

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Измерение теплового расширения воды в диапазоне температур между 0°C и 15°C.
- Демонстрация тепловой аномалии.
- Определение температуры при максимальной плотности.

### ЦЕЛЬ ОПЫТА

Определение температуры, при которой вода достигает своей максимальной плотности.

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Когда температура повышается с 0°C примерно до 4°C, объем воды сначала уменьшается, и только когда температура поднимается выше, начинается ее тепловое расширение. Поэтому наибольшая плотность воды наблюдается при температуре около 4°C.

### НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

| Кол-во | Наименование  | № по каталогу |
|--------|---|---------------|
| 1      | Устройство для демонстрации аномалии воды   | U14318        |
| 1      | Пластмассовая трубка  | T52006        |
| 1      | Магнитное перемешивающее устройство   | U11876        |
| 1      | Цифровой термометр, одноканальный   | U11817        |
| 1      | Никель-хром-никелевый погружной датчик типа К с диапазоном изм. от -65° С до 550° С | U11854        |

Дополнительно рекомендуется иметь:

| Кол-во | Наименование                               | № по каталогу |
|--------|--|---------------|
| 1      | Воронка                                    | U8634700      |
| 1      | Силиконовая трубка диаметром 6 мм          | U10146        |
| 1      | Стойка из нержавеющей стали длиной 470 мм  | U15002        |
| 1      | Зажим с зажимными губами                   | U13253        |
| 1      | Основание стойки, треножник, размер 150 мм | U13270        |

### ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

Вода, в отличие от большинства других веществ, при повышении температур примерно до 4°C сначала сжимается и начинает расширяться только при более высоких температурах. Поскольку плотность обратно пропорциональна объему, вода достигает своей максимальной плотности при температуре примерно 4°C.

Данный опыт предполагает измерение расширения воды в сосуде с вертикальной трубкой. Измеряется зависимость высоты  $h$ , до которой поднимается вода в трубке, от температуры воды  $\vartheta$ . Пренебрегая расширением стекла самого сосуда при более высоких температурах, общий объем воды в сосуде и в трубке можно выразить как:

$$(1) \quad V(\vartheta) = V_0 + \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h(\vartheta)$$

$d$ : внутренний диаметр трубки,  $V_0$ : объем сосуда

Если учитывать расширение сосуда, уравнение (1) принимает вид

$$(2) \quad V(\vartheta) = V_0 \cdot (1 + 3 \cdot \alpha \cdot \vartheta) + \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h(\vartheta)$$

$\alpha = 3.3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ : коэффициент линейного расширения стекла

### ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Из уравнений (1) и (2) плотность воды  $\rho$  выражается следующим образом:

$$\frac{\rho(\vartheta)}{\rho(0^\circ\text{C})} = \frac{V_0 + \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h(0^\circ\text{C})}{V_0 \cdot (1 + 3 \cdot \alpha \cdot \vartheta) + \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h(\vartheta)}$$

Это выражение имеет максимум при  $\vartheta = 3,9^\circ\text{C}$ .

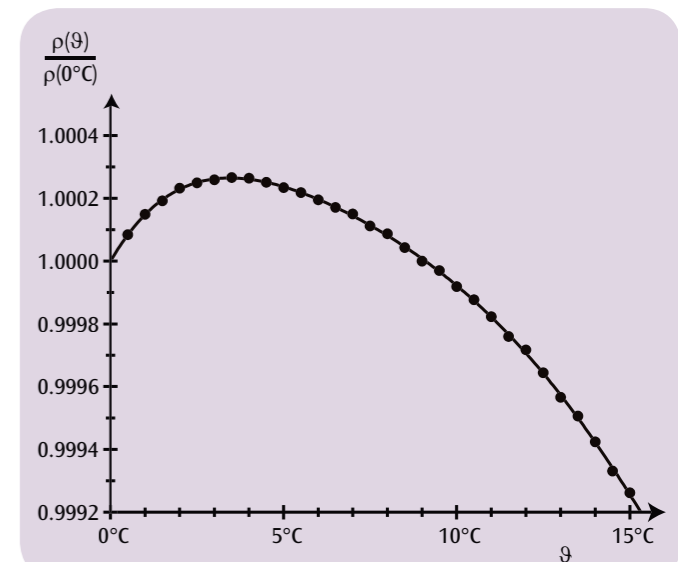


Рис. 1: Зависимость относительной плотности воды от температуры

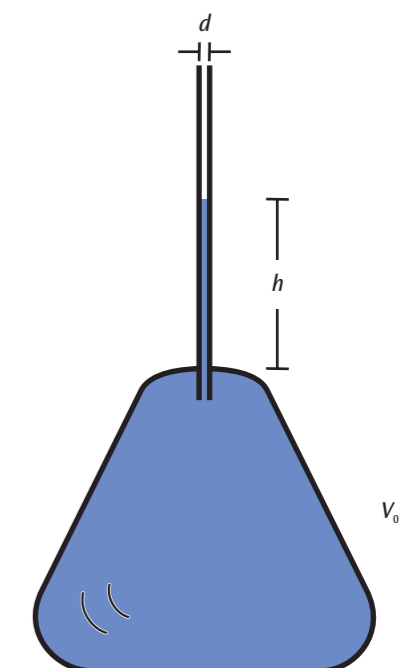


Рис. 2: Сосуд с вертикальной трубкой