

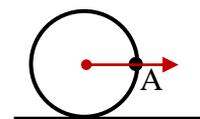
ЗАДАНИЕ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО (ФИНАЛЬНОГО) ЭТАПА. 10 и 11 классы.

Задания заключительного этапа состояли из оригинальных творческих задач повышенного уровня сложности. Каждое задание состояло из качественного вопроса и задачи, связанных между собой тематически и логически, поэтому участникам необходимо было продемонстрировать умение строить рассуждения на базе известных из профильного школьного курса законов физики, и умение решать сложные задачи.

БИЛЕТ № 01 (БРЯНСК):

Задание 1:

Вопрос: Колесо катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности. Скорость центра колеса постоянна, плоскость колеса вертикальна. Какова величина угла α , образованного векторами скорости и ускорения (относительно поверхности) «самой передней» точки колеса (A)? Ответ обоснуйте.



Задача: Две небольшие шайбы с массами m и $2m$, связанные легкой нерастяжимой нитью длины L , скользят по гладкой горизонтальной поверхности. Нить натянута. Найдите силу натяжения нити, если известно, что в некоторый момент времени, когда более легкая шайба двигалась вдоль нити со скоростью v , величина скорости более тяжелой шайбы была в два раза больше.

Задание 2:

Вопрос: При каких условиях свойства реального газа близки к свойствам идеального газа?

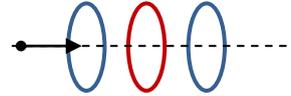
Задача: В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под подвижным поршнем, расположенным на высоте $h_0 = 63$ см над дном цилиндра, находится гелий. На поршень медленно насыпали песок. В результате высота положения поршня уменьшилась до $h_1 = 21$ см. Затем треть песка аккуратно убрали. На какой высоте теперь располагается поршень? Температура содержимого цилиндра и давление воздуха над цилиндром оставались неизменными.

Задание 3:

Вопрос: Являются ли электростатические силы потенциальными? Ответ обоснуйте.

Задача: Три одинаковых непроводящих кольца радиуса a расположены так, что их оси

совпадают, на одинаковом расстоянии, равном также a . На кольца нанесен равномерно распределенный заряд: $-Q$ – на крайние, и $+2Q$ – на среднее. С какой скоростью нужно запустить вдоль оси колец с расстояния a от плоскости крайнего кольца маленький



шарик с зарядом $+q$ ($q \ll Q$) и массой m , чтобы он пролетел все три кольца «насквозь»? Электрическая постоянная равна ε_0 .

Задание 4:

Вопрос: Каковы различия в свойствах изображений, даваемых прозрачным шаром и тонкой линзой со сферическими поверхностями? Ответ поясните.

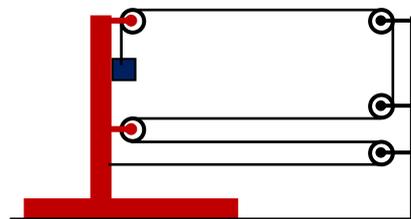
Задача: Точечный источник света расположен в воздухе практически вплотную к поверхности прозрачного шара. При этом все лучи от этого источника, попадающие внутрь шара, после выхода из него в воздух пересекаются с лучом, проходящим через центр шара. Что можно сказать о показателе преломления вещества этого шара?

БИЛЕТ № 02 (СТАВРОПОЛЬ):

Задание 1:

Вопрос: В чем состоит различие между силами трения покоя и трения скольжения? Опишите возможную зависимость силы трения от относительной скорости трущихся поверхностей.

Задача: Один из концов легкой нерастяжимой нити прикреплен к раме массой M , а на другом подвешен груз массы m . С помощью системы идеальных блоков и этой нити груз и рама связаны с неподвижной стенкой. Если раму удерживать, то неподвижный груз касается рамы. Трения между грузом и рамой нет, коэффициент трения между рамой и горизонтальной поверхностью равен μ . Найти ускорение рамы после отпущания. Ускорение свободного падения g .



Задание 2:

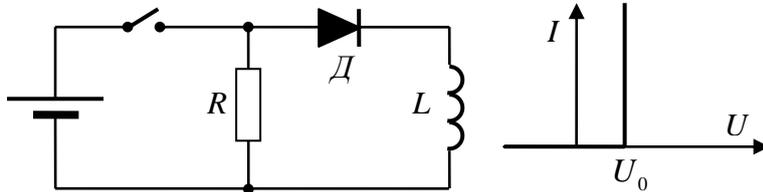
Вопрос: Чему может равняться теплоемкость идеального газа? Приведите несколько примеров для известных Вам процессов.

Задача: Некоторое количество азота охлаждают так, что его давление меняется пропорционально его объему. Затем его нагревают при постоянном объеме до начальной температуры. Найдите отношение количества теплоты, отданного газом, к количеству теплоты, полученному им. Азот при рассматриваемых температурах можно считать идеальным газом.

Задание 3:

Вопрос: Какие физические процессы способствуют тому, что проводимость полупроводникового диода существенно зависит от полярности приложенного напряжения?

Задача: В схеме, показанной на рисунке слева, диод D не является идеальным – его вольтамперная характеристика показана на рисунке справа. В некоторый момент времени, когда ток в катушке был равен нулю, ключ замкнули. Найти силу тока, который



будет течь через резистор спустя достаточно большой промежуток времени. ЭДС и внутреннее сопротивление источника равны соответственно \mathcal{E} и r , омическое сопротивление катушки равно по величине внутреннему сопротивлению

источника, сопротивление резистора R и пороговое напряжение диода U_0 считать известными.

Задание 4:

Вопрос: Есть ли связь между параксиальным приближением (в рамках которого углы между оптической осью системы и падающими на нее лучами являются малыми) и приближением тонкой линзы?

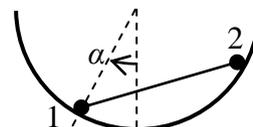
Задача: В отверстие радиусом $R = 1,5$ см в тонкой непрозрачной перегородке вставлена собирающая линза. Точечный источник света расположен на главной оптической оси линзы по одну сторону от перегородки. По другую сторону находится экран. Экран, соприкасающийся вначале с линзой, отодвигают от линзы. При этом радиус светлого пятна на экране плавно увеличивается и на расстоянии $L = 18$ см от перегородки достигает значения $r_1 = 3$ см. Если линзу убрать, оставив экран на месте, то радиус пятна на экране станет $r_2 = 4,5$ см. Определите фокусное расстояние линзы.

БИЛЕТ № 03 (ЧЕЛЯБИНСК):

Задание 1:

Вопрос: При выполнении каких условий твердое тело может находиться в состоянии покоя под действием трех сил, линии действия которых не параллельны?

Задача: «Гантель» из легкого жесткого стержня и двух массивных маленьких шариков одинакового радиуса положили в гладкую полусферическую «ямку». Длина стержня в $\sqrt{2}$ раз больше радиуса ямки. Оказалось, что гантель находится в равновесии, если радиус, проведенный к первому шарiku, составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с вертикалью. Найти отношение масс шариков.

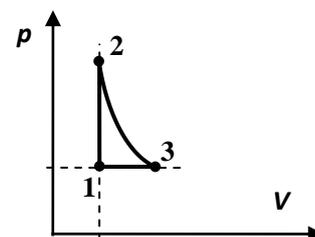


Задание 2:



Вопрос: Диаграмма процесса с идеальным газом пересекает биссектрису координатного квадранта $p-V$ под углом 75° к этой биссектрисе, как показано на рисунке. Получает или отдает газ тепло в этом процессе в окрестности этой точки?

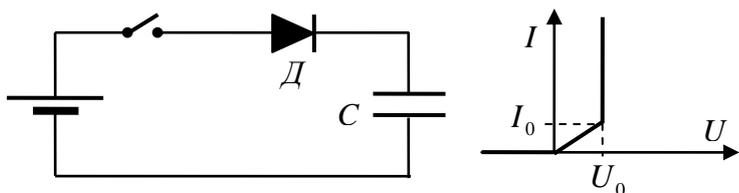
Задача: На рисунке представлена $p-V$ -диаграмма процесс над идеальным одноатомным газом, некоторое количество которого является рабочим телом тепловой машины. В этом цикле расширение газа происходит адиабатически. Давление газа в точке 2 на $n\%$ больше его давления в точке 1, а объем в точке 3 – на $k\%$ больше объема в точке 1. Известно, что n и k связаны соотношением: $n/k = 8/3$. Найти КПД цикла.



Задание 3:

Вопрос: Чему равен КПД зарядки разряженного конденсатора от аккумулятора? Как изменится этот КПД, если конденсатор уже был предварительно заряжен?

Задача: В схеме, показанной на рисунке слева, диод D не является идеальным – его вольтамперная характеристика показана на рисунке справа. Перед сборкой схемы



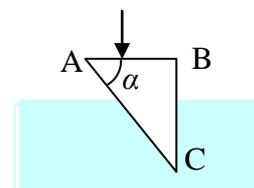
конденсатор емкости $C = 20$ мкФ был разряжен. После замыкания ключа он заряжается от источника с ЭДС $\mathcal{E} = 24$ В. Какое количество тепла выделится в схеме в процессе зарядки? Какая часть этого тепла (в процентах)

выделится в диоде? Пороговое напряжение диода U_0 в $n = 10$ раз меньше ЭДС источника, величина I_0 в $k = 5$ раз меньше тока короткого замыкания источника.

Задание 4:

Вопрос: Луч света падает из воздуха на поверхность пластины под углом 30° . Пластина склеена из тонких слоев с разными показателями преломления (все поверхности слоев параллельны друг другу). Можно ли подобрать слои так, чтобы луч испытал в пластине полное внутреннее отражение? Ответ поясните.

Задача: Прямоугольный клин из оптического стекла с показателем преломления $n_c = 1,7$ помещен в глицерин ($n_g = 1,47$), как показано на рисунке. При каких значениях угла α луч света, падающий перпендикулярно грани АВ, выйдет в глицерин из грани АС?

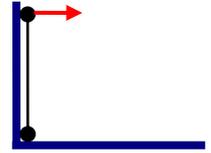


БИЛЕТ № 05 (ЧЕБОКСАРЫ):

Задание 1:

Вопрос: Опишите условия, при которых справедлив закон сохранения полной механической энергии.

Задача: Гантель из двух массивных одинаковых шариков и легкого жесткого стержня поставлена вертикально в гладкий угол между вертикальной стеной и горизонтальным полом. Верхний шарик подталкивают от стены, сообщая ему скорость v_0 (но не сообщая скорости нижнему шарiku). Каким будет угол наклона стержня к



вертикали в тот момент, когда сила давления нижнего шарика на стенку будет максимальна? Длина стержня L , ускорение свободного падения g .

Задание 2:

Вопрос: В Альпах дует ветер, который местные жители называют «фен». Он сухой и горячий, хотя рождается над холодным морем и переваливает ледниковые поля Альп. Объясните, почему он сухой и горячий.

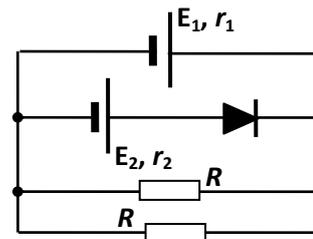
Задача: Прочный баллон емкостью $V = 20$ л заполнили смесью метана (CH_4) и кислорода (O_2) при температуре $t_0 = 28^\circ\text{C}$. В баллоне произвели маломощный разряд, вызвавший химическую реакцию $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, а затем остудили его содержимое до температуры $t_1 = 100^\circ\text{C}$. После этого на стенках сосуда выступили мелкие капельки воды общей массой $m \approx 1$ г, а давление в баллоне стало равно $p \approx 1,775 \cdot 10^5$ Па. Найти давление в баллоне до начала реакции. Какими могли быть массы газов, закаченных в баллон? Молярные массы считать равными: для метана $\mu_1 \approx 16$ г/моль, воды $\mu_2 \approx 18$ г/моль и кислорода $\mu_3 \approx 32$ г/моль, универсальная газовая постоянная $R \approx 8,31$ Дж/моль·К.

Задание 3:

Вопрос: Источник напряжения каждые $T = 2$ с меняет свою полярность (величина ЭДС и внутреннее сопротивление при этом не изменяются). К нему подключен резистор. В одном случае идеальный диод включается в эту схему последовательно с резистором, в другом – параллельно. Чем отличается ток через резистор в этих случаях?

Задача: В схеме, приведенной на рисунке, диод можно считать идеальным. ЭДС

аккумуляторов равны $E_1 = 36$ В и $E_2 = 32$ В, их внутренние сопротивления $r_1 = 5$ Ом и $r_2 = 2$ Ом соответственно. Нагрузкой являются два резистора с одинаковым сопротивлением $R = 50$ Ом, соединенные параллельно. Во сколько раз изменится выделяющаяся на нагрузке мощность P , если подключить в качестве нагрузки эти же два резистора, соединенные последовательно?



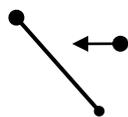
Задание 4:

Вопрос: В чем состоит приближение тонкой линзы? Дайте полный ответ.

Задача: Тонкая плосковыпуклая линза немного погружена в воду своей горизонтальной плоской стороной (выпуклая поверхность линзы находится в воздухе). На линзу падает сверху узкий вертикальный пучок света, ось которого проходит точно через вершину выпуклой поверхности. Этот пучок фокусируется в воде на глубине $h = 27$ см. Оптическая сила линзы в воздухе $D = 5$ дптр. Найти показатель преломления воды.

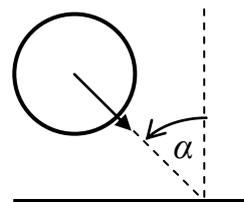
БИЛЕТ № 07 (УФА):

Задание 1:



Вопрос: На гладкой горизонтальной поверхности лежала гантель из двух небольших шариков с массами m и $2m$ и жесткого легкого стержня длины L . Небольшая шайба ударяется упруго о стержень, и гантель после этого движется поступательно. На каком расстоянии от легкого шарика находилась точка удара?

Задача: Кольцо радиуса $a = 4$ см скользит, не вращаясь, по гладкому горизонтальному льду со скоростью $v_0 = 1$ м/с и ударяется о вертикальный борт. Если скорость кольца направлена перпендикулярно борту, то удар будет упругим, и кольцо после удара будет двигаться поступательно. Найти угловую скорость вращения кольца после удара, если угол падения кольца $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения между кольцом и бортом $\mu = 0,25$.



Задание 2:

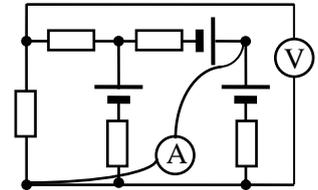
Вопрос: Как связаны между собой малые изотермические изменения объема (δV) и давления (δp), если начальные значения равны соответственно V_0 и p_0 ?

Задача: Для адиабатического увеличения давления $\nu = 2$ молей гелия на 0,5% потребовалось совершить над гелием работу $A = 12,46$ Дж. Найти начальную температуру гелия. Универсальная газовая постоянная $R \approx 8,31$ Дж/(моль·К).

Задание 3:

Вопрос: Кольцо из однородной проволоки помещено в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости кольца. К двум его точкам подключили вольтметр. Величину индукции медленно изменяют. Что покажет вольтметр? Ответ пояснить.

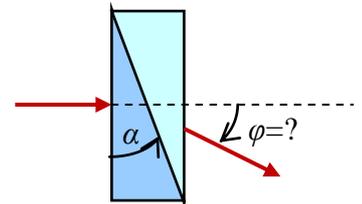
Задача: В схеме, изображенной на рисунке, все резисторы одинаковы и их сопротивление $R = 100$ Ом. Все источники тоже одинаковы, их ЭДС $\mathcal{E} = 16$ В, а их внутренние сопротивления пренебрежимо малы. Амперметр и вольтметр для данной схемы являются практически идеальными. Найти их показания.



Задание 4:

Вопрос: Сформулируйте закон преломления света в геометрической оптике.

Задача: Узкий пучок света падает нормально на поверхность плоскопараллельной пластины, склеенной из двух плотно прижатых клиньев с углом при вершине $\alpha = 4^\circ$. Разность показателей преломления материалов клиньев $\Delta n \equiv n_1 - n_2 = 0,3$. Под каким углом к первоначальному направлению выйдет пучок из пластины? При расчетах учесть, что для малых углов $\text{tg}(\alpha) \approx \sin(\alpha) \approx \alpha$ (в радианной мере).

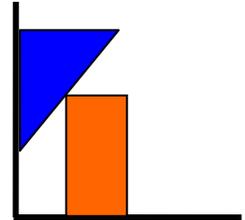


БИЛЕТ № 08 (МОСКВА):

Задание 1:

Вопрос: Кубик лежит на ровной поверхности, угол наклона которой к горизонту плавно увеличивают. При какой величине коэффициента трения кубик начнет «кувыркаться», но еще не начнет скользить?

Задача: Клин с углом α при вершине может скользить без трения по вертикальным направляющим и опирается на брусок, стоящий на горизонтальной поверхности. Масса бруска в $n = 2$ раза больше массы клина, высота бруска во столько же раз больше его ширины, коэффициент трения между бруском и поверхностью $\mu = \frac{2}{3}$. При каких α брусок может покоиться?



Задание 2:

Вопрос: В цилиндрическом сосуде под поршнем находился водяной пар с температурой 100°C и давлением $0,5$ Атм. Объем пара изотермически уменьшили втрое. Каким стало его давление?

Задача: Герметичный гладкий вертикальный цилиндр сечением S разделен на две части тяжелым теплоизолирующим подвижным поршнем массы M . Под поршнем находится гелий, начальное давление которого равно p , а над поршнем – насыщенный водяной пар с температурой T . Гелий медленно нагревают, а температуру пара поддерживают постоянной. Во сколько раз отличается количество теплоты, отведенное от пара, от количества теплоты, сообщенного гелию? Молярную массу μ и удельную теплоту парообразования λ воды, а также универсальную газовую постоянную R и ускорение свободного падения g считать известными.

Задание 3:

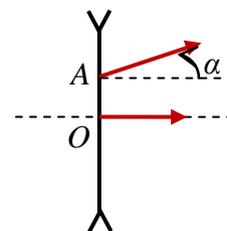
Вопрос: Объясните, почему закон движения при малых колебаниях тела вокруг положения устойчивого равновесия часто с хорошей точностью является гармоническим (то есть описывается функциями синуса или косинуса).

Задача: Два маленьких шарика с зарядами $+q$ каждый надеты на непроводящий вертикальный стержень. Нижний шарик закреплен, а верхний может свободно скользить по стержню. Расстояние между шариками в положении равновесия равно L . Найдите период малых колебаний верхнего шарика. Трением пренебречь. Ускорение свободного падения g .

Задание 4:

Вопрос: Опишите способ построения продолжения произвольного параксиального луча, падающего на поверхность тонкой рассеивающей линзы (в любой точке под любым углом).

Задача: Точечный источник света находится перед рассеивающей линзой. Луч от этого источника, падающий на линзу в точке O , идет после линзы вдоль ее главной оптической оси. Луч, падающий на линзу в точке A (расстояние $|OA| = l = 2$ см), выходит из линзы под углом $\alpha = 6^\circ$ к оптической оси. Фокусное расстояние линзы $F = 25$ см. На каком расстоянии от линзы находится источник?



БИЛЕТ № 09 (МОСКВА):

Задание 1:

Вопрос: На некотором участке пути тела результирующая сила, действующая на него, пропорциональна расстоянию до края этого участка (и направлена к этому краю). Какими функциями описывается закон движения тела на этом участке?

Задача: Вертикальное колено изогнутой под прямым углом гладкой трубки постоянного сечения заполнено жидкостью, которую можно считать практически идеальной. Высота этого колена равна L (и она заметно больше поперечного размера трубки), а переливание ее в горизонтальное колено не допускается благодаря удерживаемой

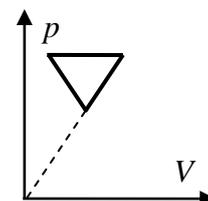


неподвижно легкой пробке. В некоторый момент пробку аккуратно отпускают. За какое время после этого пробка вылетит из трубки? Длина горизонтального колена $L' = \frac{3}{2}L$, поверхностное натяжение не учитывать.

Задание 2:

Вопрос: Чему может быть равен КПД тепловой машины при заданном соотношении температур нагревателя и холодильника?

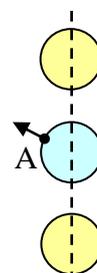
Задача: На рисунке в координатах $p - V$ представлен цикл одноатомного идеального газа, являющегося рабочим телом тепловой машины. Диаграмма цикла имеет вид равнобедренного треугольника, основание которого параллельно оси объемов, а продолжение одной из сторон проходит через начало координат. Известно, что при изобарном расширении абсолютная температура газа возрастает в $n = 2$ раза. Найти КПД этого цикла.



Задание 3:

Вопрос: Напряженность статического электрического поля вблизи поверхности Земли около 100 В/м. Чему равна разность потенциалов между концами металлического шеста высотой 2,5 м, установленного вертикально?

Задача: Три шара радиуса $a = 40$ см расположены так, что их центры находятся на одной прямой на расстоянии $3a = 120$ см друг от друга. Крайние шары – непроводящие, и по поверхности каждого из них равномерно распределен заряд $q = 1$ мкКл. Средний шар – проводящий, и его заряд равен $-2q = -2$ мкКл. От точки А на поверхности среднего шара оторвался без начальной скорости ион с удельным зарядом $\beta = -2,5 \cdot 10^6$ Кл/кг, и удалился на большое расстояние от шаров. До какой скорости он при этом разогнался? Излучением пренебречь. Константа в законе Кулона $k \approx 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл².



Задание 4:

Вопрос: Чему может быть равно увеличение (отношение размера изображения к размеру предмета), даваемое тонкой собирающей линзой?

Задача: Тонкая линза, используемая в качестве лупы, дает на поверхности стола четкое изображение нити лампы, висящей под высоким потолком комнаты, если линза находится на расстоянии $l = 6$ см. С каким увеличением будет наблюдаться текст на лежащей на столе странице, если глаз наблюдателя будет находиться на расстоянии $L = 30$ см от рассматриваемого изображения?