

10 и 11 классы.

Задания, возможные решения и ответы для всех использованных вариантов.

БИЛЕТ № 1 (САРАТОВ)

Задание 1.

Вопрос: Лифт движется вертикально вниз с ускорением a в однородном поле тяжести g . Внутри лифта находится небольшой мячик массой m . В установившемся режиме мячик покоится относительно лифта. Как зависит величина силы, с которой мячик действует на лифт, от величины a ?

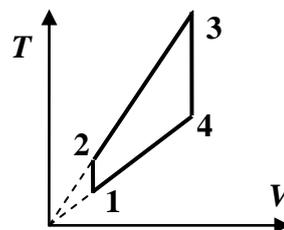
Задача: На гладком вертикальном стержне надеты три шайбы, которые при скольжении по стержню остаются горизонтальными. Нижняя шайба с массой m покоится на жестком упоре, вторая и третья – с одинаковыми массами $2m$ – покоятся вместе на невесомой длинной пружине жесткостью k , соединяющей вторую шайбу с первой. Ось пружины совпадает с осью стержня. Верхнюю пару шайб опускают вниз так, что величина деформации пружины увеличивается в полтора раза и отпускают, подтолкнув вниз с некоторой скоростью. При какой максимальной величине этой скорости вторая и третья шайба будут совершать гармонические колебания? Ускорение свободного падения g .



Задание 2.

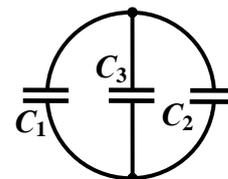
Вопрос: Температуру одного моля одноатомного идеального газа увеличили изохорически на ΔT , а затем изобарически еще на такую же величину. Во сколько раз сообщенное газу во всем процессе количество теплоты больше совершенной им работы?

Задача: На рисунке представлена TV -диаграмма цикла, в котором участвует постоянное количество одноатомного идеального газа. КПД этого цикла равен $\eta = 8\%$. Известно, что температура в состоянии 4 во столько же раз больше температуры в состоянии 2, во сколько последняя больше температуры в состоянии 1 $T_1 = 250$ К. Найти T_4 .



Вопрос: Проволочное металлическое кольцо площадью S помещено в магнитное поле, перпендикулярное плоскости кольца. Индукция магнитного поля увеличивается с постоянной скоростью $\frac{\Delta B}{\Delta t} \equiv b = const$. Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, подключенный к точкам кольца, угловой размер дуги между которыми равен 120° ?

Задача: Три конденсатора с емкостями $C_1 = \text{мкФ}$, $C_2 = \text{мкФ}$, $C_3 = \text{мкФ}$ соединены в контур в виде окружности с перемычкой по диаметру. Контур помещен в переменное магнитное поле, скорость изменения потока через контур постоянна и составляет $f = 10 \text{ Вб/с}$. Какой заряд образуется при этом на обкладках конденсатора C_3 ?



Задание 4.

Вопрос: Линза, плоскость которой вертикальна, формирует действительное перевернутое изображение пламени свечи. Свечу немного отодвинули от линзы. Что стало с размером изображения?

Задача: Точки А, В и С находятся на главной оптической оси тонкой собирающей линзы (В находится между А и С). Расстояния между точками $|AB| \equiv a$ см и $|BC| \equiv b = 10$ см. Если источник света поместить в точку А, то его изображение окажется в точке В, если источник поместить в точку В, то изображение будет в точке С. Найдите фокусное расстояние линзы.

Следовательно, в точке В находилось мнимое изображение источника из точки А. Значит, линза находится слева от точки А, а изображения в точках В и С – мнимые. Пусть x – расстояние от линзы до точки А. Тогда, записывая формулу линзы для обоих случаев, получим: $\frac{1}{x} - \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$ и $\frac{1}{x} - \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$. Вычтем из первого уравнения второе,

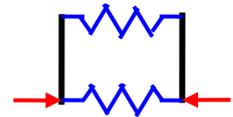
приведем полученное выражение к общему знаменателю, и получим $x = \frac{a(b-a)}{b-a}$.

Подставляем это выражение в первое уравнение и находим, что $F = \frac{2ab(a-b)}{(b-a)^2} = 50$ см.

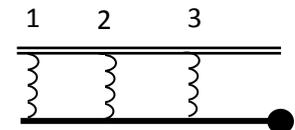
БИЛЕТ № 2 (СТАВРОПОЛЬ)

Задание 1.

Вопрос: Два одинаковых стержня, соединенные одинаковыми невесомыми пружинами, покоятся на гладкой горизонтальной поверхности. Одну из пружин начинают медленно сжимать, действуя парой «встречных» сил, направленных строго вдоль оси пружины. Что при этом будет происходить с другой пружиной – она будет растягиваться или сжиматься? Ответ объяснить.



Задача: На конце легкого стержня, прикрепленного с помощью трех одинаковых вертикальных невесомых пружин к горизонтальному потолку, находится груз массой m . Расстояние между пружинами и от крайней пружины до груза одинаковы (см. рисунок). Деформации пружин очень малы по сравнению с их длиной,



а деформации стержня и потолка много меньше деформаций пружин. Найти силы упругости пружин. Ускорение свободного падения g .

Задание 2.

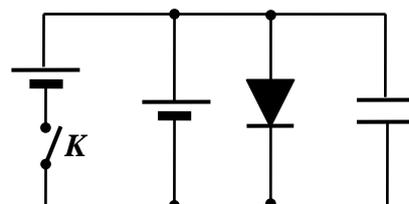
Вопрос: В замкнутом сосуде под поршнем находятся одинаковые массы воды и водяного пара в равновесии. Поршень плавно опускают, уменьшая объем сосуда вдвое. Температура поддерживается постоянной и равной $t = 50^\circ\text{C}$. Во сколько раз после опускания поршня масса воды превышает массу водяного пара?

Задача: В закрытом с обоих концов цилиндре объемом $V = 2\text{ л}$ свободно ходит невесомый тонкий поршень. В пространстве с одной стороны поршня вводится $m_1 = 2\text{ г}$ воды; с другой стороны поршня $m_2 = 1\text{ г}$ азота. Найти отношение объемов частей цилиндра при $t = 100^\circ\text{C}$. Молярная масса воды $\mu_1 = 18\text{ г/моль}$, молярная масса азота $\mu_2 = 28\text{ г/моль}$. Универсальная газовая постоянная $R \approx 8,31\text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$.

Задание 3.

Вопрос: «Слабонеидеальный» диод открывается при напряжении, равном 1 В, и в открытом состоянии может пропустить любой ток без увеличения напряжения. Его подключают к источнику с ЭДС, равным 4 В. Чему будет равно отношение мощности тепловых потерь на диоде к мощности тепловых потерь на внутреннем сопротивлении источника? Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

Задача: В схеме, показанной на рисунке, оба источника одинаковы. Диод существенно отличается от идеального: его вольт-амперная характеристика (связь протекающего тока с напряжением) в открытом состоянии описывается выражением $I(U) = I_0 \left(\frac{U}{E} \right)^2$, где I_0 – ток короткого замыкания каждого из источников, а E – величина ЭДС.



Пока ключ К разомкнут, конденсатор заряжен до заряда q_1 . Какой заряд будет на конденсаторе в установившемся режиме после замыкания ключа?

Задание 4.

Вопрос: Поверхность водоема ровная, показатель преломления воды примерно равен 1,41. Каким может быть максимальный угол отклонения от вертикали световых лучей в воде, если небо затянуто облаками?

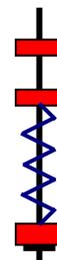
Задача: Вплотную к торцу прямого цилиндрического прозрачного стержня расположен маленький источник света, испускающего свет во всех направлениях. При какой минимальной величине показателя преломления материала стержня n все лучи, попавшие в стержень через торец вблизи источника света, достигнут его другого торца?

БИЛЕТ № 3 (УФА)

Задание 1.

Вопрос: Три одинаковых груза массы $m = 100$ г связаны попарно (1-й со 2-м, 2-й с 3-м) двумя легкими нерастяжимыми нитями. Верхний груз поднимают вверх с ускорением $a = 5$ м/с², два других поднимаются за ним. На сколько Ньютон различаются силы натяжения верхней и нижней нити? Ускорение свободного падения $g \approx 10$ м/с².

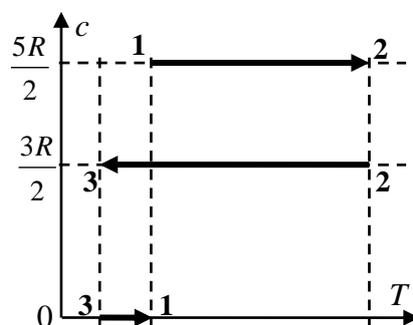
Задача: На гладком вертикальном стержне надеты три шайбы, которые при скольжении стержню остаются горизонтальными. Нижняя шайба с массой $2m$ покоится на жестком упоре, вторая – с массой m – покоится на невесомой длинной пружине жесткостью k , соединяющей ее с первой. Ось пружины совпадает с осью стержня. Третью шайбу, масса которой также равна m , сначала удерживают на некоторой высоте над второй, а затем аккуратно отпускают. При какой максимальной величине этой высоты вторая и третья шайба, мгновенно слипшиеся в результате неупругого соударения, будут совершать гармонические колебания? Ускорение свободного падения g .



Задание 2.

Вопрос: Найдите разницу молярных теплоемкостей идеального газа в изобарном и изохорном процессах.

Задача: Рабочим телом тепловой машины является 1 моль одноатомного идеального газа, совершающий циклический процесс, диаграмма которого в координатах «теплоемкость – температура» показана на рисунке. Известно, что максимальная абсолютная температура газа в цикле больше минимальной в $n = 4\sqrt{2}$ раз. Найти КПД цикла. Уравнение адиабаты для одноатомного идеального газа $pV^{5/3} = \text{const}$.



Задание 3.

Вопрос: Справедлив ли для нити лампы накаливания закон Ома? Ответ объясните.

Задача: При измерении сопротивления вольфрамовой нити лампочки в «холодном» режиме (при температуре около 0°C) оно оказалось равным $R_0 = 34 \text{ Ом}$. В «рабочем» режиме лампочку подключают к аккумулятору с ЭДС $\mathcal{E} = 100 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 9 \text{ Ом}$, и при этом она потребляет мощность $N = 15 \text{ Вт}$. Найти температуру нити лампочки в «рабочем» режиме. Температурный коэффициент сопротивления вольфрама $\alpha = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, изменением отношения длины нити к площади ее сечения вследствие теплового расширения вольфрама можно пренебречь.

Задание 4.

Вопрос: При каких условиях линзу можно считать тонкой?

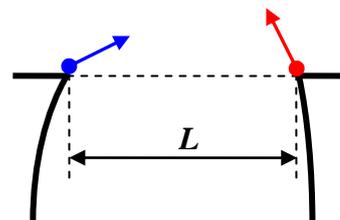
Задача: В тонкой непрозрачной ширме есть круглое отверстие, в которое плотно вставлена тонкая линза (радиус линзы совпадает с радиусом отверстия). По одну сторону от линзы на расстоянии $L = 40 \text{ см}$ от нее помещен экран, плоскость которого параллельна плоскости линзы. По другую сторону от линзы на ее оптической оси располагают точечный источник света – таким образом, чтобы на экране наблюдалось его четкое изображение. Когда к этой линзе плотно прижали вторую тонкую линзу, радиус которой чуть больше радиуса первой, на экране образовалось светлое пятно с радиусом в $n = 2$ раза меньше радиуса отверстия в ширме. Найти оптическую силу второй линзы. Известно, что вторая линза – собирающая.

БИЛЕТ №4 (ЕКАТЕРИНБУРГ)

Задание 1.

Вопрос: Тяжелую гирию отпускают без начальной скорости с некоторой высоты. Одновременно с земли брошен камешек. Куда в начальный момент должна быть направлена скорость камня (если она достаточна по величине), чтобы камень попал в гирию во время падения? Сопротивление воздуха отсутствует.

Задача: С двух сторон оврага шириной $L = 20$ м одновременно брошены два небольших камня. Начальные скорости камней одинаковы и направлены перпендикулярно друг другу, точки бросания находятся на одной горизонтали. Оказалось, что скорости камней вновь оказались перпендикулярны друг другу точно в тот момент времени, когда расстояние между ними было минимально. Найти величину начальной скорости камней. Ускорение



свободного падения $g \approx 10 \text{ м/с}^2$, сопротивлением воздуха пренебречь.

Задание 2.

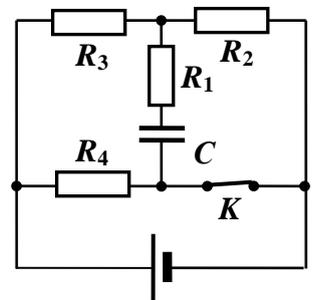
Вопрос: Холодильная установка передает тепло от «холодильника» к «радиатору» за счет совершения работы над рабочим телом. Эффективность ее действия описывают «холодильным коэффициентом» $k \equiv \frac{Q_x}{A}$. Может ли k быть больше 100%?

Задача: В морозильной камере поддерживается постоянная температура $t_1 = -18^\circ\text{C}$, а радиатор холодильника при этом имеет температуру $t_2 = +33^\circ\text{C}$. Известно, что рабочее тело холодильной установки совершает цикл Карно (составленный из двух изотерм и двух адиабат), а его сжатие обеспечивается электродвигателем, который потребляет мощность $P = 20$ Вт. КПД электродвигателя (с учетом всех потерь) $\eta = 30\%$. Какое количество тепла поступает в морозильную камеру от внешней среды за время $\tau = 1$ мин в этом режиме?

Задание 3.

Вопрос: Обкладки конденсатора одинаковы и расположены симметрично относительно некоторой плоскости. Емкость конденсатора C мкФ. На одну обкладку нанесен заряд $q_1 = +3$ мкКл, на другую — $q_2 = +2$ мкКл. Чему равна разность потенциалов между обкладками?

Задача: Определите заряд, который пройдет через сопротивление R_1 после размыкания ключа К. ЭДС источника $\mathcal{E} = 125$ В, его внутреннее сопротивление $r = 10$ Ом, величины всех сопротивлений равны $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 20$ Ом, $C = 20$ мкФ.



Задание 4.

Вопрос: От чего зависит оптическая сила тонкой линзы?

Задача: На главной оптической оси линзы расположены два точечных источника света на расстоянии $L = 25$ см друг от друга. Линза с фокусным расстоянием $F = 10$ см находится между источниками. На каких расстояниях от каждого из источников находится линза, если изображения обоих источников оказались в одной точке?

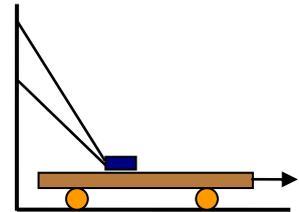
БИЛЕТ № 5 (МОСКВА)

Задание 1.

Вопрос: Два отрезка лески изготовлены из одинакового материала. При этом диаметр первой лески в два раза меньше, чем у второй, а длина – в два раза больше. Под весом прикрепленного к концу лески груза первая леска растянулась на 4 мм (что значительно

меньше ее длины). Какой будет величина деформации второй лески, если на ней подвесить тот же груз?

Задача: Небольшой груз массы m лежит неподвижно на горизонтальной платформе, которую вытягивают из-под него. Его удерживают на месте два отрезка одной легкой нерастяжимой нити (см. рисунок). Найти силы натяжения обоих отрезков. Вторые концы отрезков нити закреплены на стене таким образом, что при нахождении груза на платформе они натягиваются одновременно, составляя при этом с горизонталью углы 60° и 45° . Коэффициент трения между грузом и



платформой $\mu = 0,5$. Ускорение свободного падения g .

Задание 2.

Вопрос: При каких условиях для некоторого газа можно использовать уравнение Менделеева-Клапейрона?

Задача: В вертикальном гладком цилиндре с площадью сечения $S = 4 \text{ см}^2$ под поршнем массой $m = 300 \text{ г}$ находится газ. При увеличении абсолютной температуры газа в $n = 1,5$ раза поршень поднимается вверх и упирается в уступы. При этом объем газа по сравнению с первоначальным увеличивается в $k = 1,2$ раза. Определить силу, с которой поршень давит на уступы. Атмосферное давление $p_0 \approx 100 \text{ кПа}$, ускорение свободного падения $g \approx 10 \text{ м/с}^2$.

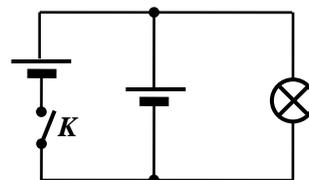
Задание 3.

Вопрос: Как вычисляется мощность, потребляемая нелинейным элементом цепи постоянного тока (то есть элементом, для которого не выполняется закон Ома)?

Задача: В схеме, показанной на рисунке, оба источника одинаковы. Лампа является нелинейным элементом: ее вольт-амперная характеристика (связь протекающего тока с напряжением) описывается выражением

$$I(U) = \frac{2}{r} \sqrt{\frac{EU}{3}}, \text{ где } r \text{ – внутреннее сопротивление, а } E \text{ – величина}$$

ЭДС каждого источника. Пока ключ К разомкнут, лампа



потребляет мощность $P_1 = 6 \text{ Вт}$. Какой станет потребляемая лампой мощность после замыкания ключа?

Задание 4.

Вопрос: Луч света падает на тонкую собирающую линзу под углом $0,1$ рад к главной оптической оси в точке, находящейся на расстоянии $x = 0,05 F$ от этой оси (F - фокусное расстояние). Под каким углом к оси пойдет преломленный луч?

Задача: В отверстие радиусом $R = 2$ см в тонкой непрозрачной перегородке вставлена собирающая линза. Точечный источник света расположен на главной оптической оси линзы. По другую сторону относительно перегородки находится экран. Экран, соприкасающийся вначале с линзой, отодвигают от линзы. При этом радиус светлого пятна на экране плавно увеличивается и на расстоянии $L = 8$ см от перегородки достигает значения $r = 3$ см. Если линзу убрать, оставив экран на месте, то радиус пятна на экране станет $r' = 4$ см. Определите фокусное расстояние линзы.

Задание 1.

Вопрос: Груз, подвешенный на пружине, находится в состоянии равновесия, и при этом удлинение пружины равно $\Delta l = 2,5$ см. Груз слегка подталкивают вертикально вверх. Какое время спустя он впервые вернется в исходное положение? Сопротивления воздуха нет, ускорение свободного падения $g \approx 10$ м/с².

Задача: Однородный прямоугольный брусок скользит со скоростью v_0 , направленной вдоль его более длинных сторон (длиной L), по гладкой горизонтальной поверхности. В некоторый момент времени он встречает границу очень обширной шероховатой области, перпендикулярную направлению его движения. За какое время после этого он остановится? Считать, что сила трения для части бруска пропорциональна площади этой части. Известно, что если скорость v_0 сообщить бруску, покоящемуся внутри шероховатой области, то он

остановится за время $\tau = \frac{2L}{v_0} = 1$ с.

Задание 2.

Вопрос: При изотермическом сжатии объем одного моля идеального газа уменьшился на 0,5%. На сколько процентов изменилось его давление? Ответ (с точностью до десятых долей процента) подтвердить вычислением.

Задача: $\nu = 2$ моля неона сначала адиабатически сжали, совершив над ним работу $A = 2$ Дж, а затем изохорически нагрели, сообщив ему количество теплоты $Q = 3$ Дж. В результате давление неона увеличилось на 0,1%. Найти с ошибкой не более 3К начальную температуру неона. Универсальная газовая постоянная $R \approx 8,31$ Дж/моль·К.

Вопрос: Гибкий легкий провод расстелили на гладкой горизонтальной поверхности, и его концы присоединили к клеммам источника постоянного тока (длина провода заметно больше расстояния между клеммами). Какой станет форма конура? Ответ объяснить.

Задача: Из медной проволоки с площадью сечения S сделано кольцо радиусом R , по которому течет ток I . Кольцо помещается в однородное магнитное поле так, что его ось совпадает с направлением линий магнитной индукции. Найдите максимальное значение индукции B магнитного поля, при которой кольцо не разорвется, если прочность меди на разрыв равна σ (этот параметр равен отношению силы, которая требуется для разрыва проволоки к площади ее поперечного сечения).

Задание 4.

Вопрос: Линза диаметром 4 см имеет толщину 4 мм. Всегда ли эту линзу при построении изображения точечного источника можно считать тонкой? Ответ объяснить.

Задача: На экране, расположенном на расстоянии $b = 15$ см от тонкой линзы с оптической силой $D = 4$ дптр, получено четкое изображение источника. Плоскость экрана параллельна плоскости линзы. Линзу перемещают поступательно со скоростью $v = 0,2$ м/с, причем вектор скорости перпендикулярен ее главной оптической оси и лежит в плоскости, проходящей через эту ось и точку расположения источника. С какой скоростью движется по экрану изображение источника?