Муниципальный этап Всероссийской олимпиады

Липецкая область

Физика

2017 – 2018 уч. год

11 класс

Уважаемые участники олимпиады!

Вашему вниманию предлагаются 5 задач, требующих развернутого ответа.

Время на решение задач – 3,5 часа мин (210 минут).

Внимательно прочитайте каждую задачу. Начинайте решать на черновике. Если есть возможность проиллюстрировать решение рисунком - сделайте это. Учтите, что черновик не проверяется, поэтому все важные элементы решения перенесите на чистовик (в том числе и рисунок).

Не забудьте на черновике написать сверху «ЧЕРНОВИК», а на чистовике там же «ЧИСТОВИК». Рядом со словом «чистовик» нужно оставить место для шифра Вашей работы. **Помните, ни на чистовике, ни на черновике не должно быть Вашей фамилии, имени, каких-либо иных пометок, указывающих на принадлежность работы.**

Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его и постарайтесь выполнить те задачи, для которых Вам ясен путь решения. К пропущенным заданиям Вы можете вернуться, если у вас останется время.

На чистовике оформляйте задания в том порядке, в котором они даны.

Задача 1. Маятник.

Математический маятник колеблется с угловой амплитудой $\varphi 0 = 0{,}1$ рад. В момент прохождения маятником нижней точки своей траектории, скорость маятника резко увеличили в 2 раза. Найдите новую угловую амплитуду колебаний φ_1.

Возможное решение. Пусть v — скорость маятника в нижней точке траектории. Из закона сохранения энергии

$$\frac{v^2}{2} = gl(1 - \cos\varphi_0) \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2gl(1 - \cos\varphi_0)} = 0{,}3 \text{ (м/с)}.$$

После того, как скорость маятника увеличили

$$2v^2 = gl(1 - \cos\varphi_1).$$

Значит,

$$1 - \cos\varphi_1 = 4(1 - \cos\varphi_0) \Rightarrow \varphi_1 = \arccos(4\cos\varphi_0 - 3) \approx 0{,}2 \text{ рад}.$$

Критерии оценивания (10 баллов за полное решение):

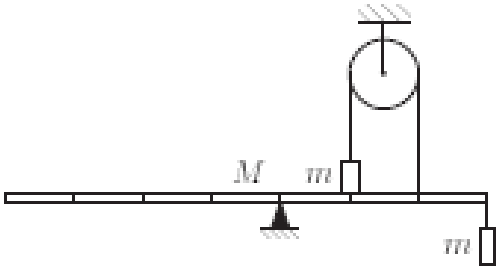
Определена скорость маятника в нижней точке траектории, до внешнего воздействия – 4 балла.

Записан закон сохранения энергии после внешнего воздействия – 3 балла.

Определен максимальный угол отклонения маятника φ_1 – 2 балла.

Получен численный ответ – 1 балл.

Задача №2. Рычаг-блок.



При каких массах груза m возможно равновесие однородного рычага массы M, изображенного на рисунке. Приведите анализ системы на устойчивость. Штрихами рычаг делится на 7 равных частей.

Найдите, какие значения может принимать сила натяжения перекинутой через блок нити.

Примечание. Равновесие системы устойчиво, если при повороте рычага в любую сторону относительно опоры на малый угол система возвращается в исходное положение.

Возможное решение:

По условию система находится в равновесии. Применим правило моментов для рычага относительно опоры:

$$2TL + MgL/2 = NL + 3mg, \qquad (1)$$

где L — длина одного фрагмента рычага, N — сила реакции рычага, с которой он действует на верхний груз.

Условие равновесия груза:

$$mg = N + T. \qquad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2) относительно T, получаем:

$$T = (8m - M)g/6,$$

откуда видно, что равновесие возможно для $m \geq M/8$.

Решая систему уравнений (1)–(2) относительно N, получаем:

$$N = (M - 2m)g/6,$$

откуда видно, что равновесие возможно для $m \leq M/2$.

Окончательно получаем, что $M/8 \leq m \leq M/2$. При массе m грузов, не удовлетворяющей этому условию, равновесие невозможно.

Если максимальную массу $m = M/2$ подставить в уравнение для T, то получим, что $0 \leq T \leq Mg/2$.

Проведём анализ системы на устойчивость.

Пусть $m = M/2$. При повороте рычага по часовой стрелке груз оторвётся от рычага, и система останется в новом положении.

Пусть $m = M/8$. При повороте рычага против часовой стрелки нить провиснет, и система останется в новом положении.

Таким образом, система устойчива при $M/8 < m < M/2$.

Критерии оценивания (10 баллов за полное решение):

Записано правило моментов для рычага 2
Записано условие равновесия груза 2
Найдено выражение для T 1
Найдено выражение для N 1
Определено, при каких массах m возможно равновесие 2
Проведено исследование на устойчивость 1
Определены возможные значения T 1

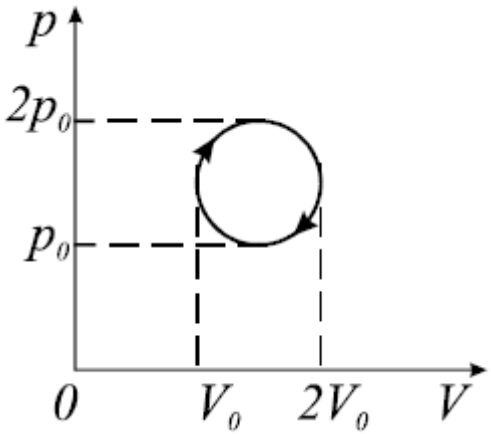
Задача №3. Работа по кругу.

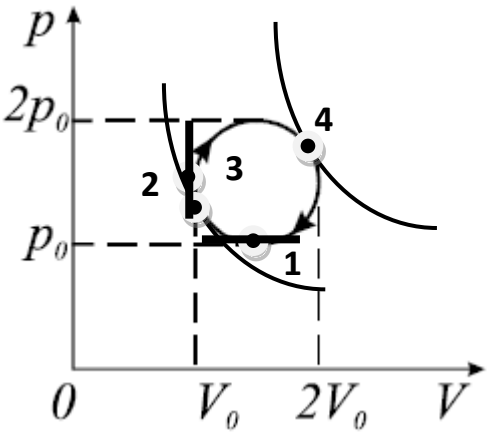
С идеальным газом совершают процесс, показанный на рисунке на pV-диаграмме. Получает или отдает газ тепло при прохождении точек, в которых являются минимальными:

а) давление,

б) температура,

в) объём?





Возможное решение:

Проведем касательные в точках, соответствующих минимальному давлению (1), температуре (2) и объему (3). Этими касательными являются соответственно изобара, изотерма, изохора.

Поэтому на соответствующих участках графика (в окрестностях точек 1, 2, 3) процесс можно считать изобарным, изотермическим и изохорным соответственно.

В изобарном процессе (1) $Q = \nu c_p \Delta T$. Направление цикла в точке 1 таково, что температура уменьшается (переходим с более высокой изотермы на более низкую). Поэтому газ отдает тепло.

В изотермическом процессе (2) следуем направлению обхода. В этом случае имеет место изотермическое сжатие – значит, газ отдает тепло (т.к. $Q = A_{\text{газа}}$, а работа газа отрицательна, если объем умньшается).

В изохорном процессе (3) $Q = \nu c_V \Delta T$. Направление цикла в точке 3 таково, что температура увеличивается (переходим с более низкой изотермы на более высокую). Поэтому газ получает тепло.

В итоге; в случаях а) и б) газ отдает тепло, а в случае в) – получает.

Критерии оценки работы (из 10 баллов):

Учащийся указывает, что необходимо провести касательные, в точках, соответствующих минимальным значениям **(1 балл).** Причем, в случае минимальной температуры касательная имеет форму гиперболы **(1 балл – всего 2 балла).**

Учащийся верно связывает направление теплообмена с изменением температуры (в случае а) и в)) **(4 балла)** и с изменением объема (в случае б) **(2 балла – всего 6 баллов).**

Правильно сделаны выводы о характере теплообмена и записан ответ**(2 балла)**.

Рекомендации по проверке

Учащиеся могут предложить следующий вариант решения:

Проведем 2 изотермы, соответствующие максимальной и минимальной температурам (точки 2 и 4). Тогда в верхней части (от 2 к 4) температура повышается, а значит, газ получает тепло. В нижней части (от 4 к 2) все наоборот, а значит, газ отдает тепло.

Считать данные рассуждения правильными нельзя. Действительно, запишем первый закон термодинамики в одной из формулировок:

$Q = \Delta U - A$

Где Q – тепло, подводимое в систему, ΔU - изменение внутренней энергии газа, A – работа, совершенная над газом.

Из формулы следует, что при совершении над газом работы возможна ситуация, когда температура будет повышаться ($\Delta U>0$), а тепло – отводится ($Q<0$). Поэтому можно поставить вместо положенных по разбалловке 4-х баллов (**учащийся <u>верно</u> связывает направление теплообмена с изменением температуры**) поставить 2 балла.

Задача №4. Мишень на поверхности.

На гладкой горизонтальной поверхности лежит мишень массы 9 кг. С интервалом в τ= 1 с в нее попадают и застревают 4 пули, первая из которых летит с юга, вторая - с запада, третья - с севера и четвертая с востока. На сколько и в какую сторону сместится в итоге мишень? Масса каждой пули 9г, скорость v= 200 м/с.

Возможное решение:

Заметим, что данная задача решается с использованием закона сохранения импульса. Данный закон можно рассматривать «по осям» (для каждой проекции импульса отдельно).

Поскольку $m << M$, то мы будем пренебрегать изменением массы шайбы при попадании в нее пуль.

Направление полета первой пули выберем за направление оси ОХ. Первая пуля сообщает шайбе скорость mv/M, которая через две секунды погасится третьей пулей. Разгон и торможение шайбы при этом будем считать мгновенным, поэтому движение шайбы можно считать равномерным в промежутке времени 2τ.

Аналогичная ситуация будет со второй и с четвертой пулями.

Для того чтобы найти результирующее смещение, нужно сложить смещения по ОХ и ОУ по теореме Пифагора.

В конечном итоге шайба сместится на $2\sqrt{2}mv\tau/M$ = 0,566 м к юго–востоку.

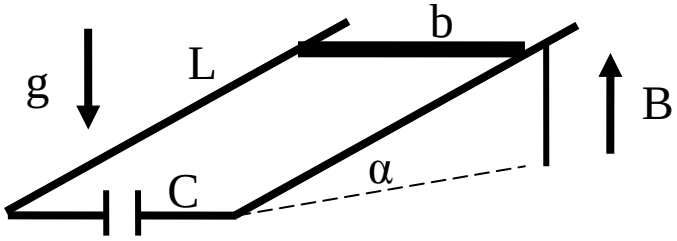
Критерии оценки работы (из 10 баллов):

Учащийся указывает, что необходимо использовать закон сохранения импульса **(1 балл).** Причем, указывает необходимость независимого рассмотрения «по осям». **(1 балл – всего 2 балла).**

Учащийся верно указывает характер движения **(2 балла)** и правильно находит скорость **(2 балла)** и время движения **(2 балла – всего 6 баллов).**

Правильно найдено итоговое смещение **(2 балла)**.

Задача №5. Едем к конденсатору.



По двум параллельным металлическим направляющим, наклоненным под углом α к горизонту и расположенным на расстоянии b друг от друга, может скользить без трения металлическая перемычка массой m. Направляющие замкнуты снизу на незаряженный конденсатор емкостью C, и вся конструкция находится в магнитном поле, индукция которого B направлена вертикально. В начальный момент перемычку удерживают на расстоянии L от основания «горки». Определите время t, за которое перемычка достигнет основания «горки» после того, как ее отпустят. Какую скорость $v_к$ она будет иметь у основания? Сопротивлением направляющих и перемычки пренебречь.

Возможное решение:

При движении перемычки меняется магнитный поток, поэтому возникает ЭДС индукции. Движение перемычки ускоренное, поэтому значение ЭДС, а значит, и напряжение на конденсаторе изменяется. Поэтому, несмотря на разрыв цепи (наличие конденсатора) в контуре будет существовать ток зарядки конденсатора. Этот ток будет причиной возникновения силы Ампера, тормозящей перемычку.

Исходя из этого, сначала найдем мгновенное ЭДС.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -vbBcos\alpha$$

Теперь найдем мгновенное значение тока:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{C\Delta\varepsilon}{\Delta t} = \frac{\Delta vCbBcos\alpha}{\Delta t} = aCbBcos\alpha$$

Видим, что сила тока пропорциональна ускорению перемычки.

Найдем силу Ампера:

$$F_A = aC(bBcos\alpha)^2$$

Теперь запишем второй закон Ньютона в проекции на направление движения перемычки (OX):

$$ma = mgsin\alpha - aC(bBcos\alpha)^2$$

$$a = \frac{mgsin\alpha}{m + C(bBcos\alpha)^2}$$

Теперь можем определить время и скорость движения перемычки:

$$t = \sqrt{\frac{2L}{a}} = \sqrt{\frac{2L(m + C(bBcos\alpha)^2)}{mgsin\alpha}}$$

$$v = \sqrt{2aL} = \sqrt{\frac{2Lmgsin\alpha}{m + C(bBcos\alpha)^2}}$$

Критерии оценки работы (из 10 баллов):

Учащийся качественно описывает процессы, происходящие при движении перемычки, включая указание на возникновение тока зарядки конденсатора и силы Ампера **(2 балла).**

Учащийся верно находит мгновенное значение ЭДС индукции (**1 балл).**

Учащийся верно находит силу тока **(2 балла).**

Учащийся верно находит силу Ампера **(1 балл).**

Учащийся верно записывает второй закон Ньютона **(1 балл).**

Учащийся верно находит ускорение **(1 балл).**

Учащийся верно находит требуемое время и скорость **(2 балла).**