

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ ОТРЫВА КАПЕЛЬ

Ц е л ь р а б о т ы:

освоить методику исследования поверхностного натяжения жидкости.

П р и н а д л е ж н о с т и:

оборудка в штативе, стаканчики, исследуемая жидкость, жидкость с известным коэффициентом поверхностного натяжения, таблицы температурной зависимости плотности воды и спирта.

Краткая теория

Характерным свойством жидкостей является поверхностное натяжение, возникающее на свободной поверхности жидкости. Это явление связано с тем, что на молекулу А, находящуюся на свободной поверхности (рис. I) силы притяжения со стороны окружающих молекул жидкости действуют значительно сильнее, чем со стороны паров жидкости или газа, с которым жидкость граничит, и последними можно пренебречь.

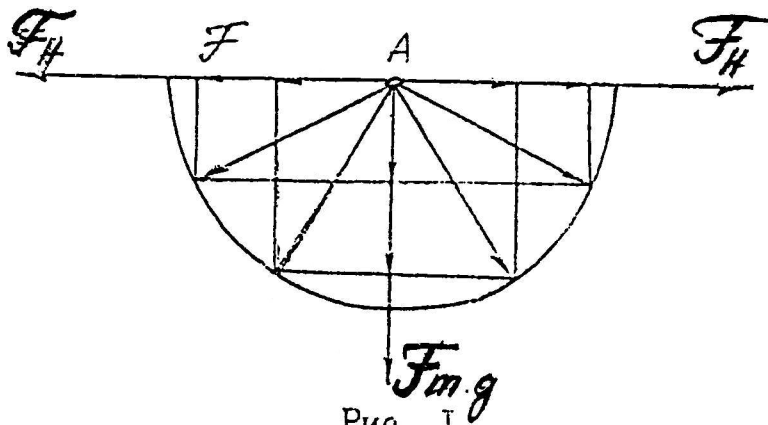


Рис. I

Каждую из сил, действующих на молекулу А со стороны жидкости можно разложить на две составляющие: направленные одна по касательной к поверхности жидкости, другая - ей перпендикулярно. Складываясь между собой, перпендикулярные составляющие дают силу F_{mg} , направленную вглубь массы жидкости, а касательные образуют равные и противоположные силы F_H , направленные вдоль поверхности (рис. I).

Силы $F_{\text{лиг}}$ всех молекул поверхностного слоя, складываясь, оказывают на жидкость давление, называемое внутренним или молекулярным давлением жидкости.

Силы $F_{\text{н}}$, взаимно уравновешиваясь по отношению к каждой молекуле, в то же время связывают их между собой дополнительными силами притяжения, подобно тому, как это имеет место между молекулами в растянутой упругой пленке. Суммарное стягивающее действие этих сил и называют поверхностным натяжением жидкости.

Поверхностное натяжение характеризуется силой $F_{\text{н}}$, приложенной к контуру, ограничивающему поверхность жидкости. Эта сила в каждой точке контура направлена касательно к поверхности жидкости и перпендикулярно линии её контура так, что стремится сократить её поверхность (рис. 2).

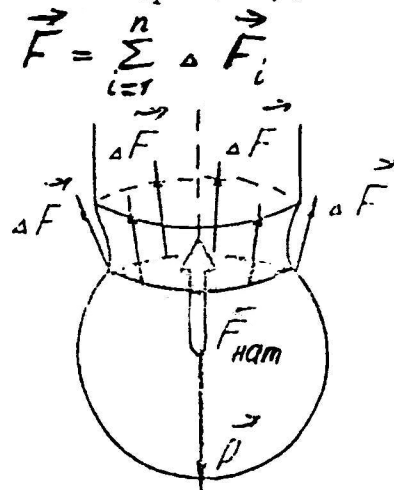


Рис. 2

Поверхностное натяжение характеризуется коэффициентом поверхностного натяжения α , который численно равен силе поверхностного натяжения, приходящейся на единицу длины l контура, ограничивающего поверхность жидкости

$$\alpha = \frac{F_{\text{н}}}{l}$$

Коэффициент поверхностного натяжения зависит от природы жидкости и от температуры (уменьшается при её повышении), но не зависит от величины или формы жидкости. Единицы его измерения в СИ – ньютон на метр (н/м), в системе СГС – дина на сантиметр (дин/см).

Рассмотрим процесс образования капли при медленном вытекании жидкости из вертикально расположенной трубки. Поверхност-

ная пленка из жидкости, образуемая в отверстии трубки, не позволяет жидкости беспрепятственно вылиться из трубки. Под давлением столба жидкости пленка растягивается, и количество жидкости, ограниченное пленкой, постепенно увеличивается. Капля растёт, пока вес её меньше сил поверхностного натяжения.

Вследствие наличия сил поверхностного натяжения жидкость стремится сократить свою поверхность, то есть принять форму шара, в результате чего образуется сужение или шейка капли (рис. 2).

На каждую единицу длины контура сужения действует сила поверхностного натяжения, направленная по касательной к поверхности и равная коэффициенту поверхностного натяжения

Сила поверхностного натяжения, действующая на весь контур:

$$F = 2 \pi r \alpha$$

где r - радиус шейки капли. Направлена эта сила вверх. В момент отрыва капли ее вес P становится равным силе поверхностного натяжения:

$$P = 2 \pi r \alpha \quad (I)$$

Отрыв капли происходит по сечению, ограниченному контуром АВ. Нижняя часть жидкости даёт основную каплю, а на сужении получается маленькая добавочная капля. При очень малом отверстии и недостаточном давлении жидкости капля может не оторваться. Так, поверхностное натяжение приводит к тому, что жидкость не протекает через мелкосетчатые поверхности, например, поверхность зонтика или ткань палатки.

Из формулы (I) можно найти коэффициент поверхностного натяжения $\alpha = \frac{P}{2 \pi r}$, если измерить P и r . Трудоемкую операцию по определению r (например, с помощью измерительного микроскопа) можно исключить, если воспользоваться методом сравнения, то есть использовать жидкость с известным коэффициентом поверхностного натяжения (в нашем случае - воду). Радиусы шейки капель воды и исследуемой жидкости можно считать одинаковыми без большой погрешности. Тогда для воды запишем:

$$\alpha_в = \frac{P_в}{2 \pi r}$$

Для исследуемой жидкости:

$$\alpha_{ж} = \frac{P_{ж}}{2 \pi r}$$

Разделив второе уравнение на первое, получим:

$$\frac{\alpha_{ж}}{\alpha_{в}} = \frac{\rho_{ж}}{\rho_{в}}$$

Вес капли $P = \rho g V_k$, где ρ - плотность жидкости, g - ускорение свободного падения, V_k - объем капли. Подставив значения веса капли воды и жидкости, получим:

$$\alpha_{ж} = \alpha_{в} \frac{\rho_{ж}}{\rho_{в}} \Rightarrow \alpha_{в} \frac{\rho_{ж} V_{кж}}{\rho_{в} V_{кв}}$$

Плотность находят из таблицы с учетом температуры. Чтобы определить объем капли, нужно сосчитать сколько капель находится в определенном объеме $V_{ж}$ жидкости (обычно целое число см^3 , например, 2 см^3). Объем определяется с помощью бюретки - стеклянной трубки, которая проградуирована в см^3 и снабжена краном, расположенным под капиллярной частью трубки.

Так как

$$V_{кж} = \frac{V_{ж}}{n_{ж}}, \text{ а } V_{кв} = \frac{V_{в}}{n_{в}}, \text{ то}$$

$$\alpha = \alpha_{в} \frac{\rho_{ж} V_{ж} n_{в}}{\rho_{в} V_{в} n_{ж}} = \left(\alpha_{в} \frac{\rho_{ж}}{\rho_{в}} \right) \cdot \left(\frac{V_{ж} n_{в}}{V_{в} n_{ж}} \right)$$

Если брать одинаковые объемы исследуемой и стандартной жидкостей $V_{ж} = V_{в}$, расчет можно упростить

$$\alpha_{ж} = \left(\alpha_{в} \frac{\rho_{ж}}{\rho_{в}} \right) \cdot \left(\frac{n_{в}}{n_{ж}} \right)$$

Метод отрыва капель используют в медицине для определения в диагностических целях поверхностного натяжения спинномозговой жидкости, желчи и др. жидкостей, входящих в состав организма. Прибор, используемый для таких измерений, называется сталагмометром.

Порядок выполнения работы

1. Подставить под бюретку стаканчик, перекрыть кран бюретки и заполнить её исследуемой жидкостью.
2. Приоткрыв кран, отрегулировать скорость истечения жидкости, так, чтобы через наконечник вытекало не более 60-50 капель в минуту. В тот момент, когда уровень воды в бюретке совпадет с целым делением, надо начать отсчет капель в 2 см^3 вытекающей жидкости. Опыт повторить 5 раз. Данные опытов заносятся в таблицу I.

3. Исследуемую жидкость из стаканчиков перелить в соответствующий сосуд.
4. Выполнить пункты 1, 2, 3 для стандартной жидкости.
5. Из таблиц выписать плотность воды и жидкости при температуре воздуха в помещении (таблица 2).
6. Рассчитать коэффициент поверхностного натяжения исследуемой жидкости.
7. Определить погрешность найденного значения $\alpha_{ж}$.

Таблица 1

№ опыта	В о д а		Ж и д к о с т ь	
	Число капель, n	Погрешность опыта, Δn	Число капель, n	Погрешность опыта, Δn
1				
2				
3				
4				
5				
Средние величины	$\bar{n}_в =$	$\Delta \bar{n}_в =$	$\bar{n}_ж =$	$\Delta \bar{n}_ж =$

Таблица 2

Температура жидкостей	Плотность воды	Плотность жидкости	Коэффициент поверхностного натяжения воды
$t^\circ =$	$\rho_в = \left(\frac{г}{см^3}\right) =$	$\rho_ж = \left(\frac{г}{см^3}\right) =$	$\alpha_в \left(\frac{гН}{см}\right) =$

Обработка результатов