

**Задания с развернутым ответом  
по молекулярной физике и термодинамике**

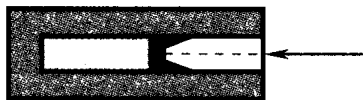
1. Воздушный шар объемом  $2500 \text{ м}^3$  с массой оболочки  $400 \text{ кг}$  имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой минимальной температуры нужно нагреть воздух в шаре, чтобы шар взлетел вместе с грузом (корзиной и воздухоплатвателем) массой  $200 \text{ кг}$ ? Температура окружающего воздуха  $7^\circ\text{C}$ , его плотность  $1,2 \text{ кг/м}^3$ . Оболочку шара считать нерастяжимой.
2. Воздушный шар объемом  $2500 \text{ м}^3$  с массой оболочки  $400 \text{ кг}$  имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. Рассчитайте максимальную массу груза, который может поднять шар, если воздух в нем нагреть до температуры  $77^\circ\text{C}$ . Температура окружающего воздуха  $7^\circ\text{C}$ , его плотность  $1,2 \text{ кг/м}^3$ . Оболочку шара считать нерастяжимой.

3. Воздушный шар объемом  $2500 \text{ м}^3$  имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. Если температура окружающего воздуха  $7^\circ\text{C}$ , а его плотность  $1,2 \text{ кг/м}^3$ , то при нагревании воздуха в шаре до температуры  $77^\circ\text{C}$  шар поднимает груз с максимальной массой  $200 \text{ кг}$ . Какова масса оболочки шара? Оболочку шара считать нерастяжимой.
4. Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой  $400 \text{ кг}$  и содержит  $100 \text{ кг}$  гелия. Какой груз он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха  $17^\circ\text{C}$ , а давление  $10^5 \text{ Па}$ ? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.
5. Воздушный шар с газонепроницаемой оболочкой массой  $400 \text{ кг}$  заполнен гелием. Он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха  $17^\circ\text{C}$ , а давление  $10^5 \text{ Па}$ , груз массой  $225 \text{ кг}$ . Какова масса гелия в оболочке шара? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.
6. В вакууме закреплен горизонтальный цилиндр. В цилиндре находится гелий в количестве  $0,1$  моль, запертый поршнем. Поршень удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой  $10 \text{ г}$ , летящая горизонтально со скоростью  $400 \text{ м/с}$ , и застревает в нем. Температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении возрастает на  $64 \text{ К}$ . Какова масса поршня? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с поршнем и цилиндром.

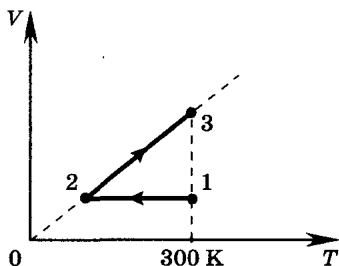


7. В вакууме закреплен горизонтальный цилиндр. В цилиндре находится гелий в количестве  $0,1$  моль, запертый поршнем. Поршень массой  $90 \text{ г}$  удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой  $10 \text{ г}$ , летящая горизонтально со скоростью  $400 \text{ м/с}$ , и застревает в нем. Как изменится температура гелия

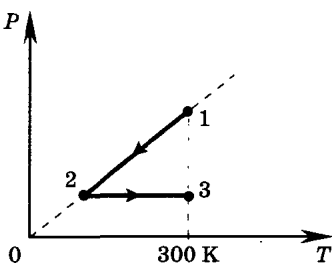
в момент остановки поршня в крайнем левом положении? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обмениваться теплом с сосудом и поршнем.



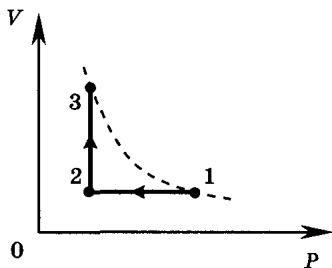
8. Одноатомный идеальный газ в количестве 10 моль сначала охладили, уменьшив давление в 3 раза, а затем нагрели до первоначальной температуры 300 К (см. рисунок). Какое количество теплоты получил газ на участке 2—3?



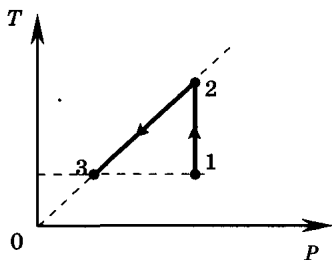
9. Идеальный одноатомный газ в количестве 1 моль сначала охладили, а затем нагрели до первоначальной температуры 300 К, увеличив объем газа в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты отдал газ на участке 1—2?



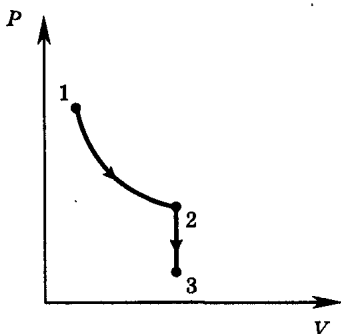
10. Идеальный одноатомный газ в количестве 10 моль охладили, уменьшив давление в 3 раза. Затем газ нагрели до первоначальной температуры 300 К (см. рисунок). Какое количество теплоты сообщено газу на участке 2—3?



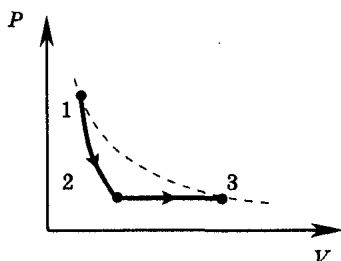
11. Один моль идеального одноатомного газа сначала нагрели, а затем охладили до первоначальной температуры 300 К, уменьшив давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты сообщено газу на участке 1—2?



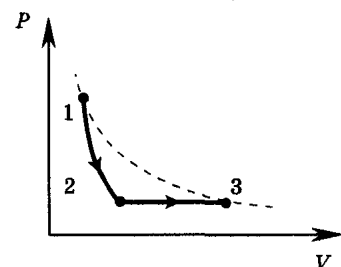
12. Один моль идеального одноатомного газа сначала изотермически расширился ( $T_1 = 300 \text{ К}$ ). Затем газ охладили, понизив давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты отдал газ на участке 2—3?



13. Идеальный одноатомный газ расширяется сначала адиабатно, а затем изобарно. Конечная температура газа равна начальной (см. рисунок). За весь процесс 1—2—3 газом совершена работа, равная 5 кДж. Какую работу совершил газ при изобарном расширении?



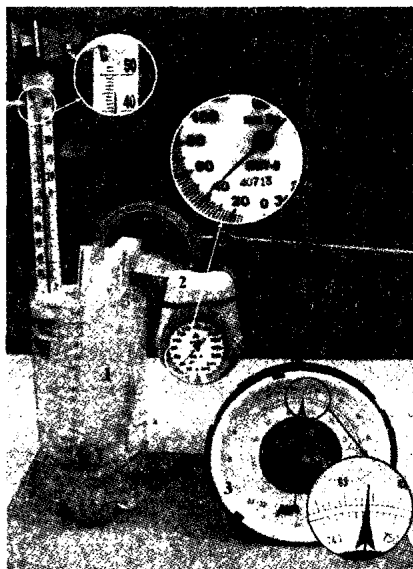
14. Идеальный одноатомный газ расширяется сначала адиабатно, а затем изобарно. Конечная температура газа равна начальной (см. рисунок). При адиабатном расширении газ совершил работу, равную 3 кДж. Какова работа газа за весь процесс 1—2—3?



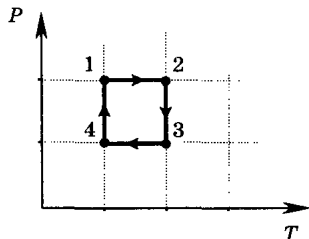
15. В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, находится воздух. Во время опыта и объем воздуха в цилиндре, и его абсолютную температуру увеличили в 2 раза. Оказалось, однако, что воздух мог просачиваться сквозь зазор вокруг поршня, и за время опыта его давление в цилиндре не изменилось. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия воздуха в цилиндре? (Воздух считать идеальным газом.)
16. В сосуде с небольшой трещиной находится воздух, который может просачиваться сквозь трещину. Во время опыта давление воздуха в сосуде возросло в 2 раза, а его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза при неизменном объеме. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия воздуха в сосуде? (Воздух считать идеальным газом.)

17. В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, находится газ, который может просачиваться сквозь зазор вокруг поршня. В опыте по изотермическому сжатию газа его объем уменьшился вдвое, а давление газа упало в 3 раза. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия газа в цилиндре? (Газ считать идеальным.)

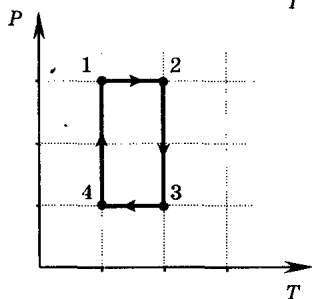
18. При исследовании уравнения состояния газа ученик соединил сосуд (1) объемом 150 мл с манометром (2) тонкой трубкой и опустил сосуд в горячую воду (см. рисунок). Чему равна плотность воздуха в сосуде? Начальные показания манометра равны 0 мм рт. ст. Шкала манометра и нижняя шкала барометра (3) проградуированы в мм рт. ст. Верхняя шкала барометра проградуирована в кПа. Объем измерительного механизма манометра и соединительной трубки значительно меньше 150 мл.



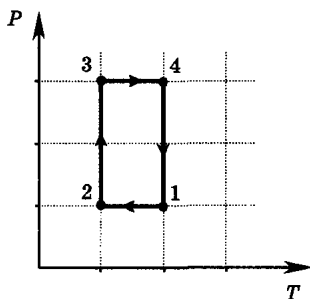
19. На  $PT$ -диаграмме показан цикл тепловой машины, у которой рабочим телом является идеальный газ (см. рисунок). На каком участке цикла работа газа наибольшая по абсолютной величине?



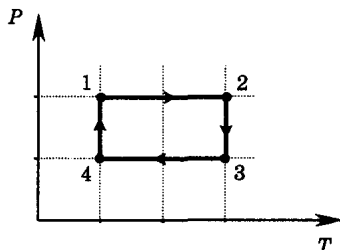
20. На  $PT$ -диаграмме показан цикл тепловой машины, у которой рабочим телом является идеальный газ (см. рисунок). На каком из участков цикла 1—2, 2—3, 3—4, 4—1 работа газа наибольшая по модулю?



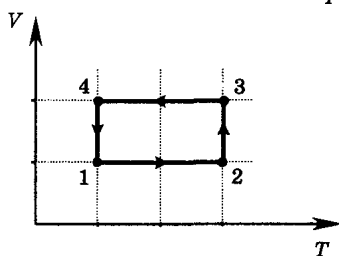
21. На  $PT$ -диаграмме показан цикл тепловой машины, у которой рабочим телом является идеальный газ (см. рисунок). Найдите модуль отношения работ газа  $\frac{\Delta A_{34}}{\Delta A_{12}}$  на участках 3—4 и 1—2.



22. На  $PT$ -диаграмме показан цикл тепловой машины, у которой рабочим телом является идеальный газ (см. рисунок). На каком участке цикла работа газа наименьшая по модулю?

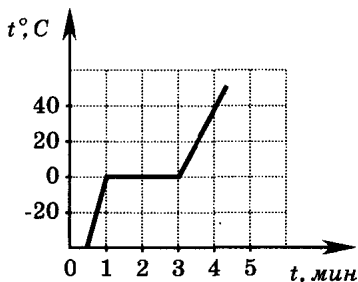


23. На  $VT$ -диаграмме показан цикл тепловой машины, у которой рабочим телом является идеальный газ (см. рисунок). На каком из четырех участков цикла 1—2, 2—3, 3—4, 4—1 работа газа наибольшая по абсолютной величине?



24. Теплоизолированный сосуд объемом  $V = 2 \text{ м}^3$  разделен пористой неподвижной перегородкой на две равные части. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона — нет. В начальный момент в одной части сосуда находится  $\nu_{\text{He}} = 2$  моль гелия, а в другой —  $\nu_{\text{Ar}} = 1$  моль аргона. Температура гелия  $T_{\text{He}} = 300 \text{ К}$ , а температура аргона  $T_{\text{Ar}} = 600 \text{ К}$ . Определите температуру гелия после установления равновесия в системе.

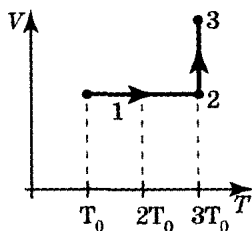
25. На рисунке представлен график изменения температуры вещества в калориметре с течением времени. Теплоемкостью калориметра и тепловыми потерями можно пренебречь и считать, что подводимая к сосуду мощ-



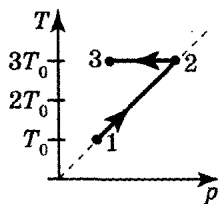
ность постоянна. Рассчитайте удельную теплоемкость вещества в жидком состоянии. Удельная теплота плавления вещества равна  $100 \text{ кДж/кг}$ . В начальный момент времени вещество находилось в твердом состоянии.

26. Теплоизолированный сосуд разделен теплопроводной неподвижной перегородкой на две части одинакового объема. В одной части сосуда находится гелий в количестве  $2 \text{ моль}$ , а в другой — аргон в количестве  $2 \text{ моль}$ . В начальный момент средняя квадратичная скорость атомов аргона в  $2$  раза больше скорости атомов гелия. Определите отношение давления гелия к давлению аргона после установления теплового равновесия.
27. Теплоизолированный сосуд объемом  $V = 2 \text{ м}^3$  разделен перегородкой на две равные части. В одной части сосуда находится  $1 \text{ кг}$  гелия, а в другой —  $1 \text{ кг}$  аргона. Средняя квадратичная скорость атомов аргона равна средней квадратичной скорости атомов гелия и составляет  $500 \text{ м/с}$ . Определите парциальное давление гелия после удаления перегородки.
28. Сосуд объемом  $V = 2 \text{ м}^3$  разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в одной части сосуда находится гелий массой  $m = 1 \text{ кг}$ , а в другой — аргон массой  $m = 1 \text{ кг}$ . Атомы гелия могут свободно проникать через перегородку, а атомы аргона — нет. Начальная температура гелия равна температуре аргона:  $T = 300 \text{ К}$ . Определите внутреннюю энергию гелий-аргоновой смеси после установления равновесия в системе.
29. Сосуд объемом  $V = 2 \text{ м}^3$  разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в одной части сосуда находится гелий массой  $m = 1 \text{ кг}$ , а в другой — аргон массой  $m = 1 \text{ кг}$ . Атомы гелия могут свободно проникать через перегородку, а атомы аргона — нет. Начальная температура гелия равна температуре аргона:  $T = 300 \text{ К}$ . Определите внутреннюю энергию газа, оставшегося в той части сосуда, где первоначально находился гелий, после установления равновесия в системе.

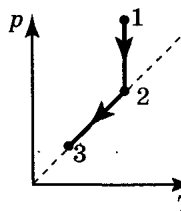
30. Один моль одноатомного идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 3 в соответствии с графиком зависимости его объема  $V$  от температуры  $T$  ( $T_0 = 100$  К). На участке 2—3 к газу подводят 2,5 кДж теплоты. Найдите отношение полной работы газа  $A_{123}$  ко всему количеству подведенной к газу теплоты  $Q_{123}$ .



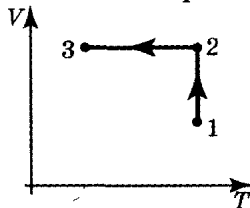
31. Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1—2—3 (см. рисунок, где  $T_0 = 100$  К). На участке 2—3 к газу подводят 2,5 кДж теплоты. Найдите отношение работы  $A_{123}$ , совершаемой газом в ходе процесса, к количеству поглощенной газом теплоты  $Q_{123}$ .



32. Один моль идеального одноатомного газа сначала изотермически расширился ( $T_1 = 300$  К). Затем газ охладил, понизив давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты отдал газ на участке 2—3?



33. Один моль идеального одноатомного газа сначала изотермически расширился ( $T_1 = 300$  К). Затем газ охладил, понизив давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты отдал газ на участке 2—3?



34. Один моль идеального одноатомного газа сначала изотермически сжали ( $T_1 = 300$  К). Затем газ изохорно охладил, понизив давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты отдал газ на участке 2—3?

