9 класс

1. Определите плотность неизвестной жидкости различными способами.

Принадлежности: одноразовый стакан с неизвестной жидкостью, одноразовый стакан, сосуд с водой, линейка, карандаш.

Решение 9.1.

1.1. Пустой одноразовый стакан опускаем в стакан с жидкостью и отмечаем высоту уровня жидкости.

1.2. В стакан наливаем воду и следим за уровнем жидкости. Отмечаем новый уровень жидкости и уровень воды.

1.3. С помощью линейки измеряем нижний и верхний диаметры стакана и высоту воды в стакане. Находим объем воды V_0, объем вытесненной жидкости V.

1.4. Расчет производим по формуле $\rho = \rho(0)\, V_0 / V$.

1.5. Используя линейку и стержень от шариковой ручки, изготовим рычажные весы.

1.6. В стаканы наливаем одинаковые объемы жидкости и воды.

1.7. На весах добиваемся равновесия и находим отношения масс жидкости и воды.

1.8. Расчет производим по формуле $\rho = \rho(0)\, m / m_0$.

1.9. Находим среднее значение плотности.

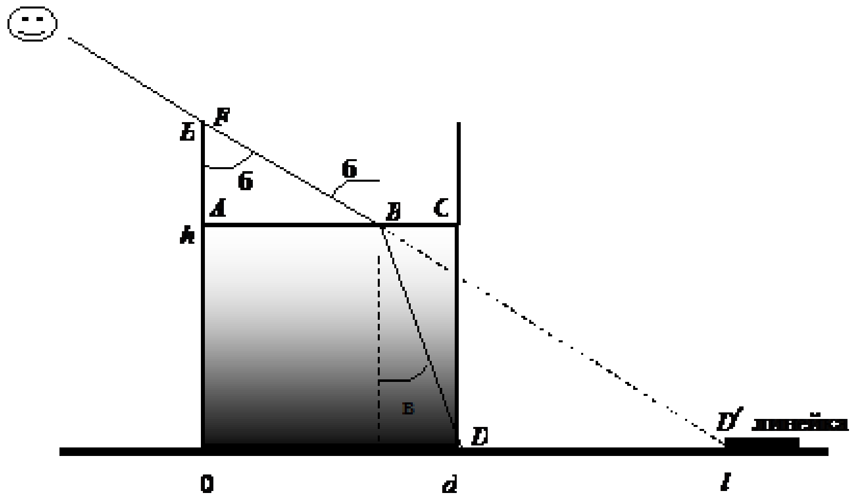
2.Определите показатель преломления воды.

Принадлежности: стакан, сосуд с водой, линейка, лист бумаги.

Решение задачи 2.

Возможное решение.

Устанавливаем стакан на лист бумаги и наливаем воду в нее примерно на 2/3 ее высоты H (рис. 1). Измеряем высоту H и диаметр стакана d, высоту уровня воды в стакане h.



На рис. 1 показан ход лучей в вертикальной плоскости симметрии, проходящей через центр стакана. Смотрим слева через поверхность воды на дно стакана. Изменяя угол рассмотрения, добиваемся совмещения изображения крайней правой угловой точки дна D с передним верхним краем стакана F. Далее, не изменяя положения глаза, передвигаем за стаканом линейку, лежащую на листе бумаги перпендикулярно плоскости рисунка, до момента когда изображение точки *D* окажется на линии ближнего края линейки (мысленно соединяющий концы линейки, видимые по обе стороны стакана). Отмечаем положение линейки D' и измеряем расстояние *l*.

По закону преломления имеем

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n, \qquad (1)$$

Из рис.1 видно

$$\sin\alpha = \frac{l}{\sqrt{l^2 + H^2}}, \qquad (2)$$

$$BC = d - (H-h)tg\alpha = d - (H-h)\frac{l}{H}, \qquad \sin\beta = \frac{d-(H-h)\frac{l}{H}}{\sqrt{h^2 + \left(d-(H-h)\frac{l}{H}\right)^2}}, \qquad (3)$$

Тогда, из (1)-(3) после преобразования, получаем

$$n = \frac{l}{d-\left(1-\frac{h}{H}\right)l}\sqrt{\frac{h^2 + \left(d-\left(1-\frac{h}{H}\right)l\right)^2}{l^2 + (H)^2}}, \qquad (4)$$

и вычисляем значение *n*. Проведя опыт несколько раз, оцениваем погрешность измерений.

10 класс

1. Определите силу трения покоя книги об стол.

Принадлежности: книга, динамометр, нить, линейка.

Решение 10.1.

Убеждаемся, что динамометр не в состоянии сдвинуть книгу.

1.1. Линейку используем в качестве рычага и находим силу трения покоя.

1.2. Один конец нити привязываем к ножке стола, а другой конец книге. Обеспечиваем небольшое натяжение и динамометром тянем за нить вверх до тех пор пока не произойдет смещение книги. В этот момент замечаем показание динамометра и высоту нити в данном месте. Силу трения находим расчетным путем.

1.3. Сравниваем результаты и делаем выводы.

2. Найдите максимальный заряд на обкладках конденсатора.

Принадлежности: конденсатор, секундомер (часы), амперметр, известное сопротивление R, источник ЭДС, соединительные провода.

Следует принять во внимание, что при разрядке конденсатора через сопротивление сила тока изменяется по формуле $I = I_0$ exp ($-t$ / τ), где $\tau = RC$ –время релаксации, то есть время, за которое сила тока через сопротивление уменьшается в $e = 2{,}7$ раза.

<u>Решение задачи 2</u>.

Запишем силу тока для двух значений времени t_1 и t_2

$$I_1 = I_0 e^{-\frac{t_1}{\tau}}, \quad (1)$$

$$I_2 = I_0 e^{-\frac{t_2}{\tau}}, \quad (2)$$

Поделим (1) на (2) и получим

$$\frac{I_1}{I_2} = e^{\frac{t_2 - t_1}{\tau}}, \quad (3)$$

Найдем τ. Для этого логарифмируя обе части (3) получим

$$\ln\frac{I_1}{I_2} = \frac{t_2 - t_1}{\tau} > \tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln\frac{I_1}{I_2}}, \quad (4)$$

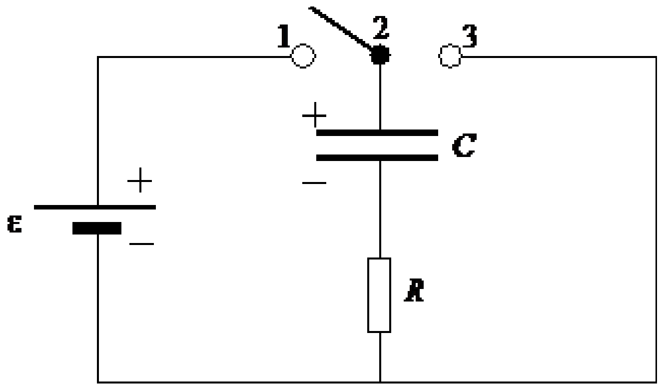


Рис.

Для определения I_1 и I_2 соберем схему (см. рис.)

Проводим следующий опыт: замыкая выводы 1 – 2 заряжаем конденсатор и одновременно с помощью амперметра и секундомера следим за изменением тока со временем. Замеряем два значения тока и отмечаем время. Подставляя t_1 , t_2, и I_1 , I_2 в (4) находим τ . По формуле $\tau = RC$ находим C: $C = \frac{\tau}{R}$.

Для определения заряда найдем $U_0 = I_0 R$. Подставляя в (1) значение τ найдем I_0 и U_0:

$$I_0 = I_1 \cdot \frac{t_1}{\tau}, \qquad I_0 = \frac{I_1}{e^{-\frac{t_1}{\tau}}} = I_1 \cdot e^{\frac{t_1}{\tau}}, \qquad U_0 = R\, I_1 \cdot e^{\frac{t_1}{\tau}}.$$

$$q = CU_0 = \frac{\tau U_0}{R} = I_1 \cdot e^{\frac{t_1}{\tau}}.$$

Задача 1. Определите массу спичечного коробка.

Принадлежности: коробок, монета, линейка, лист бумаги.

Указание: нельзя использовать линейку в качестве рычажных весов, плотность сплава монеты принять равной $\rho = 8{,}8\ 10^3$ кг/м^3.

Возможное решение.

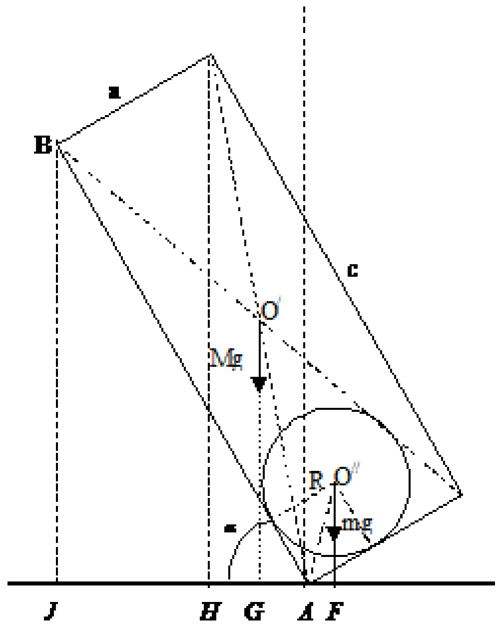


Рис. 1.1

Наклоним коробку на ребро до равновесного положения. Пусть при этом. угол наклона коробки равен α (рис.). Обозначим: *a, b, c* – длины короткого, среднего и длинного ребер коробка соответственно.

Условием равновесия коробки является равенство моментов сил *Mg* и *mg* относительно оси вращения, проходящей через точку A (рис. 1.1). Сила тяжести, действующая на коробку, приложена в точке пересечения диагоналей $O^{/}$, а сила тяжести, действующая на шарик, приложена в точке $O^{//}$. Плечом силы *Mg* является отрезок *GA*. Его длина равна половине разности *AJ-HJ,* где *AJ* и *HJ-* проекции рёбер коробки *c* и *a* соответственно на горизонтальное направление. Таким образом,

$GA = (c\cos\alpha - a\sin\alpha)/2.$ (1)

Плечом силы *mg* является отрезок

$$AF = \sqrt{2}R\cos\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\pi}{2}-\alpha\right) = \sqrt{2}R\cos\left(\frac{3\pi}{4}-\alpha\right) = R\left(\sin\alpha-\cos\alpha\right) \qquad (2)$$

Запишем с учетом (1), (2) равенство моментов

$$\frac{Mg\left(c\cos\alpha - a\sin\alpha\right)}{2} = mgR\left(\sin\alpha - \cos\alpha\right). \qquad (3)$$

Откуда имеем

$$M = \frac{2R\left(\sin\alpha - \cos\alpha\right)}{\left(c\cos\alpha - a\sin\alpha\right)}m = \frac{2R\left(\mathrm{tg}\,\alpha - 1\right)}{\left(c - a\,\mathrm{tg}\,\alpha\right)}\pi R^2 h\rho = \frac{\left(\mathrm{tg}\,\alpha - 1\right)}{\left(c - a\,\mathrm{tg}\,\alpha\right)}2\pi R^3 h\rho. \qquad (4)$$

При проведении эксперимента необходимо измерить длины *a, c* коробка, толщину монеты *h* и ее радиус *R.* Далее, кладем в коробку монету (как показано на рис. 1.1), измеряем значения *BJ* и *AJ*, соответствующие положению равновесия коробки, вычисляем тангенс угла α, и определяем по формуле (4) массу коробки.

Оцениваем погрешность эксперимента.

Примерные критерии оценивания

	Махбал.
Соотношение (1)	3
Соотношение (2)	3
Соотношение (3), (4)	2
Оценка погрешности эксперимента	2

<u>Задача 2.</u> Определить с максимально возможной точностью ЭДС ε_x неизвестного источника питания.

Оборудование: амперметр, провода, потенциометр, линейка, три источника питания: источник питания № 1 с неизвестной ЭДС ε_x, источник питания № 2 с известной ЭДС ε_0 = 3 В, источник питания № 3 с неизвестной ЭДС.

<u>Указание</u>: Амперметр использовать только для фиксации наличия тока, но не для его измерения. Источники ЭДС включать на короткое время.

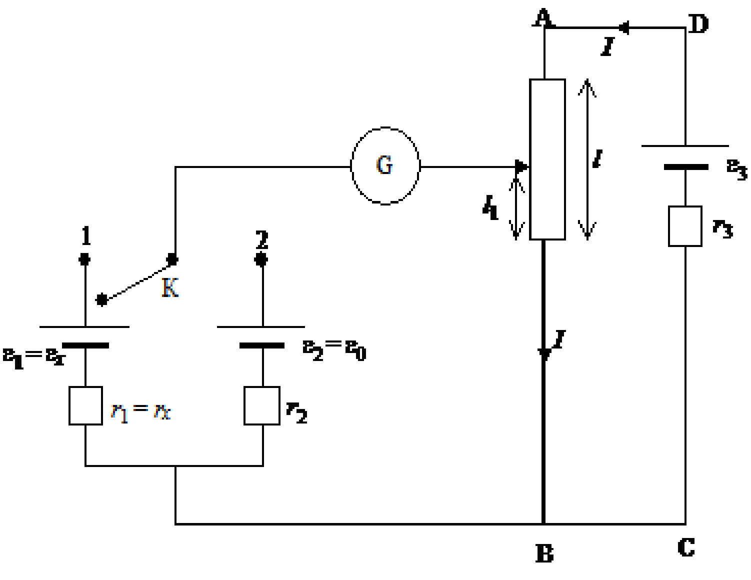


Рис. 2.1

Возможное решение.

Если через источник тока протекает электрический ток, напряжение U на его клеммах отличается от э.д.с. ε на величину падения напряжения Ir на внутреннем сопротивлении. При отсутствии тока (I=0) они совпадают. Для точного измерения э.д.с. необходимо обеспечить отсутствие тока через источник тока.

Используем компенсационный метод. Соберем схему, показанную на рис. 2.1. На рисунке r_1, r_2, r_3 обозначают внутренние сопротивления источников питания.

Замыкаем цепь в точке 1. Передвигая рычажок реостата, добиваемся равенства нулю тока в амперметре. При этом ток через первый источник равен нулю, условие этого

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x = \frac{l_1}{l} I R, \quad (1)$$

где I - ток, текущий в цепи ABCD, l_1 - длина нижнего плеча реостата, l - его общая длина, R – полное сопротивление реостата. Линейкой измеряем длину плеча l_1 .

Далее разрываем цепь в точке 1 и замыкаем в точке 2. Двигая рычажок реостата, добиваемся равенства нулю тока в гальванометре. Аналогично можем записать

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_0 = \frac{l_1'}{l} IR \quad , \qquad (2)$$

где $l_1{}^{/}$ – новое значение длины нижнего плеча реостата. При этом ток I через реостат будет тот же, как и в первом случае, т.к. он протекает только в цепи ABCD за счет действия источника с ЭДС ε_3 = const .

Линейкой измеряем длину плеча $l_1{}^{/}$. Тогда из соотношений (1), (2) определяем неизвестную ЭДС

$$\varepsilon_x = \frac{l_1}{l_1'} \varepsilon_0 \quad . \qquad (3)$$

Проведя опыт несколько раз, оцениваем ошибку измерений.

Примерные критерии оценивания	
	Махбал.
Идея компенсационного метода	2
Соотношение (1), (2)	2
Постоянство тока в цепи ABCD во время измерений	2
Соотношение (3)	2
Оценка погрешности эксперимента	2