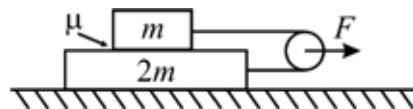




ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2018–2019 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС

Задача 1

Систему грузов, имеющих массу m и $2m$, тянут с помощью подвижного блока по гладкой горизонтальной поверхности (см. рисунок). При каких значениях модуля силы F , направленной горизонтально, грузы не будут проскальзывать друг по другу, если коэффициент трения между ними равен μ ? Массой блока и нити можно пренебречь. Участки нити, не лежащие на блоке, горизонтальны.



Возможное решение

Если бы трение отсутствовало, тогда ускорение груза m было бы больше ускорения груза $2m$, значит, сила трения, действующая на груз m , направлена влево. В момент начала проскальзывания возникает пограничная ситуация: в системе действует максимально возможная сила трения, но ускорения грузов одинаковы. Ввиду невесомости нити и блока сила натяжения нити равна $F/2$. Запишем второй закон Ньютона для груза m и груза $2m$ соответственно:

$$\begin{cases} \frac{F}{2} - \mu mg = ma, \\ \frac{F}{2} + \mu mg = 2ma, \end{cases} \Rightarrow F = 6\mu mg.$$

Значит, проскальзывание отсутствует при $F \leq 6\mu mg$.

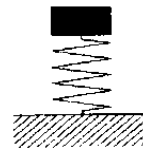
Критерии оценивания

1. Определено направление сил трения, действующих между грузами **2 балла**
2. Указано условие начала проскальзывания грузов **2 балла**
3. Определена сила реакции со стороны нити **1 балл**
4. Записан 2-й закон Ньютона для верхнего груза **2 балла**
5. Записан 2-й закон Ньютона для нижнего груза **2 балла**
6. Указан диапазон значений модуля силы F , когда проскальзывание отсутствует **1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 2

На лёгкой вертикальной пружине уравновешена гиря, прикрепленная к верхнему концу пружины. Нижний конец пружины прикреплен к полу. Деформация пружины при этом составляет $x = 5$ см. Для того, чтобы увеличить деформацию пружины вдвое, медленно приподнимая груз в вертикальном направлении, надо совершить работу $A = 9$ Дж. Найдите жёсткость пружины.



Возможное решение

Условие равновесия гири в начальный момент: $mg = kx$, где m – масса гири, k – жёсткость пружины. Запишем закон сохранения механической энергии, приняв за «нулевой» уровень потенциальной энергии поля силы тяжести начальное положение гири:

$$\frac{kx^2}{2} + A = 3mgx + \frac{k(2x)^2}{2} \Rightarrow A = \frac{3}{2}kx^2 + 3kx^2 \Rightarrow k = \frac{2A}{9x^2} = 800 \text{ Н/м.}$$

Критерии оценивания

1. Условие равновесия гири в начальный момент 2 балла
2. Выражение для потенциальной энергии пружины 1 балл
3. Выражение потенциальной энергии в поле силы тяжести 1 балл
4. Записан закон сохранения механической энергии 3 балла
5. Найдено выражение для коэффициента жёсткости пружины 2 балла
6. Получено численное значение коэффициента жёсткости пружины ...1 балл

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 3

Идеальному газу, находящемуся в вертикальном цилиндре под невесомым подвижным поршнем, сообщают количество теплоты $Q = 140$ Дж. Внутренняя энергия газа при этом увеличивается на $\Delta U = 100$ Дж. Найдите изменение объёма газа и определите его молярную теплоёмкость при постоянном объёме. Внешнее давление равно атмосферному $P_A = 100$ кПа.

Возможное решение

Процесс изобарический, поэтому работа газа равна $P_A \Delta V$. Из первого начала термодинамики следует:

$$Q = \Delta U + P_A \Delta V \Rightarrow \Delta V = \frac{Q - \Delta U}{P_A} = 0,4 \text{ л.}$$

Изменение внутренней энергии газа равно:

$$\Delta U = \nu c_V \Delta T = c_V \frac{P_A \Delta V}{R} \Rightarrow c_V = \frac{\Delta U R}{P_A \Delta V} = 2,5R.$$

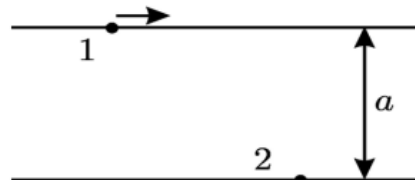
Критерии оценивания

1. Указан процесс **2 балла**
2. Записано первое начало термодинамики **3 балла**
3. Определено изменение объёма **2 балла**
4. Найдено численные значения изменения объёма **1 балл**
5. Найдена молярная теплоёмкость при постоянном объёме **2 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 4

На два гладких длинных стержня, расположенных параллельно друг другу на расстоянии a друг от друга, нанизаны две разноимённо заряженные бусинки с модулями заряда q , которые могут двигаться по стержням без трения (см. рисунок). В начальный момент времени бусинки покоятся на большом расстоянии друг от друга. Первой бусинке сообщают вдоль стержня пренебрежимо малую скорость в направлении второй бусинки. Определите максимальную скорость первой бусинки в ходе её последующего движения. Масса первой бусинки m в два раза больше массы второй.



Возможное решение

Так как силы, действующие на бусинки в направлении вдоль стержней, одинаковы по модулю, а массы бусинок различаются вдвое, значит, в каждый момент времени ускорение первой бусинки в два раза меньше ускорения второй бусинки. То же самое справедливо и в отношении скоростей бусинок. Максимальные скорости достигаются в тот момент, когда расстояние между бусинками будет минимальным и равным a . Запишем закон сохранения энергии:

$$0 = \frac{1}{2} m v_{max}^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{2} (2v_{max})^2 - \frac{kq^2}{a} \Rightarrow v_{max} = q \sqrt{\frac{2k}{3ma}}.$$

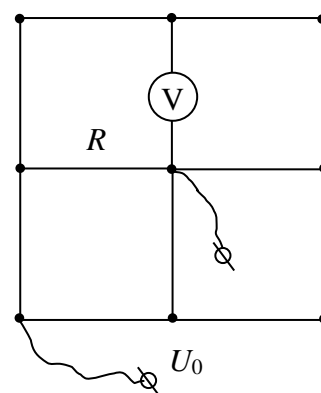
Критерии оценивания

1. Найдена связь между мгновенными скоростями бусинок **3 балла**
2. Выражение для кинетической энергии (любой бусинки) **1 балл**
3. Выражение для потенциальной энергии взаимодействия бусинок **1 балл**
4. Условие максимальности скорости первой бусинки **2 балла**
5. Закон сохранения энергии **2 балла**
6. Значение максимальной скорости первой бусинки **1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

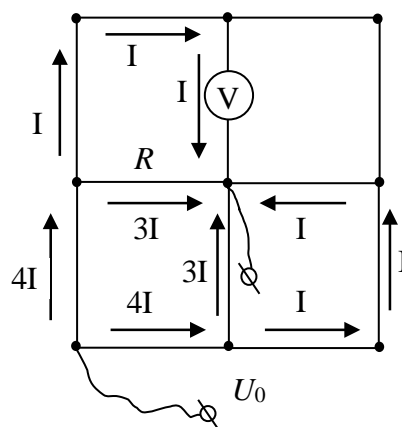
Задача 5

Электрическая цепь представляет собой сетку, состоящую из одинаковых звеньев, имеющих одинаковые сопротивления R . Одно из звеньев заменено на вольтметр, сопротивление которого тоже R . К клеммам подключён источник напряжения $U_0 = 7 \text{ В}$. Найдите показание вольтметра.



Возможное решение

Заметим, что в силу симметрии схемы, токи через проводники, которые находятся в правом верхнем углу сетки, не текут (поскольку эти токи должны быть одинаковыми и течь в противоположных направлениях, но это противоречит закону сохранения электрического заряда, а значит, силы этих токов равны нулю). Обозначим токи в участках цепи, с учётом симметрии и закона Ома, обратно пропорционально сопротивлениям параллельных ветвей и с учётом закона сохранения заряда для узлов. Напряжение $U_0 = 7IR$, тогда как произведение силы тока, текущего через вольтметр, на его сопротивление равно $U_V = IR$, откуда $U_V = \frac{1}{7} U_0 = 1 \text{ В}$.



Критерии оценивания

1. Обосновано отсутствие токов через проводники,
которые находятся в правом верхнем углу **1 балл**
2. Установлена связь между общим напряжением и током I **3 балла**
3. Установлена связь между показанием вольтметра и током I **3 балла**
4. Получено выражение связи общего напряжения
и показания вольтметра **2 балла**
5. Численный ответ для показаний вольтметра **1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

Всего за работу 50 баллов.