

Лекция 5

Задача 1 (Молярная теплоемкость)

Посчитать молярную теплоемкость газа для изохорного, изобарного, изотермического и адиабатного процессов.

Ответ: $C_V = \frac{i}{2}R$ $C_p = \left(\frac{i+2}{2}\right)R$ $C_T \rightarrow \infty$ $C_Q \rightarrow 0$

Задача 2 (Формула Майера)

Пусть C_p — молярная теплоёмкость идеального газа в изобарном процессе, C_V — молярная теплоёмкость этого же газа в изохорном процессе. Докажите, что $C_p - C_V = R$, где R — газовая постоянная.

Задача 3 (Экспериментальное определение показателя адиабаты)

Экспериментально определить отношение теплоёмкостей газа при постоянном давлении и постоянном объёме $\gamma \equiv \frac{C_p}{C_V}$ можно следующим методом. Определённое количество молей газа ν , начальные значения объёма и давления которого равны V_0 и p_0 , нагревают дважды с помощью спирали, по которой пропускают один и тот же ток в течение одинакового времени: сначала — при постоянном объёме, причём конечное давление составляет p , затем — при постоянном давлении, причём конечный объём составляет V^* .

1. Найдите по этим данным γ , считая газ идеальным.
2. Найдите число атомов в молекулах этого идеального газа.

Ответ: $\gamma = \frac{V_0(p-p_0)}{p_0(V^*-V_0)}$ $i = \frac{2 p_0(V^*-V_0)}{p V_0 - p_0 V^*}$

Задача 4 (Работа, внутренняя энергия и теплоемкость)

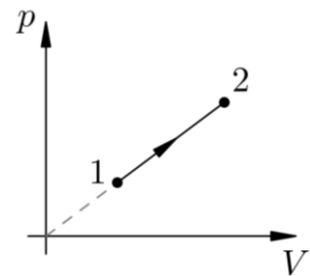
Один моль идеального газа нагревают при таких условиях, что давление газа пропорционально его объёму:

$$p = \alpha V$$

где α — постоянная.

1. Найдите работу газа, если известна начальная температура T_1 и конечная температура T_2 .
2. Найдите изменение внутренней энергии
3. Найдите теплоемкость газа в этом процессе.

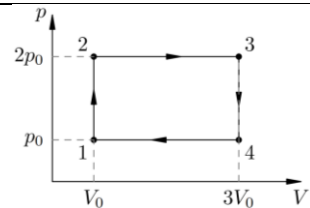
Ответ: $A = \frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1)$ $\Delta U = \frac{i}{2}\nu R(T_2 - T_1)$ $C = \frac{R}{2}(1 + i)$



Задача 5 (КПД)

Вычислите КПД цикла, изображённого на рисунке. Рабочим телом служит идеальный одноатомный газ.

Ответ: $\eta = \frac{4}{23}$

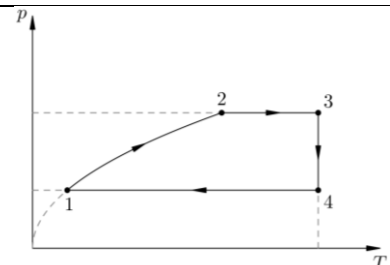


Задача 6 (Перестроить процесс)

Над ν молями идеального газа совершают циклический процесс, изображённый на рисунке. Температуры газа в состояниях 1 и 2 равны T_1 и T_2 соответственно. На участке 3-4 газу сообщили количество теплоты Q . В процессе 1-2 давление растёт пропорционально квадратному корню из абсолютной температуры.

1. Перестроить процесс в координатах $p(V)$
2. Найдите работу, совершённую газом за цикл.

Ответ: $A = Q - \frac{\nu R}{2}(T_2 - T_1)$



Краткая теоретическая сводка

Лекция 4		Лекция 5	
Основное уравнение МКТ	$p = \frac{1}{3}n \overline{v^2}$	Внутренняя энергия идеального газа	$U = \overline{E_k} \cdot N$ $U = \frac{i}{2}kT \cdot N = \frac{i}{2}\nu RT = \frac{i}{2}pV$
Закон Дальтона для давления смеси газов	$p = p_1 + p_2 + \dots$	Нулевое начало термодинамики	С течением времени в любой системе $T \rightarrow const$ $p \rightarrow const$ $V \rightarrow const$
Постоянные Больцмана, число Авогадро и универсальная газовая постоянная	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ $R = k \cdot N_A = 8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$	Теплоемкость (обычная, удельная(массовая), молярная)	$C \equiv \frac{Q}{\Delta T}$ $C_m \equiv \frac{Q}{m \Delta T}$ $C_\mu \equiv \frac{Q}{\nu \Delta T}$ $\Delta T \rightarrow 0$
Уравнение Менделеева-Клапейрона (уравнение состояния ид. газа)	$pV = \nu RT$	Молярную теплоемкость в термодинамике обычно обозначают просто C вместо C_μ	
Абсолютная температура. Связь с кинетической энергией.	$T = t(^{\circ}\text{C}) + 273$ $\overline{E_k} = \frac{i}{2}kT$	Первое начало термодинамики	$Q = A + \Delta U$
Нормальные условия	1. $p = p_{\text{нм}} = 10^5 \text{ Па}$ 2. $T = 273 \text{ К}$	Работа	$A = S(\text{под графиком } p \text{ от } V)$
Изотермический процесс ($T = const, \nu = const$)	$pV = const$	Количество теплоты	$Q = \nu \cdot S(\text{под графиком } C_\mu \text{ от } T)$
Изобарный процесс ($p = const, \nu = const$)	$\frac{V}{T} = const$	КПД	$\eta \equiv \frac{A_{\text{полн}}}{Q_{\text{получ}}} = \frac{Q_{\text{получ}} - Q_{\text{отд}} }{Q_{\text{получ}}}$
Изохорный процесс ($V = const, \nu = const$)	$\frac{p}{T} = const$		