

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ
УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР –
факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
Школа имени А.Н. Колмогорова

Кафедра физики

Общий физический практикум

Лабораторная задача № 2.2

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦЕНТА
ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ВОДЫ ПО
МЕТОДУ МАКСИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В
ВОЗДУШНОМ ПУЗЫРЬКЕ**

составители:
Соловей А.Б. и Макаров И.А.

2013 г.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ВОДЫ ПО МЕТОДУ МАКСИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В ВОЗДУШНОМ ПУЗЫРЬКЕ

Теоретическая часть

В данной работе используется явление перепада давления ΔP при переходе через сферическую границу раздела жидкой и газообразной сред. Как известно, стремление поверхности жидкости к сокращению приводит к возникновению давления, дополнительного к тому, которое испытывает жидкость с плоской поверхностью (см. Рис.1).

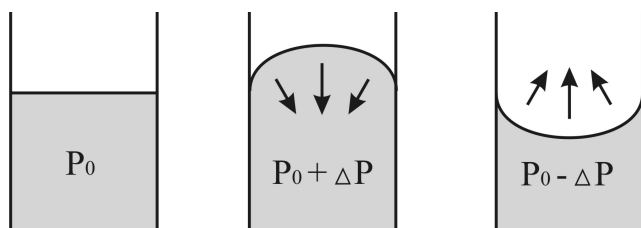


Рис.1 К пояснению природы появления дополнительного давления при изменении площади поверхности жидкости.

Для жидкости с радиусом кривизны сферической поверхности R и коэффициентом поверхностного натяжения σ известна формула для величины избыточного давления:

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R}, \quad (1)$$

Формула (1) впервые была выведена Лапласом, а ΔP называется Лапласовским избыточным давлением.

Экспериментальная часть

I. Оборудование:

1. Пробирка с боковым отростком и исследуемой жидкостью;
2. Пробка со стеклянной трубкой, конец которой оттянут на капилляр;
3. Соединительный тройник;
4. Аспиратор;
5. Спиртовой манометр;
6. стакан с водой и крышкой;
7. Электроплитка;
8. Термометр;
9. стакан;
10. Соединительные трубки.

II. Описание прибора.

Прибор (см. рис.2) состоит из пробирки с боковым отростком (1), в которой находится исследуемая жидкость (дистиллированная вода). Пробирка герметически закрывается пробкой со стеклянной трубкой (2), конец которой оттянут на капилляр. При этом конец капилляра должен касаться поверхности жидкости. Через боковой отросток и тройник (3) пробирка сообщается с аспиратором (4) и спиртовым манометром (5). Для измерения и контроля температуры исследуемой жидкости пробирка помещается в стакан с водой (6),

который находится на электроплитке (7). В воду опущен термометр (8). Вытекающая из аспиратора (4) вода собирается в стакане (9).

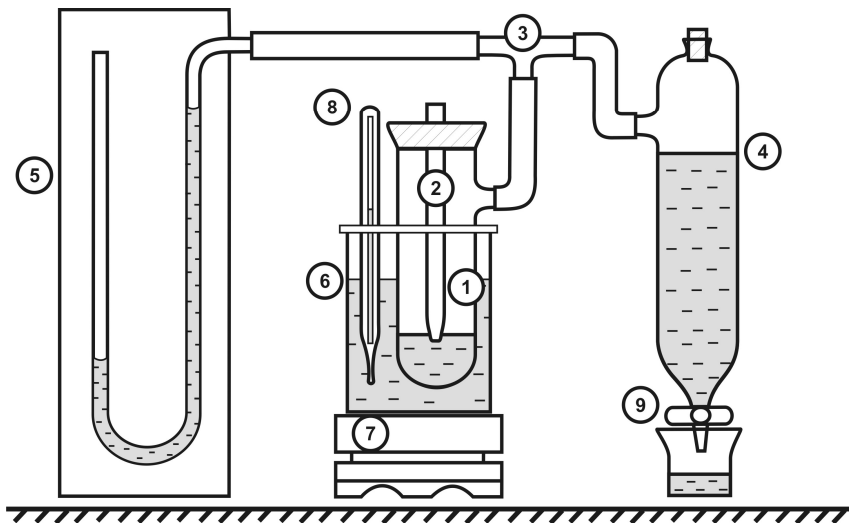


Рис.2 Эскиз экспериментальной установки.

Если приоткрыть кран аспиратора, то вода начнет медленно вытекать из него, и в верхней части аспиратора, а, следовательно, в пробирке и манометре будет создаваться разрежение, благодаря этому, атмосферный воздух через трубку с капилляром начнет выдувать пузырек воздуха из капилляра в воду. По мере выдувания пузырька поверхность жидкости, ограничивающая его поверхность, будет проходить положения «а» => «б» => «в» (см. Рис 3). При этом наименьший радиус будет соответствовать положению «б» и равняться радиусу капилляра.

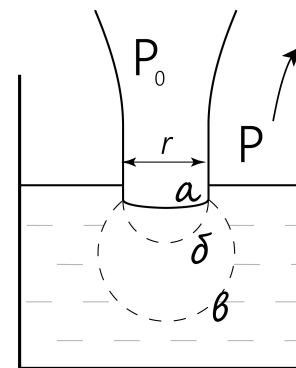


Рис.3 Стадии «выдувания» пузырька через капилляр.

Таким образом, наибольший перепад давлений, фиксируемый манометром, будет равен:

$$\Delta P_{\max} = \frac{2\sigma}{R}, \quad (2)$$

где R - радиус капилляра.

При нагревании жидкости изменением радиуса капилляра можно пренебречь, а коэффициент σ сильно зависит от температуры. Поэтому, измеряя ΔP_{\max} можно установить зависимость $\sigma(T)$:

$$\sigma(T) = \sigma(T_0) \cdot \frac{\Delta P_{\max}(T)}{\Delta P_{\max}(T_0)}, \quad (3)$$

где T_0 – комнатная температура.

Порядок проведения измерений.

1. Открыть пробку аспиратора (4) и налить в него воду из стакана (9).

2. Плотно закрыть аспиратор пробкой.
3. Налить в стакан (6) воду из водопроводного крана и поставить стакан на электроплитку(7), закрыв его крышкой, на которой закреплены пробирка (1) и термометр (8);
4. Через 2-3 минуты приоткрыть кран аспиратора и записать в таблицу показания термометра и соответствующее ему ΔP_{max} согласно показаниям манометра;
5. С помощью электроплитки нагреть исследуемую жидкость. За 5° до нужной температуры плитку выключить, чтобы дать достаточно медленно прогреться жидкости и успеть произвести измерение ΔP_{max} при нужной температуре;
6. Сделать соответствующие измерения через каждые $15-20^\circ\text{C}$ до 90° (не выше).

Расчётная часть

1. Зная, что коэффициент поверхностного натяжения чистой воды при $T_0 = 20^\circ\text{C}$ равен $\sigma_0 = 0,07253$ Н/м, рассчитайте значения σ (Т).
2. Постройте график зависимости σ (Т).
3. Рассчитайте погрешности σ , с учётом погрешностей определения Т;
4. Отложите эти погрешности на графике зависимости σ (Т).

Вопросы к допуску

1. Зачем требуется обеспечивать очень медленное вытекание воды из аспиратора?

2. Почему в капилляре выдувается воздушный пузырек?
3. Как зависит погрешность метода от радиуса капилляра?

Вопросы к защите

1. Объясните полученный график зависимости σ (Т).
2. Может ли $\sigma = 0$? Почему?
3. Какова природа сил поверхностного натяжения?
4. Куда направлена сила поверхностного натяжения в точке, находящейся на плоской поверхности жидкости (вдали от стенок)?
5. Существует ли поверхностное натяжение у твёрдых тел?

Рекомендуемые источники

1. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., «Молекулярная физика и термодинамика», учебник Физика-10 класс.
2. Матвеев А.Н. «Молекулярная физика: учебное пособие», т. 2.
3. Сивухин Д.В. «Общий курс физики», т.2.
4. Телеснин Р.В. «Молекулярная физика».
5. Путилов К.А. «Курс физики», т.1.
6. Больцман Л. «Лекции по теории газов»
7. Сергеев С.Н. «Обработка результатов физического эксперимента».
8. wikipedia.org