

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ



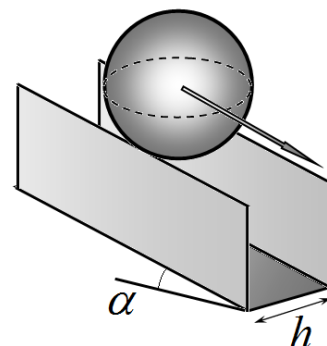
***XIII открытая студенческая
олимпиада по физике***

1. Полный набор заданий состоит из 5 задач.
2. На решение всех задач отводится 3 часа.
3. Решения задач оформляйте на выданных листах, решение каждой задачи начинайте с нового листа.
4. При решении задач разрешается пользоваться калькулятором и чертежными принадлежностями.

**Минск
2021**

Задача 1. Скатывание шара

Сплошной шар радиуса R скатывается по прямоугольному желобу, наклоненному под углом α к горизонту. Расстояние между стенками желоба равно h , причем $h = R$. Коэффициент трения шара о стенки желоба равен μ .

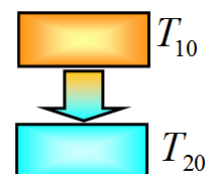


- 1.1 Определите, при каких значениях коэффициента трения μ скатывание шара будет происходить без проскальзывания.
- 1.2 Определите ускорение центра шара при его движении по желобу.

Задача 2. Теорема о средних и второе начало термодинамики.

Имеется два одинаковых бруска, первый изначально находится при температуре T_{10} , второй при температуре T_{20} .

- 2.1 Бруски приводят в тепловой контакт. Пренебрегая потерями теплоты, определите, какая температура установится после того, как бруски придут в состояние теплового равновесия.



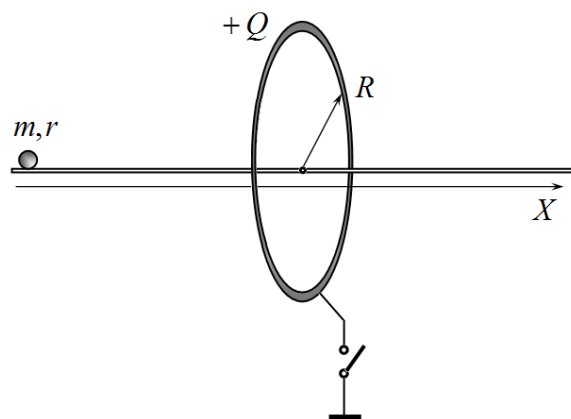
- 2.2 Между брусками (при указанных начальных температурах) устанавливают тепловую машину, работающую по идеальному циклу Карно. Пренебрегая потерями теплоты, определите, какова будет установившаяся температура брусков после прекращения работы тепловой машины.



- 2.3 Используя результаты, полученные в пп. 2.1 и 2.2, докажите, что среднее арифметическое двух различных чисел больше, чем их среднее геометрическое.

Задача 3. Электростатическая пушка

В данной задаче вам необходимо рассчитать характеристики электростатической пушки, схема которой показана на рисунке. Тонкое проводящее кольцо радиуса R расположено в вертикальной плоскости. Кольцу сообщается постоянный электрический заряд Q , который можно удалить с кольца (посредством заземления) в произвольный момент времени. По оси кольца расположены горизонтально непроводящие направляющие, по которым может скользить без трения снаряд – небольшой проводящий шарик.



Для описания работы устройства зададим ось X , направленную вдоль оси кольца, начало отсчета которой совпадает с центром кольца.

Часть 1. Поле кольца

1.1 Найдите зависимость потенциала электрического поля, создаваемого кольцом на оси кольца от координаты $\varphi(x)$. Укажите, в каких точках этот потенциал принимает экстремальные значения. Укажите, чему равны экстремальные значения потенциала в этих точках. Постройте схематический график зависимости $\varphi(x)$.

1.2 Найдите зависимость проекции вектора напряженности электрического поля на оси кольца на заданную ось X от координаты точки $E_x(x)$. Укажите, в каких точках эта величина принимает экстремальные значения. Укажите, чему равны экстремальные значения проекции вектора напряженности в этих точках. Постройте схематический график зависимости $E_x(x)$.

Часть 2. Заряженный снаряд.

В качестве снаряда используется небольшой шарик массы m , несущий постоянный отрицательный заряд $-q$. Снаряд помещают на оси кольца на большом расстоянии (значительно большем, чем радиус кольца) и отпускают.

2.1 Какую максимальную скорость может приобрести снаряд в процессе его разгона?

2.2 Где должен находиться снаряд в момент разрядки (заземления) кольца, чтобы скорость снаряда при вылете из пушки была максимальной?

Часть 3. Незаряженный снаряд.

В качестве снаряда используется проводящий шарик, изготовленный из материала с плотностью ρ . Электрический заряд шарика не сообщается.

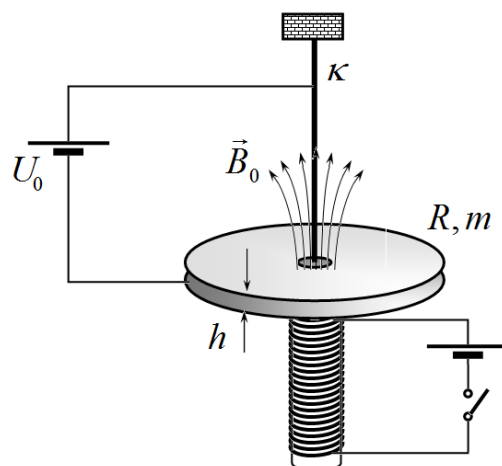
3.1 Какую максимальную скорость может приобрести снаряд в процессе его разгона?

3.2 Где должен находиться снаряд в момент разрядки (заземления) кольца, чтобы скорость снаряда при вылете из пушки была максимальной?

Подсказка. Однородный проводящий шар радиуса r , помещенный в электрическое поле напряженности \vec{E} , приобретает индуцированный дипольный момент $\vec{p} = 4\pi r^3 \epsilon_0 \vec{E}$

Задача 4. Электромагнитная вертушка

Для изучения закона электромагнитной индукции собрана установка, показанная на рисунке. На торец вертикального тонкого соленоида радиуса a прикреплен слабо проводящий однородный диск. Над этим диском на упругой нити подвешен такой же слабо проводящий диск, который может вращаться вокруг собственной оси. Модуль кручения нити равен κ . Диски подключены к источнику постоянного напряжения U_0 . Масса каждого диска m , их радиус R , расстояние между дисками - h . При подключении соленоида к источнику постоянного тока, на торце соленоида создается магнитное поле, индукция которого быстро возрастает от нуля до предельного значения B_0 . Можно считать, что силовые линии магнитного поля пересекают диски нормально к ним и только в пределах площади торца соленоида. Кроме того, можно считать, что радиус соленоида значительно меньше радиуса дисков $a \ll R$.



Найдите, на какой максимальный угол повернется верхний подвижный диск относительно своей оси.

Примечание. Под термином «слабо проводящий» в данной задаче следует понимать, что при медленной зарядке дисков от источника U_0 материал дисков ведет себя как проводник, а при быстром нарастании индукции магнитного поля соленоида его поведение подобно поведению заряженного диэлектрика.

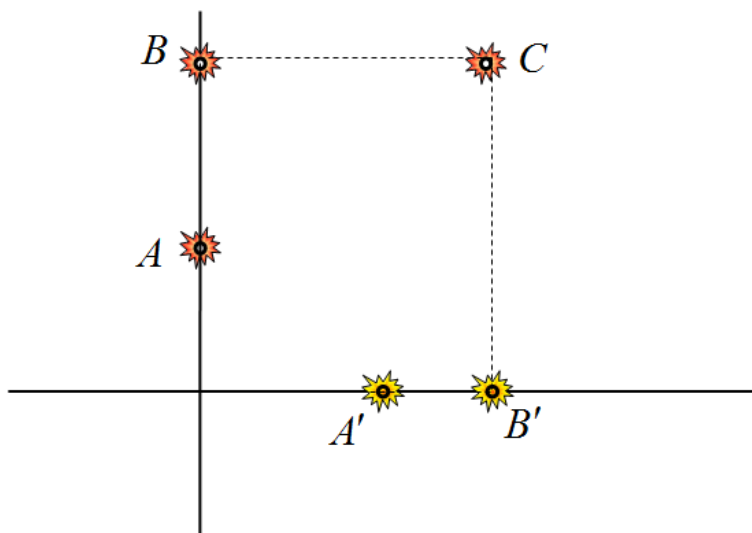
Задача 5. А где же линза?

На рисунке показаны: два точечных источника света A и B ; и их изображения в тонкой линзе A' и B' , соответственно.

Найдите с помощью построений: положение линзы; ее главные фокусы; изображение точечного источника C .

Являются эти изображения действительными, или мнимыми?

В какой линзе собирающей, или рассеивающей получены эти изображения?



Считайте, что в данной задаче применимо параксиальное приближение. Все построения выполните на рабочем листе с соблюдением масштаба.