

10 класс

Задача 1. Определение вязкости масла.

1. Для определения радиуса капель наполним шприц водой до некоторого уровня, так чтобы мы знали весь объём воды в шприце. Будем выдавливать из шприца капли, пока вода в шприце не закончится. При этом нужно подсчитывать количество выдавленных капель. Тогда:

$$NV_0 = V,$$

где N — количество капель выдавленных из шприца, V — объём воды в шприце, V_0 — объём одной капли. Тогда радиус можно посчитать из известной формулы для объёма шара:

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi r^3.$$

Для получения капель воды одинакового размера протыкаем пробку шприцем, а затем затыкаем пробирку пробкой с продетым шприцем.

2. Будем считать, что скорость движения капли установилась, тогда η можно найти из второго закона Ньютона:

$$(\rho_v - \rho_m) g V_0 = 4\pi\eta r v_{уст} \left(1 + 2,4 \frac{r}{R} \right).$$

Тогда получаем:

$$\eta = \frac{1}{3} \frac{(\rho_v - \rho_m) g r^2}{v_{уст} \left(1 + 2,4 \frac{r}{R} \right)}. \quad (2)$$

Для того, чтобы решить, имеет ли смысл пользоваться уточнённой формулой, нужно сравнить 1 и поправку $2,4 \frac{r}{R}$. Если поправка соизмерима с 1, то её нужно учитывать.

3. Для определения η по формуле (2) нужно определить $v_{уст}$ — скорость установившегося движения шарика воды в масле. Её можно измерить с помощью секундомера и делений на пробирке. Расстояние между двумя делениями пробирки можно определить по формуле:

$$\Delta l = \frac{\Delta V}{\pi R^2},$$

где ΔV — объём, соответствующий одному делению пробирки.

4. Чтобы оценить погрешность определения η нужно сначала оценить погрешности прямых измерений. Тогда погрешность можно посчитать, продифференцировав выражение для η по всем измеряемым переменным. В таком

случае получаем:

$$\frac{\Delta\eta}{\eta} = \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta r}{r} + \frac{2,4\Delta r}{R + 2,4r}\right)^2}.$$

Пусть L_0 — полный путь, который капля проходит в жидкости за время t_0 с момента отрыва от иглы шприца. Тогда путь релаксации можно оценить следующим образом:

$$S_{уст} = v_{уст} \cdot t_0 - L_0.$$

Критерии оценивания

Вывод формулы для коэффициента вязкости η 1
 Способ формирования капель постоянного радиуса 3
 Способ определения радиуса капли и численное значение 1
 Установлена необходимость учёта поправки $2,4 r/R$ 1
 Оценка пути релаксации 1
 Две серии из пятнадцати измерений (для каждой иглы) 4
 Получено верное численное значение в диапазоне $0,1 - 0,6$ кг·(м·с) 3
 Проведена разумная оценка погрешности 1

Задача 2. Серый ящик

Используя выданный мультиметр, измерим сопротивления между каждой парой выводов и заполним предложенную таблицу (погрешности найденных значений составляют $0,2$ кОм).

Таблица 1: Сопротивления между различными парами выводов

№ вывода	1	2	3	4
1	x	135,1 кОм	112,0 кОм	112,0 кОм
2	x	x	112,0 кОм	112,0 кОм
3	x	x	x	42,8 кОм
4	x	x	x	x

Выразим сопротивления между выводами схемы через сопротивления составляющих её резисторов. Сопротивление между выводами A и D :

$$R_{AD} = \frac{rR}{r + R}.$$

Сопротивление между выводами B и C :

$$R_{BC} = \frac{r}{2}.$$

Для остальных пар выводов можно заметить, что их сопротивления равны между собой. Значит, резистор R может быть подключен либо между точками 1 и 2, либо между точками 3 и 4.

1. Предположим, что R включено между точками 1 и 2. Получим, что

$$1 - 2 \Leftrightarrow A - D, \quad r = (85,5 \pm 0,4) \text{ кОм}, \quad R = -(233 \pm 3) \text{ кОм} < 0.$$

Как известно, резистор не может иметь отрицательное сопротивление.

2. Предположим, что R включено между выводами 3 и 4. В этом случае:

$$3 - 4 \Leftrightarrow A - D, \quad r = (270,0 \pm 0,4) \text{ кОм}, \quad R = (51,0 \pm 0,5) \text{ кОм}.$$

Значит, паре $A - D$ соответствует 3 - 4; паре $B - C$ соответствует 1 - 2.

$$r = (270,0 \pm 0,4) \text{ кОм}, \quad R = (51,0 \pm 0,3) \text{ кОм}.$$

Критерии оценивания

Таблица заполнена верными значениями сопротивлений	4
между каждой паров выводов	4
Выведена формула для сопротивления между точками A и D	1
Получено формула для сопротивления между точками B и C	1
Указано, что R включено либо между точками 1 и 2,	
либо между точками 3 и 4.....	3
Показано, что резистор R не может быть включён между точками 1 и 2 ...	3
Получено верное значение сопротивления R и приведена формула,	
по которой делался расчет	1
Получено верное значение сопротивления r и приведена формула,	
по которой делался расчет	1
Оценены погрешности величин R и r	1