответить на вопросы

1. Сформулируйте основное уравнение молекулярно – кинетической теории?
2. Запишите уравнение состояния для идеального и реального газа.
3. Каков физический смысл постоянной Больцмана?
4. Каков физический смысл универсальной газовой постоянной?
5. Можно ли для выполнения этой работы вместо ацетона использовать воду? Почему?
6. Опишите экспериментальную установку. Из какого оборудования она состоит?
7. Запишите основные приборы и оборудование, необходимые для проведения данной работы.