

## Домашняя лабораторная работа

### «Измерение коэффициента поверхностного натяжения водно-спиртовых растворов»

**Цель работы:** измерить поверхностное натяжение водно-спиртовых растворов сталагмометрическим методом; определить объемное содержание спирта в произвольной смеси вода-спирт.

**Приборы:** Шприц 2.5 мл с иглой, шприц 20 мл без иглы, стакан с водой, стакан со спиртом, подставка (можно собрать из проволоки и бутылки с водой), небольшая емкость для сбора капель



#### Теоретическое обоснование:

Сталагмометрический метод основан на измерении веса капель  $P$ , образующихся при вытекании жидкости из вертикальной трубки с радиусом выходного отверстия  $r$ . В момент отрыва капли жидкости от нижнего конца вертикальной трубки ее вес  $P$  уравнивается силой поверхностного натяжения  $F_\sigma$ , которая действует вдоль периметра шейки капли и препятствует ее отрыву. В первом приближении можно считать, что

$$F_\sigma = 2\pi r \sigma \quad (\Phi 1)$$

При вытекании известного объема  $V$  жидкости, с плотностью  $\rho$ , вес одной капли  $P$  связан с количеством капель  $n$  как

$$P = \frac{\rho V g}{n} \quad (\Phi 2)$$

Поскольку в момент отрыва  $P = F_\sigma$ , рассчитав вес капли можно найти поверхностное натяжение исследуемой жидкости:

$$\sigma = \frac{V g}{2\pi r} \cdot \frac{\rho}{n} \quad (\Phi 3)$$

Как правило при определении поверхностного натяжения данным методом используется сравнение исследуемой жидкости с эталонной. Тогда если значения поверхностного натяжения и плотности эталонной жидкости составляют соответственно  $\sigma_0$  и  $\rho_0$ , то при вытекании одинаковых объемов исследуемой жидкости и эталонной, получаем выражения для поверхностного натяжения исследуемой жидкости:

$$\sigma = \sigma_0 \frac{\rho}{\rho_0} \frac{n_0}{n}, \quad (\Phi 4)$$

Где  $n_0$  и  $n$  – количество капель эталонной и исследуемой жидкости соответственно.

В работе для определения числа капель используется шприц с иглой, вертикально укрепленный на подставке. Шприц заполняется исследуемой жидкостью. Отсчет числа капель начинается при понижении уровня жидкости до верхней метки 2.5 и заканчивается при достижении метки 1.5. Таким образом, объем вытекшей жидкости составляет примерно 1 мл. Параметры иглы шприца как правило указаны на упаковке (запишите параметры шприца прежде чем выбрасывать упаковку)



#### Ход работы:

1. Соберите подставку, на которую будет вешаться шприц 2.5 мл иглой вниз. Как вариант можно взять кусок проволоки, согнуть один конец в петлю, второй конец вставить в пустую бутылку. Размер петли надо подобрать так, чтобы шприц можно было повесить на «ушки» и легко достать при необходимости. Шприц должен висеть вертикально вниз.
  2. Измерьте и запишите температуру в комнате. Во избежание девиации результатов, температуры спирта и воды должны быть одинаковы и равняться комнатной.
  3. Проведите первый эксперимент по подсчету капель для чистой воды. В шприц 2.5 мл наберите воду выше верхней отметки, (**Важно: обязательно удалите пузырьки воздуха из канюли шприца до начала эксперимента**) не снимая иглы со шприца, повесьте шприц на подставку, под него подставьте емкость, в которую будут падать капли. Когда уровень жидкости в шприце опустится до отметки 2.5, начните отсчет капель, ведите его до тех пор, пока уровень жидкости не дойдет до отметки 1.5. Во избежание погрешности, связанной с неравномерностью разметки шприца, проводите все последующие измерения для тех же двух рисков.
- Доливая в шприц 2.5 мл воду выше верхней отметки (это удобно делать с помощью большого шприца) проведите измерение еще дважды. Полученные результаты занесите в таблицу. По результатам трех измерений найдите среднее число капель.
4. Проведите измерения аналогичные пункту 3 для водно-спиртовых растворов с объемными концентрациями спирта 10%, 20%, 40%, 60%, 80% и 100%. Для подготовки смесей используйте шприц 20 мл. (**Важно!!! Перед подготовкой каждой новой смеси необходимо удалить остатки жидкостей из самого шприца и из иглы. Для этого удобно использовать поршень шприца, несколько раз с силой закрывая-открывая его, можно увидеть, когда выход брызг прекратится**). Результаты занесите в таблицу.

5. Считая воду эталонной жидкостью с известным коэффициентом поверхностного натяжения  $\sigma_0^{293\text{ K}} = 72.75 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$  рассчитайте значения поверхностного натяжения для каждого опыта по ф-ле (Ф4).

Полученные данные сведите в таблицу и представьте в виде графика  $\sigma(k)$ , где  $k$  – объемная доля спирта в растворе.

6. Для уточнения вытекающего объема измерьте расстояние между метками и внутренний радиус шприца, рассчитайте вытекающий объем  $V$ . Оцените радиус капли. Пользуясь ф-лой (Ф3) рассчитайте значение поверхностного натяжения чистого спирта.

7. Оцените погрешности относительного (расчеты с эталонной жидкостью по ф-ле (Ф4)) и абсолютного (расчеты по ф-ле (Ф3)) методов. Сравните значения коэффициента поверхностного натяжения чистого спирта, найденные экспериментально, с табличными данными.

8.\* Приготовьте несколько растворов с произвольным содержанием спирта, проведите для приготовленных смесей эксперименты по пункту 3. Рассчитайте плотность каждой смеси (например, взвесив шприц) или приблизительно оцените ее исходя из данных по количеству капель. Оцените содержание спирта в каждой смеси.

#### Контрольные вопросы:

1. Что такое поверхностное натяжение с энергетической точки зрения и с силовой?
2. Почему в опыте со шприца не снимают иглу?
3. Предложите альтернативные способы измерения коэффициента поверхностного натяжения.
4. Как коэффициент поверхностного натяжения зависит от температуры жидкости?
5. Что такое мениск? Как рассчитать высоту подъема столба жидкости в капилляре?
6. Приведите примеры капиллярного эффекта в жизни.
7. Две капли ртути сближаются друг с другом и сливаются. Какую форму имели капли до слияния и после и почему?

#### Использованная литература

1 Волков В.А. Коллоидная Химия. Москва: Изд-во МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001. – 638 с.

2 Михеева Е.В., Анисимова Л.С., Определение поверхностного натяжения. Расчет молекулярных характеристик исследуемого ПАВ. Исследование мицеллообразования в растворах коллоидных ПАВ. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. –24с

## ПРИЛОЖЕНИЕ

**Зависимость плотности водно-спиртовых растворов от  
концентрации спирта в объемных долях при 20 °С и  
нормальном атмосферном давлении**

Таблица В.1 – Зависимость плотности водно-спиртовых растворов  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, от концентрации спирта в объемных долях  $q$ , в процентах, при температуре 20 °С и нормальном атмосферном давлении

$q$ , %	$\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup>	$q$ , %	$\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup>	$q$ , %	$\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup>	$q$ , %	$\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup>
0	998,2	26	967,0	52	926,2	78	864,8
1	996,7	27	965,8	53	924,2	79	862,0
2	995,3	28	964,6	54	922,1	80	859,3
3	993,8	29	963,4	55	920,0	81	856,5
4	992,4	30	962,2	56	917,9	82	853,7
5	991,0	31	961,0	57	915,7	83	850,8
6	989,7	32	959,7	58	913,6	84	847,9
7	988,4	33	958,4	59	911,4	85	844,9
8	987,2	34	957,0	60	909,1	86	841,9
9	985,9	35	955,6	61	906,9	87	838,9
10	984,7	36	954,2	62	904,6	88	835,7
11	983,6	37	952,7	63	902,3	89	832,5
12	982,4	38	951,2	64	900,0	90	829,2
13	981,2	39	949,6	65	897,6	91	825,9
14	980,0	40	948,0	66	895,2	92	822,4
15	978,9	41	946,4	67	892,8	93	818,9
16	977,8	42	944,8	68	890,4	94	815,2
17	976,8	43	943,1	69	888,0	95	811,4
18	975,9	44	941,3	70	885,5	96	807,5
19	974,6	45	939,5	71	883,0	97	803,3
20	973,6	46	937,7	72	880,5	98	799,0
21	972,5	47	935,9	73	877,9	99	794,2
22	971,4	48	934,0	74	875,4	100	789,2
23	970,3	49	932,1	75	872,8		
24	969,2	50	930,2	76	870,1		
25	968,1	51	928,2	77	867,5		