

252. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

Введение

Если температура ν жидкости объемом V_0 изменяется на $\Delta\nu$, то объем будет (как в случае твердых тел) определяться:

$$\Delta V_0 = \gamma * V_0 * \Delta \theta \quad (1)$$

Коэффициент объемного расширения γ практически независим от температуры ν , но зависит от типа жидкости.

Коэффициент объемного расширения может быть определен с помощью дилатометра. Дилатометр состоит из стеклянной колбы и капилляра известного радиуса r , прикрепленного сверху колбы. Уровень жидкости в измерительном капилляре измеряется в миллиметрах. Он увеличивается при объемном расширении жидкости, которое происходит при постоянном нагревании стеклянной колбы на водяной бане.

Изменение уровня жидкости h соответствует изменению объема:

$$\Delta V = \pi r^2 * \Delta h, \quad (2)$$

где $r = (1.5 \pm 0.08)$ мм

Однако, нужно взять в расчет тепловое расширение самого дилатометра. Это расширение противодействует изменению уровня жидкости. Таким образом, изменение объема жидкости будет:

$$\Delta V_0 = \Delta V + \Delta V_D \quad (3)$$

где изменение объема ΔV_D :

$$\Delta V_D = \gamma_D * V_0 * \Delta \theta, \quad \gamma_D = 0.84 * 10^{-4} \text{ K}^{-1} \quad (4)$$

Учитывая соотношения (1), (3) и (4), получаем, что коэффициент объемного расширения определяется выражением:

$$\gamma = (1/V_0) * (\Delta V / \Delta \theta) + \gamma_D \quad (5)$$

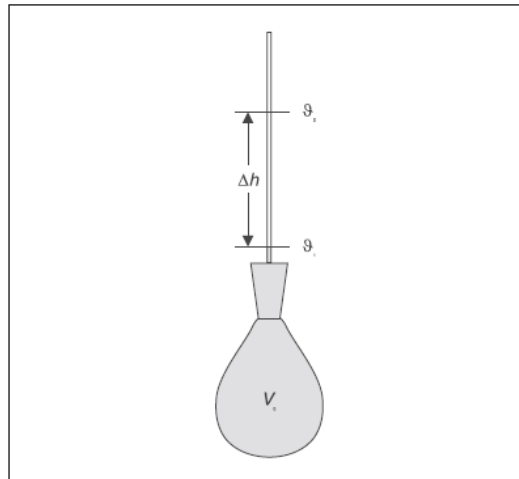


Рис.1. Принцип эксперимента

Цель работы

Изучить явление объемного расширения жидкостей

Решаемые задачи

- ✓ Определить объем V_0 дилатометра.
- ✓ Измерить коэффициент объемного γ расширения воды и этанола (этилового спирта) в зависимости от температуры.
- ✓ Сравнить коэффициенты объемного расширения воды и этилового спирта.

Техника безопасности

- ✓ Внимание: в работе используется стекло.
- ✓ Будьте предельно внимательны при работе с горячей водой.

Экспериментальная установка

Приборы и принадлежности

- ✓ дилатометр
- ✓ термометр, -10 до 110 $^{\circ}\text{C}$.
- ✓ датчик температуры, NiCr-Ni
- ✓ цифровой термометр с одним входом
- ✓ плитка, 150 мм., 1500 Вт
- ✓ стакан, 400 мл, термостойкое стекло
- ✓ подставки, V-образной формы
- ✓ штатив, 47 см(8)
- ✓ универсальный зажим, 0 ... 80 мм

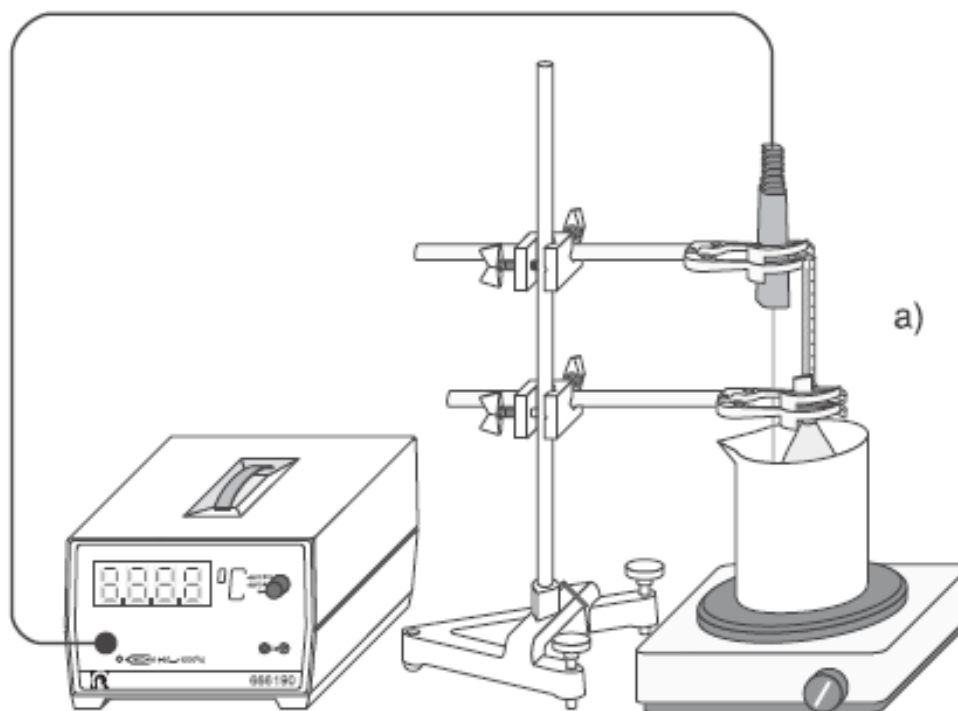


Рис. 2 Внешний вид установки

Примечание: Измерение уровня жидкости h может быть сильно искажено воздействием капиллярных сил. Держите капилляр чистым, и, если необходимо, протрите его и промойте дистиллированной водой перед использованием.

Порядок выполнения работы

Упражнения №1. Определение объема дилатометра V_0

Объем дилатометра V_0 можно определить, измерив массы m_1 пустого, сухого дилатометра и m_2 дилатометра, заполненного дистиллированной водой до нижней части измерительного капилляра. Плотность ρ воды при известной температуре θ можно определить по таблице 1:

Табл.1. Зависимость плотности воды от температуры.

θ	$\rho, \text{гр/см}^3$	θ	$\rho, \text{гр/см}^3$
15 °C	0.999099	23 °C	0.997540
16 °C	0.988943	24 °C	0.997299
17 °C	0.998775	25 °C	0.997047
18 °C	0.998596	26 °C	0.996785
19 °C	0.998406	27 °C	0.996515

20 °C	0.998205	28 °C	0.996235
21 °C	0.997994	29 °C	0.995946
22 °C	0.997772	30 °C	0.995649

$$V_0 = (m_2 - m_1) / \rho$$

Упражнение №2. Измерение объемного расширения воды

Примечание: После выключения нагревательной плитки, жидкость продолжает нагреваться некоторое время, поэтому вода из дилатометра может перелиться. Выключите плитку заранее.

1. Заполните колбу дистиллированной водой.
2. Опустите дилатометр в водяную баню так, чтобы измерительный капилляр остался наверху.
3. Включите нагревательную плитку на минимальное значение и нагревайте жидкость.
4. Определите уровень воды h в зависимости от температуры.
5. Постройте график зависимости изменения объема ΔV от разницы температур $\Delta \theta = \theta - \theta_0$ вычисленных по формуле (2), зная изменение $\Delta h = h - h_0$. Вычислите наклон прямой, проведенной через начало координат $\Delta V / \Delta \theta$.
6. По формуле 5 вычислите коэффициент объемного расширения воды и сравните с табличным значением.

$$\gamma_{\text{вода}} = 4.9 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

В случае воды присутствует систематическое отклонение в измерениях от прямой, проходящей через начало координат, так как объемный коэффициент расширения воды увеличивается в диапазоне от 30 °C до 60 °C.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАБОТАМ

№221 «Исследование теплопроводности»

- 1) Явления переноса (диффузия, теплопроводность, вязкость).
- 2) Какие связи называются ковалентными и ионными?
- 3) Период кристаллической решетки и его зависимость от температуры.
- 4) Сколько степеней свободы приходится на одну колебательную связь?
- 5) Линейный и объемные коэффициенты расширения твердых тел. Связь между ними.

№222 «Определение вязкости жидкости с помощью шарикового вискозиметра»

- 1) Явления переноса (диффузия, теплопроводность, вязкость)
- 2) Какие течения жидкости называют ламинарными и турбулентными? Число Рейнольдса.
- 3) Какая физическая природа вязкости жидкости и газов? Как изменяется вязкость газа и жидкости при повышении температуры?
- 4) Вывод формулы зависимости скорости ламинарного течения в трубе от расстояния до центра трубы. (Закон Пуазейля).
- 5) Движение шарика в жидкости. Закон Стокса.
- 6) Как следует изменить массу и размер шарика для того, чтобы проводить измерения для более (менее) вязких жидкостей (газов)?

№223 "Исследование зависимости вязкости жидкости от температуры и концентрации на шариковом вискозиметре"

- 1) Явления переноса (диффузия, теплопроводность, вязкость)
- 2) Какие течения жидкости называют ламинарными и турбулентными? Число Рейнольдса.
- 3) Какая физическая природа вязкости жидкости и газов? Как изменяется вязкость газа и жидкости при повышении температуры?
- 4) Вывод формулы зависимости скорости ламинарного течения в трубе от расстояния до центра трубы. (Закон Пуазейля).
- 5) Движение шарика в жидкости.
- 6) Как следует изменить массу и размер шарика для того, чтобы проводить измерения для более (менее) вязких жидкостей (газов)?

№250 «Определение плотности растворов»

1. Устройство и принцип работы ареометра.
2. Почему верхняя часть ареометра узкая и имеет постоянное сечение, а нижняя широкая и может иметь ряд утолщений и сужений?
3. Как зависит глубина погружения цилиндрического ареометра от плотности жидкости? Какие ограничения накладывает эта зависимость на изготовление ареометров?
4. Что такое раствор и насыщенный раствор? Механизм растворения. Чем определяется степень насыщения растворов?
5. Единицы концентрации растворов и их соотношение.
6. Ареометр отградуирован при комнатной температуре. Каковы погрешности при использовании его при повышенных температурах?

№251 «Измерение поверхностного натяжения методом отрыва»

1. Что такое сила поверхностного натяжения?
2. Как определяется коэффициент поверхностного натяжения при динамическом и энергетическом рассмотрении этого явления?
3. Как зависит коэффициент поверхностного натяжения от температуры и наличия примесей.
4. Явление смачивания. Что такое краевой угол?
5. Условия динамического равновесия капли жидкости на поверхности твердого тела, на поверхности другой жидкости.
6. Капиллярные явления. Давление под изогнутой поверхностью. Формула Лапласа.

№252 «Определение коэффициента объемного расширения жидкостей»

- 1) Свойства жидкостей.
- 2) Объемные коэффициенты расширения жидкости.

№253 «Исследование зависимости линейного расширения твердых тел от температуры»

- 1) Какие связи называются ковалентными и ионными?
- 2) Период кристаллической решетки и его зависимость от температуры.
- 3) Сколько степеней свободы приходится на одну колебательную связь?
- 4) Линейный и объемные коэффициенты расширения твердых тел. Связь между ними.

№254 «Определение удельной теплоемкости твердых тел»

- 1) Строение твердых тел
- 2) Понятие удельной теплоемкости для твердых тел.
- 3) Законы Эйнштейна, Дебая, Дюлонга – Пти.

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
КАЗАНСКОГО (ПРИВОЛЖСКОГО) ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
Кафедра общей физики

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ
ОБЩЕГО ФИЗИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА
ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ и ТЕРМОДИНАМИКЕ
Процессы переноса. Твердые тела и жидкости.

Казань – 2015

УДК 530.10
ББК 22.36
Э 41

Печатается по рекомендации
Учебно-методической комиссии
Института Физики
Казанского (Приволжского) федерального университета

Составители:
профессор кафедры общей физики Ерёмина Р.М.
доцент кафедры общей физики Скворцов А.И.
доцент кафедры общей физики Мутыгуллина А.А.
ассистент кафедры общей физики Салихова О.Б.
ассистент кафедры общей физики Блохин Д.С.

Рецензент – В.А.Уланов, д.ф.-м.н., профессор кафедры промышленной электроники Казанского государственного энергетического университета

Э 41 Экспериментальные задачи общего физического практикума по молекулярной физике и термодинамике. Процессы переноса. Жидкости и твердые тела.:/ сост. Р.М. Ерёмина, А.И. Скворцов, А.А. Мутыгуллина и др.-Казань: Казан.ун-т, 2015.-42с.

Методическое пособие «Экспериментальные задачи общего физического практикума по молекулярной физике и термодинамике. Процессы переноса. Жидкости и твердые тела. » предназначено для студентов естественно-научных специальностей университетов. Приводятся описания лабораторных работ физического практикума общего курса физики, раздел «Молекулярная физика и термодинамика», по теме «Процессы переноса. Жидкости и твердые тела». В каждой работе даны подробные описания установок, ход выполнения работ и список вопросов для самостоятельной подготовки.

УДК 530.10
ББК 22.36
Э 41

©Казанский университет, 2015