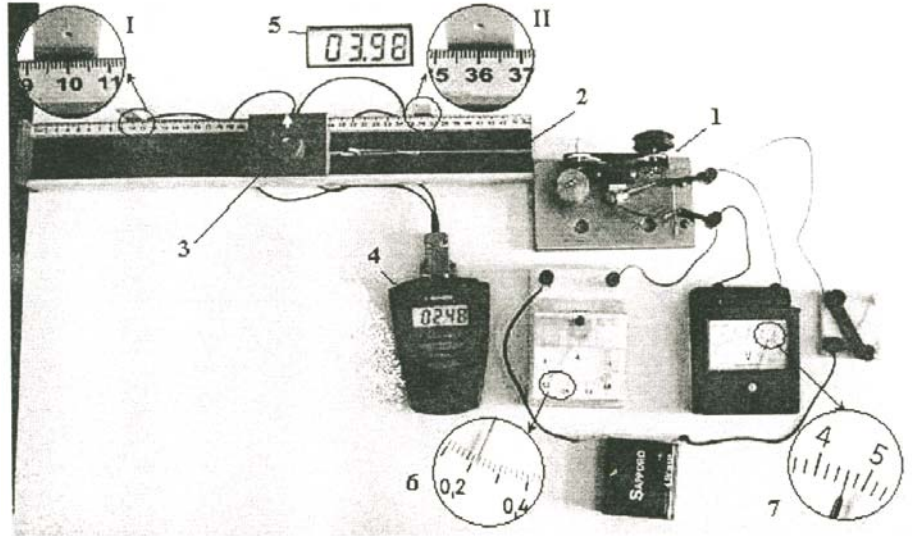


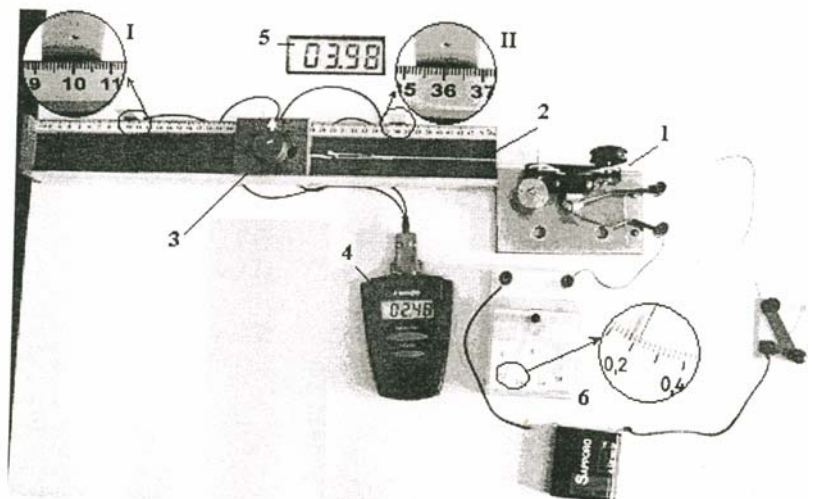
С5. Комбинированные и экспериментальные задачи

- Для выполнения исследования преобразования электрической энергии в механическую используются электродвигатель и редуктор (1), увеличивающий силу тяги. При сборке измерительной установки нить (2) от каретки (3) с грузом прикрепляется к валу редуктора, и при вращении вала каретка перемещается по направляющей. При прохождении каретки мимо датчика I секундомер (4) включается и при дальнейшем движении каретки фиксирует время от момента включения. При прохождении каретки мимо датчика II секундомер выключается. Дисплей (5) секундомера в этот момент показан слева от датчика. После измерения силы тока (6), напряжения (7) и времени ученик измерил с помощью динамометра силу трения скольжения каретки по направляющей. Она оказалась равна 0,4 Н. В данной установке за счет энергии электрического тока



- совершается работа силой упругости нити, нагреваются якорь электродвигателя и детали редуктора. Рассчитайте сопротивление якоря двигателя, если на нагревание деталей редуктора расходуется 80% энергии электрического тока. Ответ: $R = (0,2UIt - FS)/(I^2t) \approx 3,7 \text{ Ом}$ ($U = 4,6 \text{ В}$, $I = 0,22 \text{ А}$, $F = 0,4 \text{ Н}$, $S = 0,26 \text{ м}$, $t = 3,98 \text{ с}$)
- Для выполнения исследования преобразования электрической энергии в механическую используются электродвигатель и редуктор (1), увеличивающий силу тяги (см. рисунок к задаче 1). Сопротивление якоря электродвигателя 3 Ом. При сборке измерительной установки нить (2) от каретки (3) с грузом прикрепляется к валу редуктора, и при вращении вала каретка перемещается по направляющей. При прохождении каретки мимо датчика I секундомер (4) включается и при дальнейшем движении каретки фиксирует время от момента включения. При прохождении каретки мимо датчика II секундомер выключается. Дисплей (5) секундомера в этот момент показан слева от датчика. После измерения силы тока (6), напряжения (7) и времени ученик измерил с помощью динамометра силу трения скольжения каретки по направляющей. Она оказалась равна 0,4 Н. В данной установке за счет энергии электрического тока совершается работа силой упругости нити, нагреваются якорь электродвигателя и детали редуктора. Рассчитайте количество теплоты, выделившейся в редукторе. Ответ: $Q = UIt - I^2Rt - FS \approx 3,3 \text{ Дж}$ ($U = 4,6 \text{ В}$, $I = 0,22 \text{ А}$, $F = 0,4 \text{ Н}$, $S = 0,26 \text{ м}$, $t = 3,98 \text{ с}$, $R = 3 \text{ Ом}$)
 - На фотографии (см. рисунок к задаче 1) представлена установка, в которой электродвигатель (1) с помощью нити (2) равномерно перемещает каретку (3) вдоль направляющей. При прохождении каретки мимо датчика I секундомер (4) включается и при дальнейшем движении каретки фиксирует время от момента включения. При прохождении каретки мимо датчика II секундомер выключается. Дисплей (5) секундомера в этот момент показан слева от датчика. Чему равна сила упругости F нити при равномерном перемещении каретки, если при силе тока, зафиксированной амперметром (6), и напряжении на вольтметре (7) работа силы упругости нити составляет 5% от работы электрического тока. Ответ: $F = (0,05UIt)/S \approx 0,8 \text{ Н}$ ($U = 4,6 \text{ В}$, $I = 0,22 \text{ А}$, $S = 0,26 \text{ м}$, $t = 3,98 \text{ с}$)
 - На фотографии (см. рисунок к задаче 1) представлена установка, в которой электродвигатель (1) с помощью нити (2) равномерно перемещает каретку (3) вдоль направляющей. При прохождении каретки мимо датчика I секундомер (4) включается и при дальнейшем движении каретки фиксирует время от момента включения. При прохождении каретки мимо датчика II секундомер выключается. Дисплей (5) секундомера в этот момент показан слева от датчика. После измерения силы тока (6), напряжения (7) и времени ученик измерил с помощью динамометра силу трения скольжения каретки по направляющей. Она оказалась равна 0,4 Н. Рассчитайте отношение α работы силы упругости нити к работе электрического тока. Ответ: $\alpha = FS/(IUt) = 0,026 \approx 3\%$ ($U = 4,6 \text{ В}$, $I = 0,22 \text{ А}$, $S = 0,26 \text{ м}$, $t = 3,98 \text{ с}$, $F = 0,4 \text{ Н}$)

- На фотографии представлена установка, в которой электродвигатель (1) с помощью нити (2) равномерно перемещает каретку (3) вдоль направляющей. При прохождении каретки мимо датчика I секундомер (4) включается и при дальнейшем движении каретки фиксирует время от момента включения. При прохождении каретки мимо датчика II секундомер выключается. Дисплей (5) секундомера в этот момент показан слева от датчика. Сопротивление якоря электродвигателя равно 3 Ом. Сила трения скольжения была измерена с помощью динамометра. Она оказалась равна 0,4 Н. Чему равно напряжение на двигателе, если при силе тока, зафиксированной амперметром (6), работа силы упругости нити составляет 5% от работы электрического тока? Ответ:



$$U = FS/(0,05It) \approx 2,4 \text{ В} \quad (I = 0,22 \text{ А}, S = 0,26 \text{ м}, t = 3,98 \text{ с})$$

6. Из электронной пушки, ускоряющее напряжение которой $U = 2400 \text{ В}$, вылетает электрон и попадает в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,24 \text{ Тл}$. Направление скорости составляет с направлением линий магнитной индукции угол $\alpha = 30^\circ$. Найдите ускорение электрона в магнитном поле. Ответ: $a = \gamma B \cdot \sqrt{2\gamma U} \cdot \sin \alpha = 6,13 \cdot 10^{17} \text{ м/с}^2$

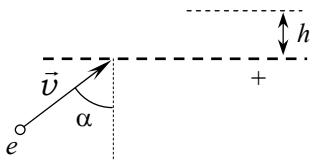
7. В масс-спектрограф влетают однократно ионизированные ионы неона с одинаковыми зарядами, но разными массами $m_1 = 20 \text{ а.е.м.}$ и $m_2 = 22 \text{ а.е.м.}$, предварительно пройдя «фильтр скоростей», выделяющий ионы с одинаковой скоростью v . Фильтр создан электрическим полем напряженностью E и магнитным полем индукцией B , причем векторы $\vec{E}$ и $\vec{B}$ взаимно перпендикулярны. Отклоняющее магнитное поле, перпендикулярное пучку ионов, имеет индукцию B_0 . Ионы совершают половину оборота в отклоняющем магнитном поле. Чему равно расстояние между точками S_1 и S_2 (см. рисунок)?

$$\text{Ответ: } S_1 S_2 = 2E(m_2 - m_1)/(eBB_0)$$

8. В циклотроне поддерживается разность потенциалов между дуантами $U = 500 \text{ В}$. Чему равен радиус конечной орбиты иона Be^{++} , если ион, двигаясь в магнитном поле с индукцией $B = 1,53 \text{ Тл}$, успел совершить $N = 50000$ оборотов? Масса иона бериллия $m = 1,5 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$.

$$\text{Ответ: } R = \frac{\sqrt{2mNU}}{B} = 1,4 \text{ м}$$

9. Электрон со скоростью $v = 5 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ влетает в пространство между пластинами плоского конденсатора, между которыми поддерживается разность потенциалов $U = 500 \text{ В}$ (см. рисунок). Каково максимальное удаление электрона h от нижней пластины конденсатора? Отношение заряда электрона к его массе равно $\gamma = -1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$, угол падения электрона $\alpha = 60^\circ$. Расстояние между пластинами конденсатора равно $d = 5 \text{ см}$. Ответ: $h = (v \cos \alpha)^2 d / (2U\gamma) = 0,0018 \text{ м}$.



10. На две пластины конденсатора, в виде проводящих сеток, падает параллельный пучок электронов под углом $\alpha = 45^\circ$ (см. рисунок). Между пластинами поддерживается разность

потенциалов $U = 400 \text{ В}$. При какой минимальной кинетической энергии электроны смогут пройти через сетки? Напряженность электрического поля между обкладками конденсатора сонаправлена с горизонтальной составляющей скорости электронов. Ответ: $E_k = eU/\cos^2 \alpha = 1,28 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}$.

11. Электроны, ускоренные до энергии $W = 1000 \text{ эВ}$, влетают в середину зазора между пластинами плоского конденсатора параллельно пластинам. Расстояние между пластинами конденсатора $d = 1 \text{ см}$, их длина $L = 10 \text{ см}$. Какое наименьшее напряжение $U_{\min}$ надо приложить к пластинам конденсатора, чтобы электроны не вылетели из него? Ответ: $U_{\min} = 2d^2 W / (eL^2) = 20 \text{ В}$.

12. Электрон влетает в плоский конденсатор со скоростью $v = 5 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ параллельно пластинам. Расстояние между пластинами конденсатора $d = 1 \text{ см}$, его длина $L = 10 \text{ см}$, разность потенциалов между обкладками конденсатора $U = 100 \text{ В}$. Каково вертикальное смещение электрона на выходе из конденсатора? Ответ: $x = eUL^2 / (2dmv^2) = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

13. Электрон влетает в однородное электрическое поле напряженностью $E = 200 \text{ В/м}$ со скоростью $v_0 = 10^7 \text{ м/с}$ по направлению силовых линий поля. Через какое время электрон окажется в той же точке, где он влетел в поле? Ответ: $t = 2v_0 m / (eE) = 0,57 \text{ мкс}$.

14. Две вертикально расположенные параллельные заряженные пластины находятся на расстоянии $d = 5 \text{ см}$ друг от друга.

Напряженность поля между ними $E = 10^4 \text{ В/м}$. Между пластинами на равном расстоянии от них помещен шарик, имеющий заряд $q = 10^{-5} \text{ Кл}$ и массу $m = 20 \text{ г}$. После того, как шарик отпустили, он начал падать. Через какое время шарик ударится об одну из пластин? На сколько шарик сместится вниз за время полета? Ответ: $t = (dm / (qE))^{1/2} = 1 \text{ с}$, $h = 5 \text{ см}$.

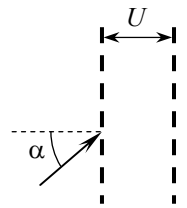
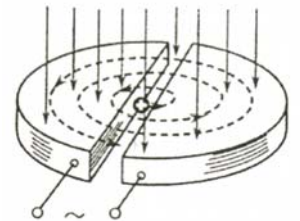
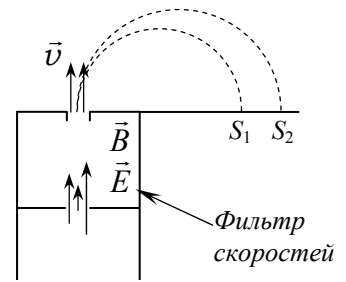
15. По горизонтальной дороге мальчик тянет сани массой 30 кг за веревку, направленную под углом 60° к плоскости дороги, с силой $F = 100 \text{ Н}$. Коэффициент трения $\mu = 0,12$. Определите ускорение саней. Каков путь, пройденный санями за 5 с , если в начальный момент их скорость была равна нулю? Ответ: $a = [F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg] / m = 0,8 \text{ м/с}^2$, $s = at^2 / 2 = 10 \text{ м}$.

16. Определите массу груза, который нужно сбросить с аэростата массой $M = 1100 \text{ кг}$, движущегося равномерно вниз, чтобы он стал двигаться с такой же по модулю скоростью вверх. Архимедова сила, действующая на аэростат, равна $F_A = 10^4 \text{ Н}$. Силу сопротивления воздуха при подъеме и при спуске считать одинаковой, $g = 10 \text{ м/с}^2$. Ответ: $m = 2(M - (F_A/g)) = 200 \text{ кг}$.

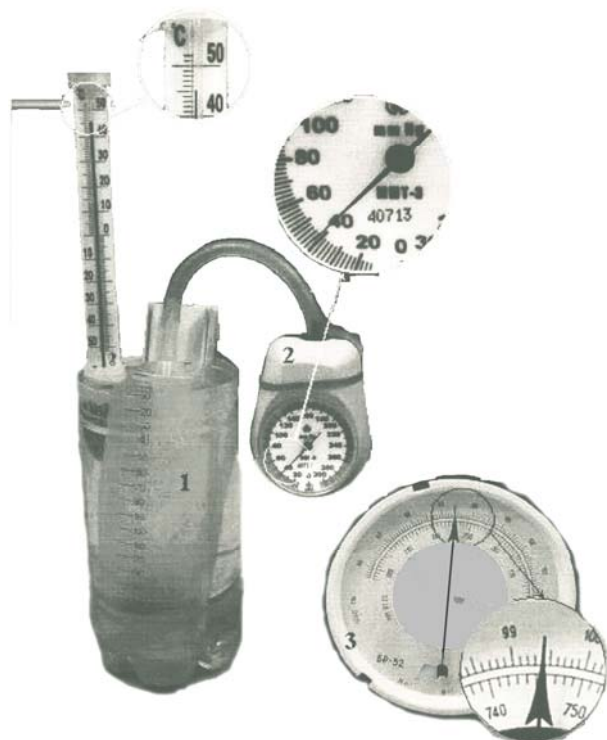
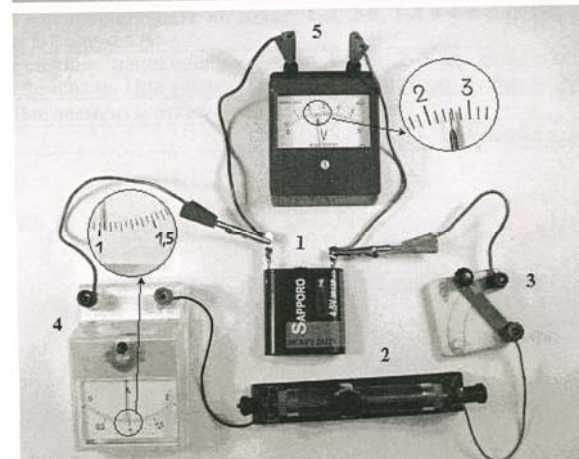
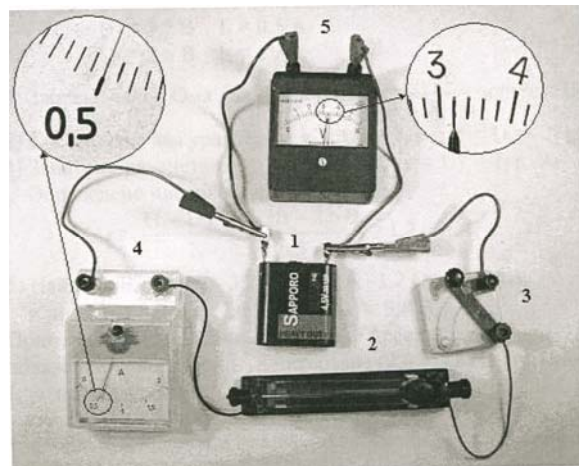
17. Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки (1), реостата (2), ключа (3), амперметра (4) и вольтметра (5). После этого он провел измерения напряжения на полюсах и силы тока в цепи при различных сопротивлениях внешней цепи (см. фотографии). Определите КПД источника тока в первом опыте. Ответ: 84%

18. Шарик массой $m = 20 \text{ г}$ подвешен на шелковой нити и помещен над положительно заряженной плоскостью, создающей однородное вертикальное электрическое поле напряженностью $E = 10^4 \text{ В/м}$. Шарик имеет положительный заряд $q = 10^{-5} \text{ Кл}$. Период малых колебаний шарика $T = 1 \text{ с}$. Какова длина нити? Ответ: $l = T^2(g - (qE/m)) / (4\pi^2) = 0,127 \text{ м}$.

19. Шарик массой $m = 20 \text{ г}$ подвешен на шелковой нити длиной $l = 10 \text{ см}$. Шарик имеет положительный заряд $q = 10^{-5} \text{ Кл}$ и находится в однородном электрическом поле напряженностью $E = 10^4 \text{ В/м}$, направленном вертикально вниз. Каков период малых колебаний шарика? Ответ: $T = 0,5 \text{ с}$, $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g + \frac{qE}{m}}}$



20. Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки (1), реостата (2), ключа (3), амперметра (4) и вольтметра (5). После этого он провел измерения напряжения на полюсах и силы тока в цепи при различных сопротивлениях внешней цепи (см. фотографии). Определите ЭДС и внутреннее сопротивление батарейки. Ответ: 3,8 В, 1,2 Ом.
21. При исследовании уравнения состояния газа ученик соединил сосуд (1) объемом 150 мл с манометром (2) тонкой трубкой и опустил сосуд в горячую воду (см. рисунок). Чему равна плотность воздуха в сосуде? Начальные показания манометра равны 0 мм. рт. ст. Шкала манометра и нижняя шкала барометра (3) проградуированы в мм. рт. ст. Верхняя шкала барометра проградуирована в килопаскалях. Объем измерительного механизма манометра и соединительной трубки значительно меньше 150 мл. Ответ: $\rho = \rho_{\mu}/(RT) = 1,17 \text{ кг/м}^3$



22. На рисунке представлена фотография установки для исследования скольжения бруска (1) по наклонной плоскости. В центр бруска вставлен магнит. Числа на линейке обозначают сантиметры. В момент начала движения магнит, находящийся в бруске, через верхний датчик (2) включает секундомер. При прохождении магнита мимо нижнего датчика (4) секундомер (3) выключается. Масса бруска 50 г, угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$. Определите работу силы трения на участке между датчиками. Ответ: 0,035 Дж.

