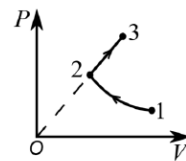


4. Гелий в количестве  $\nu = 2$  моля расширяется в процессе с постоянной теплоёмкостью  $C$ . В результате к газу подвели количество теплоты 3000 Дж и внутренняя энергия газа уменьшилась на 2490 Дж. Найти работу, совершённую газом. Определить теплоёмкость  $C$ . (МФТИ, 1996).

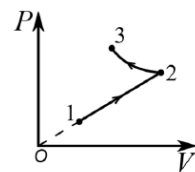
$p \uparrow$ ,

2. Газообразный гелий сжимается в процессе 1-2 с постоянной молярной теплоёмкостью  $C = 0,5R$ . Затем газ расширяется в процессе 2-3, в котором давление прямо пропорционально объёму (см. рис.). В процессе 2-3 к газу подводят количество теплоты  $Q$ . Работа внешних сил над газом при сжатии и работа газа при расширении равны.



- 1) Найти работу  $A$  внешних сил над газом при сжатии.
- 2) Какое количество  $Q_{12}$  теплоты (с учетом знака) получил газ в процессе 1-2?

2. Газообразный гелий расширяется в процессе 1-2, в котором давление прямо пропорционально объёму (см. рис.). Затем газ сжимается в процессе 2-3 с постоянной молярной теплоёмкостью  $C = 0,75R$ . В процессе 1-2 газ совершает работу  $A$ . Работа внешних сил над газом при сжатии и работа газа при расширении равны.



- 1) Какое количество  $Q_{12}$  теплоты (с учетом знака) получил газ в процессе 1-2?
- 2) Какое количество  $Q_{23}$  теплоты (с учетом знака) получил газ в процессе 2-3?

6\*. Газообразный гелий находится в цилиндре под подвижным поршнем. Газ охлаждают при постоянном давлении, переводя его из состояния 1 в состояние 2 (рис. 15). При этом от газа отводится количество теплоты  $Q(Q > 0)$ . Затем газ расширяется в процессе 2 – 3, когда его давление  $p$  прямо пропорционально объёму  $V$ , совершая работу  $A_{23}$ . Наконец, газ расширяется в адиабатическом процессе 3 – 1. Найти работу  $A_{31}$ , совершённую газом в процессе адиабатического расширения. (МФТИ, 2000).

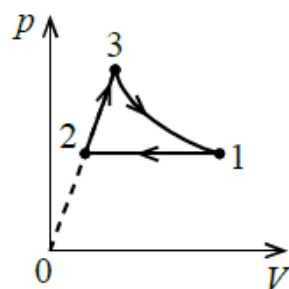


Рис. 15

10\*. К идеальному одноатомному газу, заключенному внутри масляного пузыря, подводится тепло. Найти молярную теплоемкость газа в этом процессе, если давлением снаружи пузыря можно пренебречь.  
Указание. Из-за поверхностного натяжения давление внутри масляного пузыря обратно пропорционально радиусу пузыря.

1. Фазовые превращения.

9. В сосуде объёмом  $V = 1,5 \text{ дм}^3$  находится воздух при температуре  $T = 290 \text{ К}$  и относительной влажности  $\varphi = 50\%$ . Какое количество росы выпадет при изотермическом уменьшении объема в  $n = 3$  раза? Плотность насыщенных водяных паров при  $290 \text{ К}$  равна  $\rho_{\text{нас}} = 14,5 \text{ г/м}^3$ .

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре  $95^{\circ}\text{C}$  и давлении  $P = 8,5 \cdot 10^4$  Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в  $\gamma = 4,7$  раза.

Плотность и молярная масса воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $\mu = 18$  г/моль.

2. Поршень делит объем герметичного вертикально расположенного цилиндра на две части. Стенки цилиндра хорошо проводят теплоту. Снаружи цилиндра поддерживается постоянная температура  $T = 373$  К. Поршень создает своим весом дополнительное давление  $P = P_0 / 5$ , где  $P_0$  – нормальное атмосферное давление. Под поршнем в объеме  $V_0 = 1$  л находится воздух, над поршнем в объеме  $V_0$  - вода массой  $m_1 = 1,2$  г и водяной пар. Система в равновесии. Цилиндр переворачивают вверх дном. После наступления равновесия под поршнем находится вода и водяной пар, над поршнем – воздух.

1) Найти объем пара в конечном состоянии.

2) Найти массу воды в конечном состоянии.

Объем воды значительно меньше объема цилиндра, масса воды значительно меньше массы поршня. Трением поршня о цилиндр пренебречь. Молярная масса водяного пара  $\mu = 18$  г/моль, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).

$R_1$

$R_2$



8\*. Тонкая пробирка частично заполнена водой и расположена вертикально открытым концом в атмосферу. Вследствие диффузии в пробирке устанавливается линейное изменение концентрации пара с высотой: вблизи поверхности воды пар оказывается насыщенным, а у верхнего открытого конца пробирки его концентрация в 3 раза меньше. Пробирку сверху закрывают крышкой и увеличивают температуру на  $\Delta T = 1$  К. На сколько изменится давление влажного воздуха внутри пробирки после установления равновесия по сравнению с атмосферным давлением? Атмосферное давление  $p_0 = 760$  мм рт. ст., начальная температура  $T = 300$  К, давление насыщенного пара при этой температуре  $p_{\text{нас}} = 27$  мм рт. ст. Известно, что малые относительные изменения давления насыщенного пара  $\frac{\Delta p}{p}$  связаны с малыми относительными изменениями его температуры  $\frac{\Delta T}{T}$  формулой  $\frac{\Delta p}{p} = 18 \frac{\Delta T}{T}$ . Изменением уровня жидкости в пробирке во время опыта пренебречь. (МФТИ, 2003).

(МФТИ, 1996).

5. Тепловая машина с рабочим телом в виде идеального одноатомного газа работает по циклу (рис. 14), состоящему из изотермы 1–2, изохоры 2–3 и адиабатического процесса 3–1. Разность максимальной и минимальной температур газа в цикле равна  $\Delta T$ . Работа, совершаемая  $\nu$  молями газа в изотермическом процессе, равна  $A$ . Найти КПД машины.

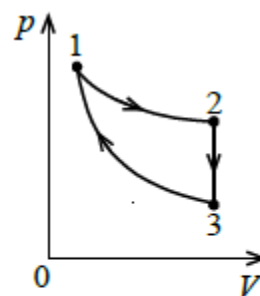


Рис. 14

7. Идеальный газ используется как рабочее тело в тепловой машине, работающей по циклу, состоящему из адиабатического расширения 1 – 2, изотермического сжатия 2 – 3 и изобарического расширения 3 – 1 (см. рис. 32). КПД цикла равен  $\eta$ , при изотермическом сжатии над газом совершается работа  $A_T$  ( $A_T > 0$ ). Какую работу совершает машина в указанном цикле?

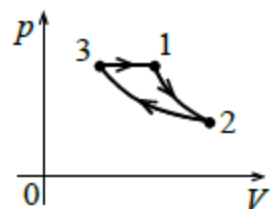


Рис. 32

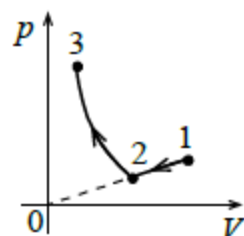


Рис. 33

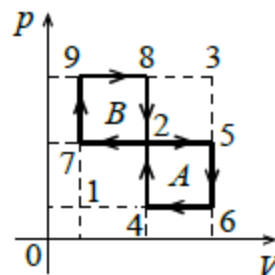


Рис. 34

8. Моль гелия сжимают из начального состояния 1 в конечное состояние 3 в двух процессах (см. рис. 33). Сначала сжатие идёт в процессе 1 – 2, когда давление гелия  $p$  прямо пропорционально его объёму  $V$ . Затем из состояния 2 газ сжимают в процессе 2 – 3 с постоянной теплоёмкостью так, что тепло подводится к газу. В конечном состоянии 3 температура гелия равна его температуре в состоянии 1. Найти теплоёмкость газа в процессе 2 – 3, если в процессе сжатия 1 – 2 над газом совершена работа  $A$  ( $A > 0$ ), а в процессе 2 – 3 над газом совершена работа  $2A$ .

9. Идеальный одноатомный газ совершает циклический процесс  $A$ , состоящий из двух изохор и двух изобар. Затем тот же газ совершает аналогичный процесс  $B$  (рис. 34). КПД какого процесса больше? Полагая КПД процесса  $A$  заданным и равным  $\eta_A$ , вычислите  $\eta_B$ . В обоих процессах  $\Delta p_{21} = \Delta p_{32} = \Delta p$  и  $\Delta V_{21} = \Delta V_{32} = \Delta V$ , но их числовые значения неизвестны.