

Время выполнения заданий – 180 минут

Максимальное количество баллов – 100

Задание 1 (25 баллов)

В механической системе, схема которой представлена на рис. 1, небольшой брусок массой m лежит на однородном стержне длиной $L=90$ см. Один из концов стержня шарнирно закреплён. Очень лёгкая подставка, закреплённая на неподвижных электронных весах, служит опорой для стержня. Стержень принимает горизонтальное положение.



рис.1

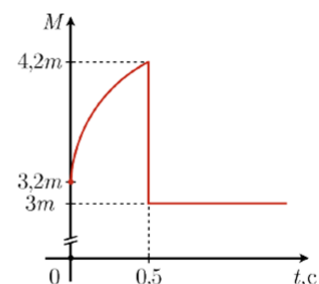


рис.2

Бруску сообщают начальную скорость вдоль стержня в направлении весов, в результате чего их показания M меняются с течением времени t так, как показано на рис. 2.

- 1) Во сколько раз масса стержня больше массы бруска?
- 2) На каком расстоянии L_1 от шарнира находился брусок в начале опыта?
- 3) С каким ускорением a двигался брусок?
- 4) Какую начальную скорость V_0 сообщили бруску?
- 5) Какую скорость V имел брусок в момент, когда показания весов принимали наибольшее значение?

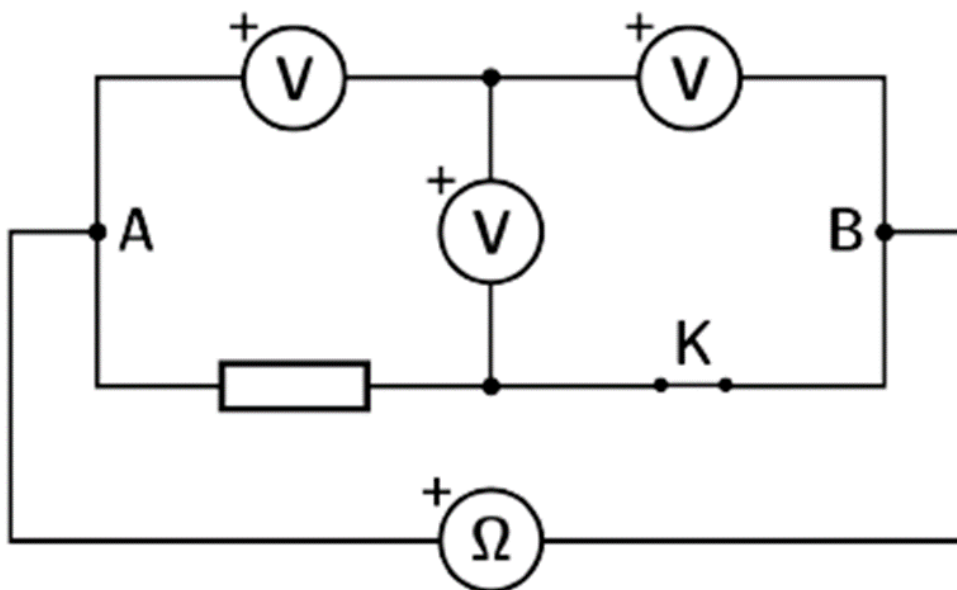
Коэффициент трения скольжения бруска о стержень составляет $\mu=0,4$. Считать, что $g=10$ м/с².

Задание 2 (25 баллов)

«Правильный» снеговик устроен так, что центры его соприкасающихся шаров располагаются на одной линии, и все шары имеют общую касательную. Александр решил провести «убийство» такого снеговика, состоящего из трёх шаров, «без следов». Для этого он взял большой шар снеговика, растопил и нагрел его до 100°C в кастрюле. После этого он опустил в кастрюлю среднюю часть снеговика, заметив, что после наступления теплового баланса температура уменьшилась до 60°C . Какой станет температура, если к имеющимся «улика» добавить верхнюю часть снеговика? Начальная температура снеговика 0°C , удельная теплота плавления снега $\lambda=330$ кДж/кг, удельная теплоемкость воды $c=4200$ Дж/(кг \cdot °C).

Задание 3 (25 баллов)

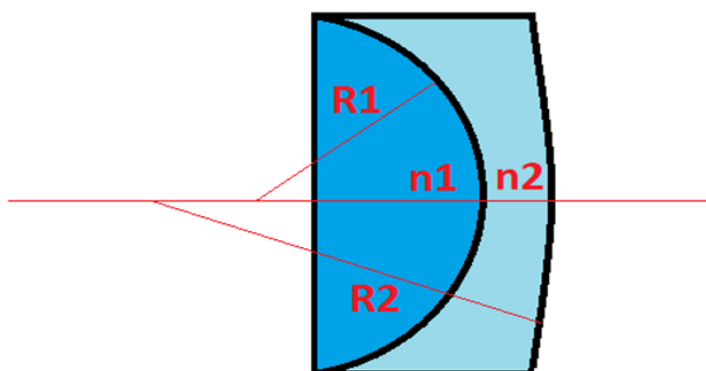
На рисунке представлена схема электрической цепи, состоящей из трёх одинаковых вольтметров, омметра, резистора и ключа K . Сопротивление резистора в два раза больше сопротивления вольтметра. Ключ K замкнут. Омметр показывает $R_0=0,96$ МОм, а сумма показаний всех вольтметров составляет $V_0=0,64$ В.



- 1) Определите напряжение V_{AB} между концами А и В омметра.
 - 2) Чему равна сила тока I_0 , протекающего через омметр?
 - 3) Какое сопротивление R имеет вольтметр?
 - 4) Во сколько раз сила тока, протекающего через ключ К, меньше силы тока I_0 , протекающего через омметр?
 - 5) Что покажет омметр, если ключ К разомкнуть?
- Сопротивление соединительных проводов много меньше сопротивления вольтметра.

Задание 4 (25 баллов)

Для того, чтобы создать ахроматическую линзу, используют две линзы из разных материалов. К плосковыпуклой тонкой линзе с радиусом кривизны R_1 и зависимостью показателя преломления от длины волны проходящего света $n_1(\lambda) = n_{01} + \alpha_1 \cdot (\lambda_k - \lambda)$ вплотную прислоняют вогнуто-выпуклую тонкую линзу с радиусами кривизны R_1 и R_2 и показателем преломления $n_2(\lambda) = n_{02} + \alpha_2 \cdot (\lambda_k - \lambda)$. Определите, при каком значении R_2 данная система будет ахроматической, то есть её фокусное расстояние не будет зависеть от длины световой волны. Какой при этом будет величина фокусного расстояния?
 $R_1 = 40$ см, $n_{01} = 1,805$, $\alpha_1 = 100$ м⁻¹, $n_{02} = 1,500$, $\alpha_2 = 150$ м⁻¹.



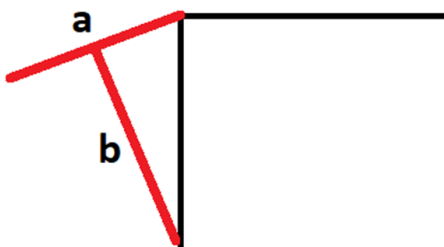
Время выполнения заданий – 180 минут

Максимальное количество баллов – 100

Задание 1 (25 баллов)

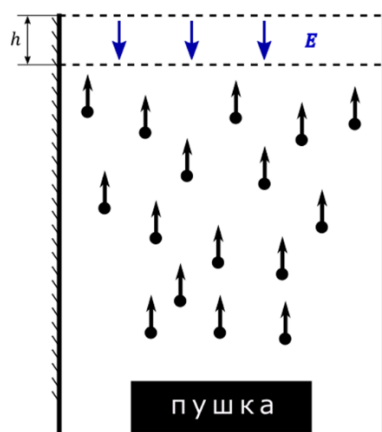
У буквы «Т» «ножка» и «плечики» изготовлены из плоской рейки с постоянной погонной плотностью, ребро рейки направлено ортогонально плоскости буквы. Буква «Т» свисает с края стола, как показано на рисунке. В верхней точке соприкосновения буква «Т» касается угла стола нижней стороной своего «плечика», и точка касания расположена у самого его конца. Определите при каком коэффициенте трения буквы «Т» о стол возможно равновесие, если $a=b$, а сила нормальной реакции опоры, действующей со стороны

«плечика» «Т» на верхнюю точку касания равна $\frac{7}{10\sqrt{5}}Mg$, где M – полная масса «Т», а g – ускорение свободного падения. Коэффициент трения принять одинаковым в обоих точках соприкосновения.



Задание 2 (25 баллов)

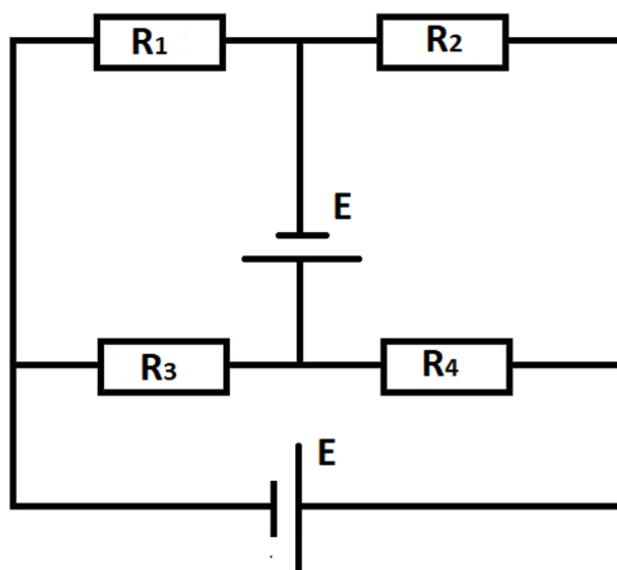
На входе прямого канала с прямоугольным поперечным сечением расположена пушка, испускающая частицы с массой m и зарядом $+q$. На выходе канала расположены две металлические сетки, между которыми фиксирована некоторая разность потенциалов. В результате в пространстве между сетками есть однородное электрическое поле, и на частицу в этом пространстве действует сила F , направленная внутрь канала. Расстояние между сетками равно h . Концентрация выброшенных пушкой частиц, подлетающих к сеткам, равна n , а их скорость направлена вдоль канала и равна u . За сетками находится вакуум. Плотность сеток мала, так что частицы практически не натываются на провода сеток, пролетая сквозь них. Найдите давление, с которым частицы действуют на систему двух сеток. Считайте, что концентрация частиц мала, поэтому их взаимодействием друг с другом можно пренебречь.



Задание 3 (25 баллов)

При изучении свойств источников постоянных токов и напряжений было замечено, что, если заменить оба источника постоянного напряжения, показанных на схеме, на источники постоянных токов с сохранением полярности, то все токи, протекающие через резисторы, изменятся в одно и то же число раз. Если теперь поставить в верхнее положение источник тока, а в нижнее — источник напряжения, отношение напряжений на $R_2=1$ кОм и $R_3=4$ кОм равно 1:2.

Определите при каком значении R_1 это возможно.

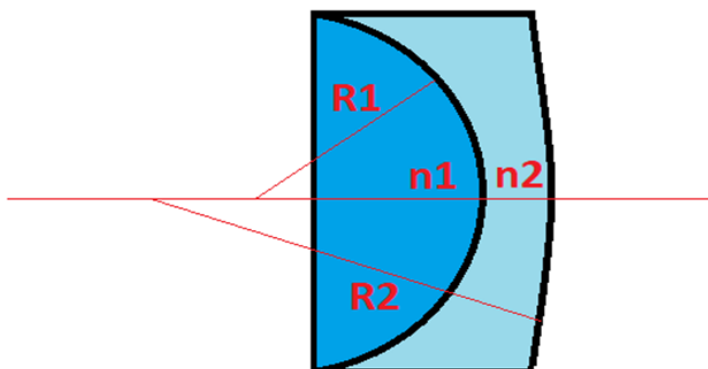


Задание 4 (25 баллов)

Для того, чтобы создать ахроматическую линзу, используют две линзы из разных материалов. К плосковыпуклой тонкой линзе с радиусом кривизны R_1 и зависимостью показателя преломления от длины волны проходящего света $n_1(\lambda)=n_{01}+\alpha_1\cdot(\lambda_k-\lambda)$ вплотную прислоняют вогнуто-выпуклую тонкую линзу с радиусами кривизны R_1 и R_2 и показателем преломления $n_2(\lambda)=n_{02}+\alpha_2\cdot(\lambda_k-\lambda)$. Определите, при каком значении R_2 данная система будет

ахроматической, то есть её фокусное расстояние не будет зависеть от длины световой волны. Какой при этом будет величина фокусного расстояния?

$R_1=40$ см, $n_{01}=1,805$, $\alpha_1=100$ м⁻¹, $n_{02}=1,500$, $\alpha_2=150$ м⁻¹.

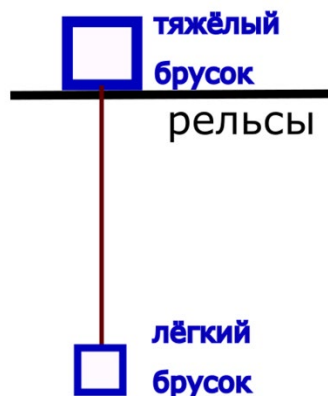


Время выполнения заданий – 180 минут

Максимальное количество баллов – 100

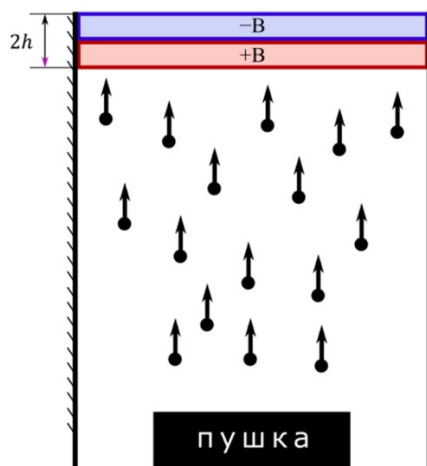
Задание 1 (25 баллов)

Брусок может без трения скользить по рельсам. К нему привязана нерастяжимая невесомая нить, которая проходит между рельсами не касаясь их. С другого конца к ней привязан второй брусок массы в два раза меньшей, чем первый. Подвешенный брусок отклонили на небольшой угол и измерили частоту колебаний. Затем бруски поменяли местами. Как изменилась частота колебаний?



Задание 2 (25 баллов)

На входе прямого канала с прямоугольным поперечным сечением расположена пушка, испускающая частицы с массой m и зарядом q . На выходе канала расположены две плоские, одинаковые, приставленные друг к другу магнитные катушки с противоположными токами, как показано на рисунке. Толщина каждой из катушек равна h , магнитное поле внутри катушек направлено ортогонально плоскости рисунка и по модулю равно B . В этих катушках плотность проводов обмотки мала, так что можно считать, что частицы, летящие из канала, не замечают проводов. Концентрация выброшенных пушкой частиц, подлетающих к магнитному полю, равна n , а их скорость направлена вдоль канала и равна u . За катушками находится вакуум. Найдите давление, с которым частицы действуют на систему двух катушек. Считайте, что концентрация частиц мала, поэтому их взаимодействием друг с другом можно пренебречь.

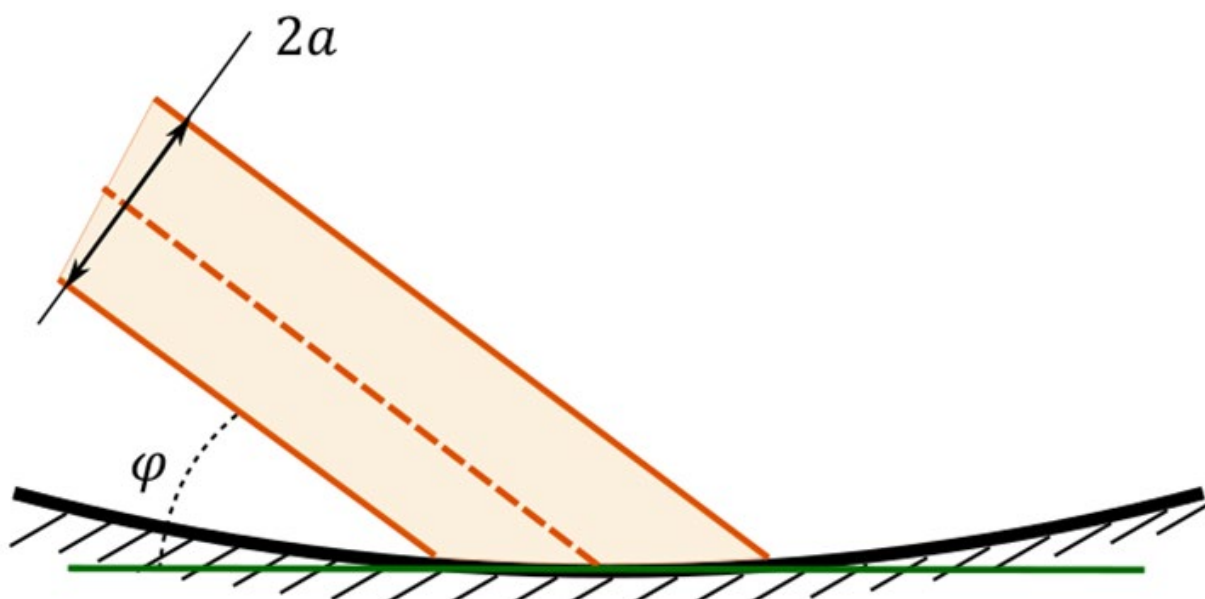


Задание 3 (25 баллов)

Полый цилиндр радиуса b имеет толщину стенок h , малую по сравнению с его радиусом, и изготовлен из металла с удельным сопротивлением ρ . В некоторый момент времени внешние токи начинают создавать однородное магнитное поле B , сонаправленное с осью цилиндра. Амплитуда поля увеличивается линейно со временем t , так что $B = \alpha t$, параметр α известен. Высота цилиндра велика по сравнению с его радиусом. Найдите магнитное поле внутри цилиндра на временах когда ток, текущий по поверхности проводящего цилиндра, уже можно считать установившимся.

Задание 4 (25 баллов)

На участок цилиндрического вогнутого зеркала радиуса R падает под малым углом φ к касательной плоскости, проведённой к цилиндру в точке падения пучка, параллельный пучок света, имеющий круговое поперечное сечение радиуса a , см. Рисунок.



Известно, что в области засветки поверхность зеркала меняет свой наклон на угол, малый по сравнению с углом падения φ . Отражённый пучок наблюдается на экране, который расположен ортогонально отражённому центральному лучу в пучке. На каком расстоянии от точки отражения следует расположить экран, чтобы изображение пучка выглядело как линия, параллельная образующей цилиндрического зеркала?