

11 класс

Возможное (авторское) решение

1. На длинном горизонтальном лабораторном столе была собрана механическая система (см. рис. 1). Масса бруска $m = 1$ кг, коэффициент трения $\mu = 0,4$. Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с². Нити считать нерастяжимыми и невесомыми. Блок считать невесомым.

К системе начали прикладывать в указанном направлении внешние силы F_1 и F_2 , зависимости которых от времени при проведении эксперимента отображали в виде графиков.

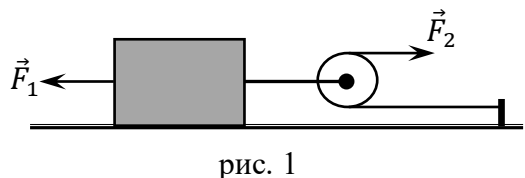
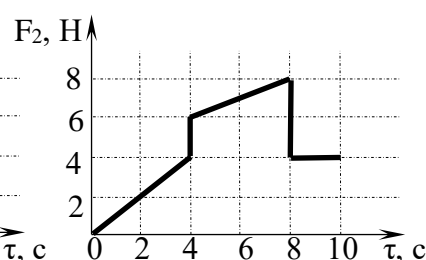
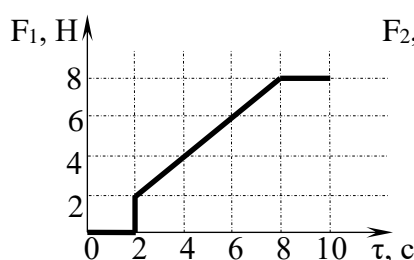


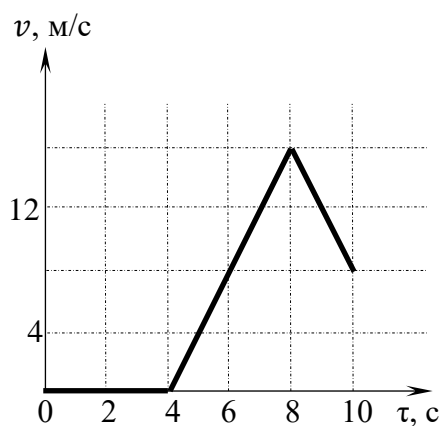
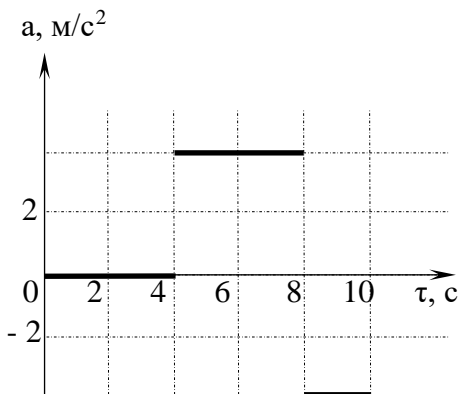
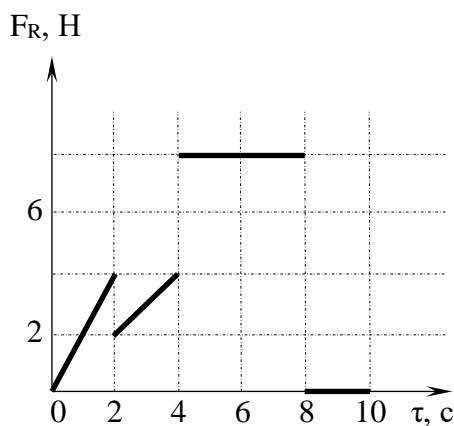
рис. 1



Определите какой путь прошёл брусок за 10 секунд проведения эксперимента? В начале опыта он находился в состоянии покоя относительно стола?

Решение.

Задачу, например, можно решить методом вычитания графиков и получения графика действия результирующей силы. Необходимо учитывать, что вторая сила действует через подвижный блок. Тогда $F_R = 2F_2 - F_1$. Брусок сдвинется с места, когда результирующая сила превысит максимально возможную силу трения покоя $F_{тр} = \mu mg = 4$ Н. Тогда можно построить график ускорения, а по графику ускорения построить график скорости. Необходимо учесть и силу трения скольжения.



Очевидно, что пройденный путь равен площади фигуры под графиком скорости $L = 56$ м.

Ответ: $L = 56$ м.

Примерные критерии оценивания (согласно предложенного метода)

Выполнен анализ состояния системы и условие движения бруска – **2 балла**.

Построен график равнодействующей внешних сил – **3 балла**.

Построен график ускорения с учётом силы трения и равнодействующей внешних сил – **2 балла**.

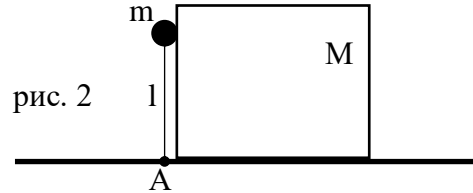
Построен график скорости – **2 балла**.

Выполнены верные вычисления пути – **1 балл**.

11 класс

Возможное (авторское) решение

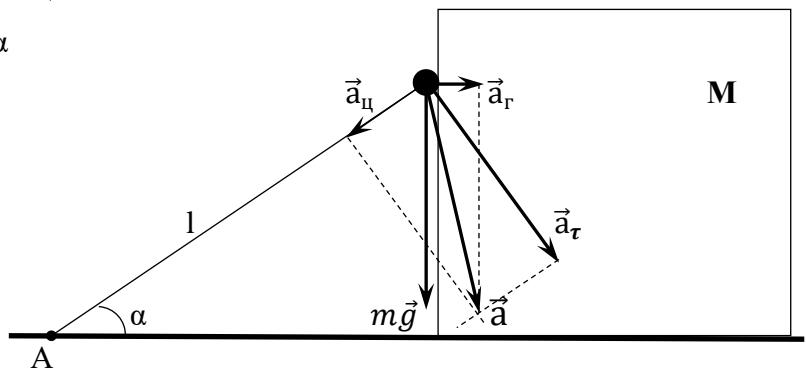
2. В точке А шарнирно закреплён одним концом невесомый стержень длиной l с небольшим грузиком массой m на втором конце. Стержень находится в строго вертикальном положении. Грузик при этом касается тела массой M (см. рис. 2).



От небольшого толчка система приходит в движение. При каком отношении масс M/m стержень в момент отрыва от тела будет составлять с горизонтом угол $\alpha = \pi/6$? Чему равна в этот момент скорость u тела? Трением в системе пренебречь.

Решение.

До тех пор, пока грузик касается тела, скорость последнего равна горизонтальной составляющей скорости грузика, а ускорение тела равно горизонтальной составляющей ускорения грузика. Пусть \vec{a} – полное ускорение грузика, тогда $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_c$, где a_c – центростремительное ускорение грузика при его движении по окружности радиуса l , т. е. $a_c = v^2/l$. Где v – линейная скорость грузика. Горизонтальная составляющая ускорения грузика $a_r = a_\tau \sin \alpha - (v^2/l) \cos \alpha$



С таким ускорением движется и тело.

Напишем уравнение движения тела $N = M a_r = M a_\tau \sin \alpha - M(v^2/l) \cos \alpha$, где N – сила нормального давления на тело со стороны грузика. В момент отрыва грузика $N = 0$ и тогда $a_\tau \sin \alpha = (v^2/l) \cos \alpha$. Ускорение a_τ в момент отрыва сообщается грузику только силой тяжести $a_\tau = g \cos \alpha$. Таким образом, скорость груза в момент отрыва $v = \sqrt{gl \sin \alpha}$, а скорость тела в тот же момент времени равна $u = v \sin \alpha = \sin \alpha \sqrt{gl \sin \alpha}$. Согласно закону сохранения энергии $mgl = mgl \sin \alpha + mv^2/2 + Mv^2 \sin^2(\alpha/2)$. Подставив в это равенство выражение для v в момент отрыва и значение $\sin \alpha = \sin \pi/2 = 1/2$, найдём отношение M/m . $M/m = (2 - 3 \sin \alpha)/\sin^3 \alpha = 4$. Скорость тела в момент отрыва грузика равна $u = v \sin \alpha = (1/2)\sqrt{gl/2}$.

Ответ: $M/m = (2 - 3 \sin \alpha)/\sin^3 \alpha = 4$, $u = (1/2)\sqrt{gl/2}$

Примерные критерии оценивания

Выполнен анализ состояния системы в момент отрыва грузика от тела – **2 балла.**

Получено уравнение для ускорения грузика и тела – **2 балла.**

Получена формулы скорости грузика и тела – **3 балла.**

Получены правильные ответы решения задачи – **3 балла**

11 класс

Возможное (авторское) решение

3. Как известно, атмосферное давление уменьшается с высотой. Следовательно, в самых высоких этажах здания московского государственного университета атмосферное давление должно быть меньше, чем в самых нижних. Чтобы проверить это, студент использовал U – образный жидкостный манометр. Одно из колен манометра он соединил трубкой с верхней аудиторией, а другое с нижней. Что показал манометр? Как будут изменяться показания прибора, если его переносить с нижней лаборатории в середину здания, а затем в верхнюю лабораторию? Ответ поясните на основе физических законов и закономерностей.

Решение.

Как следует из закона Паскаля, в сообщающихся сосудах давления газа на одинаковой высоте совпадают. Поскольку трубки манометра сообщаются с атмосферой, давление внутри них будет изменяться с высотой по тому же закону, что и давление атмосферного воздуха. Это означает, что давление воздуха на жидкость, находящуюся в разных коленах манометра, одинаково и равно давлению атмосферного воздуха на той высоте, где находится манометр. Таким образом, показания манометра нулевые, поскольку нет разности давлений. Результат будет аналогичным независимо от размещения прибора.

Примерные критерии оценивания

Даны правильные ответы и полные пояснения на основе закона Паскаля – **10 баллов.**

Даны правильные ответы, но в пояснениях не упоминается закон Паскаля – **8 баллов.**

Дан правильный ответ только на один из вопросов задачи и правильные пояснения на основе закона Паскаля – **5 баллов.**

Даны правильные ответы на все вопросы задачи, но нет пояснений – **2 балла**

Даны неверные ответы и нет пояснений решения – **0 баллов**

Возможное (авторское) решение

4. Два шара радиусами R_1 и R_2 изготовлены из одинакового металла. Шары зарядили и соединили тонким проводником. Определите отношение **поверхностных плотностей** электрических зарядов на шарах. Электростатическую индукцию и электроёмкость соединительного проводника не учитывать.

Решение.

Электрические заряды на шарах q_1 и q_2 после соединения проводником, будут в равновесии, при равенстве потенциалов шаров: $\varphi_1 = \varphi_2$. Потенциал заряженного шара: $\varphi_1 = k \frac{q_1}{R_1}$; $\varphi_2 = k \frac{q_2}{R_2}$;

Заряд на каждом шаре можно выразить соотношением: $q_1 = 4\pi R_1^2 \sigma_1$; $q_2 = 4\pi R_2^2 \sigma_2$;

И тогда отношение поверхностных плотностей зарядов: $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{R_2}{R_1}$;

Ответ: $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{R_2}{R_1}$;

Примерные критерии оценивания

Обосновано условие равновесия зарядов на шарах после соединения проводником – **3 балла**.

Записаны формулы определения потенциалов шаров – **2 балла**.

Записаны формулы для значений зарядов на каждом из шаров – **2 балла**.

Определено отношение поверхностных плотностей зарядов – **3 балла**

Возможное (авторское) решение

5. В горизонтальной плоскости расположен проводящий контур, имеющий форму кольца радиуса r . Сопротивление контура равно R . Контур замкнут через гальванометр. Вдоль вертикальной оси, проходящей через центр кольца, начинает падать, без начальной скорости, небольшой заряженный шарик массой m . Заряд шарика равен q . В начальный момент времени шарик находился на расстоянии $2\pi r$ выше плоскости кольца вдоль оси. Начертите график зависимости показаний гальванометра от времени падения шарика. Ускорение свободного падения равно g . Сопротивление воздуха не учитывать. Поясните вид графика.

Решение.

Сила индукционного тока в контуре, которую и показывает гальванометр, определяется соотношением: $I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$; На основании закона электромагнитной индукции: $\mathcal{E}_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$;

Линии индукции магнитного поля, создаваемого движущимся зарядом, лежат в горизонтальной плоскости (можно применить правило правого винта – «буравчика»). Поэтому поток магнитной индукции через площадь, ограниченную контуром, в любой момент времени равен нулю. Следовательно, и $\Delta\Phi = 0$. Показания гальванометра будут всё время нулевыми. График имеет вид:



Ответ: $I_i = 0$ на протяжении всего времени падения.

Примерные критерии оценивания

Определена величина, которую показывает гальванометр – **1 балл**.

Записана формула для определения силы индукционного тока – **2 балла**.

Записаны формулы закона электромагнитной индукции – **2 балла**.

Определено направление вектора магнитной индукции – **2 балла**.

Построен график и дано обоснование вида графика – **3 балла**.