

Работа 2.14

Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом максимального давления в пузырьках

Оборудование: установка для определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом максимального давления в пузырьках, манометр МКВ-250, термостат.

Введение

Описание установки и метода. Установка для измерения коэффициента поверхностного натяжения состоит из сосуда *A* (рис. 2.18) с исследуемой

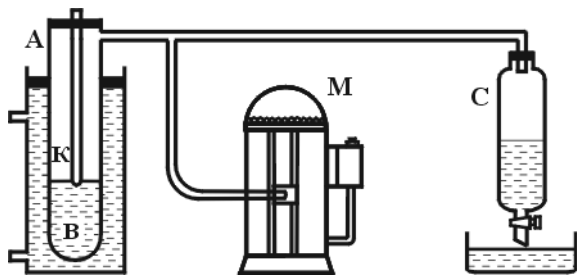


Рис. 2.18

жидкостью *B* и капилляром *K*, который касается поверхности жидкости. Сосуд *A* с помощью резиновых трубок соединяется с манометром *M* (МКВ-250) и с аспиратором *C*. Если из аспиратора *C* будет вытекать вода, то объем воздуха над жидкостью в аспираторе будет увеличиваться, а его давление уменьшаться. Давление будет уменьшаться не только внутри аспиратора *C*, но и в системе трубок, что соединяют аспиратор с манометром *M* и сосудом *A*, а также внутри этого сосуда. При некотором значении P воздуха в системе под действием атмосферного давления P_0 через капилляр *K* в исследуемую жидкость *B* будет продавливаться пузырек воздуха.

Так как капилляр *K* касается поверхности жидкости *B*, то давление внутри возникшего газового пузырька в жидкости в момент отрыва равно атмосферному. Это давление уравнивается давлением P над поверхностью жидкости в сосуде и давлением P_1 , обусловленным действием поверхностного натяжения, т. е. $P_0 = P + P_1$.

Для нахождения давления P_1 воспользуемся формулой Лапласа для сферической поверхности $P_1 = 2\sigma/R$, где σ — коэффициент поверхностного натяжения жидкости, R — радиус поверхности пузырька. Давление в пузырьке

будет максимальным, когда радиус его будет минимальным, т. е. равным радиусу капилляра r . Тогда $p_1 = 2\sigma / r$ и $\sigma = p_1 r / 2$.

Из равенства, приведенного выше, $p_1 = p_0 - p = \Delta p$, поэтому $\sigma = \Delta p r / 2$. Разность давлений $\Delta p = p_0 - p$ измеряется микроманометром M .

Микроманометр МКВ-250 состоит из корпуса 1 (рис. 2.19), внутри которого имеется микрометрический винт. С верхней частью этого винта жестко соединен

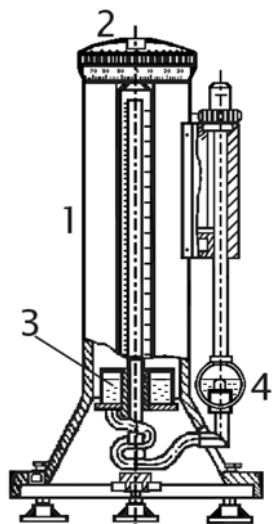


Рис. 2.19

либ 2, который по окружности разделен на 200 равных частей и имеет оцифровку в обе стороны от «0» до «90». На нижней части микрометрического винта навинчена гайка, которая впаяна в сосуд. Передняя часть этого сосуда имеет ползунок 3, на котором находятся риска и патрубок, с помощью которого манометр шлангом соединяется с системой, где необходимо измерить давление. При вращении лимба 2 перемещается сосуд с ползунком 3, соединенный с микрометрическим винтом. Величину перемещения определяют с помощью линейки, имеющейся на передней части корпуса манометра. Подвижный сосуд с помощью резиновой трубки соединен с неподвижным сосудом оптической системы 4, внутри которого помещен штифт-указатель. К оптическому сосуду спереди и сзади крепятся оправы с зеркалами. Конструкция креплений позволяет устанавливать зеркала под любым углом к оси оптического сосуда. Заднее зеркало, отражая лучи падающего на него света, служит для подсветки оптической системы. Переднее зеркало, которое устанавливается в нужном удобном положении, служит для наблюдения картины, возникающей в оптическом сосуде 4. Подвижный сосуд и неподвижный сосуд оптической системы образуют систему сообщающихся сосудов, в которую налито определенное количество воды. Если перед началом измерений установить черту на ползунке 3 против деления «0» шкалы линейки, а нулевое деление лимба 2 — против стрелки на линейке, то при

$\Delta p = 0$ в системе и оптическом сосуде 4 будет столько воды, что штифт-указатель будет касаться ее поверхности. В это время в зеркале можно увидеть картину, изображенную на рис. 2.20, из которой видно, что штифт-указатель 5 соприкасается со своим изображением 6 в воде. Если в системе возникает разряжение ($\Delta p \neq 0$), то в подвижном сосуде понизится давление и жидкость из неподвижного сосуда будет перетекать в подвижный. Изображение в зеркале исказится. Для получения прежней картины необходимо добиться, чтобы уровни воды в сосудах вновь стали одинаковыми. Для этого, вращая лимб 2, поднимают подвижный сосуд вверх. Получив в зеркале прежнюю картину (рис. 2.20), прекращают перемещение подвижного сосуда. По линейке и лимбу производят отсчет исследуемой разницы давлений Δp в кгс/м², которую переводят в паскалы ($1 \text{ кгс/м}^2 = 9,8 \text{ Н/м}^2 = 9,8 \text{ Па}$). В связи с тем, что вода в сообщающихся сосудах переливается довольно медленно, т. е. прибор обладает определенной инертностью, вращение лимба необходимо производить медленно, особенно в момент возникновения картины, изображенной на рис. 2.20.

Порядок выполнения работы

1. Наполните аспиратор *C* водой, а сосуд *A* исследуемой жидкостью.
2. Установите капилляр *K* в сосуде *A* так, чтобы он касался поверхности жидкости *B*.
3. Откройте кран аспиратора *C* и добейтесь, чтобы вода каплями вытекала из него. Давление в системе начнет понижаться; дождитесь образования пузырьков в исследуемой жидкости *B*.

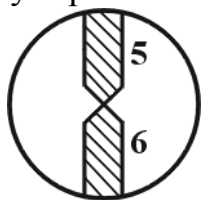


Рис. 2.20

4. Когда частота образования пузырьков установится равной 1 — 2 пузырька в секунду, определите Δp по микроманометру *M*.
5. Зная радиус капилляра r , вычислите σ при комнатной температуре.
6. Установите на контактном термометре температуру, превышающую начальную на 5 К.
7. Включите термостат в сеть.
8. Контроль за ходом изменения температуры в термостате осуществляйте по контрольному термометру.
9. После того как вода в термостате достигнет установленного на контактном термометре значения температуры, необходимо в течение 3 — 5 минут выдержать установку при этой температуре.
10. Определив по контрольному термометру окончательное значение температуры и повторив действия, описанные в пп. 3 — 4, вычислите σ при этой температуре.

11. Аналогично определите σ при других значениях температуры исследуемой жидкости (5 — 6 значений).

12. Данные измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ п/п	r , м	Δp , Па	T , К	σ , Н/м
-------	---------	-----------------	---------	----------------

13. Постройте график зависимости $\sigma = f(T)$ и сделайте вывод.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от температуры выражается следующей приближенной формулой:

$$\sigma = B(T_k - T) \left(\frac{\rho}{M} \right)^{\frac{2}{3}},$$

где B — постоянный коэффициент ($B = 2,1$), T_k — критическая температура, ρ — плотность жидкости, M — ее молярная масса.

Подсчитайте σ исследуемой жидкости для нескольких температур (5 — 6 значений), постройте график $\sigma = f(T)$ и сравните его с экспериментальным.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните особенности строения и основные свойства жидкостей.
2. Чем обусловлено поверхностное натяжение жидкости?
3. Как направлена сила поверхностного натяжения?
4. Что называется коэффициентом поверхностного натяжения?
5. Как изменяется коэффициент поверхностного натяжения при изменении температуры жидкостей?
6. Обладают ли поверхностным натяжением аморфные тела?
7. Почему для увеличения свободной поверхности жидкости необходимо совершить работу?
8. Почему описанный в работе метод измерения коэффициента поверхностного натяжения называется «методом максимального давления в пузырьках»?
9. Что измеряет в данной работе микроманометр?
10. Каким образом в этой работе достигается понижение давления в системе?