***Тема.*** Решение задач по теме "Первый закон термодинамики".

***Цели:***

* + помочь учащимся осмыслить физическое содержание первого закона термодинамики;
  + рассматривая качественные задачи, показать, что проявления действия первого закона термодинамики имеют место в окружающем мире;
  + на примере решения конкретных расчетных задач научить учащихся применять первое начало термодинамики к описанию изопроцессов в идеальном газе.

***Ход занятия***

В ходе проведения занятия необходимо рассмотреть ряд качественных задач и далее решить несколько расчетных задач по мере возрастания их сложности.

Прежде чем приступить к выполнению задания, следует записать математическую формулу первого закона термодинамики; вскрыть физический смысл всех входящих в него величин и определиться с правилом знаков; рассмотреть вопрос о графическом смысле работы в термодинамике; повторить понятие теплоемкости.

***Качественные задачи***

1. Можно ли передать системе некоторое количество теплоты, не вызывая при этом повышения ее температуры?
2. Почему при холостых выстрелах ствол пушки нагревается сильнее, чем при стрельбе снарядами?
3. После сильного шторма вода в море становится теплее. Почему?
4. Один поэт так писал о капле: "Она жила и по стеклу текла, но вдруг ее морозом оковало, и неподвижной льдинкой капля стала, а в мире поубавилось тепла". Вы согласны с поэтом?
5. Мука из жерновов выходит горячей, хлеб вынимают из печи также горячим. Чем вызывается увеличение энергии в каждом из этих случаев?
6. Почему климат островов умереннее и ровнее, чем климат материков?

***Примеры решения расчетных задач***

**Задача 1.**

Идеальный газ с показателем адиабатырасширили по закону *Р = αV*, где α = const. Первоначальный объем газа *V*1. В результате расширения объем увеличился в η раз. Найдите приращение внутренней энергии газа.

*Решение:*

|  |  |
| --- | --- |
| Изменение внутренней энергии идеального газа равно | |
|  | (1) |
| Начальное состояние газа подчиняется уравнению | |
|  | (2) |
| Конечное состояние - соответственно, уравнению | |
|  | (3) |
| Принимая во внимание, что *P*=α*V* и *V*2=η*V*1 , уравнения (2) и (3) можно записать в виде | |
|  | (4) |
|  | (5) |
| Вычитая из (5) (4), находим | |
|  | (6) |
| Подставляя (6) в (1), получаем | |
|  | (7) |
| Найдем *CV* через, используя соотношения | |
|  | (8) |
| и | (9) |
| Из (8) и (9) для *CV* находим | |
|  | (10) |
| Подставляя (10) в (7), получаем | |
|  | (11) |

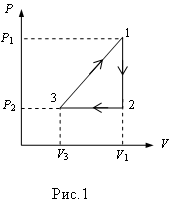
*Ответ:* изменение внутренней энергии равно 

Очевидно, что , то есть внутренняя энергия газа в этом процессе увеличивается.

**Задача 2.**

Газ, занимающий объем *V*1 = 2 м3 при давлении *Р*1 = 4·105 Па, совершает круговой процесс, состоящий из нескольких этапов. Сначала газ изохорически охлаждается до температуры, при которой его давление равно *P*2 = 105 Па. Затем он изобарически охлаждается до состояния, из которого возвращается в начальное состояние таким образом, что его давление изменяется с изменением объема по закону *Р = αV* (*α* - постоянная величина). Нарисуйте график данного кругового процесса на *РV*-диаграмме и найдите совершенную газом работу.

*Решение:*

Как следует из условия задачи, состояния газа 1 и 3 изображаются точками, лежащими на прямой *Р = αV*, проходящей через начало координат (рис. 1). Это означает, что

*Р*1 = *αV*1 и *Р*3 = *αV*3

С учетом того, что *P*2 = *P*3, получаем

(м3).

Работа при круговом процессе численно равна площади фигуры, ограниченной графиком этого процесса, в данном случае - площади треугольника 123.

,

подставляя *V*3, получаем

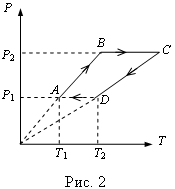
(Дж).

*Ответ:* работа в данном круговом процессе равна 2,25 ·105 Дж.

**Задача 3.**

Найдите работу, совершенную одним молем идеального газа в круговом процессе, изображенном на рис. 2, если *P*2/*P*1 = 2, *T*1 = 280 К, *T*2 = 360 К.

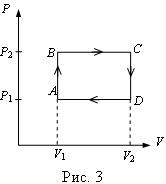
*Решение:*

Прежде всего, изобразим проведенный с газом процесс в координатах *PV* (рис.3).

Работа, совершенная газом, численно равна площади, ограниченной графиком процесса.

.

Пользуясь уравнением состояния идеального газа и замечая, что *P*A = *P*D = *P*1, находим:



,

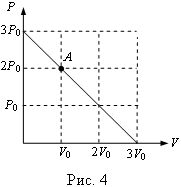
.

Далее получаем:



*Ответ:* 

**Задача 4.**

С одним молем идеального одноатомного газа проводят процесс, показанный на рис. 4. Найдите теплоемкость газа в точке *A*. В какой точке процесса теплоемкость максимальна?

*Решение:*

*Из определения теплоемкости, первого начала термодинамики и формулы внутренней энергии моля идеального газа находим*

.

Вычислим отношениев точке *А*заданного процесса. Для этого рассмотрим бесконечно малый участок процесса от точки *А* до близкой точки

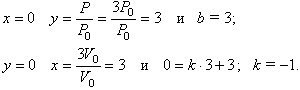
.

Очевидно, что для заданного процесса*P* и*V* имеют разные знаки.

Найдем аналитическое выражение процесса, представленного на рисунке. Очевидно, что он представляется линейной функцией вида

.

Введем обозначенияи. По данным графика заданного процесса имеем



Линейная зависимость принимает вид

.

|  |  |
| --- | --- |
| Таким образом, аналитическое уравнение представленного на рисунке процесса имеет вид | |
| . | (1) |
| В точке *A* | |
| . | (2) |
| В точке *B* | |
| . | (3) |
| Вычитая (2) из (3), получаем для малых приращений | |
| . | (4) |
| Далее из уравнения состояния моля идеального газа имеем | |
|  | (5) |
| . | (6) |
| Раскроем скобки и вычтем (5) из (6), пренебрегая при этом малой поправкой*P**V* | |
| . | (7) |
| Исключив из (4) и (7)*P*, находим | |
|  | (8) |
| Теплоемкость в точке *A* равна | |
| . | (9) |

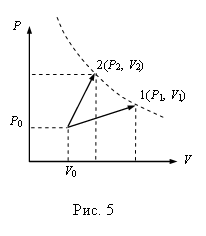
Подставляя в (9)окончательно получаем



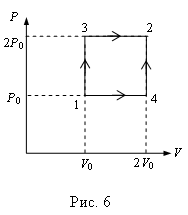
*Ответ:*.

График данного процесса касается изотермы в точке (1,5*P*0, 1,5*V*0). Теплоемкость газа в левой окрестности этой точки стремится к бесконечности, следовательно, максимальна.

***Задачи для самостоятельной работы***

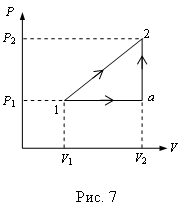
1. Над газом совершают два тепловых процесса, переводя его из одного и того же начального состояния и нагревая до одинаковой конечной температуры (рис. 5). При каком процессе газу сообщается большее количество теплоты?

*Ответ:* большее количество теплоты подводится в том процессе, где конечный объем газа больше.



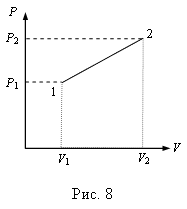
2. Один моль идеального газа, находящийся при нормальных условиях, переводят из состояния 1 в состояние 2 двумя способами: 1–>3–>2 и 1–>4–>2 (рис. 6). Найдите отношение количеств теплоты, которые необходимо сообщить 1 молю газа в этих двух процессах.

*Ответ:*



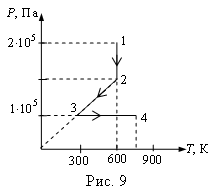
3. Некоторое количество одноатомного газа занимает объем *V*1 = 0,1 м3 при давлении *Р*1 = 2 ·105 Па. Если газ переходит из этого состояния в конечное состояние 2 сначала при изобарическом, а затем при изохорическом нагревании, то он совершает работу *А*1 = 4·104 Дж. Если же переход осуществляется непосредственно по прямой 1-2, то работа газа *А*2 = 5 ·104 Дж. Найдите давление и объем газа в конечном состоянии 2, а также количества теплоты, полученные газом в обоих случаях (рис. 7).

*Ответ: V=0,3*(м3), *P=3 ·105*(Па), *Q1=5,05 ·104*(Дж), *Q2=6,05 ·104*(Дж).



4. Идеальный одноатомный газ, занимавший при давлении *Р*1 = 105 Па объем *V*1 = 2 м3, расширяется таким образом, что график процесса расширения изображается на *PV*-диаграмме отрезком прямой (рис. 8). Найдите объем и давление газа в конце расширения, если известно, что газ в этом процессе получил количество теплоты *Q* = 3,5 ·105 Дж и совершил работу *А* = 1,1·105 Дж.

*Ответ: P*2 = 1,2 ·105 Па, *V*2 = 3 м2.



5. Четыре моля газа совершают процесс, изображенный на рис. 9. На каком участке работа газа максимальна?

*Ответ:* работа газа максимальна на участке 3-4.

***Рекомендуемая литература***

1. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Физика. Т. 3. Строение и свойства вещества. - М.: Физматлит: Лаборатория базовых знаний; СПб.: Невский диалект, 2001. - С. 131-147.
2. Белолипецкий С.Н., Еркович О.С., Казаковцева В.А. и др. Задачник по физике. - М.: Физматлит, 2005. - С. 81-92.
3. Готовцев В.В. Лучшие задачи по механике и термодинамике. - М.; Ростов н/Д: Издательский центр "Март", 2004. - С. 248-254.