

Тема урока «Решение задач по теме «Основы термодинамики»

Цель учебного занятия. Выработать алгоритм решения задач по теме «Основы термодинамики» через активное включение учеников в самостоятельную работу.

Задачи.

Образовательные:

1. Работая с упражнениями определить алгоритм решения задач по теме «Основы термодинамики».
2. В ходе решения задач закрепить полученные теоретические знания о расчете количества теплоты различных тепловых процессов.

Форма учебного занятия: практическое занятие.

Форма организации работы: индивидуальная.

Ход урока. (Ознакомьтесь с текстом. Решите задачи)

Для успешного решения задач по данной теме необходимо знать закон сохранения энергии для термодинамики. Его же называют первым началом. Суть его состоит в том, что, когда термодинамическая система получает извне какое-то количество теплоты, то часть энергии добавляется к внутренней энергии системы, а другая возвращается в процессе совершения системой работы наружу, то есть:

$$Q = \Delta U + A,$$

где все величины алгебраические.

Для идеального газа изменение внутренней энергии $\Delta U = \frac{im}{2\mu} R\Delta T$, где $i = 3$ – степень свободы молекул, для реального газа i зависит от строения молекулы. Так для двухатомной молекулы $i = 5$, для трехатомной – $i = 6$ и т.д.

Работу A газ совершает только при изменении объема, т.е. $A = p\Delta V$. Надо сказать, что мы получаем три случая, когда один из членов первого начала термодинамики равен 0.

1. $Q = 0$ – это **адиабатический** процесс, изменение состояния происходит без обмена энергией с внешней средой. $A = -\Delta U$.
2. $\Delta U = 0$ – это **изотермический** процесс, так как внутренняя энергия не изменяется, а, значит не изменяется и температура. $Q = A = p\Delta V$, $T = const$.
3. $A = 0$ – это **изохорический** процесс, так как газ не совершает работу, а значит и не меняет объема. $Q = \Delta U = \frac{im}{2\mu} R\Delta T$, $V = const$.

Наконец, **изобарический** процесс, в котором энергия расходуется на изменение внутренней энергии и на работу. $Q = \Delta U = \frac{im}{2\mu}R\Delta T + p\Delta V$, $p = const$.

Также необходимо знать еще 4 формулы, которые помогут нам в решении задач:

1. Количество теплоты, которое поглощается при нагревании или выделяется при охлаждении $Q = cm(T_2 - T_1)$, где c – удельная теплоемкость, т.е. сколько теплоты понадобится передать или отнять у единицы массы вещества для изменения его температуры на 1° . Также различают C_v – теплоемкость при постоянном объеме и C_p – теплоемкость при постоянном давлении. Причем $C_v = \frac{i}{2}R$ и $C_p = C_v + R = R\frac{i+2}{2}$. Соответственно, удельные теплоемкости будут $c_v = \frac{C_v}{\mu}$ и $c_p = \frac{C_p}{\mu}$, где μ – количество вещества в молях.
2. Количество теплоты, которое поглощается при плавлении или выделяется при кристаллизации $Q = \lambda m$, где λ – удельная теплота плавления.
3. Количество теплоты, которое поглощается при парообразовании или выделяется при конденсации $Q = r m$, где r – удельная теплота парообразования.
4. Количество теплоты, которое выделяется при сгорании вещества $Q = q m$, где q – удельная теплота сгорания.

Все эти удельные величины берутся из справочных таблиц.

В системе, которая не взаимодействует с внешней средой, т.е. в замкнутой, между элементами системы происходит исключительно теплообмен:

$$\sum Q_{\text{п}} + \sum Q_{\text{о}} = 0,$$

где $\sum Q_{\text{п}}$ – вся полученная тепловая энергия, $\sum Q_{\text{о}}$ – вся отданная тепловая энергия – это закон теплового равновесия.

В итоге все задачи по термодинамике решаются следующим образом:

1. Перевести все заданные величины в единицы СИ.
2. Определить вид происходящего процесса, т.е., какие параметры остаются неизменными – T , V или P , определить, какие тела входят в замкнутую систему в теплообменных процессах и что с ними происходит.
3. Выбрать из справочника необходимые табличные удельные величины или рассчитать, зная степени свободы молекул и молярные массы веществ.
4. Применяя формулы, описанные выше, а так же формулы из других разделов физики, решить задачу.

Ниже рассмотрим пару примеров решения задач.

Задача 1. Закрытый сосуд содержит 14 г азота, давление $p_1 = 0.1$ МПа, а температура $t = 27^\circ\text{C}$. Когда сосуд нагрели, давление увеличилось в пять раз. Какая была конечная температура азота? Найти емкость сосуда V и количество теплоты Q , затраченное на нагревание.

Решение.

Состояние азота до нагревания $p_1 V = \frac{m}{\mu} R T_1$ (1), после нагревания $p_2 V = \frac{m}{\mu} R T_2$ (2).

Так как сосуд закрыт, процесс изохорический, т.е. $V = \text{const}$ и все тепло уходит на изменение внутренней энергии азота.

Найдем конечную температуру азота:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 5 \Rightarrow T_2 = 5T_1 = 1500\text{K}.$$

Решая совместно (1) и (2), получаем:

$$V = \frac{m R T_1}{\mu p_1} = 12.4 \text{ л.}$$

Количество теплоты, полученное азотом:

$$Q = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T = 12.4 \text{ Дж,}$$

где $C_v = \frac{i}{2} R = \frac{5}{2} R = 20.8$ Дж/(моль · К). $i = 5$, т.к. молекула азота состоит из 2 атомов.

Задача 2. Сколько нужно сжечь керосина, чтобы полностью испарить 100 г воды, температура которой 20°C ? К.П.Д. керосинового нагревателя $\eta = 0.2$.

Решение.

Тепловая энергия сгорания керосина $Q_k = q m_k$, с учетом К.П.Д. $Q_k = \eta q m_k$, $q = 40.8 \cdot 10^6$ Дж/кг – для керосина. Керосин горит и отдает энергию. Вода поглощает энергию, нагреваясь от 20 до 100°C . $Q_n = c m (T_2 - T_1)$, $c = 4.187 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К) – удельная теплоемкость воды. Далее энергия расходуется на парообразование. $Q_p = r m$, $r = 2256 \cdot 10^3$ Дж/кг – удельная теплота парообразования воды.

Составляем уравнение теплового баланса $Q_k - Q_n - Q_p = 0$:
 $\eta q m_k - c m (T_2 - T_1) - r m = 0.$

Откуда $m_k = \frac{m c (T_2 - T_1) + r m}{\eta q} = 0.03$ кг.

III. Решение задач.

№ 3.

Гелий нагревается при постоянном давлении. При этом ему сообщено 20 кДж теплоты. Определить изменение внутренней энергии газа и совершённую им работу.

Решение.

$$A' = p\Delta V = \frac{m}{M} R \Delta T, \Delta U = \frac{3m}{2M} R \Delta T, Q = \Delta U + A' = \frac{3}{2} A' + A' = \frac{5}{2} A'$$
$$, A' = \frac{2}{5} Q, \Delta U = \frac{3}{2} A'$$

$$A' = 8 \text{ кДж}, \Delta U = 12 \text{ кДж}.$$

№ 2.

При адиабатном сжатии 1 моля одноатомного газа внешними силами была совершена работа A . Во сколько раз увеличилась средняя квадратичная скорость молекул этого газа, если начальная температура газа равна T_1 ?

Решение.

$$\Delta U = A = U_2 - U_1, U = \frac{3}{2} R \Delta T, U = \frac{3}{2} R \Delta T, A = \frac{3}{2} R \Delta T_2 - \frac{3}{2} R T_1, T_2 = T_1 + \frac{2A}{3R}$$

$$\bar{\epsilon} = \frac{m_0 v^2}{2} = \frac{3}{2} kT, v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}, \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{1 + \frac{2A}{3RT_1}}$$

Самостоятельная работа

A1. Идеальный газ совершил работу 400 Дж, при этом его внутренняя энергия увеличилась на 100 Дж. Чему равно количество теплоты, которое получил или отдал газ в этом процессе?

1) газ получил 500 Дж 3) газ отдал 500 Дж

2) газ получил 300 Дж 4) газ отдал 300 Дж

A2. Идеальный одноатомный газ в количестве 6 молей поглощает количество теплоты Q . При этом температура газа повышается на 20 К. Работа, совершаемая газом в этом процессе равна 1 кДж. Поглощённое количество теплоты равно

1) 0,5 кДж 3) 1,5 кДж

2) 1 кДж 4) 2,5 кДж

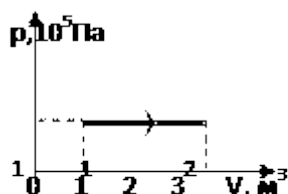
А3. Идеальный одноатомный газ находится в сосуде с жесткими стенками объёмом $0,6 \text{ м}^3$. При нагревании его давление возросло на $3 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Насколько увеличилась внутренняя энергия газа?

1) на 0,2 кДж 3) на 0,9 кДж

2) на 1,8 кДж 4) на 2,7 кДж

А4. Какое количество теплоты нужно передать молю одноатомного идеального газа, чтобы изобарно увеличить его объём в 3 раза? Начальная температура газа T_0 .

1) $\frac{3}{2} RT_0$ 2) $3 RT_0$ 3) $\frac{5}{2} RT_0$ 4) $5 RT_0$



А5. На рисунке представлен график зависимости давления идеального одноатомного газа от его объёма. Газ получил 500 кДж теплоты. Внутренняя энергия при этом

1) уменьшилась на 300 кДж

2) увеличилась на 300 кДж

3) уменьшилась на 700 кДж

4) увеличилась на 700 кДж

Выполненное задание отправить Шиловой Н.Н. на электронную почту yflzibkjdf@yandex.ru