

Работа 2.12

Исследование зависимости коэффициента поверхностного натяжения от концентрации раствора и температуры с помощью торсионных весов

Оборудование: торсионные весы, пластинка, набор сосудов с раствором разных концентраций, электронагреватель, термометр.

Введение

Поверхностное натяжение растворов отличается от поверхностного натяжения растворителя при тех же условиях. Это связано с тем, что поверхностный слой состоит как из молекул растворителя, так и из молекул растворенного вещества. В общем случае работа, затрачиваемая на вывод молекул с поверхностного слоя растворенного вещества и растворителя, не одинаковая. Поэтому поверхностное натяжение растворов зависит от концентрации примесей. Значение коэффициента поверхностного натяжения растворов занимает промежуточное положение между коэффициентом поверхностного натяжения растворенного вещества и растворителя. Если коэффициент поверхностного натяжения растворителя σ_1 меньше, чем коэффициент растворенного вещества σ_2 , то $\sigma_1 < \sigma < \sigma_2$. Если же $\sigma_2 < \sigma_1$, то $\sigma_2 < \sigma < \sigma_1$.

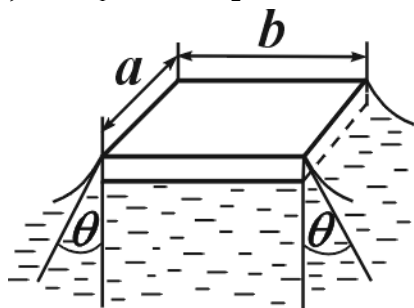


Рис. 2.14

Описание метода и установки. Опустим в жидкость прямоугольную пластинку, стороны которой равны a и b (рис. 2.14). Угол θ между вертикальной поверхностью пластинки и плоскостью, касательной к поверхности жидкости на границе с пластинкой, называется *краевым углом*. Для того чтобы пластинку оторвать от поверхности жидкости, необходимо приложить силу, равную

$$F_1 = G + F,$$

где G — вес пластинки, F — сила поверхностного натяжения, действующая по всему периметру пластинки:

$$F = 2\sigma (a + b) \cos \theta.$$

Таким образом, коэффициент поверхностного натяжения можно определить по формуле:

$$\sigma = \frac{F_1 - G}{2(a + b) \cos \theta} . \quad (1)$$

Если смачивание полное, то $\theta = 0$. Формула (1) в этом случае упрощается:

$$\sigma = \frac{F_1 - G}{2(a + b)} . \quad (2)$$

В данной работе для определения F_1 и G используются крутильные весы, которые называются *торзионными*, пределы измерения у которых 0 — 500 мг. В связи с этим пластинка должна быть достаточно небольшая, и поэтому определить ее размеры не всегда просто.

Однако можно поступить следующим образом. Запишем уравнение (1) для исследуемой жидкости и для жидкости с известным поверхностным натяжением (например, для воды):

$$\sigma_x = \frac{F_x - G}{2(a + b) \cos \theta_1} , \quad \sigma_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{F_{\text{H}_2\text{O}} - G}{2(a + b) \cos \theta_2} .$$

Откуда

$$\sigma_x = \frac{\sigma_{\text{H}_2\text{O}} (F_x - G) \cos \theta_2}{(F_{\text{H}_2\text{O}} - G) \cos \theta_1} . \quad (3)$$

Поскольку углы θ_1 и θ_2 малы, то последнее выражение можно упростить:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_{\text{H}_2\text{O}} (F_x - G)}{F_{\text{H}_2\text{O}} - G} . \quad (4)$$

Таким образом, определение коэффициента поверхностного натяжения сводится к измерению силы, необходимой для отрыва пластинки соответственно от воды и исследуемой жидкости, а также к измерению силы тяжести самой пластинки. В большинстве случаев после отрыва на поверхности пластинки остается небольшая капля жидкости, которая удерживается силами поверхностного натяжения. Поэтому под G следует принимать вес пластинки вместе с каплей данной жидкости. Очевидно, вес этих капель для различных жидкостей будет неодинаковым. Поэтому для определения коэффициента поверхностного натяжения необходимо использовать формулу:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_{\text{H}_2\text{O}} (F_x - G_x)}{F_{\text{H}_2\text{O}} - G_{\text{H}_2\text{O}}} , \quad (5)$$

где G_x — вес пластинки с каплей исследуемой жидкости, $G_{\text{H}_2\text{O}}$ — вес пластинки с каплей воды.

В этой работе величины F_x , G_x , F_{H_2O} , G_{H_2O} измеряются при помощи торсионных весов. Значение σ_{H_2O} при данной температуре находится из таблиц.

Основным элементом торсионных весов (рис. 2.15) является спиральная пружина, которая при помощи рычага 1 закручивается под воздействием предмета, который взвешивается. При этом указатель 2 смещается в сторону от положения равновесия. Весы можно снова уравновесить поворотом другого рычага 3, возвратив пружину и указатель 2 в первоначальное положение. При этом стрелка 4, жестко скрепленная с рычагом 3, смещается и показывает вес пластинки или величину определяемой силы поверхностного натяжения. Точность весов равна 1 мг.

Порядок выполнения работы

1. Откройте крышку коробки весов 5 и подвесьте на крючок 6 пластинку, уравновесьте весы.

2. Поставьте стакан в коробку весов и осторожно налейте дистиллированную воду до соприкосновения воды с подвешенной пластинкой.

3. Медленно перемещайте рычаг 3 до момента отрыва пластинки от поверхности жидкости. Измерения повторите пять раз и найдите среднее значение показаний весов.

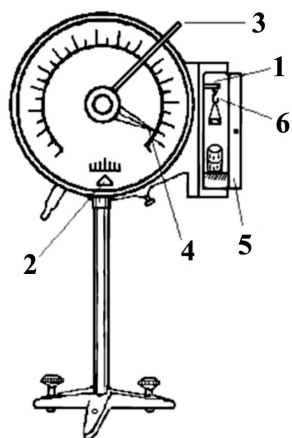


Рис. 2.15

4. Уберите стакан и определите вес мокрой пластинки G_{H_2O} . Для этого перемещайте рычаг 3 в направлении минимальных показателей до тех пор, пока указатель 2 не дойдет до положения равновесия. После чего просушите пластинку фильтровальной бумагой.

5. Повторите измерения для всех исследуемых растворов известных и неизвестных концентраций.

6. Определите коэффициент поверхностного натяжения по формуле (5).

7. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 1 и постройте график зависимости коэффициента поверхностного натяжения от концентрации растворов.

Таблица 1

№ п/п	n , %	σ_{H_2O} , Н/м	F_{H_2O} , Н	G_{H_2O} , Н	F_x , Н	G_x , Н	σ_x , Н/м
-------	---------	-----------------------	----------------	----------------	-----------	-----------	------------------

8. С помощью построенного графика определите концентрацию раствора с неизвестной концентрацией.

9. Наполните сосуд дистиллированной водой и измерьте ее температуру t_1 .

10. Повторите операции, которые описаны в пунктах 3 — 6, и определите коэффициент поверхностного натяжения при температуре t_1 .

11. Нагрейте воду в сосуде на 5 — 10 К выше, чем первоначальная, и снова определите коэффициент поверхностного натяжения при температуре t_2 .

12. Проведите такие же измерения для 5 — 6 значений температур.

13. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 2 и постройте график зависимости коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры.

Таблица 2

№ п/п	$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{\text{H}_2\text{O}}, \text{Н/м}$	$F_{\text{H}_2\text{O}}, \text{Н}$	$G_{\text{H}_2\text{O}}, \text{Н}$	$F_x, \text{Н}$	$G_x, \text{Н}$	$\sigma_x, \text{Н/м}$
-------	---------------------	---	------------------------------------	------------------------------------	-----------------	-----------------	------------------------



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается явление поверхностного натяжения?
2. Что называется силой поверхностного натяжения? Запишите формулу для ее расчета.
3. Дайте определение коэффициента поверхностного натяжения. В каких единицах он измеряется?
4. Что называется смачиванием? Несмачиванием?
5. Что называется краевым углом? От чего зависит его величина?
6. От чего зависит коэффициент поверхностного натяжения?
7. Напишите неравенство, которое связывает коэффициент поверхностного натяжения раствора, растворенного вещества и растворителя.
8. Что определяется торсионными весами в данной работе?
9. Почему при возрастании температуры коэффициент поверхностного натяжения уменьшается?
10. Чему равно поверхностное натяжение жидкости при критической температуре?