

Онлайн-школа «Фоксфорд»




М.А.ПЕНКИН

Урок 17

Смешанные задачи по термодинамике

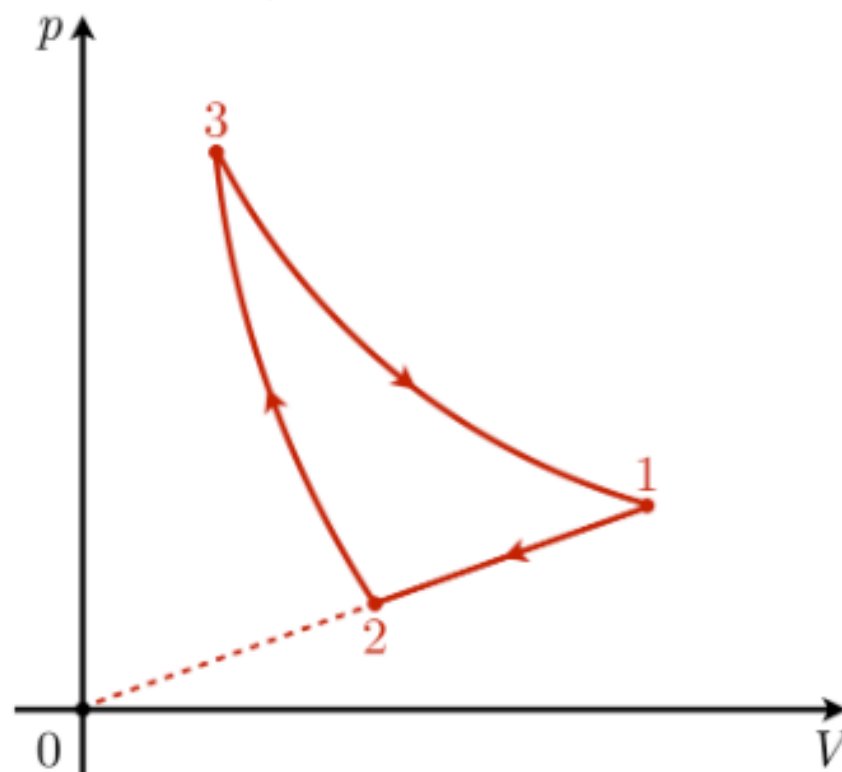
Курс подготовки к вузовским
олимпиадам 11 класса



№1. Рабочим телом тепловой машины, работающей по циклу 1–2–3–4–1, является двухатомный идеальный газ. Процесс 1–2 – изобарическое расширение, процесс 2–3 – адиабатическое расширение, процесс 3–4 – изобарическое сжатие, процесс 4–1 – изохорическое нагревание. Работа газа в процессе 1–2 равна $3A$. Работа над газом в процессе 3–4 равна $4A$. Изменение внутренней энергии в процессе 4–1 равно $7A$.


1. Найти работу над газом в процессе 2–3.
2. Какое количество теплоты было отведено от газа в процессе 3–4?
3. Найти работу тепловой машины.
4. Найти сумму подведённых теплот к газу в цикле.
5. Определить суммарное подведённое тепло за весь цикл.
6. Определить КПД тепловой машины.

№2. С идеальным одноатомным газом проводят цикл, состоящий из участка 1-2 линейной зависимости давления от объёма, политропного сжатия 2-3 и адиабатного расширения 3-1. Молярная теплоёмкость газа в процессе 2-3 равна R . Точки 1 и 2 на pV -диаграмме лежат на прямой, проходящей через начало координат O .



Во сколько раз уменьшается объём газа в процессе 1-2, если работа над газом в этом процессе в 2,5 раза меньше работы, которую совершает газ за весь цикл? Если ответ не целый, то округлить его до десятых.

Указание: политропным называют процесс, в котором молярная теплоёмкость газа C остаётся постоянной. Если газ является идеальным одноатомным, то уравнение такого процесса имеет вид $pV^n = \text{const}$, где $n = 1 - (2R / (2C - 3R))$ – показатель политропы, R – универсальная газовая постоянная. Каждый из трёх процессов, образующих наш цикл, является политропным со своим значением C .



№3. С помощью уравнения политропического процесса найти молярную теплоёмкость для изобарного, изохорного, изотермического процессов, а также для процесса прямой пропорциональной зависимости давления p от объёма V .

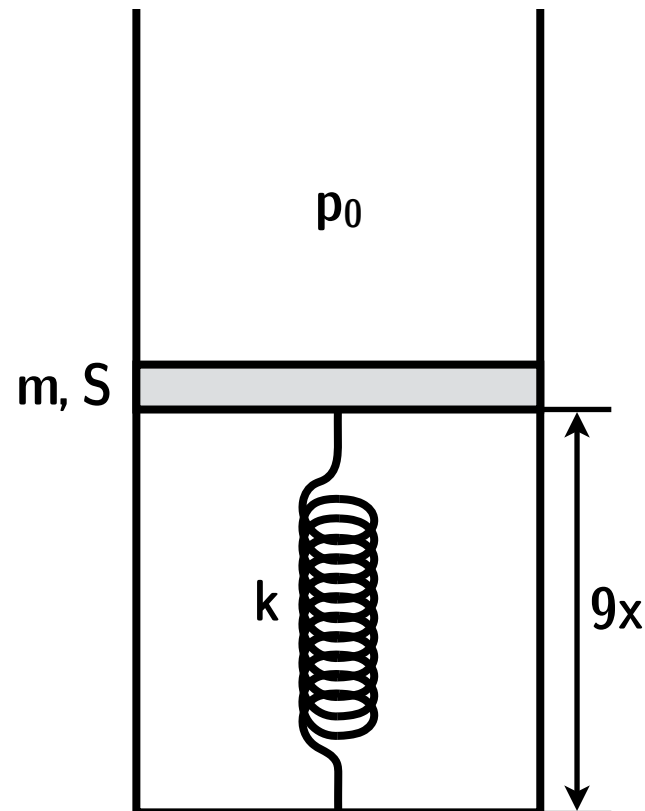
№4. Вывести работу в изотермическом процессе.

№5. Вывести КПД цикла Карно.

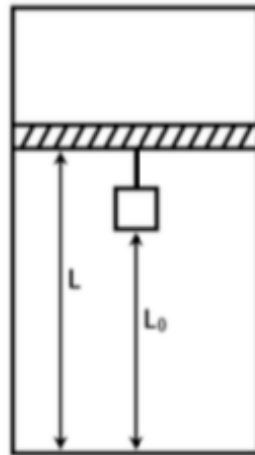
№6. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изобары, изохоры и адиабаты. Рабочим телом этой машины является идеальный одноатомный газ. Чему равен максимально возможный КПД этой машины? Известно, что в адиабатном процессе давление газа p и его объём V связаны соотношением $pV^{5/3} = \text{const}$.

№7. В объёме спутника создана гелиевая атмосфера. Давление гелия $p = 10^5$ Па, температура гелия $T = 300$ К. В некоторый момент в обшивке спутника образуется отверстие площадью $S = 1$ мм². Оцените, какую массу гелия теряет спутник за 1 с в начальный момент времени после нарушения герметичности.

№8. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под поршнем массой m и площадью S находится одноатомный идеальный газ. Поршень соединён с основанием цилиндра пружиной жёсткостью k . В начальном состоянии пружина сжата на x , а расстояние между поршнем и основанием цилиндра составляет $9x$. Какое количество теплоты Q должен получить газ в медленном процессе, чтобы поршень переместился вверх на расстояние $3x$?

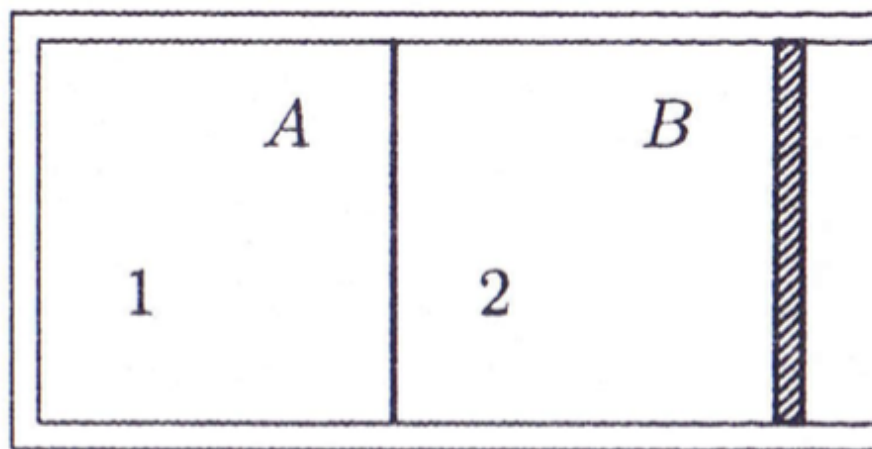


№9. Вертикальный теплоизолированный сосуд разделён тяжёлым поршнем на две части. В нижней части находится гелий. В верхней части – вакуум. К поршню на нити подвешен груз массой $m = 28$ кг. Груз находится на высоте $L_0 = 2$ м, а поршень на высоте $L = 2,4$ м. Внезапно нить обрывается. Груз падает на дно сосуда и прилипает к нему. После удара поршень смещается вверх на $h = 20$ см. Чему равна масса поршня, если вся энергия, выделившаяся вследствие неупругого удара, пошла на нагрев газа?

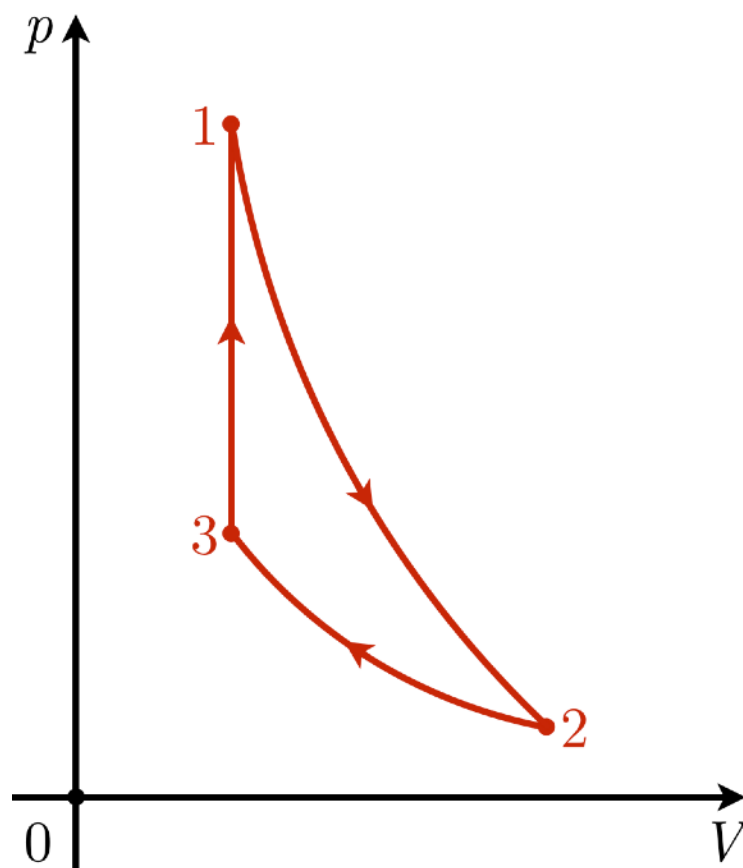


№10. Неподвижная теплопроводящая перегородка A делит объём теплоизолированного цилиндра на два отсека, в которых находится по ν моль гелия. Во втором отсеке газ удерживается подвижным теплоизолированным поршнем B . Атмосферное давление равно p_0 . В начальном состоянии температура гелия в первом отсеке равна T_1 , а во втором – T_2 , причём $T_1 > T_2$. В результате медленного процесса теплообмена через перегородку температура в отсеках выравнивается, а поршень перемещается. Трением поршня о цилиндр, теплоёмкостью стенок цилиндра и поршня пренебречь.

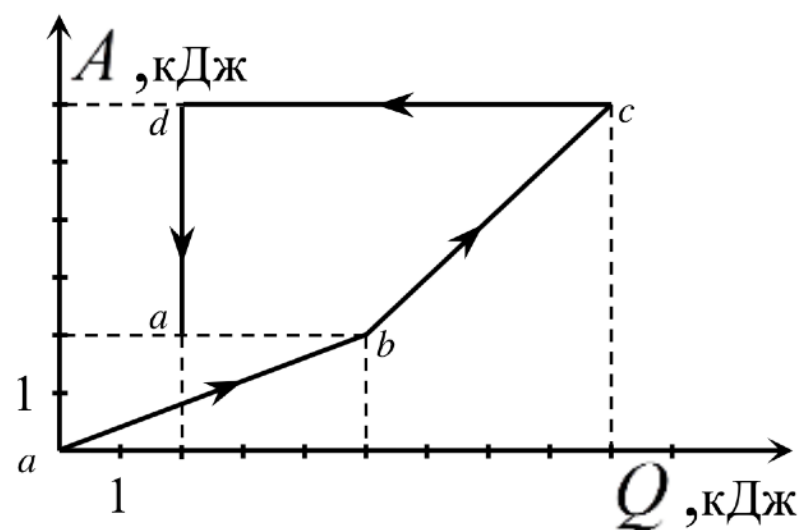
1. Какая температура установится после окончания процесса теплообмена?
2. Найдите изменение объёма гелия во втором отсеке.



№11. Внутренняя энергия U неидеального газа зависит от температуры T и объёма V по формуле $U = cT - \alpha/V$, где c и α – заданные постоянные. Такой газ из состояния с объёмом V_1 описывает замкнутый цикл, состоящий из адиабаты 1–2, изотермы 2–3 и изохоры 3–1. Найти разность конечной и начальной температур газа в изохорном процессе, если величина работы газа в адиабатном процессе оказалось в β раз больше величины работы изотермического сжатия. Известно, что $V_2 = kV_1$, а суммарное количество теплоты, поведённое к газу за весь цикл, составляет Q .



№12. С одноатомным идеальным газом происходит циклический процесс $a-b-c-d-a$ (начальное и конечное состояния газа совпадают). Дан график зависимости работы, совершенной газом с начала процесса, от количества теплоты, полученного газом с начала процесса. Качественно построить график зависимости давления газа от его объёма в этом процессе и объяснить построение. Найти КПД данного цикла.





mapenkin.ru

ПРЕЗЕНТАЦИЮ ПОДГОТОВИЛ
Михаил Александрович **ПЕНКИН**

 [/penkin](#)

 [/mapenkin](#)

 fmicky@gmail.com