

Изучение поверхностного натяжения

Условие

Задание 2.

Изучение поверхностного натяжения.

При определении коэффициента поверхностного натяжения удобно использовать соотношение между силой поверхностного натяжения F и длиной границы поверхностного слоя l

$$F = \sigma l \cos \theta. \quad (1)$$

где θ - краевой угол.

Для воды и выданного кольца краевой угол считайте равным $\theta = 60^\circ$.

Приборы и материалы.

Весы с разновесом, штатив (для крепления весов), кольцо пластиковое на нитях, calorиметр, термометр, сухой песок, штангенциркуль.

Для выполнения работы вам предоставляется установка, показанная на фотографии. Кольцо прикрепите к одной из чашек весов. Добейтесь того, чтобы кольцо висело горизонтально. Под кольцом расположите calorиметр, в стакан которого налита вода. Наклоняя коромысло весов, медленно опустите кольцо так, чтобы оно коснулось поверхности воды и «прилипло» к ней (поверхность воды должна находиться на расстоянии 1 – 2 см от кольца). Вам необходимо найти нужную высоту крепления весов в штативе. После этого на вторую чашку весов можно аккуратно досыпать песок, до тех пор, пока кольцо не оторвется от поверхности воды. Затем вы можете определить массу добавленного песка, и по ней определить силу и коэффициент поверхностного натяжения воды.

Внимание! *Песок нужно насыпать на лист бумаги, положенный на чашку весов.***

После каждого измерения кольцо нужно осушить. Кольцо можно осушать фильтровальной бумагой, можно щеточком по кольцу, можно обдуванием. Но осушать надо.

После того, как вы научились проделывать указанные операции, можете приступать к измерениям.

Задания.

1. Выведите формулу для расчета коэффициента поверхностного натяжения по измеряемым величинам. 2. Из-



мерьте диаметр и толщину кольца. Рассчитайте длину линии разрыва поверхности воды при отрыве кольца. 3. Измерьте коэффициент поверхностного натяжения воды при комнатной температуре. Оцените погрешность его измерения. 4. Исследуйте зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от ее температуры. 5. Постройте график полученной зависимости, дайте ему качественное объяснение. 6. Предложите эмпирическую формулу, описывающую полученную зависимость.

Решение

Задание 10-2. Изучение поверхностного натяжения.

Расчет коэффициента поверхностного натяжения проводится по формуле

$$\sigma = \frac{mg}{2\pi(D - h) \cos \theta}, \quad (1)$$

где m - масса песка, который необходимо досыпать для отрыва кольца, D - внешний диаметр кольца, h - его толщина. Измеренные геометрические параметры кольца:

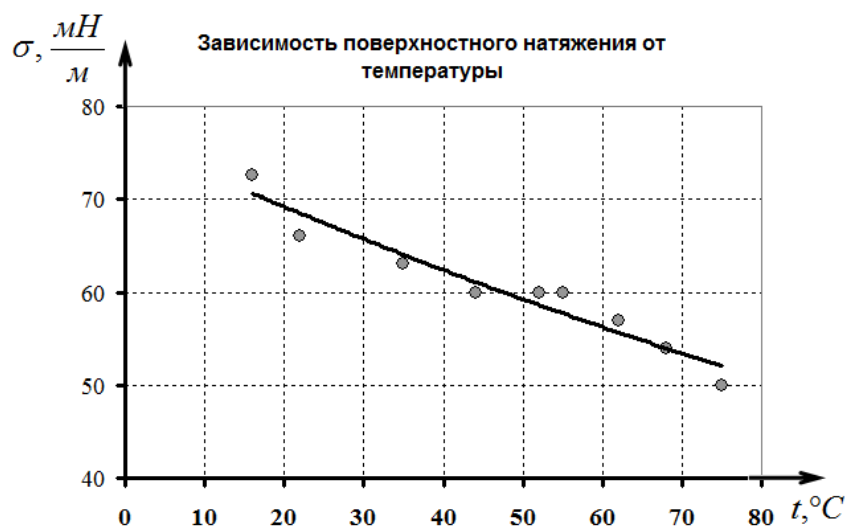
Внешний диаметр $D = (32,0 \pm 0,1)$ мм Толщина $h = (6,0 \pm 0,1)$ мм Длина линии отрыва $l = 2\pi(D - h) = 163,4$ мм Оценим погрешность определения длины линии разрыва²

$$\Delta l = 2\pi(\Delta D + \Delta h) = 1,3 \text{ мм}, \quad \varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l} \approx 0,8\%. \quad (2)$$

При комнатной температуре получены следующие значения масс досыпаемого песка: ^{**} $m = 2,4; 2,5; 2,3; 2,4; 2,5$ г. ^{**} Среднее значение массы досыпаемого песка равно $m = (2,42 \pm 0,06)$ г. Приборную погрешность можно принять равной половине цены последнего деления $\Delta m_{\text{пр}} = 0,05$ г. Таким образом, полная погрешность измерения массы песка равна $\Delta m = 0,11$ г. Относительная погрешность измерения массы $\varepsilon_m = \frac{0,11}{2,4} \approx 0,05 = 5\%$. Эта погрешность более, чем на порядок превышает погрешность измерения длины линии отрыва, поэтому именно она определяет погрешность определения коэффициента поверхностного натяжения. Расчет значения коэффициента поверхностного натяжения при комнатной температуре дает следующее значение

$$\sigma = \frac{2,42 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{163 \cdot 10^{-3} \cos 60^\circ} = 0,290 \frac{\text{мН}}{\text{м}},$$

с относительной ошибкой в 5%.



Измерения при других температурах проводятся аналогично. График полученной зависимости показан на рисунке. Точности экспериментальных данных не хватает, чтобы точно установить вид зависимости, поэтому она может быть аппроксимирована различными функциями, в простейшем случае линейной.

² «Квадратичная оценка погрешности приводит к еще меньшему значению погрешности.