

Внутренняя энергия. Работа. Количество теплоты

Список вопросов, рассмотренных в уроке: внутренняя энергия; способы изменения внутренней энергии; различные виды теплообмена; уравнение теплового баланса; работа в термодинамике; нахождение численного значения работы в различных тепловых процессах.

Основное содержание урока

Внутренняя энергия тела - это полная энергия всех молекул, которые его составляют.

Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна его температуре.

$$U = 3/2 \cdot \nu \cdot R \cdot T$$

Чтобы изменить внутреннюю энергию вещества, надо сообщить ему некоторое количество тепла или совершить работу.

Работа в термодинамике равна изменению внутренней энергии системы: $A = \Delta U$.

Работа газа в изобарном процессе равна $A = P \cdot \Delta V$. Если газ расширяется, то $A > 0$, если газ сжимается, то $A < 0$.

Кроме того, работа газа может быть определена с использованием графика давления в зависимости от объема.

Работа газа численно равна площади под графиком давления.

Количество теплоты - это энергия, которую система получает или теряет во время теплообмена.

Количество тепла для различных термических процессов определяется по-разному.

При нагревании и охлаждении: $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$;

Во время плавления и кристаллизации: $Q = \lambda \cdot m$;

Во время испарения и конденсации; $Q = r \cdot m$;

При сжигании: $Q = q \cdot m$.

Для замкнутой и адиабатически изолированной системы тел выполняется уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$

Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального или разреженного реального газа имеет следующий вид:

$$U = 3/2 \nu \cdot R \cdot T$$

Для идеального газа из молекул с двумя, тремя или более атомами необходимо учитывать кинетическую энергию вращения молекул (они больше не могут считаться материальными точками), поэтому выражение для их внутренней энергии отличается от $U = 3/2 \nu \cdot R \cdot T$ числовым коэффициентом.

Для двухатомного газа (например, O_2 , CO и т. д.):

$$U = 5/2 \nu \cdot R \cdot T$$

Для газа с тремя атомами или более (например, O_3 , CH_4):

$$U = 3\nu \cdot R \cdot T$$

Изменить внутреннюю энергию вещества можно, передав ему некоторое количество тепла или выполнить над ним работу.

Существует три типа теплопередачи:

1) Теплопроводность представляет собой процесс переноса энергии от более теплого тела к менее нагретому телу с прямым контактом или от более нагретых частей тела к менее нагретым, осуществляемый хаотично движущимися частицами тела (атомы, молекулы, электроны, и т.д.). Простым примером является нагревание чашки, в которую выливают горячий чай.

2) Конвекция - это своего рода передача тепла, в которой внутренняя энергия передается снизу вверх струями или потоками жидкости или газа. Пример: нагревание воды в чайнике, который стоит на горячей плите.

3) Лучистый обмен или излучение - это процесс передачи энергии через электромагнитное излучение. Простой пример: солнечный свет.

Механическая работа изменяет механическую энергию тела. Термодинамическая работа изменяет внутреннюю энергию газа.

Если газ расширяется, то работа газа считается положительной. Если он сжат, то отрицательной.

Формула для нахождения работы газа в изобарном процессе имеет следующий вид:

$$A = p \cdot \Delta V$$

Для изотермического процесса формула принимает следующий вид: $A = \nu \cdot R \cdot T \cdot \ln(V_2 / V_1)$

Разбор тренировочных заданий

1. Объём газа, расширяющегося при постоянном давлении 100 кПа, увеличился на 20 литров. Работа, выполняемая газом в этом процессе, - _____.

Варианты ответов:

2000 Дж;

20 000 Дж;

200 Дж;

50 МДж.

Совет: используйте формулу работы.

2. Чтобы из 5 кг снега, при температуре 0°C, получить воду при 20°C, необходимо сжигать в печке с КПД 40% __ кг дров.

Решение: при сгорании дров выделится количество теплоты:

$$Q_1 = q \cdot m$$

из этого количества на полезную работу пойдёт только:

$$Q = Q_1 \cdot \eta = q \cdot m \cdot \eta$$

Для плавления снега необходимо количество теплоты:

$$Q_{\text{пл}} = \lambda \cdot m$$

для нагревания воды понадобится:

$$Q_{\text{н}} = c \cdot m \cdot \Delta t$$

Согласно уравнению теплового баланса:

$$Q_{\text{пл}} + Q_{\text{н}} = q \cdot m \cdot \eta,$$

Отсюда следует:

$$m = \frac{Q_{\text{пл}} + Q_{\text{н}}}{q \cdot \eta}$$

Подставим числовые значения в формулу:

$$m = \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 20 + 3,3 \cdot 10^3 \cdot 5}{10^7 \cdot 0,4} = 0,5175 \text{ (кг)}$$

Ответ: