

Московская олимпиада школьников по физике, 2014/15, второй тур, 7-10 классы

Задачи, ответы и критерии оценок

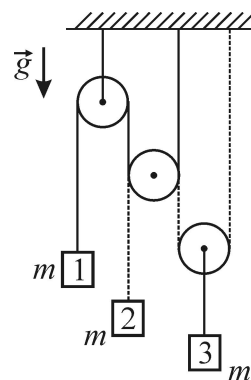
Авторы задач:

*С.Д. Варламов, Е.А. Вишнякова, А. Коваленко, Е.А. Мажник, И.В. Маслов,
М.Ю. Ромашица, А.В. Фролов, Д.Э. Харабадзе, А.А. Якута*

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Всего участник по 7-9 классам может набрать до 40 баллов, по 10 классу - до 50 баллов. Полностью правильное решение задачи оценивается в 10 очков вне зависимости от способа решения. Ответ, данный без решения, не оценивается.

10 класс

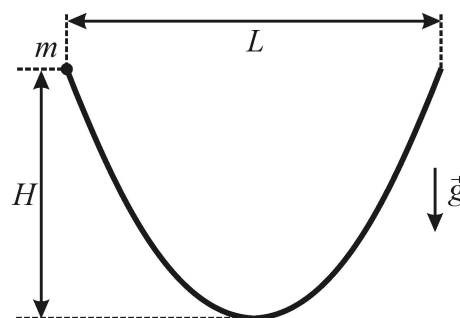
Задача 1. Система, показанная на рисунке, состоит из трех блоков, трех одинаковых грузов, двух нитей (первая нить показана на рисунке сплошной линией, вторая – пунктирной) и короткой веревочки. К концу первой нити, перекинутой через средний и левый блоки, прикреплен первый груз массой m . К концу второй нити, перекинутой через правый и средний блоки, прикреплен второй груз массой m . Третий груз такой же массой подвешен на веревочке к оси правого блока. Участки нитей, не лежащие на блоках, вертикальны. Все блоки и нити можно считать невесомыми, нити и веревочку нерастяжимыми, а силы трения пренебрежимо малыми. При вращении среднего блока первая и вторая нити не мешают друг другу. Найдите модули ускорений грузов.



Ответ: модули ускорений грузов одинаковы равны $a = g/3$.

Критерии оценок: Участник, давший обоснованный правильный ответ, получает 10 баллов. Если участник не довел решение до правильного ответа, он может получить до 7 утешительных баллов по следующим основаниям: на рисунке указаны силы - 1 балл, правильно указана связь сил натяжений нитей - 2 балла, правильно записан второй закон Ньютона для всех грузов - 2 балла, правильно записано уравнение кинематической связи - 2 балла.

Задача 2. Отрезок проволоки изогнут в виде симметричного участка параболы и расположен так, что ось ее симметрии вертикальна. На этот отрезок надевают маленькую бусинку массой m , удерживая ее у одного из краев проволоки. Затем бусинку отпускают без начальной скорости, и она начинает скользить по проволоке под действием силы тяжести. Найдите модуль силы, с которой бусинка будет давить на проволоку, находясь в самой нижней точке своей траектории. Трение пренебрежимо мало. Размеры L и H , указанные на рисунке, известны.



Ответ: модуль силы давления бусинки на проволоку равен $N = mg \left(1 + \frac{16H^2}{L^2} \right)$.

Критерии оценок: Участник, давший обоснованный правильный ответ, получает 10 баллов. Если решение не доведено до правильного ответа, участник может получить не более 4 утешительных баллов по основаниям: правильно использован закон сохранения энергии - 1 балл, правильно записан второй закон Ньютона - 1 балл, правильно найден радиус кривизны в нижней точке параболы - 2 балла.

Задача 3. Один моль идеального газа участвует в циклическом процессе $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$ тепловой машины, работающей в режиме теплового двигателя. В состоянии 1 газ имеет температуру T_1 и объем V_1 . Известно, что все переходы газа из одного состояния в другое – политропические. Показатель политропы процесса $2-3$ на единицу больше показателя политропы процесса $3-1$ и на единицу меньше показателя политропы процесса $1-2$. В процессе $1-2$ объем газа увеличивается в k раз. Один из процессов цикла – изотермический, причем в этом процессе объем газа изменяет свое значение в максимально широких пределах в этом цикле.

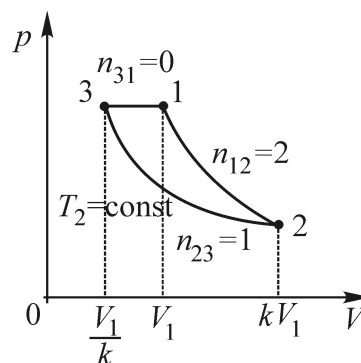
1) Определите объем и температуру газа в состоянии 3.

2) Изобразите на pV -диаграмме цикл, соответствующий условию задачи, указав для каждого из процессов его показатель политропы.

Справка: Политропическим называется процесс, в течение которого теплоемкость газа не изменяется: $C = \text{const}$. Уравнение такого процесса имеет вид $pV^n = \text{const}$, или $p_1V_1^n = p_2V_2^n$. Величину n называют показателем политропы.

Ответ: 1) объем газа в состоянии 3 равен $V_3 = V_1/k$, а его температура равна $T_3 = T_1/k$;

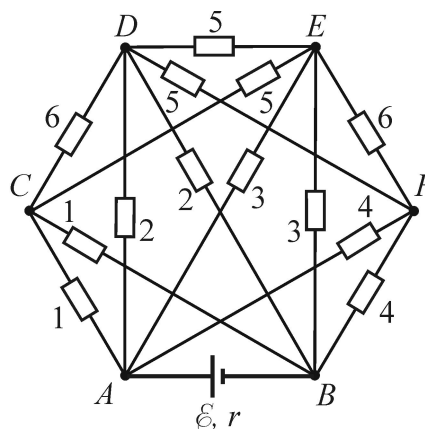
2) диаграмму см. на рисунке



Критерии оценок: Участник, правильно изобразивший цикл на рисунке и обосновавший это построение, получает 6 баллов. Если решение не доведено до правильного рисунка, участник может получить до 2 утешительных баллов по основаниям: использовано уравнение идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона) - 1 балл, уравнение политропического процесса записано в TV-переменных - 1 балл.

Участник, давший обоснованные верные ответы на вопросы об объеме и температуре газа в состоянии 3, получает по 2 балла за каждый из ответов (4 балла за два правильных ответа и 2 балла за один правильный ответ).

Задача 4. Найдите тепловую мощность, выделяющуюся в участке $ACDEFB$ цепи, подключенном в точках A и B к батарее с ЭДС $\mathcal{E} = 5$ В и внутренним сопротивлением $r = 1,04$ Ом. Сопротивления резисторов указаны на схеме в Ом, сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь. Провода соединены только в местах, обозначенных точками.

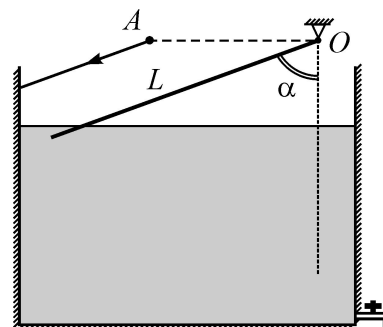


Ответ: на отдельных резисторах выделяются мощности: $P_{AC}=P_{CB}=1,44$ Вт, $P_{AF}=P_{FB}=0,36$ Вт, $P_{AD}=P_{DB}=0,72$ Вт, $P_{AE}=P_{EB}=0,48$ Вт, $P_{CD}=P_{CE}=P_{DE}=P_{DF}=P_{EF}=0$. На всех резисторах цепи $ACDEFB$ выделяется тепловая мощность $P = 6$ Вт.

Критерии оценок: Участник, давший обоснованный правильный ответ, получает 10 баллов. Если решение не доведено до правильного ответа, участник может получить до 2 утешительных баллов по следующим основаниям: хотя бы раз правильно использован закон Ома - 1 балл, правильно использована формула для мощности электрического тока - 1 балл.

Задача 5. Отличник Тимофей уравновесил тонкую однородную палочку, прикрепленную одним концом к шарниру, опустив другой ее конец в вертикальный сосуд с жидкостью. При этом палочка находилась в равновесии, располагалась под углом α к вертикали и была погружена в жидкость на $1/n$ часть своей длины. Площадь горизонтального поперечного сечения сосуда S , длина палочки L , плотность ее материала ρ . Стенки сосуда и поверхность палочки посеребрены.

В некоторой точке A над поверхностью жидкости, на одной высоте с точкой крепления палочки, экспериментатор Тимофей расположил выходное окно лазерной указки, и направил от нее на стенку сосуда узкий световой луч, идущий параллельно палочке. Этот луч, распространяясь только в воздухе, отразился от стенки сосуда, затем отразился от палочки, и вернулся обратно в точку A . Но тут «добрая» подруга Анфиса решила привлечь внимание Тимофея и приоткрыла кран, через который жидкость начала медленно выливаться из сосуда. Тимофей сначала рассердился, но быстро успокоился, так как понял, что через некоторое время луч все равно вернется в точку A – главное, вовремя закрыть кран! Какую массу жидкости следует вылить из сосуда для того, чтобы при неизменном угле падения света на стенку сосуда луч света, испущенный из точки A , распространяясь только в воздухе, опять вернулся в эту точку?



Ответ: из сосуда следует вылить жидкость массой $m_{\text{ж}} = \rho_{\text{ж}} S \Delta H = \rho S L \frac{n(n-1)}{2n-1} (\sin \alpha - \cos \alpha)$, решение существует при $\alpha > \pi/4$.

Критерии оценок: Участник, давший обоснованный правильный ответ, получает 10 баллов. Если решение не доведено до правильного ответа, участник может получить до 8 утешительных баллов по следующим основаниям: правильно нарисован ход лучей хотя бы для одного из случаев - 1 балл, указано, что угол наклона палочки во втором случае должен быть $90^\circ - \alpha$ - 3 балла; использована идея записать правило рычага или правило моментов - 1 балл; записано правильное выражение для силы Архимеда - 1 балл; указана правильно точка приложения силы Архимеда - 1 балл; показано, что глубина погружения палочки не зависит от уровня воды - 1 балл.