**Ответы**

**к заданиям школьного этапа Всероссийской олимпиады**

**школьников по физике в 2019/2020 учебном году**

**11 класс**

**За каждое задание максимально 10 баллов, общее максимальное количество баллов - 50**

**Задача 1.** Стоя на движущемся вниз эскалаторе, мальчик подбросил монетку, как ему показалось, вертикально вверх, и через τ=1с поймал её. Скорость эскалатора V = 1 м/с, а угол его наклона к горизонту α=300. На какое максимальное расстояние от точки бросания удалялась монетка? В течение какого времени монетка поднималась вверх в системе отсчёта, связанной со стенами шахты эскалатора? Ускорение свободного падения можно считать равным 10м/с2.

**Возможное решение.** Максимальное расстояние, на которое монетка удалялась от точки её бросания, проще всего искать в системе отсчёта, связанной с эскалатором. В этой системе отсчёта начальная скорость монетки направлена вертикально, следовательно,

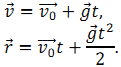
f1.1

Возможны также решения, в которых ищется максимальное расстояние от монетки до точки бросания (точка пространства) в системе отсчёта, связанной со стенами шахты эскалатора. ТАКОЕ РЕШЕНИЕ ТОЖЕ СЛЕДУЕТ СЧИТАТЬ ПРАВИЛЬНЫМ. В этой системе отсчёта вертикальная составляющая начальной скорости монетки равна

f1.2

(за положительное выбрано направление вверх), а горизонтальная составляющая начальной скорости монетки равна ν2=V∙cosα.

В момент максимального удаления монетки от точки броска, вектор смещения r должен быть перпендикулярен вектору скорости монетки ν (это равносильно тому, что в данный момент расстояние между монеткой и точкой броска не уменьшается и не увеличивается). Пусть ν0 — начальная скорость монетки, тогда



Момент времени, когда векторы r и ν перпендикулярны, найдём из условия равенства нулю их скалярного произведения:

f1.4

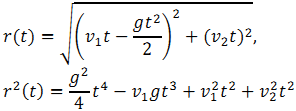
Проекция вектора ν0 на ось, направленную вертикально вверх, равна ν1, поэтомуf1.5

По теореме Пифагора f1.6

Получаем уравнение на *t*

f1.7

Аналогичное уравнение можно получить аналитически. Расстояние между монеткой и точкой броска будет меняться со временем по закону



Расстояние r будет максимально тогда, когда максимален квадрат расстояния r2. Продифференцировав выражение для r2 по времени, и приравняв производную к нулю, получим уравнение (такое же, как и из условия перпендикулярности векторов скорости и смещения)

f1.9

Решение *t=0* соответствует минимуму функции r2(t). Поскольку мы ищем максимум, то уравнение можно сократить на t. Получим квадратное уравнение

f1.10

Решив которое, найдём что расстояние максимально в момент времени

f1.11

Второй корень квадратного уравнения рассматривать не нужно, поскольку он больше 1с (то есть соответствует моменту времени после того, как мальчик поймал монетку). Максимальное расстояние между монеткой и точкой броска r(tm)≈1,09м.

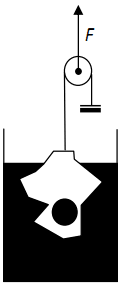
Из закона сложения скоростей получаем, что в системе отсчёта, связанной со стенами шахты эскалатора, вертикальная составляющая начальной скорости монетки равна: g(τ/2)–V∙sinα. Тогда

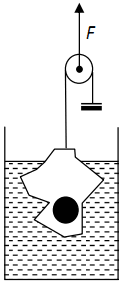
f1.12

**Ответ**: t=0,45с

**Критерии оценивания**

|  |  |
| --- | --- |
| Найдено максимальное расстояние от монетки до точки её бросания (либо в системе отсчёта мальчика, либо в системе отсчёта стен шахты) | 4 балла |
| Применён закон сложения скоростей | 2 балла |
| Найдено время *t* | 4 балла |

**Задача 2.** Льдинка с вмороженным в неё металлическим слитком подвешена на лёгкой нити частично погружена в цилиндрический стакан с водой так, что лёд не касается стенок стакана. Площадь дна стакана S=100см2. Для того, чтобы удержать льдинку в таком положении, нить перекидывают через идеальный блок, к оси которого прикладывают вертикально направленную силу F=10Н. На другой конец нити вешают подходящий противовес. На сколько изменится уровень воды в стакане после того, как льдинка растает? Повысится он или понизится? Масса слитка m=100г, плотность металла ρ=10000кг/м3, плотность воды ρ0=1000кг/м3. Ускорение свободного падения можно считать равным g=10м/с2. Противовес после таяния льда не падает в стакан.

**Возможное решение:** Рассмотрим внешние силы, действующие на содержимое стакана, в которое включим воду, льдинку и слиток. Сила тяжести компенсируется двумя направленными вверх внешними силами – силой натяжения нити F/2 и силой реакции дна стакана. Последняя, в свою очередь, равна по модулю силе давления на дно со стороны жидкости. Из условия равновесия содержимого стакана в исходном состоянии следует:

f2.1

Где h1 – высота уровня воды в исходном состоянии.

После таяния льдинки масса содержимого сохраняется, но изменяется уровень воды в стакане и, следовательно, давление воды около дна. Кроме этого, на содержимое перестаёт действовать сила F/2, но на дно с силой

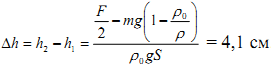
f2.2

Начинает действовать слиток. Новое условие равновесия содержимого имеет вид:

S∙ρ0∙g∙h2+N=mсодерж∙g

Где h1 – высота уровня воды в исходном состоянии.

Вычитая из первого уравнения второе, получим выражение для изменения уровня воды в стакане:



Так как эта величина положительная, то **уровень воды в стакане повысится**.

**Критерии оценивания**

|  |  |
| --- | --- |
| Записано условие равновесия содержимого в исходном состоянии | 2 балла |
| Записано условие равновесия содержимого в конечной ситуации | 2 балла |
| Получено выражение для изменения уровня жидкости | 2 балла |
| Получено численное значение для изменения уровня жидкости | 2 балла |
| Явно указано, что уровень повысится | 2 балла |
| (Если задача решалась через объём погружённой льдинки и изменение объёмов при таянии, то за верное выражение для изменения уровня – 6 баллов.) |  |

**Задача 3.** Один моль аргона участвует в процессе, в ходе которого теплоёмкость остаётся постоянной и равной C=10Дж/К. При этом аргон увеличил свой объём, совершив работу A=40Дж. Найдите изменение температуры аргона и подведённое к нему количество теплоты.

**Возможное решение**

Запишем для данного процесса первое начало термодинамики:

f3.1

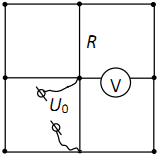
т.е. газ охлаждался. Подведённое к газу количество теплоты равно:

Q=C∙∆T=–162Дж,

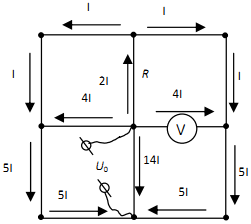
т.е. газ в данном процессе отдавал теплоту.

**Критерии оценивания**

|  |  |
| --- | --- |
| Записано первое начало термодинамики | 4 балла |
| Найдено изменение температуры газа | 2 балла |
| Найдено количество теплоты | 2 балла |
| Указано, что газ тепло отдавал (получен ответ со знаком минус) | 2 балла |

**Задача 4.** Электрическая цепь представляет собой проволочную сетку, состоящую из звеньев, имеющих одинаковые сопротивления R.

Одно звено заменено на вольтметр, сопротивление которого тоже равно R. К сетке подключён источник напряжения U0=14В так, как показано на рисунке. Найдите показание вольтметра.



**Возможное решение**

Изобразим схематически токи, текущие в звеньях сетки, учитывая её симметрию и закон Ома для участка цепи. Согласно этому закону, силы тока в параллельных звеньях, находящихся под одинаковым напряжением, обратно пропорциональны сопротивлениям этих звеньев. При изображении токов так же нужно учитывать закон сохранения электрического заряда для узлов сетки – сумма токов, втекающих в узел, должна быть равна сумме токов, вытекающих из узла.

Точки подключения источника напряжения расположены на вертикальной оси симметрии сетки. Поэтому токи, текущие налево и направо от оси симметрии сетки, вытекающие из данного узла или втекающие в данный узел, должны быть одинаковыми. Обозначим токи, текущие налево и направо от верхнего среднего узла сетки, через *I*. Тогда ток, втекающий в верхний средний узел, равен 2*I*. При обходе левой (и правой) верхней четверти сетки суммарное падение напряжения должно быть равно нулю. Следовательно, токи, текущие налево и направо от центрального узла сетки, одинаковы и равны 4*I*. Значит, токи, текущие вниз от левого среднего и от правого среднего узла сетки, равны 5*I*.

Выразим напряжение источника U0 через ток *I*. Для того чтобы сделать это, мысленно сложим схему пополам вдоль вертикальной оси симметрии. Тогда сопротивления всех звеньев, не лежащих на оси симметрии, уменьшатся в 2 раза, а текущие по ним токи увеличатся в 2 раза. Суммарное сопротивление всех звеньев, подключённых к источнику (за исключением звена, находящегося непосредственно между клеммами источника), равно 7*R*/5. Текущий через эти звенья ток равен 10*I*. Поэтому падение напряжения во внешней цепи между клеммами источника равно U0=14*IR*. Отметим, что это заодно позволяет найти ток, текущий через звено между точками подключения источника напряжения.

Он равен 14*I* и течёт от центрального узла сетки к нижнему среднему узлу.

Для вольтметра можно записать: Uv=4∙*IR*.

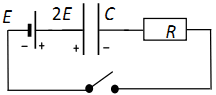
Отсюда Uv=4∙U0/14=2∙U0/7=4В.

**Ответ**: Uv=4В

**Критерии оценивания**

|  |  |
| --- | --- |
| Установлено распределение токов в звеньях сетки | 3 балла |
| Найдена связь между током, текущим через вольтметр, и токами в других частях цепи | 1 балл |
| Установлена связь между напряжением источника и током, текущим в какой-либо части цепи | 2 балла |
| Установлена связь между показанием вольтметра и током, текущим через него | 1 балл |
| Получено выражение для связи напряжения источника и показания вольтметра | 2 балла |
| Получен численный ответ для показания вольтметра | 1 балл |

**Задача 5.** Электрическая цепь состоит из соединённых последовательно идеального источника напряжения с ЭДСE=12В, резистора, разомкнутого ключа и заряженного до напряжения 2∙E конденсатора (полярность указана на схеме). Ключ замыкают.



Определите напряжение U на конденсаторе в тот момент, когда количество теплоты, выделившееся в резисторе, окажется в 3 раза меньше энергии, оставшейся в конденсаторе.

**Возможное решение**

Полярность зарядки конденсатора всегда останется такой же, какой она была в начале. Поскольку исходное напряжение на конденсаторе превышает ЭДС источника, то после замыкания ключа ток в цепи потечёт против часовой стрелки. К интересующему нас моменту времени заряд, протекший через источник (и подзарядивший его), равен q=C∙(2E–U). Запишем закон сохранения энергии с учётом выделившегося количества теплоты и работы, совершённой источником:

f5.1

Отсюда, с учётом того, что

f5.2

получим:

U = 18 В

**Ответ**: U=18В

**Критерии оценивания**

|  |  |
| --- | --- |
| Определена начальная энергия конденсатора | 1 балл |
| Найден протёкший через источник заряд | 1 балл |
| Найдена работа, совершённая источником | 1 балл |
| Записан закон сохранения энергии | 4 балла |
| Получено выражение для напряжения на конденсаторе | 2 балла |
| Получено численное значение напряжения на конденсаторе | 1 балл |