

Лабораторная работа 2.5.1

Сафиуллин Роберт

30 апреля 2018 г.

1 Цель работы:

1) измерение коэффициента поверхностного натяжения исследуемой жидкости при разной температуре с использованием известного коэффициента поверхностного натяжения другой жидкости; 2) определение полной поверхностной энергии и теплоты, необходимой для изотермического образования единицы поверхности жидкости.

2 В работе используются:

прибор Ребиндера с термостатом; исследуемые жидкости; стаканы.

Описание работы

Наличие поверхностного слоя приводит к различию давлений по разные стороны от искривленной границы раздела двух сред. Для сферического пузырька внутри жидкости избыточное давление дается формулой Лапласа

$$\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Для сферического пузырька внутри жидкости:

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{r}$$

Эта формула лежит в основе предлагаемого метода определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости. Измеряется давление, необходимое для выталкивания в жидкость пузырька газа.

3 Экспериментальная установка:

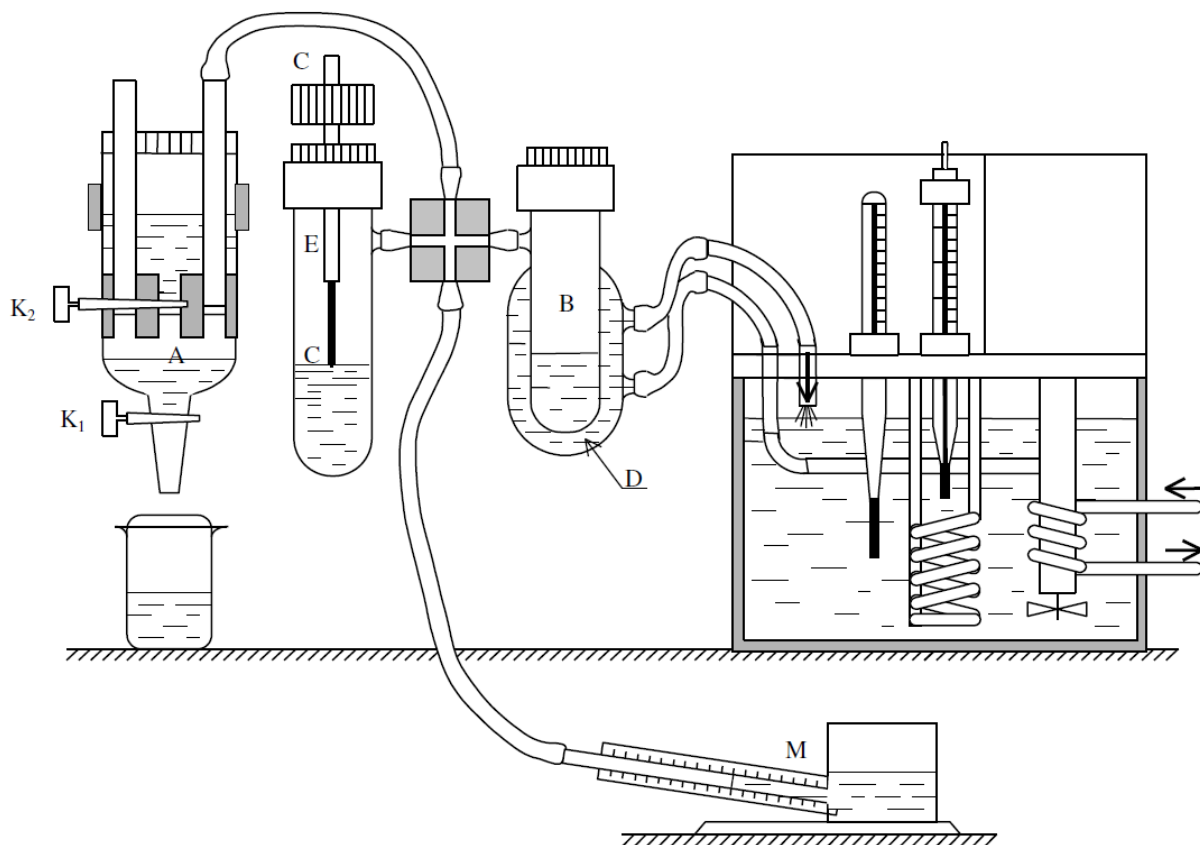


Рис. 1. Схема установки для измерения температурной зависимости коэффициента поверхностного натяжения

Обычно кончик иглы лишь касается поверхности жидкости, чтобы исключить влияние гидростатического давления столба жидкости. Однако при измерении температурной зависимости коэффициента поверхностного натяжения возникает ряд сложностей. Во-первых, большая теплопроводность металлической трубки приводит к тому, что температура на конце трубки заметно ниже, чем в глубине жидкости. Во-вторых, тепловое расширение поднимает уровень жидкости при увеличении температуры. Это гидростатическое давление вычитается из падения лапласова давления вследствие уменьшения σ , и в опыте с анилином, например, наблюдаемый эффект меняет знак при высоте столба жидкости порядка пяти сантиметров. Обе погрешности можно устранить, погрузив кончик трубки до самого дна. Полное давление, измеренное при этом микроманометром, $P = \Delta P + \rho gh$, где последний член определяется только массой воды.

Давление P вычисляется с помощью показаний манометра N в у.е по формуле:

$$P = 0.2 * 9.80665 * N$$

$\sigma = 22.8 * 10^{-3}$ Н/м - коэффициент поверхностного натяжения спирта
 $\gamma = 0.8095$ г/см³ - плотность спирта

4 Ход работы

1) Оценим диаметр иглы. Для этого измерим давление пробулькивания, когда игла находится на поверхности спирта. Оно олучилось равным:

$$P = 0.2 * 9.80665 * 39 = 76.5 Pa$$

Тогда $d = 4\sigma/P \approx 1.19$ мм. Прямые замеры с помощью микроскопа дали значения 1.2 ± 0.2 мм

Примем диаметр иглы равным 1.2 ± 0.2 мм

2) Теперь утопим иглу до предела. При этом замерим h_1 и h_2 на поверхности и на глубине соответственно а также показания манометра.

Получили: $h_1 = 3.4 \pm 0.05$ см

$h_2 = 0.7 \pm 0.05$ см

Отсюда рассчитаем ΔP по формуле $\rho g \Delta h$:

$\Delta P = 134.86 \pm 4$ Па

А также зная, что показания манометра у дна равны 90 ± 2 у.е, считаем $\Delta P_M = 98.06 \pm 3.9$ Па

3) Теперь поместим иглу в пробирку с водой и начнем нагревать ее, при этом снимая зависимость $\sigma(T)$. Параллельно рассчитаем:

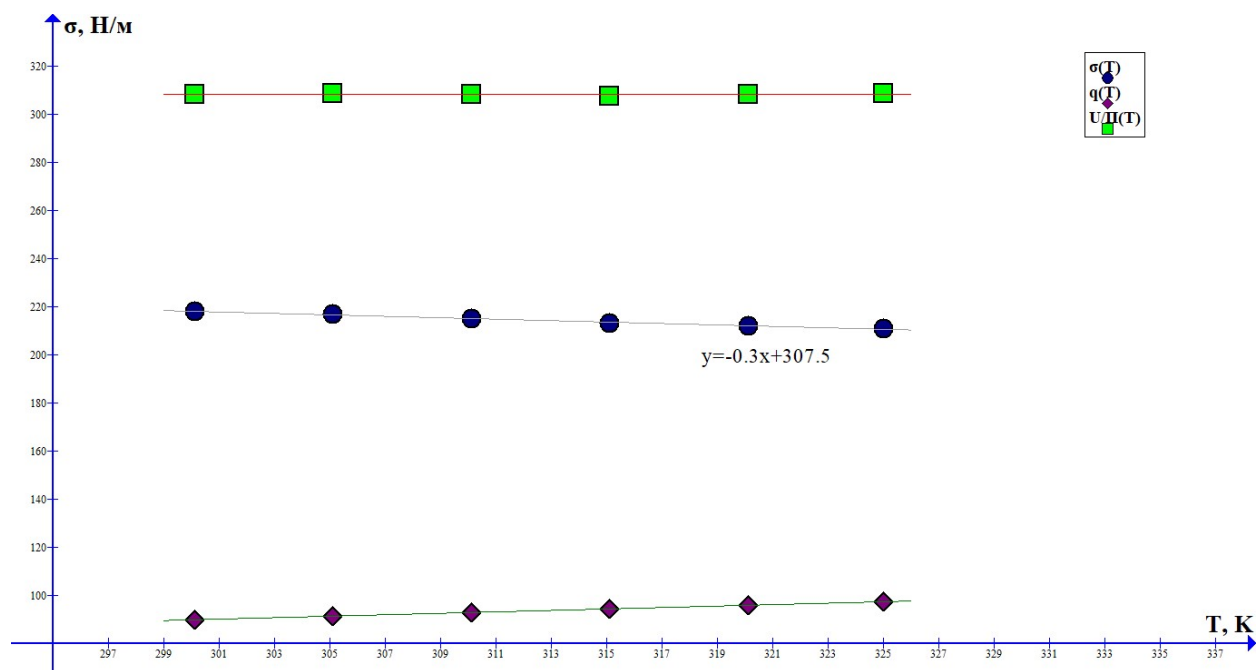
$q = -T \frac{d\sigma}{dT}$ - теплота образования единицы площади

$U_{\Pi} = (\sigma - T \frac{d\sigma}{dT})\Pi$ - поверхностная энергия единицы площади

Результаты запишем в таблицу:

T, K	300.1	305.1	310.1	315.1	320.1	325 .0
N, у.е	185	184	183	181	180	179
$\sigma * 10^{-3}$ Н/м	218	217	215	213	212	211
$q * 10^{-3}$ Н/м	90.03	91.53	93.03	94.53	96.03	97.5
$U_{\Pi}/\Pi * 10^{-3}$ Н/м	308.03	308.53	308.03	307.53	308.03	307.5

4) По этим данным построим графики $\sigma(T)$, $q(T)$ и $U_{\Pi}/\Pi(T)$ в одной координатной плоскости



Таким образом графики подтверждают линейность $\sigma(T)$, $q(T)$ и $U_{\Pi}/\Pi(T)$ и убывание σ с увеличением температуры.