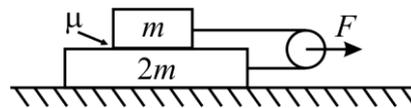


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ФИЗИКЕ  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС

**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  $\mu$ ? 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  $F \leq 6\mu mg$ .

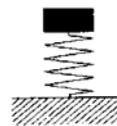
**Критерии оценивания**

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 легкой вертикально установленной пружине уравновешена гири. Деформация пружины при этом составляет  $x = 6$  см. Чтобы увеличить деформацию пружины вдвое, медленно надавливая на груз в вертикальном направлении, надо совершить работу  $A = 1$  Дж. Найдите жёсткость пружины.

**Возможное решение**

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

$$\frac{kx^2}{2} + A = -mgx + \frac{k(2x)^2}{2} \Rightarrow A = \frac{3}{2}kx^2 - kx^2 \Rightarrow k = \frac{2A}{x^2} \cong 556 \text{ Н/м.}$$

**Критерии оценивания**

1. Условие равновесия гири в начальный момент ..... **2 балла**
2. Выражение потенциальной энергии силы упругости ..... **1 балл**
3. Выражение потенциальной энергии силы тяжести ..... **1 балл**
4. Записан закон сохранения 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**

В некотором процессе над газом совершена работа  $A' = 100$  Дж, при этом его внутренняя энергия возросла на  $\Delta U = 80$  Дж, а температура увеличилась на  $\Delta t = 10$  °С. Найдите среднюю теплоёмкость газа в этом процессе.

**Возможное решение**

Из первого начала термодинамики следует:  $\Delta Q = \Delta U - A'$ . С другой стороны:  $\Delta Q = C\Delta T$ , где  $C$  – средняя теплоемкость, а  $\Delta T = \Delta t$ . Отсюда получаем:

$$C = \frac{\Delta U - A'}{\Delta T} = -2 \text{ Дж/К.}$$

**Критерии оценивания**

1. Записано первое начало термодинамики ..... **3 балла**
2. Записано выражение  $Q = C\Delta T$  ..... **2 балла**
3. Правильно найдена средняя теплоёмкость..... **5 баллов**

*В случае, если правильно найден модуль средней теплоемкости (то есть не учтён знак), снимается 3 балла (максимальная оценка за задачу в этом случае составляет 7 баллов).*

**Максимум за задачу 10 баллов.**

#### Задача 4

Два точечных заряда  $+q$  и  $-q$ , закреплённые на концах непроводящего стержня (диполь), находятся в электростатическом поле. Для того чтобы повернуть этот диполь на  $180^0$  вокруг центра стержня, внешним силам нужно совершить работу  $A$ . Какую работу нужно совершить внешним силам (после поворота) для того, чтобы унести диполь из этого поля на бесконечность? Потенциал бесконечно удалённых точек равен нулю.

#### Возможное решение

Пусть  $\varphi_1$  – потенциал электростатического внешнего поля в точке, где расположен первоначально заряд  $+q$ , а  $\varphi_2$  – потенциал электростатического внешнего поля в точке, где расположен первоначально заряд  $-q$ . Запишем закон сохранения энергии в первом случае (без учёта энергии взаимодействия двух точечных зарядов  $+q$  и  $-q$ , так как она не меняется):

$$q\varphi_1 - q\varphi_2 + A = -q\varphi_1 + q\varphi_2 \Rightarrow A = 2q(\varphi_2 - \varphi_1).$$

Запишем закон сохранения энергии во втором случае:

$$-q\varphi_1 + q\varphi_2 + A' = 0 \Rightarrow A' = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -A/2.$$

#### Критерии оценивания

1. Записан закон сохранения энергии в первом случае..... **3 балла**
2. Записан закон сохранения энергии во втором случае ..... **3 балла**
3. Получено правильное выражение для работы  $A'$  ..... **4 балла**

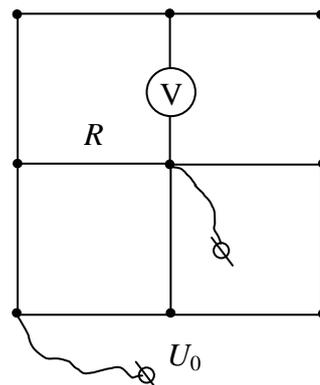
*В случае, если правильно найден модуль работы  $A'$  (то есть не учтён знак), – снимается 2 балла (максимальная оценка за задачу в этом случае составляет 8 баллов).*

*Если получен правильный ответ, но разобран некоторый частный случай электростатического внешнего поля (а не общий), тогда ученику ставится 6 баллов.*

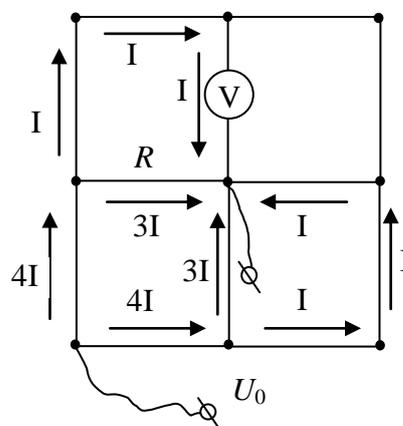
**Максимум за задачу 10 баллов.**

**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  $U_0 = 7$  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  $U_V = \frac{1}{7}U_0 = 1$  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.**