

Министерство образования и науки Российской Федерации



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра общей и технической физики  
(лаборатория механики)

**ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №11**

**Определение коэффициента термического расширения (объемного) жидкости.**

Выполнил: студент гр. САМ-\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ /  
(подпись) (Ф.И.О.)

Проверил: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(подпись) (Ф.И.О.)

Санкт-Петербург  
2022

## I. Цель работы:

- 1) измерить изменение объема воды при нагревании от 0°C до 90°C
- 2) определить показатель коэффициента термического расширения.

## II. Краткое теоретическое содержание:

- 1) **Явление, изучаемое в работе** – термическое расширение (объемное) жидкости.
- 2) **Определение основных физических понятий, объектов, процессов и величин:**
  - Жидкость - это агрегатное состояние вещества, промежуточное между твёрдым и газообразным состояниями. Жидкость, сохраняя отдельные черты как твёрдого тела, так и газа, обладает, однако, рядом только ей присущих особенностей, из которых наиболее характерная — Текучесть. Подобно твёрдому телу, жидкость сохраняет свой объём, имеет свободную поверхность, обладает определённой прочностью на разрыв при всестороннем растяжении и т. д. С другой стороны, взятая в достаточном количестве жидкость принимает форму сосуда, в котором находится. Принципиальная возможность непрерывного перехода жидкости в газ также свидетельствует о близости жидкого и газообразного состояний.
  - Объемное расширение - отношение увеличения или уменьшения объема тела к первоначальному объему этого тела.
  - Коэффициент термического (объемного) расширения – коэффициент, который служит для характеристики расширения жидкости.
- 3) **Законы и соотношения, использованные при выводе расчетной формулы:**  
Изменение объема жидкости при изменении температуры:  
$$\Delta V = \alpha V_0 \Delta T$$
- 4) **Пояснения к физическим величинам, входящим в формулу, и единицы их измерений:**
  - $\alpha$  - коэффициент объемного термического расширения воды [ $\alpha$ ] = °C<sup>-1</sup>
  - V - объём [V] = м<sup>3</sup>
  - D – диаметр трубки [D] = мм
  - V<sub>0</sub> - начальный объем воды [V] = м<sup>3</sup>
  - V - объём [V] = м<sup>3</sup>
  - t<sub>0</sub> - начальная температура [t] = °C
  - t - температура [t] = °C
  - h – высота уровня жидкости [V] = м

### III. Схема установки:

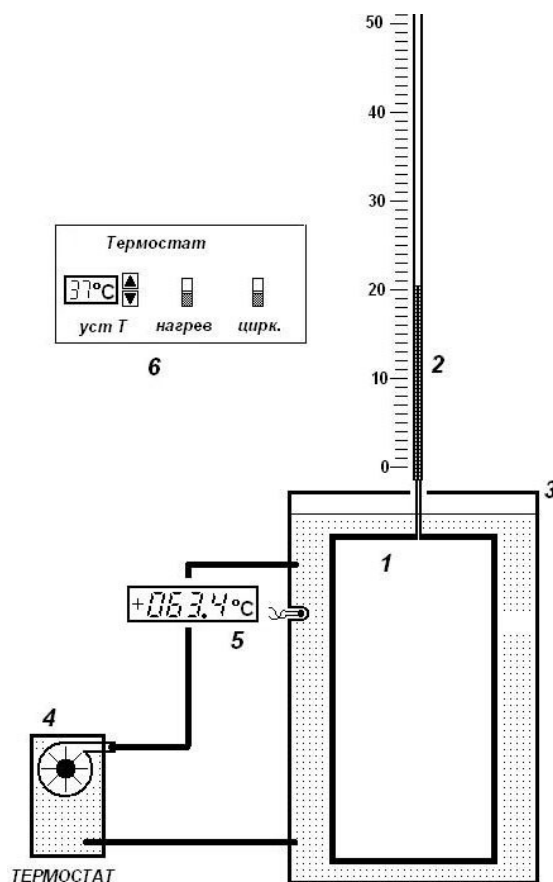


Рисунок 1– Экспериментальная установка

- 1 – закрытая колба, помещенная в термостатированный объём
- 2 – измерительная трубка, вставленная в колбу
- 3 – термостатированный объём
- 4 – регулируемый термостат
- 5 – термометр
- 6 – пульт управления термостатом 4

### IV. Расчетные формулы

Средний коэффициент термического расширения:

$$\alpha = \frac{\delta V}{V_0 \cdot t}$$

где  $\delta V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (h_{\max} - h_{\min})$ ,  $D$  - диаметр трубки (параметр установки, указывается преподавателем),  $h_{\max}$  и  $h_{\min}$  - максимальная высота жидкости (при температуре  $t$ ) и начальная высота жидкости;

$V_0$  - начальный объём воды, принимается равным 0,5 л;

$t$  - температура (в °C), соответствующая максимальной высоте столба жидкости.

Коэффициент термического расширения:

$$\alpha'_n = \frac{h_{n+1} - h_n}{\frac{4 \cdot V_0}{\pi \cdot D^2} + h_n} \cdot \frac{1}{t_{n+1} - t_n}$$

где  $\alpha'_n$  - коэффициент термического расширения воды на  $n$  - температурном интервале;

$h_n$  - высота столба воды в начале  $n$  - интервала, м

$h_{n+1}$  - высота столба воды в конце  $n$  - интервала, м

$t_n$  - температура воды в начале  $n$  - интервала, °C

$t_{n+1}$  - температура воды в конце  $n$  - интервала, °C

#### V. Погрешность прямых измерений

$$\Delta h = \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$\Delta t = 0,1 \text{ °C}$$

#### Абсолютная погрешность косвенных измерений коэффициента термического расширения

$$\Delta \alpha'_n = \left( \frac{2\Delta h_n}{h_{n+1} - h_n} + \frac{\Delta h_n}{\frac{4 \cdot V_0}{\pi \cdot D^2} + h_n} + \frac{2\Delta t_n}{t_{n+1} - t_n} \right) * \alpha'_n$$

$$\Delta \delta V = \left( \frac{2\Delta D}{D^2} + \frac{2\Delta h}{h_{\max} - h_{\min}} \right) \cdot \overline{\delta V}$$

$$\Delta \alpha = \left( \frac{\Delta \delta V}{\overline{\delta V}} + \frac{\Delta V}{V_0} + \frac{\Delta t}{t} \right) \cdot \overline{\Delta \alpha}$$

#### VI. Таблицы с результатами измерений и вычислений

Таблица 1 (удлинение проводника при разном напряжении)

Физ. величина	$T$	$h$	$\delta V * 10^{-8}$	$\alpha * 10^{-3}$
Ед. измерений	°C	см	м <sup>3</sup>	°C <sup>-1</sup>
Номер опыта				
1	1	2	0	0
2	2	1,9	-7	0
3	3	1,8	-14,3	0
4	4	1,8	-14,3	4,2
5	5	2,5	9,2	2,8
6	6	3,1	10,6	4,2
7	7	3,4	12,7	2,8
8	8	3,6	14,1	5,6
9	9	4	16,9	8,4
10	10	4,6	21,2	9,9
11	11	5,3	26,2	10

12	12	6	31,1	11,3
13	13	6,8	36,8	14,1
14	14	7,8	43,8	14,1
15	15	8,8	50,9	17,5
16	20	15,2	94,7	25,4
17	25	23,5	158,3	25,4
18	30	33,4	221,2	36,8
19	35	45,8	313,8	47,8

$$\delta V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (h_{\max} - h_{\min}), \quad \alpha'_n = \frac{h_{n+1} - h_n}{\frac{4 \cdot V_0}{\pi \cdot D^2} + h_n} \cdot \frac{1}{t_{n+1} - t_n}$$

### VII. Пример вычисления (для одного опыта):

$$T = 14^\circ\text{C}$$

$$t_{n+1} = 15^\circ\text{C}$$

$$h_n = 7,8 \text{ см} = 0,078 \text{ м}$$

$$h_{\max} = 7,8 \text{ см} = 0,078 \text{ м}$$

$$t_n = 14^\circ\text{C}$$

$$V_0 = 0,5 \text{ л} = 0,0005 \text{ м}^3$$

$$h_{\min} = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$$

$$h_{n+1} = 8,8 \text{ см} = 0,088 \text{ м}$$

$$D = 3 \text{ мм} = 0,003 \text{ м}$$

$$\delta V = \frac{3,14 \times 0,003^2 \times (0,078 - 0,02)}{4} = 43,8 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3$$

$$\alpha' = \frac{0,02 - 0,078}{\frac{4 \times 0,0005}{3,14 \times 0,003^2} + 0,078} \times \frac{1}{15 - 14} = 14,1 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta \alpha = \left( \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta V}{V_0} + \frac{\Delta t}{t} \right) \cdot \overline{\Delta \alpha} = \left( \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,1}{50} + \frac{6,87 \cdot 10^{-8}}{27,26 \cdot 10^{-8}} \right) \cdot 20,16 \cdot 10^{-6} = 0,45 \cdot 20,16 \cdot 10^{-6} = 9,15 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta \alpha = 9,15$$

$$\alpha = (43,8 \pm 9,15) \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

## VIII. Графический материал

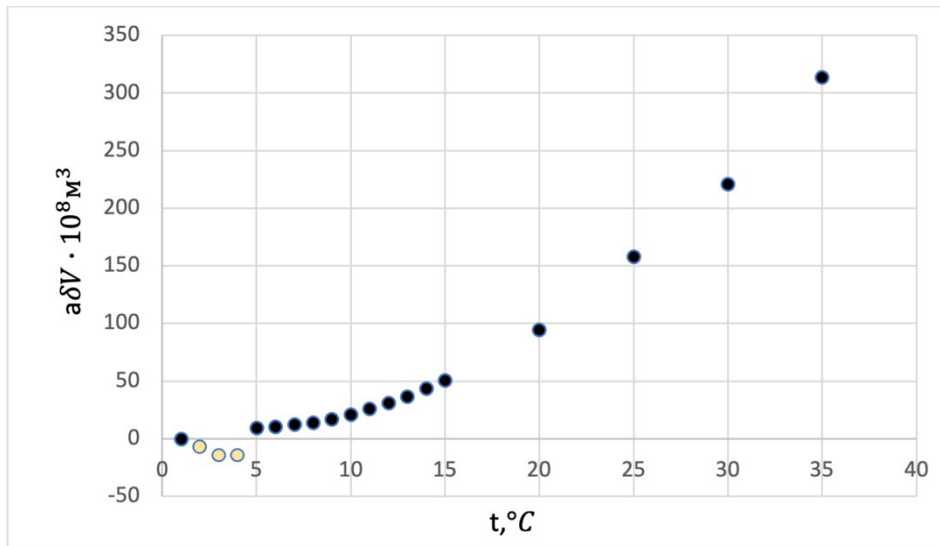


График 1 – Зависимость объема от температуры

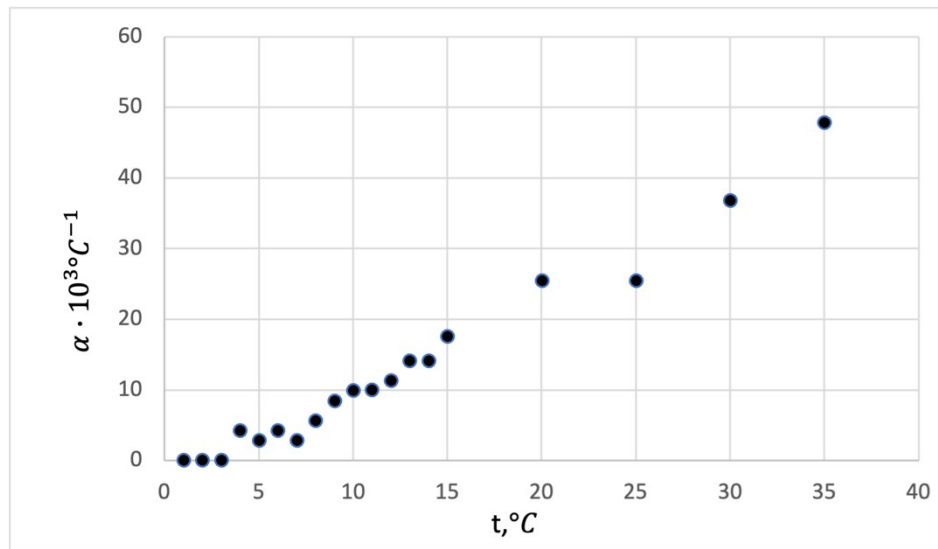


График 2 – Зависимость коэффициента термического расширения от температуры

## IX. Вывод

В ходе лабораторной работы были проведены опыты, необходимые для измерения коэффициента термического расширения (объемного) жидкости и установлена его зависимость от температуры. В ходе опытов был экспериментально установлен объем воды при температурах от 0° до 37° градусов.