

# РАБОТА 1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

**Цель работы:** Измерить коэффициент линейного расширения для двух тел из разного материала.

### Введение

При нагревании линейные размеры тел, как правило, увеличиваются. Зависимость потенциальной энергии взаимодействия молекул от расстояния между ними позволяет выяснить причину возникновения теплового расширения. Как видно из рисунка 1.1, кривая потенциальной энергии сильно несимметрична. Она очень быстро (круто) возрастает от минимального значения  $E_{p0}$  (в точке  $r_0$ ) при уменьшении  $r$  и сравнительно медленно растет при увеличении  $r$ .

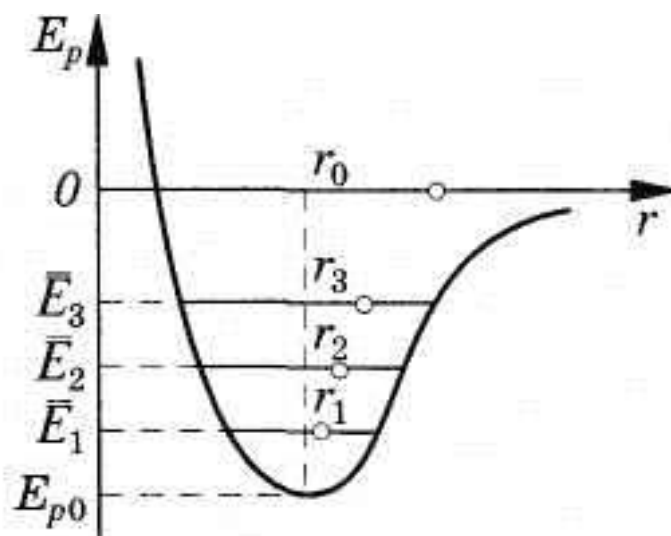


Рис. 1.1

При абсолютном нуле в состоянии равновесия молекулы находились бы друг от друга на расстоянии  $r_0$ , соответствующем минимальному значению потенциальной энергии  $E_{p0}$ . По мере нагревания молекулы начинают совершать колебания около положения равновесия. Размах колебаний определяется средним значением энергии  $E$ . Если бы потенциальная кривая была симметричной, то среднее положение молекулы по-прежнему соответствовало бы расстоянию  $r_0$ . Это означало бы общую неизменность средних расстояний между молекулами при нагревании и, следовательно, отсутствие теплового

расширения. На самом деле кривая несимметрична. Поэтому при средней энергии, равной  $\bar{E}_1$ , среднее положение колеблющейся молекулы соответствует расстоянию  $r_1 > r_0$ . Изменение среднего расстояния между двумя соседними молекулами означает изменение расстояния между всеми молекулами тела. Поэтому размеры тела увеличиваются. Дальнейшее нагревание тела приводит к увеличению средней энергии молекулы до некоторого значения  $\bar{E}_2$ ,  $\bar{E}_3$  и т. д. При этом увеличивается и среднее расстояние между молекулами, так как теперь колебания совершаются с большей амплитудой вокруг нового положения равновесия:  $r_2 > r_1$ ,  $r_3 > r_2$  и т. д.

Величиной, характеризующей линейное расширение, является коэффициент линейного расширения  $\beta$ . Он показывает, на какую долю своего первоначального значения изменяются линейные размеры тела при его нагревании на  $1K$ . Линейные размеры тела зависят от температуры следующим образом:

$$l = l_0(1 + \beta\Delta t). \quad (1.1)$$

Здесь  $l_0$  – длина тела до нагревания,  $\Delta t$  показывает, на сколько градусов было нагрето тело. Чтобы найти  $\beta$  для данного материала, нагревают стержень из этого материала в воде, находящейся в стеклянной пробирке, от комнатной температуры до температуры кипения воды.

Для определения коэффициента линейного расширения

$$\beta = \frac{\Delta l}{l_0\Delta t} \quad (1.2)$$

необходимо измерить начальную (до нагревания) длину стержня  $l_0$ , увеличение длины стержня  $\Delta l$  при нагревании и изменение температуры  $\Delta t$ .

### **Методика выполнения работы**

Прибор для определения коэффициента линейного расширения (рис. 1.2) представляет собой нагреватель (5), внутрь которого вставляется пробирка с водой и испытуемым стержнем. Для измерения удлинения стержня при нагревании прибор снабжен индикатором (3). Перед помещением стержня в пробирку его начальная длина измеряется с помощью штангенциркуля. Комнатная температура определяется с помощью термометра в лаборатории.

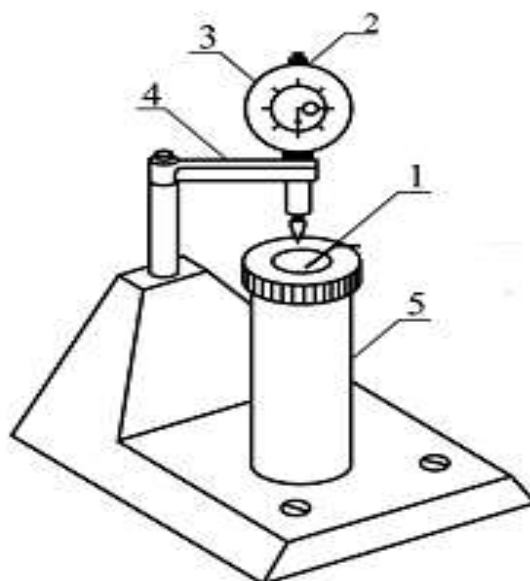


Рис. 1.2

Приборы и принадлежности	Технические характеристики
Прибор для определения коэффициента линейного расширения (2 экземпляра)	
Термометр комнатный (0–50°С)	
Штатив для пробирок	
Линейка	
Стержни	

### Порядок выполнения работы

**Задание 1. Определение коэффициента линейного расширения для стали и алюминия.**

1. Измерьте с помощью штангенциркуля начальную (до нагревания) длину стержней  $l_0$ . Данные запишите в табл.1.1, 1.2.

2. Пробирки наполните наполовину водой комнатной температуры, аккуратно (**НЕ БРОСАЙТЕ!**) опустите в каждую по испытываемому стержню и поместите в штатив для пробирок. Обратите внимание, чтобы сферический конец стержня упирался в дно пробирки.

Таблица 1.1

№	$l_0, м$	$\Delta l_0, м$	$t_0, ^\circ C$	$\Delta t, K$	$\beta, K^{-1}$	$E_\beta$	$\Delta\beta, K^{-1}$
1							
2							

Таблица 1.2

№	$l_0, м$	$\Delta l_0, м$	$t_0, ^\circ C$	$\Delta t, K$	$\beta, K^{-1}$	$E_\beta$	$\Delta\beta, K^{-1}$
1							
2							

3. Определите комнатную температуру по термометру в лаборатории и запишите ее значение  $t_0$  в табл. 1.1.

4. Пробирку со стержнем вставьте в нагреватель через прокладку и отверстие 1 в крышке прибора (см. рис. 1.2).

5. Оттянув шток индикатора 2 вверх, установите индикатор над пробиркой, повернув кронштейн 4 с индикатором. Опустите шток индикатора 2 в углубление на торце стержня.

6. Заметьте положение стрелки на шкале индикатора (стрелку лучше поставьте на нулевую отметку, вращая лимб со шкалой 3).

7. Включите питание прибора (на пульте лабораторного стола и нажмите кнопку включения на приборе).

8. Увеличение длины стержня  $\Delta l$  определяется по отклонению стрелки индикатора от начального положения. Отсчет ведите с точностью до половины цены деления индикатора (цена деления – 10мкм или 0,01мм).

9. При закипании воды в пробирке стержень принимает температуру, равную температуре кипения воды. Проведите измерения, когда после закипания положение стрелки на шкале индикатора перестанет меняться.

10. Повторите все действия пп. 3 – 9 для другого образца, выждав 15 минут. Заполните Таблицу 1.1,

11. Повторите все действия пп. 3 – 9 для двух образцов разной длины. Заполните Таблицу 1.2,

12. По окончании работы вычислите числовые значения  $\beta$  по формуле (1.2) для каждого из двух стержней. Занесите, полученные значения  $\beta$  в Таблицы 1.1, 1.2

13. Рассчитайте относительную и абсолютную погрешности по формуле

$$E_{\beta} = \frac{\Delta\beta}{\beta} = \sqrt{\left(\frac{\Delta(\Delta l)}{\Delta l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l_0}{l_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2}, \Delta\beta = E_{\beta}\beta,$$

где  $\Delta(\Delta l)$  – погрешность прибора для определения коэффициента линейного расширения (цена одного деления его шкалы);  $\Delta l_0$  – Приборная погрешность линейки;  $\Delta(\Delta t)$  – погрешность определения измерения интервала температур  $\Delta t$  (цена одного деления термометра).

14. Напишите заключение к работе.

### Контрольные вопросы

1. Объясните причину удлинения стержня при его нагревании.
2. Что больше влияет на погрешность измерения коэффициента линейного расширения: измерение длины стержня обычной линейкой или измерение удлинения стержня с помощью индикатора?
3. Длину стержня измеряют до нагрева. Изменится ли окончательный результат опыта, если это измерение выполнить после нагревания?
4. Остается ли линейной зависимость расширения тела в большем диапазоне температур?
5. Получите формулу для расчета объемного расширения тел.
6. Зачем необходимо выждать некоторое время (15 минут) чтобы провести измерения с другим образцом (пункт 10)?