**Решение задач по теме «Основы термодинамики»**

Для решения задач нужно уметь вычислять работу, пользуясь формулой (13.4), и количество теплоты по формулам (13.5) — (13.9). Надо еще иметь в виду, что величины *A, Q,* Δ*U* могут быть как положительными, так и отрицательными.

В большей части задач используются не общая форма первого закона термодинамики, а его различные частные формулировки, применимые к определенным процессам. Задачи на теплообмен в изолированной системе решаются с помощью уравнения теплового баланса (13.15).

При решении задач надо четко выделять начальное и конечное состояние системы, а также характеризующие ее параметры.

1.Аэростат объемом *V=*500м3 наполнен гелием под давлением *р=*105Па. В результате солнечного нагрева температура газа в аэростате поднялась от *t*=10°С до *t2*=25°С. Насколько увеличилась внутренняя энергия газа?

*Решение*. Гелий является одноатомным газом, поэтому его внутренняя энергия определяется формулой (13.1).

При температуре Т1 эта энергия равна $U\_{1}=\frac{3m}{2M}RT\_{1}$, а при температуре *Т2* равна $U\_{2}=\frac{3m}{2M}RT\_{2}$.

Изменение энергии равно:

$∆U=U\_{2}-U\_{1}=\frac{3mR}{2M}\left(T\_{2}-T\_{1}\right)$.

Масса гелия неизвестна, но ее можно выразить с помо­щью уравнения Менделеева — Клапейрона через начальную температуру, давление и объем газа: $\frac{mR}{M}=\frac{pV}{T\_{1}}$. Подставляя значение $\frac{mR}{M}$ в уравнение для изменения энергии, получаем

$∆U=\frac{3}{2}pV\left(\frac{T\_{2}}{T\_{1}}-1\right)≈4∙10^{6}Дж$.

2.В цилиндре под тяжелым поршнем находится углекислый газ (М=0,044кг/моль) массой *т=*0,20кг. Газ нагревается на *ΔТ=*88К. Какую работу он при этом совершает?

*Решение.* Газ расширяется при некотором постоянном давлении *р,* которое создается атмосферой и поршнем. В этом случае работа газа равна *А'=р*(*V2*-*У1),* где *V1* и *V2* — начальный и конечный объемы газа. Используя уравнение Менделеева — Клапейрона, выразим произведения *pV2* и *pV*1 через $\frac{m}{M}RT\_{2}$ и $\frac{m}{M}RT\_{1}$. Тогда

$A^{'}=\frac{m}{M}R\left(T\_{2}-T\_{1}\right)≈3,3Дж$*.*

3.Во время расширения газа, вызванного его нагреванием, в цилиндре с площадью поперечного сечения *S=*200см2 газу было передано количество теплоты *Q=*1,5·105Дж, причем давление газа оставалось постоянным и равным *р*=2·107Па. Насколько изменилась внутренняя энергия газа, если поршень передвинулся на расстояние *Δh*=30см?

*Решение.* Согласно первому закону термодинамики в форме (13.11)

*Q=ΔU+А*',

где *А’=pΔV*=*pSΔh* — работа, совершенная газом. Отсюда *ΔU=Q*-*pSAh=*30кДж.

***Упражнения для самостоятельного решения***

1.Как изменится внутренняя энергия одноатомного идеального газа, если его давление увеличится в 3 раза, а обьем уменьшится в два раза?

2.Термодинамической системе передано количество теплоты 200Дж. Как изменилась внутренняя энергия системы, если при этом она совершила работу 400Дж?

3.Стержень отбойного молотка приводится в движение сжатым воздухом. Масса воздуха в цилиндре за время хода поршня меняется от 0,1 до 0,5г. Считая давление воздуха в цилиндре и температуру (270С) постоянными, определите работу газа за один ход поршня. Молярная масса воздуха М=0,029кг/моль.

4.На одинаковые газовые горелки поставили два одинаковых плотно закупоренных сосуда вместимостью по 1л. В одном сосуде находится вода, а в другом воздух. Какой сосуд быстрее нагревается до 500С? Почему?

5.Предложен следующий проект вечного двигателя (рис. 13.12). Закрытый сосуд разделен на две половинки герметичной перегородкой, сквозь которую пропущены трубка и водяная турбина в кожухе с двумя отверстиями. Давление воздуха в нижней части больше, чем в верхней. Вода поднимается по трубке и наполняет открытую камеру. В нижней части очередная порция воды выливается из камеры турбины, подошедшей к отверстию кожуха. Почему данная машина не будет работать вечно?

*Рис. 13.12*

6.Положительна или отрицательна работа газа в процессах *1*—*2, 2—3* и *3—1* на рисунке 10.5? Получает газ тепло или отдает в каждом из этих процессов?

7.Какое количество теплоты необходимо для изохорного нагревания гелия массой 4 кг на 100 К?

8.Вычислите увеличение внутренней энергии водорода массой 2 кг при изобарном его нагревании на 10 К. (Удельная теплоемкость водорода при постоянном давлении равна 14 кДж/(кг·К).)

9.В цилиндре компрессора сжимают идеальный одноатомный газ, количество вещества которого 4 моль. Определите, насколько поднялась температура газа за один ход поршня, если при этом была совершена работа 500Дж. Процесс считайте адиабатным.

10.В калориметре находится вода массой 0,4 кг при температуре 10°С. В воду положили лед массой 0,6 кг при температуре — 40°С. Какая температура установится в калориметре, если его теплоемкость ничтожно мала?

11.Какой должна быть температура нагревателя, для того чтобы стало возможным достижение значения КПД тепловой машины 80%, если температура холодильника 27°С?

12.В процессе работы тепловой машины за некоторое время рабочим телом было получено от нагревателя количество теплоты *Q1=*1,5·106Дж, передано холодильнику Q2=-1,2·106Дж. Вычислите КПД машины и сравните его с максимально возможным КПД, если температуры нагревателя и холодильника соответственно равны 250°С и 30°С.