1. Два одинаковых бруска сцеплены жесткой невесомой штангой. Бруски движутся по гладкой горизонтальной поверхности стола. В некоторый момент бруски начинают въезжать на шероховатый участок стола, где коэффициент трения . Найдите коэффициент трения брусков о шероховатую поверхность, если бруски в начале движения имели скорость , а после прохождения шероховатого участка стола движутся со скоростью . Длина брусков , длина штанги , длина шероховатого участка стола .

**Решение**

Запишем закон изменения энергии системы. Энергия системы до

начала заезда на шероховатый участок стола . Энергия системы после съезда на гладкую часть стола . Закон изменения энергии

где – работа силы трения при движении брусков по шероховатой поверхности. Процесс движения брусков можно разбить на пять этапов: 1) въезжает первый брусок, 2) движение первого бруска по шероховатой поверхности без второго, 3) въезд второго бруска и съезд первого, 4) движение второго бруска по шероховатой поверхности без первого, 5) съезд второго бруска. График зависимости результирующей силы трения от пути, пройденного передним концом первого бруска, представлен на рисунке. Работа силы трения равна площади под графиком, взятым со знаком минус

Подставляя выражение для силы трения в закон изменения энергии, получим

**Ответ**

**Критерии оценивания**

Записан закон изменения энергии системы – **3 балла**

Найдена зависимость силы трения от пути, пройденного передним концом первого бруска – **3 балла**

Найден коэффициент трения – **4 балла**

1. На рисунке представлен график зависимости энергии взаимодействия двух частиц массой от расстояния между ними.

5E

3E

E

R

2R

3R

W

x

а) Найдите статичную конфигурацию системы из трех частиц на прямой с минимальной энергией.

б) В найденном состоянии две ближайшие частицы закрепили, а третьей сообщили кинетическую энергию , достаточную, чтобы преодолеть притяжение двух других частиц. Найдите скорость третьей частицы на бесконечности.

**Решение**

а) Существуют всего две статичные конфигурации из трех частиц, в первой из них между двумя ближайшими частицами расстояние равно R, а во второй между одной парой R, а между другой 2R. Минимальная энергия достигается во втором случае и равна 9E.

R

R

R

2R

Следует отметить, что существуют другие конфигурации, но они являются неустойчивыми, и положения частиц соответствуют максимумам на графике.

б) Для третьей частицы выполняется закон сохранения энергии. В начальном состоянии энергия частицы, после сообщения ей кинетической энергии К, равна . На бесконечности у частицы будет только кинетическая энергия . Тогда скорость на бесконечности равна

**Ответ**

а) см. рисунок.

б) .

**Критерии оценивания**

Найдена конфигурация с минимальной энергией – **4 балла**

Записан закон сохранения энергии для третьей частицы – **4 балла**

Найдена скорость на бесконечности – **2 балла**

1. Зимой помещение отапливается с помощью нагревателя, имеющего температуру , температура воздуха на улице равна . При этом в комнате устанавливается температура . Какая температура установится в комнате, если установить два таких нагревателя? Считайте, что мощность теплопередачи пропорциональна разности температур.

**Решение**

В установившемся режиме мощность тепловых потерь в окружающую среду равна мощности подводимого тепла от нагревателя.

где и – коэффициенты пропорциональности.

Для двух нагревателей получаем

Где - новая установившаяся температура в комнате. Тогда для получаем

**Ответ**

**Критерии оценивания**

Записано уравнение теплового баланса для случая одного нагревателя – **4 балла**

Записано уравнение теплового баланса для случая двух нагревателей – **4 балла**

Найдена установившаяся температура – **2 балла**

1. На оси тонкой собирающей линзы расположена тонкая палочка длины перпендикулярно оси. Палочка находится за фокусом линзы. Расстояние от центра линзы до палочки равно . При этом увеличение длины палочки равно . Затем палочку выставляют вдоль оси линзы так, что ее центр находится на оси на расстоянии , при этом палочка целиком находится за фокусом линзы. Найдите увеличение длины палочки в этом случае.

**Решение**

Формула тонкой линзы . Тогда поперечное увеличение линзы . Отсюда, фокусное расстояние линзы равно .

Запишем формулу тонкой линзы для каждого конца при продольном расположении палочки

Тогда длина изображения . Продольное увеличение .

**Ответ**

**Критерии оценивания**

Получено выражение для поперечного увеличения линзы – **2 балла**

Получено выражение для фокусного расстояния линзы – **2 балла**

Найдена длина изображения при продольном расположении палочки – **4 балла**

Найдено продольное увеличение – **2 балла**

1. ­­К тонкой графитовой сфере подсоединили источник постоянного тока через диаметрально противоположные точки. Во сколько раз изменение температуры точек на высоте над экваториальной плоскостью больше чем у точек на экваторе? Радиус сферы r. Потерями тепла и теплопроводностью графита можно пренебречь.

r

h

**Решение**

Пусть – сила тока, текущая в цепи, к которой подсоединена сфера. Количество теплоты, выделяемое на тонком кольце, равно , где – сопротивление тонкого кольца, – время наблюдения. Сопротивление тонкого кольца, мысленно вырезанного на высоте равно , где – угол, под которым данное кольцо видно из центра сферы, – толщина сферы, – удельное сопротивление графита.

h

Все тепло, выделяемое на тонком кольце, идет на нагревание этого кольца , где – масса тонкого кольца, – изменение температуры кольца, – удельная теплоемкость. Масса кольца равна *,* где – плотность графита. Тогда для изменения температуры тонкого кольца на высоте получаем

Отношение изменения температур равно

**Ответ**

**Критерии оценивания**

Записано сопротивление тонкого кольца на высоте – **3 балла**

Записана масса тонкого кольца на высоте – **3 балла**

Найдено изменение температуры для кольца – **2 балла**

Получен ответ – **2 балла**