

Лабораторная работа №15

Определение коэффициента поверхностного натяжения σ двумя способами

Цель работы: определить σ способом отрыва каплей от трубки малого диаметра и с помощью капиллярных трубок.

Оборудование: воронка и две трубки разных диаметров с кранами, штатив, сосуд с водой из-под крана, стаканчик, весы, линейка ученическая, микрометр, капиллярные трубки.

Содержание и метод выполнения работы

В данной работе предлагается определить коэффициент поверхностного натяжения жидкости (КПН) двумя методами. Метод поднятия жидкости в капилляре не таит в себе никаких принципиальных трудностей. Метод отрыва каплей требует некоторых разъяснений.

1. Суть определения σ методом отрыва каплей заключается в том, что жидкость, медленно вытекая из трубки, образует на ее конце каплю, которая затем отрывается от трубки. Условием отрыва принято считать равенство сил тяжести и поверхностного натяжения, действующих на каплю:

$$mg = \sigma \pi d. \quad (1)$$

Измерив массу одной капли и диаметр трубки d , легко найти КПН по формуле $\sigma = \frac{mg}{\pi d}$.

Строго говоря, формула (1) несправедлива изначально, поскольку записана для так называемых сосредоточенных сил. Ведь если сила тяжести относится к таковым, ибо ее можно сосредоточить в центре тяжести, сила поверхностного натяжения (согласно ее определению) распределена по линии контакта и лишь в ситуации, показанной на рис. 1, б, в какой-то мере может считаться сосредоточенной. С увеличением диаметра трубки, когда он становится соизмеримым с диаметром отрывающейся капли, отклонения от формулы (1) становятся более заметными. Кроме того, в школьной литературе обычно рекомендуется измерять внутренний диаметр трубки, хотя в случае использования трубки из материала, смачиваемого используемой жидкостью, что обычно и случается, отрыв капли происходит отнюдь не от внутренней поверхности трубки.

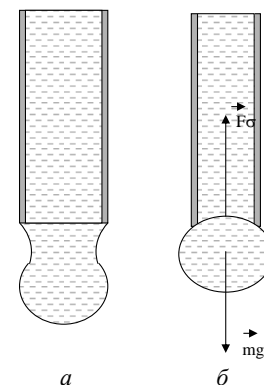


Рис. 1

Для надежного определения КПН жидкости в опытах следует брать трубки, внешний диаметр которых существенно (в 5–10 раз) меньше диаметра капли.

2. В этой работе σ необходимо определить и при использовании капилляров. Высота подъема смачивающей жидкости в капилляре определяется поверхностным натяжением σ , плотностью жидкости ρ и радиусом капилляра r :

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r} = \frac{4\sigma}{\rho g d},$$

где g – ускорение свободного падения, d – диаметр капилляра. Из этого следует, что для определения σ необходимо измерить высоту подъема жидкости известной плотности и знать диаметр капилляра.

Следует обратить внимание на то, что в опытах с водопроводной водой значения σ получаются заметно ниже табличных, что связано, очевидно, с наличием в воде поверхностно активных веществ. (Этот факт служит поводом для размышлений о проблемах экологии).

Порядок выполнения работы

Определение σ способом отрыва каплей от трубки малого диаметра.

1. Взвесьте стаканчик.
2. Закройте краны трубок и налейте в воронку воду.
3. Плавно открывая кран, добейтесь, чтобы вода капала из трубки во вспомогательный стаканчик.
4. Подставьте взвешенный стаканчик и отсчитайте 80–100 капель.
5. Взвесьте стаканчик с водой и определите средний вес одной капли.

- Измерьте наружный диаметр трубки микрометром.
- Выведите формулу для подсчета σ .
- По результатам эксперимента вычислите σ воды и сравните полученный результат с табличными данными.

| Масса воды, $m \cdot 10^{-3}$ кг | Кол-во капель, N шт | Масса одной капли, $m \cdot 10^{-3}$ кг | Диаметр трубки, $d \cdot 10^{-3}$ м | Коэффициент поверхностного натяжения, σ Н/м |
|-------------------------------------|------------------------|---|--|--|
| | | | | |

Измерение σ с помощью капиллярной трубки

- Измерьте высоту поднятия воды в капиллярах.
- Наблюдайте наличие краевого угла.
- Запишите диаметры капилляров (их значения посмотрите на подставке).
- Выполните чертеж и выведите формулу подсчета высоты поднятия жидкости в капиллярах.
- По результатам эксперимента вычислите σ воды.

| Диаметр капилляра, $d \cdot 10^{-3}$ м | Плотность воды, ρ кг/м ³ | Высота подъема жидкости, $h \cdot 10^{-3}$ м | Коэффициент поверхностного натяжения, σ Н/м |
|---|---|---|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Контрольные вопросы

- От чего зависит величина σ ?
- Может ли быть $\sigma = 0$? Почему?
- Почему так сильно отличаются результаты эксперимента от табличных данных?
- Что вы можете сказать о точности опыта?