

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ
УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР –
факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
Школа имени А.Н. Колмогорова

Кафедра физики

Общий физический практикум

Лабораторная задача № 2.1

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА
ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ
ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

составители:

Соловей А.Б. и Макаров И.А.

2013 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Теоретическая часть

Опыт показывает, что линейные размеры твёрдых тел при нагревании увеличиваются (за редким исключением) по закону:

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (T - T_0)), \quad (1)$$

Где l – длина тела при температуре T , l_0 – длина тела при температуре T_0 , α – температурный коэффициент линейного расширения твёрдого тела. Коэффициент α для твёрдых веществ имеет величину порядка $\sim 10^{-5} - 10^{-6}$ град $^{-1}$ и практически не зависит от температуры.

Физическое объяснение теплового расширения твёрдых тел связано с тем, что потенциальная энергия взаимодействия U двух молекул в зависимости от расстояния r между ними несимметрична относительно своего минимума (Рис.1).

Действительно, при увеличении температуры увеличивается среднее значение полной энергии E (сумма кинетической и потенциальной энергий), приходящейся на одну молекулу. Из рис.1 видно, что вместе с E растёт не только величина $\Delta R = R_{max} - R_{min}$ но и $R_{cp} = \frac{R_{min} + R_{max}}{2}$, т.е. с ростом температуры увеличивается не только амплитуда

колебаний молекул около положения равновесия, но и среднее расстояние между ними.

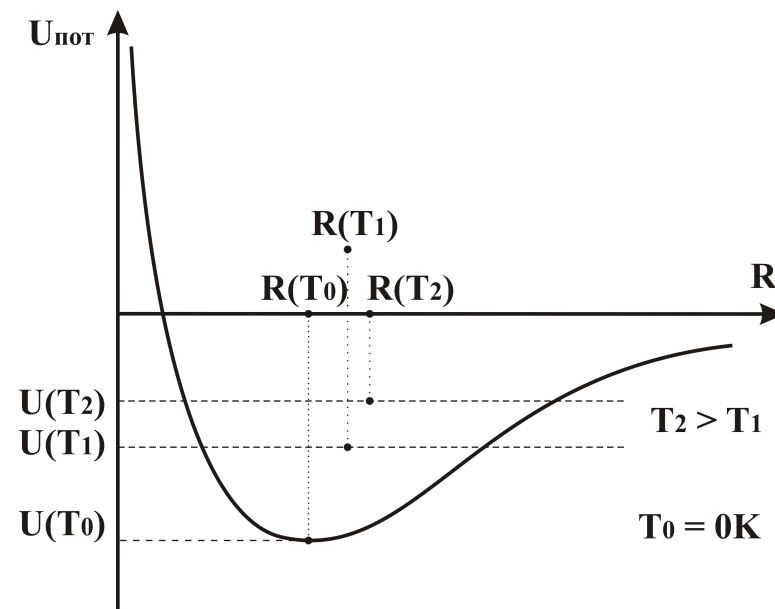


Рис. 1 График зависимости потенциальной энергии взаимодействия $U_{пот}$ двух молекул в зависимости от расстояния R между ними.

Экспериментальная часть

Идея эксперимента:

Из формулы (1) получаем выражение для коэффициента линейного расширения твердого тела α :

$$\alpha = \frac{l - l_0}{l_0 \cdot (T - T_0)}, \quad (2)$$

В работе необходимо измерить величины $l_0, (l - l_0), T, T_0$, оценить коэффициент α и вычислить его ошибку.

В состав оборудования входят:

нагревательный прибор, штангенциркуль, стержневые образцы (стальной, алюминиевый и стеклянный), стеклянные пробирки, термометр лабораторный (диапазон измеряемых температур от 0 до 150 °С).

Принцип работы с прибором.

Испытуемый образец твердого тела нагревается в воде, находящейся в пробирке. Измерение величины абсолютного удлинения нагреваемого тела по сравнению с его первоначальной длиной (при комнатной T_0) производится индикатором малых перемещений.

Конструкция прибора.

Прибор представляет собой перфорированный стакан, в толстых стенках которого вмонтирован электронагреватель. При проведении опытов в стакан помещается пробирка (с водой и стержнем). На корпусе прибора устанавливается стойка с кронштейном для индикатора малых перемещений. Кронштейн может поворачиваться вокруг оси стойки на 90°. На панели корпуса расположена индикаторная лампа и кнопочный выключатель.

Работа с прибором.

1. Измерьте штангенциркулем длину каждого из образцов.
2. Пробирки из комплекта принадлежностей прибора на 2/3 объёма наполнить водой при

комнатной температуре, опустить в каждую по испытываемому образцу с пробкой и поместить на штатив.

3. Обратит внимание на то, что нижний конец образца упирался бы в дно пробирки, а не висел на пробке.
4. В поворотный кронштейн вставить индикатор и отвести его на четверть оборота в сторону от упора.
5. Лабораторным термометром измерить температуру воды в одной из пробирок (стержень с пробкой при этом извлекается из пробирки).
6. Пробирку с испытуемым стержнем через отверстие в крышке прибора ввести в нагреватель.
7. Оттянуть шток индикатора вверх, установить индикатор над пробиркой (повернуть кронштейн в прорези до упора) и опустить шток на конец стержня.
8. Заметить положение стержня на шкале индикатора (для первого опыта стрелку лучше ставить на нулевую отметку).
9. Штепсельную вилку прибора вставить в электрическую розетку.
10. Только после этого можно включить питание прибора кнопочным выключателем. При этом должна загореться индикаторная лампа.

При закипании воды в пробирке испытуемый образец принимает температуру, равную температуре кипения воды. Увеличение длины образца определяется по отклонению стрелки индикатора от первоначального положения. Отсчет ведут с точностью до половины деления шкалы, т.е. с точностью до 5 микрон (убедиться в этом самостоятельно).

Для проведения работы и продолжения опытов с другими образцами необходимо:

1. Кнопочным выключателем отключить питание прибора.
2. Индикатор на поворотном кронштейне отвести в сторону до упора.
3. Извлечь из прибора нагретую пробирку и поместить её в штатив.
4. Повторить операции п.3-7 для другого образца.

Поскольку дальнейшая работа производится при разогретом приборе, во избежание заметных искажений в замерах, время с момента помещения пробирки в зону нагрева до фиксации первоначального положения стрелки индикатора не должно превышать 30-40 секунд.

Указания по технике безопасности.

При эксплуатации прибора необходимо учитывать следующие виды опасности:

- электрический ток напряжением 220 В.

- температурный нагрев перфорированного стакана.

По этим причинам **при включенной в сеть вилке прибора не касаться!**

Расчётная часть

Определение коэффициента α .

По окончании работы с прибором (после снятия показаний по всем образцам) приступают к подсчету численного значения коэффициента линейного расширения, который определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{T - T_0} \cdot \frac{\Delta l}{l_0}, \quad (3)$$

где в условиях настоящего эксперимента Δl - увеличение длины образца в мм, l_0 - начальная длина образца в мм, T_0 - первоначальная температура образца в пробирке, T - конечная температура образца в пробирке после нагревания воды до кипения ($T = 100^\circ\text{C}$)

Произвести расчет ошибки метода с учетом следующих данных:

- абсолютная погрешность длины образца равна 1 мм;
- абсолютная погрешность приращения длины образца при нагреве составляет 0,01 мм;
- погрешность измерения температуры принимается равной 1°C .

Суммарная погрешность определения коэффициента линейного расширения рассчитывается с использованием формулы (2) в соответствии с теорией расчёта погрешностей для функций при известных погрешностях аргументов [3].

Вопросы к допуску

1. Почему пробирку следуем наполнить водой не полностью, а на $2/3$?
2. Какая из погрешностей измерений наибольшим образом влияет на погрешность определения коэффициента линейного расширения?

Вопросы к защите

1. Одинаково ли меняются при нагревании размеры сплошного стержня и трубки, если у них одинаковый внешний диаметр и длина?
2. Почему при нагревании и при охлаждении железобетона бетон не отделяется от железа?
3. Почему металл не дает трещин при резких колебаниях температуры, а камень при тех же условиях дает трещины?

Рекомендуемые источники

1. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., «Молекулярная физика и термодинамика», учебник Физика-10 класс.
2. Матвеев А.Н. «Молекулярная физика: учебное пособие», т. 2.
3. Сивухин Д.В. «Общий курс физики», т.2.

4. Телеснин Р.В. «Молекулярная физика».
5. Путилов К.А. «Курс физики», т. 1.
6. Больцман Л. «Лекции по теории газов»
7. Сергеев С.Н. «Обработка результатов физического эксперимента»
8. wikipedia.org