

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ  
(ТУСУР)**

**Кафедра физики**

**ТЕРМОДИНАМИКА  
(Часть 1)**

**Сборник тестовых вопросов**

**2009**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ  
(ТУСУР)

Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. каф. физики

Е.М. Окс

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2009г.

Физика

ТЕРМОДИНАМИКА  
(Часть 1)

Сборник тестовых вопросов  
для самостоятельной работы и практических занятий  
студентов всех специальностей

Разработчики:  
Доценты кафедры физики

А.В. Лячин

А.Л. Магазинников

Л.В. Орловская

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2009г.

2009

Сборник включает в себя тестовые вопросы курса общей физики по разделу «Термодинамика» (Первое начало термодинамики. Изопроцессы. Теплоемкость). Может быть использован преподавателями для контроля знаний студентов и студентами для самостоятельной подготовки к контрольным работам и экзаменам.

### Вариант 1

1.1. Определите суммарную кинетическую энергию вращательного движения молекул, содержащихся в 1 моле водорода ( $H_2$ ) при  $18^\circ C$ .

Ответы: 1) 3,6 кДж; 2) 2,4 кДж; 3) 6,0 кДж.

1.2. Найдите *неверное* утверждение, касающееся удельных теплоемкостей газа  $C_p$  и  $C_v$ .

1) разность  $(C_p - C_v)$  численно равна работе, совершенной единицей массы газа при нагревании на  $1^\circ$  в условиях свободного расширения;

2)  $C_v$  численно равна изменению внутренней энергии единицы массы газа при нагревании на  $1^\circ$ ;

3)  $C_p$  численно равна изменению, внутренней энергии единицы массы газа при нагревании на  $1^\circ$ .

1.3. Какую работу совершает 1 моль идеального газа при изобарном нагревании на 1 К?

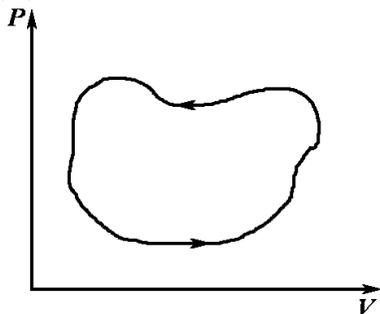
Ответы: 1) 8,31 кДж; 2)  $8,31 \cdot 10^3$  кДж;  
3) 831 Дж; 4) 8,31 Дж.

1.4. Некоторое количество газа нагрели при постоянном давлении, при этом газ получил тепло  $Q$  и совершил работу  $A$ . По какой из приведенных формул можно в этом случае подсчитать

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}.$$

Ответы: 1)  $\gamma = \frac{Q}{A}$ ; 2)  $\gamma = \frac{Q}{Q-A}$ ; 3)  $\gamma = \frac{Q-A}{A}$ .

1.5. Термодинамическая система совершила некоторый равновесный процесс, изображенный на рисунке. На какой вопрос вы ответите «нет»?



Ответы:

- 1) изменилась ли по завершении процесса внутренняя энергия;
- 2) совершила ли система работу;
- 3) изменялась ли в ходе процесса температура системы?

### Вариант 2

2.1. Согласно теореме о распределении энергии по степеням свободы на одну поступательную степень свободы приходится энергия:

- Ответы: 1)  $kT$ ;      2)  $\frac{1}{2}RT$ ;      3)  $\frac{i}{2}kT$ ;      4)  $RT$ ;  
 5)  $\frac{1}{2}kT$ ;      6)  $\frac{i}{2}RT$ ;      7)  $\frac{i}{2}R$ ;      8)  $\frac{i+2}{2}R$ .

2.2. Среди приведенных ниже утверждений выберите **верное**.  
Произведение  $PV \dots$

- 1) при адиабатическом сжатии уменьшается;
- 2) при изохорическом нагревании увеличивается;
- 3) при изобарическом сжатии увеличивается.

2.3. Какая работа совершается при нагревании 320 г кислорода на 10 К при постоянном давлении?

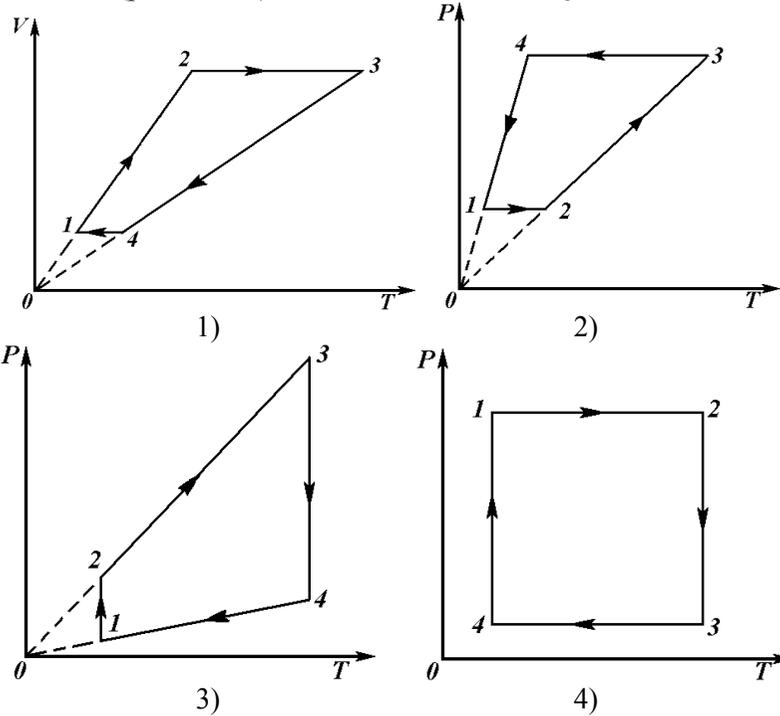
- Ответы: 1) 831 кДж;                      2) 8,31 Дж;  
 3) 831 Дж;                                4) 8,3 Дж.

2.4. Теплоемкости  $C_p$  и  $C_v$ , связаны соотношением  $C_p - C_v = R$ . В каких пунктах правильно расшифрованы значения  $C_p$  и  $C_v$ ?

- а)  $C_v$  – молярная теплоемкость (при постоянном объеме);
- б)  $C_v$  – удельная теплоемкость (при постоянном объеме);
- в)  $C_p$  – удельная теплоемкость (при постоянном давлении);
- г)  $C_p$  – молярная теплоемкость (при постоянном давлении).

- Ответы: 1) а, в;                                2) б, в;  
 3) а, г;                                        4) б, г.

2.5. На рис.1 изображен термодинамический цикл для идеального газа в координатах  $V, T$  (исходное состояние 1). Какой из циклов (рис. 2, 3, 4) совпадает с циклом на рис. 1?



### Вариант 3

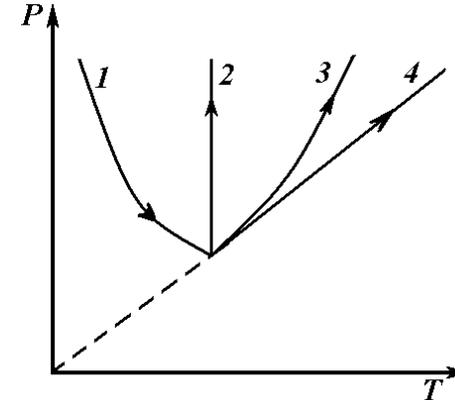
3.1. Какое из равенств выражает первое начало термодинамики для изохорического процесса?  $c_v$  – удельная теплоемкость.

- Ответы: 1)  $\delta Q = \delta A$ ; 2)  $\delta Q = dU + PdV$ ;  
3)  $\delta Q = mc_v dT$ .

3.2. Сколько степеней свободы имеет молекула, обладающая средней кинетической энергией теплового движения  $10^{-20}$  Дж при температуре  $7^\circ\text{C}$ ?

- Ответы: 1) 3; 2) 5; 3) 6; 4) 7.

3.3. Какой график соответствует адиабатическому процессу?



3.4. Какая теплоёмкость входит в выражение  $C_V = \frac{C_P - R}{\mu}$  ?

Ответы:

- 1)  $C_V$  – удельная теплоёмкость газа,  $C_P$  – молярная теплоёмкость газа;
- 2)  $C_V$  – молярная теплоёмкость газа,  $C_P$  – удельная теплоёмкость газа;
- 3)  $C_P$ ,  $C_V$  – удельные теплоёмкости газа.

3.5. Три газа  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ , находящиеся в разных сосудах, адиабатически сжимаются от состояния с температурой  $T_1$  и объемом  $V_1$  до объема  $V_2$ . Укажите соотношение между температурами газов в состоянии с объемом  $V_2$ .

- Ответы:
- 1)  $T(H_2) = T(N_2) = T(O_2)$ ;
  - 2)  $T(H_2) > T(N_2) > T(O_2)$ ;
  - 3)  $T(H_2) < T(N_2) < T(O_2)$ ;
  - 4)  $T(N_2) > T(O_2) > T(H_2)$ ;
  - 5)  $T(N_2) > T(H_2) > T(O_2)$ ;
  - 6)  $T(O_2) > T(N_2) < T(H_2)$ ;

#### Вариант 4

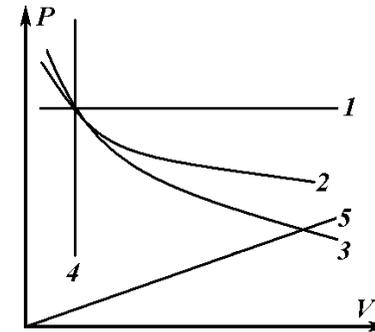
4.1. Какое из равенств выражает первое начало термодинамики для изобарического процесса?

- Ответы:
- 1)  $\delta Q = \delta A$ ;
  - 2)  $\delta Q = dU$ ;
  - 3)  $C_P = C_V + R$ ;
  - 4)  $\delta Q = dU + PdV$ .

4.2. Некоторое количество газа нагрели при постоянном давлении. По какой формуле можно посчитать  $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$  ?

- Ответы:
- 1)  $\gamma = \frac{Q}{A}$ ;
  - 2)  $\gamma = \frac{Q}{Q - A}$ ;
  - 3)  $\gamma = \frac{Q - A}{A}$ .

4.3. Какой график соответствует изотермическому процессу, если одна из кривых адиабата?



4.4. В сосуде объемом 2 л. находится газ под давлением 0,5 МПа. Чему равна суммарная кинетическая энергия поступательного движения молекул газа.

- Ответы:
- 1) 1 кДж;
  - 2) 5 кДж;
  - 3) 1,5 кДж;
  - 4) 0,5 кДж.

4.5. Теплоёмкость идеального газа при постоянном давлении всегда больше теплоемкости при постоянном объеме потому, что ...

а) при изобарическом процессе сообщенное тепло идет на увеличение внутренней энергии и совершение газом работы;

б) при изохорическом процессе не происходит изменения внутренней энергии;

в) при изобарическом процессе работа, совершаемая газом, численно равна изменению внутренней энергии;

г) при изохорическом процессе газ работы не совершает.

Указать номер ответа, позволяющего **полно** и **правильно** закончить начатое утверждение.

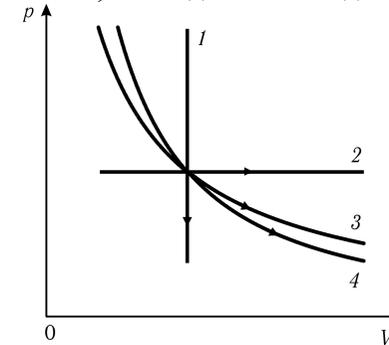
Ответ: 1) а; 2) б; 3) в; 4) г;  
5) а, г; 6) а, б; 7) в, г.

### Вариант 5

5.1. Определить, какую часть внутренней энергии молекулы кислорода составляет энергия её поступательного движения? Считать, что колебательные степени свободы не возбуждаются.

Ответы: 1)  $3/5$ ; 2)  $2/5$ ; 3) 1.

5.2. Какой из процессов 1, 2, 3, 4, указанных на рисунке, является изотермическим, если один из них адиабатический?



5.3. Один и тот же газ с помощью различных процессов переходит из состояния (1) в состояние (2). При этом он нагревается и расширяется до объема в два раза большего начального. При каком, из перечисленных ниже, процессов газ получил максимальное количество тепла?

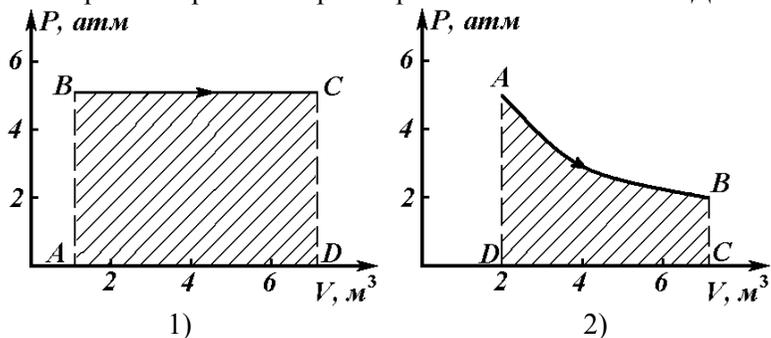
Ответы: 1) Изобарическом; 2) Изохорическом;  
3) Изотермическом; 4) Адиабатическом.

5.4. Выберите **наиболее полный правильный** вариант продолжения следующего предложения. Удельная теплоемкость идеального газа при изохорическом процессе зависит ...

Ответы:

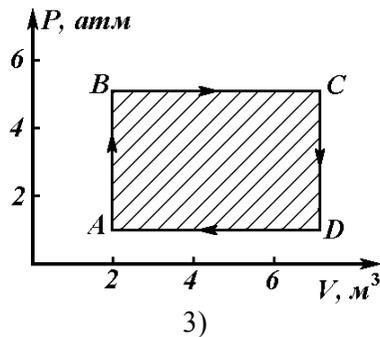
- 1) ...от числа молей в массе газа и от изменения температуры;
- 2) ...от молярной массы газа и от числа атомов в молекуле;
- 3) ...от количества сообщенного газу тепла во время процесса и от числа молей в массе газа;
- 4) ...от массы газа, полученного тепла в данном процессе и от изменения температуры.

5.5. На каком рисунке площадь фигуры  $ABCD$  численно равна работе при изобарическом расширении и составляет 3 МДж?



1)

2)



3)

### Вариант 6

6.1. Три газа He, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> адиабатически расширяются от состояния с давлением  $P_1$  и объемом  $V_1$  до объема  $V_2$ . В каком газе окончательное давление после расширения будет наибольшим, в каком – наименьшим?

Ответы:

- 1)  $P(\text{He})$  – наибольшее,  $P(\text{H}_2)$  – наименьшее;
- 2)  $P(\text{He})$  – наибольшее,  $P(\text{CO}_2)$  – наименьшее;
- 3)  $P(\text{CO}_2)$  – наибольшее,  $P(\text{He})$  – наименьшее;
- 4)  $P(\text{CO}_2)$  – наибольшее,  $P(\text{H}_2)$  – наименьшее;
- 5)  $P(\text{H}_2)$  – наибольшее,  $P(\text{CO}_2)$  – наименьшее;
- 6)  $P(\text{H}_2)$  – наибольшее,  $P(\text{He})$  – наименьшее.

6.2. Один моль гелия занимает объем 2 л при температуре 300 К. Один моль неона занимает объем 4 л при такой же температуре. Как соотносятся внутренние энергии этих газов?

Ответы:

- 1) Одинаковы;
- 2) Больше у гелия;
- 3) Больше у неона;
- 4) Для ответа недостаточно информации.

6.3. Термодинамическая система получила 100 Дж тепла и за счет этой энергии может перейти из состояния (1) в состояние (2). При каком из перечисленных ниже процессе внутренняя энергия газа максимально возрастет за счет полученной энергии?

Ответы:

- 1) Изотермическом;
- 2) Изохорическом;
- 3) Изобарическом;
- 4) Адиабатическом.

6.4. Из названных величин функцией процесса является:

- Ответы:
- 1) Работа;
  - 2) Внутренняя энергия;
  - 3) Энтропия;
  - 4) Ни одна из перечисленных величин.

6.5. Почему теплоёмкость газа при постоянном объёме меньше, чем теплоёмкость при постоянном давлении? Указать правильный ответ:

- 1) при изохорическом процессе всё тепло идёт на увеличение внутренней энергии;
- 2) при изохорическом процессе всё тепло идёт на совершение газом работы;
- 3) при изобарическом процессе всё тепло идёт на увеличение внутренней энергии.

Вариант 7

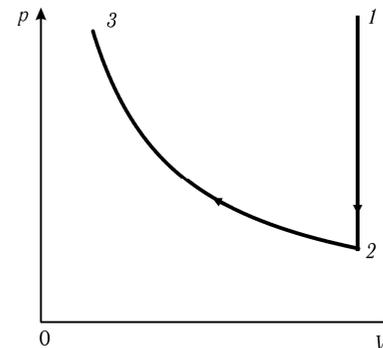
7.1. На основании теоремы о равномерном распределении энергии по степеням свободы среднюю энергию любой молекулы, имеющей  $i$  степеней свободы, находят по формуле:

- Ответы:
- |                       |                      |                      |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 1) $\frac{1}{2}kT$ ;  | 2) $\frac{i}{2}R$ ;  | 3) $\frac{1}{2}RT$ ; |
| 4) $\frac{i+2}{2}R$ ; | 5) $\frac{i}{2}kT$ ; | 6) $\frac{i}{2}RT$ . |

7.2. Для какого процесса первое начало термодинамики может быть записано в виде:  $\int \delta Q = \int dU$ ? Укажите **правильный** ответ.

- Ответы:
- 1) для изотермического процесса;
  - 2) для изобарического процесса;
  - 3) для изохорического процесса.

7.3. Термодинамическая система перешла из состояния (1) в состояние (2) изохорически так, что давление уменьшилось в два раза, затем – изотермически система перешла в состояние (3)



так, что газ был сжат до первоначального давления. В каком из перечисленных состояний температура газа максимальна?

- Ответы:
- 1) В первом состоянии;
  - 2) Во втором состоянии;
  - 3) В третьем состоянии;
  - 4) Для ответа недостаточно информации.

7.4. Определить удельную теплоёмкость гелия  $c_p$ , если его молярная теплоёмкость  $C_{\mu V} = 12,5$  кДж/(кмоль·К).

- Ответы: 1) 5,2 кДж/(К·кг); 2) 20,8 кДж/(К·кг);  
3) 1,2 кДж/(К·кг); 4) 11,4 кДж/(К·кг).

7.5. Некоторое количество идеального газа расширилось адиабатически, перейдя из состояния 1 в состояние 2. Какая из приведённых ниже формул позволяет подсчитать совершённую при этом работу?

Ответы:

- 1)  $A_{1-2} = \frac{m}{\mu} C_{\mu V} (T_1 - T_2)$ ; 2)  $A_{1-2} = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$ ;  
3)  $A_{1-2} = P(V_2 - V_1)$ ; 4)  $A_{1-2} = Q_{1-2} - \frac{m}{\mu} C_{\mu V} (T_2 - T_1)$ ,

где  $C_{\mu}$  – молярная теплоёмкость.

### Вариант 8

8.1. Один моль неона и один моль азота находятся при температуре 310 К в объеме 2 л каждый. Как соотносятся внутренние энергии этих газов?

- Ответы: 1) Больше у азота; 2) Больше у неона;  
3) Одинаковы;  
4) Для ответа недостаточно информации.

8.2. Для какого газового процесса первое начало термодинамики может быть записано в виде:  $\delta Q = \delta A$  ?

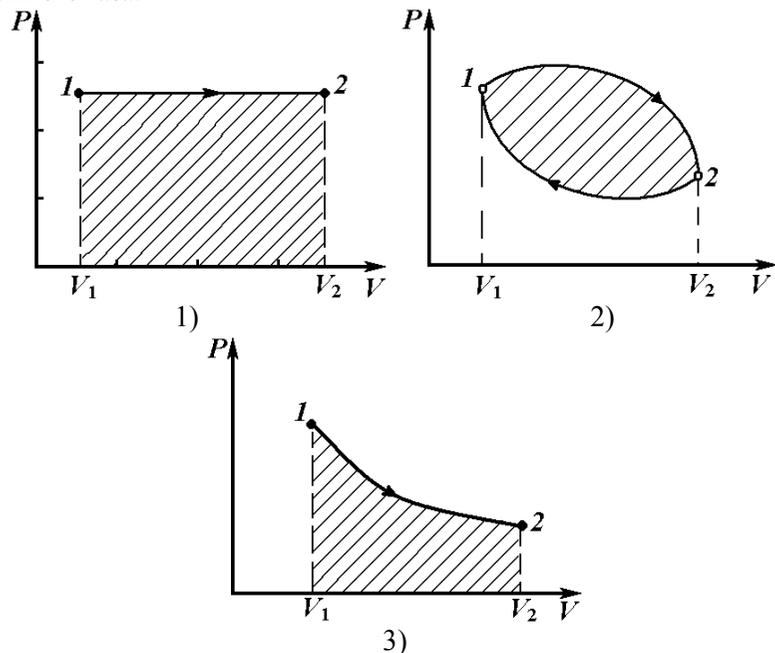
- Ответы: 1) для изохорического процесса;  
2) для изотермического процесса;  
3) для обратимых процессов.

8.3. Зависит ли удельная теплоёмкость идеального газа ...

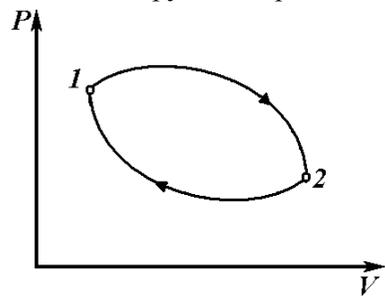
- а) от числа атомов в молекуле;  
б) от количества тепла, сообщенного газу в процессе нагревания;  
в) от молярной массы газа;  
г) от массы газа;  
д) от условий, при которых газ нагревается?  
На какие вопросы вы ответили «да»?

- Ответы: 1) а, б, в; 2) а, б, г; 3) а, б, д;  
4) а, в, д; 5) б, в, г; 6) б, г, д.

8.4. Указать номер рисунка, на котором заштрихованная площадь численно равна работе при изотермическом расширении идеального газа.



8.5. Термодинамическая система совершила некоторый равновесный круговой процесс, изображенный на рисунке.



- 1) оставалась ли неизменной в ходе процесса внутренняя энергия системы?
- 2) оставалась ли неизменной в ходе процесса теплоемкость системы?
- 3) была ли система изолирована от внешних тел?
- 4) менялся ли в ходе процесса

знак работы, совершаемой системой?

На какой вопрос вы ответили «да»?

### Вариант 9

9.1. В двух сосудах находятся различные газы: в одном – 5 молей гелия, в другом – 3 моля кислорода. Температура газов одинакова и равна 300 К. Как соотносятся внутренние энергии этих газов?

- Ответы: 1) Одинаковы; 2) Больше у кислорода;  
3) Больше у гелия;  
4) Для ответа недостаточно информации.

9.2. Некоторое количество газа расширилось адиабатически. По какой формуле можно рассчитать работу газа  $A$ ?  $C_V$ ,  $C_P$  – молярные теплоемкости.

- Ответы: 1)  $A = -\frac{m}{\mu} C_V \Delta T$ ; 2)  $A = \frac{m}{\mu} C_P \Delta T$ ;  
3)  $A = \frac{m}{\mu} C_V \Delta V$ , где  $\Delta T = T_2 - T_1$ ,  $\Delta V = V_2 - V_1$ .

9.3. Какая из названных величин является функцией состояния?

- Ответы: 1) Теплоемкость системы;  
2) Внутренняя энергия;  
3) Работа;  
4) Количество тепла, сообщенное газу.

9.4. Первое начало термодинамики для изохорического процесса:

- Ответы: 1)  $\delta Q = dU + pdV$ ; 2)  $\delta Q = 0$ ;  
3)  $\delta Q = dU$ ; 4)  $\delta Q = pdV$ .

9.5. Какой график на рис. 1 соответствует процессу  $a-b-v$ , изображенному на рис. 2?

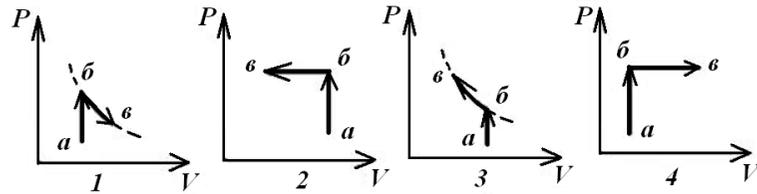


Рисунок 1

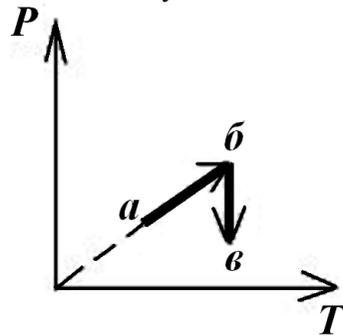


Рисунок 2

## Вариант 10

10.1. Внутренняя энергия одного моля одноатомного газа равна:

- Ответы: 1)  $\frac{5}{2}RT$ ; 2)  $\frac{3}{2}RT$ ;  
3)  $\frac{5}{2}kT$ ; 4)  $\frac{3}{2}kT$ .

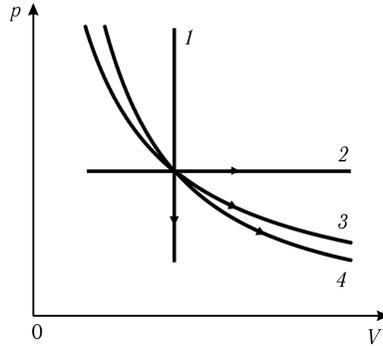
10.2. Молярная теплоёмкость некоторого идеального газа равна  $21 \text{ Дж}/(\text{К}\cdot\text{моль})$ . После нагревания газ занял объём  $8,31 \text{ л}$ , его температура повысилась до  $200 \text{ К}$ , а давление осталось постоянным и равным  $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Определите теплоёмкость данной массы газа.

- Ответы: 1)  $52,5 \text{ Дж}/\text{К}$ ;  
2)  $42,5 \text{ Дж}/\text{К}$ ;  
3)  $65,5 \text{ Дж}/\text{К}$ .

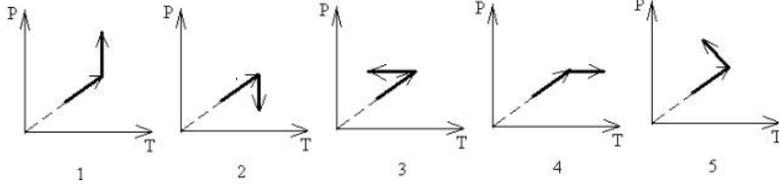
10.3. Один и тот же газ с помощью различных процессов может перейти из одного состояния в другое, при этом он совершает одинаковую работу. При каком, из перечисленных ниже, процессов газ получил максимальное количество тепла?

- Ответы: 1) Изотермическом;  
2) Изобарическом;  
3) Адиабатическом;  
4) Изохорическом.

10.4. Какой из процессов 1, 2, 3, 4, указанных на рисунке, идёт с выделением тепла?



10.5. Укажите на рисунке номер графика, состоящего из изохорического нагрева и изотермического расширения.



Вариант 11

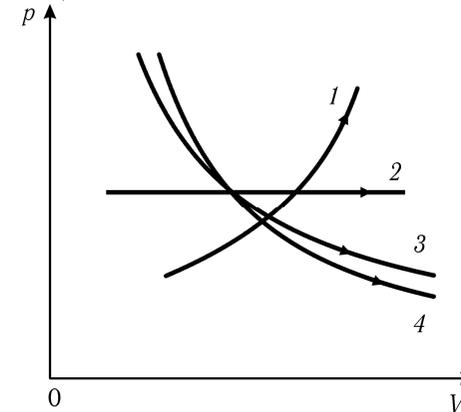
11.1. Чему равна средняя кинетическая энергия молекул кислорода при температуре  $T$  (при данной температуре колебательными движениями можно пренебречь), если величина  $kT = 2 \cdot 10^{-20}$  Дж?

Ответы: 1)  $2 \cdot 10^{-20}$  Дж; 2)  $10^{-20}$  Дж; 3) 5 Дж;  
4) 2 Дж; 5)  $5 \cdot 10^{-20}$  Дж.

11.2. Работа газа при изотермическом процессе определяется соотношением:

Ответы: 1)  $\frac{m}{M} R \Delta T$ ; 2)  $\frac{i}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$ ;  
3)  $\frac{m}{M} R T \ln \frac{V_2}{V_1}$ ; 4)  $A=0$ .

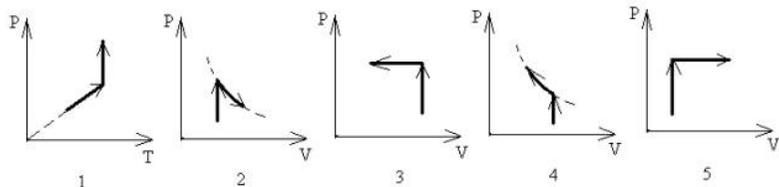
11.3. При каком из изображённых на рисунке процессов 1, 2, 3, 4 газу не сообщается тепло?



11.4. Молярная теплоемкость при постоянном объеме  $C_V$  некоторого газа, находящегося при нормальных условиях, равна  $20,775 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ . Этот газ...

- Ответы:
- 1) Одноатомный;
  - 2) Двухатомный;
  - 3) Многоатомный;
  - 4) Для ответа недостаточно информации.

11.5. Укажите на рисунке график процесса, состоящего из изохорического нагревания и изотермического сжатия.



### Вариант 12

12.1. Какое из приведенных выражений соответствует среднему значению энергии поступательного движения молекулы водяного пара?

- Ответы: 1)  $\frac{1}{2}kT$ ;    2)  $\frac{3}{2}kT$ ;    3)  $kT$ ;  
 4)  $\frac{5}{2}kT$ ;    5)  $\frac{6}{2}kT$ .

12.2. Одноатомный газ, находящийся под давлением  $0,3 \text{ МПа}$ , изобарически расширяется от  $2$  до  $7 \text{ см}^3$ . Определить изменение внутренней энергии газа.

- Ответы: 1)  $7,5 \text{ Дж}$ ;    2)  $3,75 \text{ Дж}$ ;    3)  $2,25 \text{ Дж}$ ;  
 4)  $0,75 \text{ Дж}$ ;    5)  $1,5 \text{ Дж}$ .

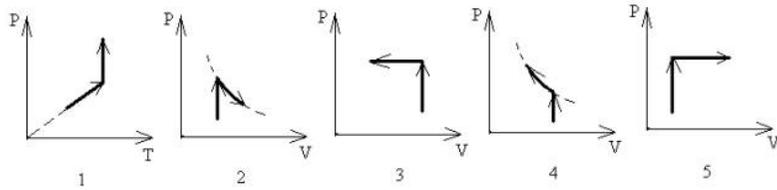
12.3. Какое утверждение может служить формулировкой первого начала термодинамики?

- 1) при любом круговом процессе система не может совершить работу, большую, чем количество, тепла, подведенное к ней извне;
- 2) тепло, подведенное к системе, затрачивается на изменение её внутренней энергии и на совершение системой работы;
- 3) невозможно такое периодически действующее устройство, единственным и конечным результатом которого было бы превращение внутренней энергии в механическую;
- 4) невозможно возникновение или уничтожение энергии.

12.4. К одноатомному идеальному газу было подведено тепло в количестве 21 кДж, в результате чего внутренняя энергия изменилась на 12,5 кДж. Определить молярную теплоёмкость газа.

Ответы: 1) 20,94 Дж/(К·моль);  
2) 18,65 Дж/(К·моль);  
3) 12,5 Дж/(К·моль)

12.5. Какой график на рисунке соответствует процессу, состоящему из изохорического нагревания и изобарического сжатия?



## Вариант 13

13.1. Формула, представляющая собой математическую запись первого начала термодинамики, имеет вид:

Ответы: 1)  $\delta Q = dU + \delta A$ ; 2)  $PV = (m/\mu)RT$ ;  
3)  $\delta Q = C \cdot m \cdot dT$ ; 4)  $\delta A = PdV$ ;  
5)  $P = nkT$ .

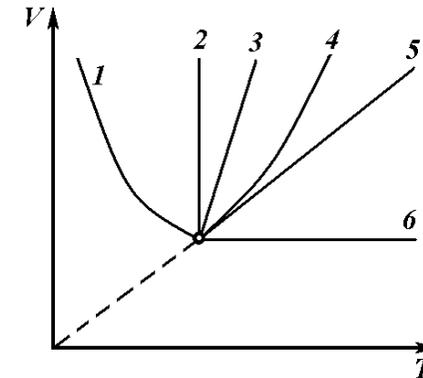
13.2. Зависит ли молярная теплоёмкость идеального газа от ...

- а) количества тепла, сообщённого газу в процессе нагревания?  
б) числа атомов в молекуле?  
в) молярной массы газа?  
г) массы газа?  
д) условий нагревания газа (нагревается ли газ при постоянном объёме, давлении и т.д.)?

На какие вопросы вы ответили «нет»?

Ответы: 1) а, б, г; 2) а, в, г; 3) б, в, г; 4) а, в, д;  
5) а, г, д; 6) а, б, в; 7) а, б, д; 8) в, г, д.

13.3. Укажите, какой из графиков является изобарой идеального газа.



13.4. Идеальный газ в количестве 0,4 моля, состоящий из одноатомных молекул, нагревают от  $T_1 = 250$  К до  $T_2 = 500$  К так, что в процессе нагрева  $PV^\gamma = \text{const}$ . Определить работу (в Дж), совершенную газом.

Ответы: 1) 2077,5; 2) 1246,5; 3) 1080,5;  
4) -2077,5; 5) -1246,5; 6) -1080,5.

13.5. Какой из графиков № 1–№ 4 на рисунке 2 соответствует процессу  $a-b-v$ , изображенному на рисунке 1?

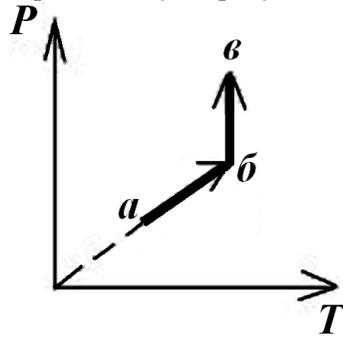


Рисунок 1

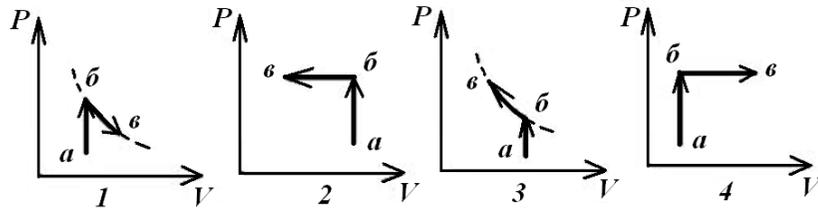


Рисунок 2

## Вариант 14

14.1. 10 молей идеального газа изобарически нагрели на 100 К. Вычислить работу, совершенную газом.

Ответы: 1) 8,31 кДж; 2) 21,8 кДж;  
3) 12,5 кДж; 4) 16,6 кДж.

14.2. Углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) при температуре  $87^\circ\text{C}$  адиабатически сжимают до  $1/20$  его начального объема. Определить конечную температуру (в кельвинах). Постоянную  $\gamma$  считать равной 1,30.

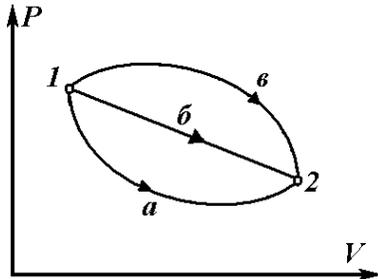
Ответы: 1) 717,03; 2) 884,32;  
3) 146,55; 4) 213,71.

14.3. Работа при изменении объема идеального газа может быть вычислена по формуле  $A = \int_{V_1}^{V_2} PdV$  (1). Чтобы вывести выражение для работы, совершаемой при изотермическом расширении, необходимо выразить  $P$  из уравнения ..., подставить это выражение в (1) и проинтегрировать в указанных пределах.

$$\begin{aligned} 1) & PV^\gamma = \text{const}; & 2) & PV^n = \text{const}; \\ 3) & \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}; & 4) & PV = \frac{m}{\mu}RT. \end{aligned}$$

Назвать номер уравнения, которое необходимо вставить в пропущенное место, чтобы утверждение было **верным**.

14.4. На рисунке представлены три пути ( $a$ ,  $b$ ,  $v$ ) перехода газа из состояния 1 в состояние 2. При каком переходе система получает наибольшее количество тепла, при каком – наименьшее?



Ответы:

- 1)  $v$  – наибольшее,  $a$  – наименьшее;
- 2)  $v$  – наименьшее,  $a$  – наибольшее;
- 3)  $v$  – наибольшее,  $b$  – наименьшее;
- 4)  $v$  – наименьшее,  $b$  – наибольшее;
- 5)  $a$  – наибольшее,  $b$  – наименьшее;
- 6)  $a$  – наименьшее,  $b$  – наибольшее;
- 7) количество тепла, получаемое системой, не зависит от пути перехода системы из состояния 1 в состояние 2.

14.5. В каком процессе передача количества теплоты идеальному газу происходит таким образом, что в любой момент переданное количество теплоты равно изменению внутренней энергии:

- Ответы: 1) адиабатическом; 2) изотермическом;  
3) изобарическом; 4) изохорическом;  
5) такой процесс невозможен.

### Вариант 15

15.1. Внутренняя энергия тела может изменяться ...:

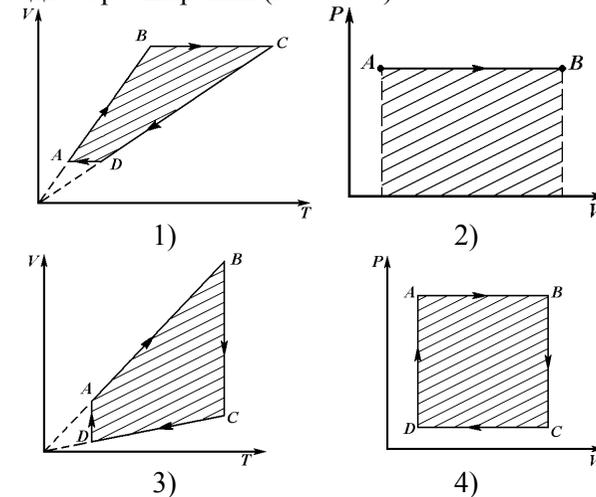
- а) при передаче телу некоторого количества теплоты;
- б) при совершении над телом механической работы;
- в) при изменении кинетической и потенциальной энергии тела как целого;
- г) при передаче телу теплоты и при совершении над ним работы;
- д) при изменении агрегатного состояния вещества.

- Ответы: 1) а, б, в; 2) а, б, г; 3) г, д;  
4) в, г; 5) а, б, в, г, д.

15.2. Кислород нагревают изохорически. Определить его удельную теплоёмкость. Считать, что колебательные степени свободы не возбуждаются.

- Ответы: 1) 20,775 Дж/(К·кг); 2) 389,5 Дж/(К·кг);  
3) 649,2 Дж/(К·кг).

15.3. Указать номер рисунка, на котором площадь фигуры  $ABCD$  численно равна работе, совершаемой идеальным газом при свободном расширении ( $P = const$ ).



15.4. Указать номер *неверного* утверждения.

1) теплоёмкость идеального газа при  $V = const$  всегда меньше, чем теплоёмкость при  $P = const$ ;

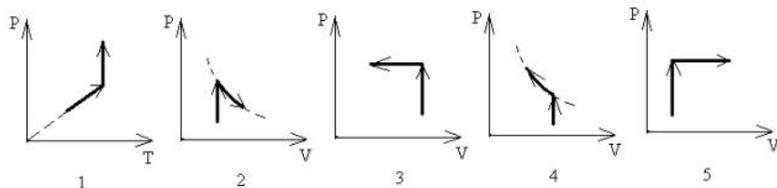
2) теплоёмкость идеального газа численно равна количеству теплоты, которое необходимо сообщить газу, чтобы повысить его температуру на 1 градус;

3) теплоёмкость идеального газа не может быть равной нулю при  $P = const$ ;

4) выражение  $C_p - C_v = R/\mu$  записано для удельных теплоёмкостей;

5) выражение  $\gamma = C_p / C_v$  справедливо только для молярных теплоёмкостей.

15.5. Укажите на рисунке график процесса, состоящего из изохорического нагрева и изотермического расширения.



Вариант 16

16.1. Какие утверждения о теплоемкостях идеального газа *верны*?

а) удельная теплоемкость определяется по формуле  $c = \frac{\delta Q}{\mu \cdot dT}$ ,

где  $\mu$  – молярная масса;

б) удельная теплоемкость при постоянном объеме равна  $c_v = \frac{dU}{m \cdot dT}$ ;

в) удельная теплоемкость  $c_p$  при постоянном давлении больше, чем удельная теплоемкость  $c_v$  при постоянном объеме на  $R$  – универсальную газовую постоянную;

г) молярная теплоемкость  $C_p$  определяется по формуле  $C_p = \frac{i+2}{2} R$ , где  $i$  – число степеней свободы;

д) отношение удельных теплоемкостей  $c_p/c_v$  рассчитывается по формуле:  $\frac{c_p}{c_v} = \frac{i+2}{i}$ .

Ответы: 1) а, б, в; 2) а, б, г; 3) а, в, г; 4) а, в, д;  
5) б, в, д; 6) б, в, г; 7) б, г, д; 8) в, г, д.

16.2. Двухатомный газ находится в закрытом баллоне объемом 5 л под давлением 0,2 МПа. После нагрева давление увеличилось в 4 раза. Определить количество теплоты, переданное газу. Считать, что колебательные степени не возбуждены.

Ответы: 1) 2,5 кДж; 2) 4,5 кДж;  
3) 5 кДж; 4) 7,5 кДж.

16.3. Для подсчёта работы, совершаемой идеальным газом при адиабатическом расширении, можно использовать формулу

$$A_{1-2} = \frac{P_1 V_1}{\gamma - 1} \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right).$$

Чтобы перейти в этой формуле от соотношения температур к отношению давлений или объёмов, необходимо воспользоваться уравнением ... или ... (соответственно).

а)  $PV^\gamma = const$ ;      б)  $PV = \frac{m}{\mu} RT$       в)  $PV^n = const$

г)  $P^{-\frac{1}{\gamma}} T = const$ ;      д)  $V^{\gamma-1} T = const$ ,  
где  $\gamma = C_p / C_v$ ,  $n = 0; 1$ .

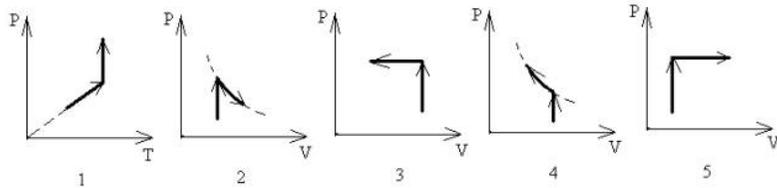
Указать номер ответа, позволяющего правильно заполнить пропущенные в утверждении места.

Ответы:    1) а, г;            2) б, г;            3) в, д;            4) г, д.

16.4. Если над системой внешними силами совершена работа  $\delta A$  и системе передано количество теплоты  $\delta Q$ , то изменение внутренней энергии  $dU$  системы равно:

Ответы:    1)  $dU = \delta A$ ;      2)  $dU = \delta Q$ ;      3)  $dU = \delta A + \delta Q$ ;  
4)  $dU = \delta A - \delta Q$ ;      5)  $dU = \delta Q - \delta A$ .

16.5. Укажите на рисунке график процесса, состоящего из изохорического нагревания и изобарического расширения.



### Вариант 17

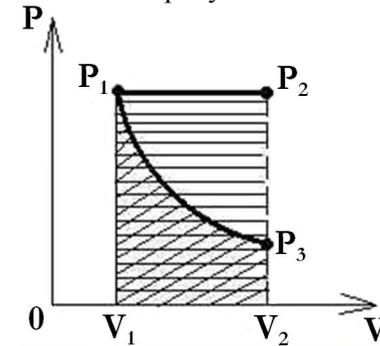
17.1. Из начального состояния  $(P_1, V_1)$  идеальный газ расширяется до объёма  $V_2$ . Расширение может происходить изобарически (а), изотермически (б) и адиабатически (в). В каком случае конечная температура  $(T_2)$  будет наибольшей, в каком – наименьшей?

- Ответы:    1) а – наибольшая, б – наименьшая;  
2) б – наибольшая, а – наименьшая;  
3) а – наибольшая, в – наименьшая;  
4) в – наибольшая, а – наименьшая;  
5) б – наибольшая, в – наименьшая;  
6) в – наибольшая, б – наименьшая.

17.2. Идеальный газ получил количество теплоты 600 Дж и совершил работу 300 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?

- Ответы:    1) +300 Дж;            2) +900 Дж;  
3) –300 Дж;            4) –900 Дж;  
5) внутренняя энергия газа не изменилась.

17.3. На рисунке показаны (различной штриховкой) площади, выражающие работу, совершенную газом, при изобарическом и изотермическом расширениях от объёма  $V_1$  до объёма  $V_2$ . При этом исходные состояния газа в обоих случаях взяты одинаковыми. Укажите **правильные** утверждения из приведенных ниже:



Укажите **правильные** утверждения из приведенных ниже:

- а) Площадь  $V_1 P_1 P_2 V_2$  соответствует работе изобарического расширения, а площадь  $V_1 P_1 P_3 V_2$  – работе изотермического расширения.  
б) Работа изотермического расширения газа совершается за счет убыли его внутренней энергии.

в) При изотермическом расширении газа внутренняя энергия не изменяется, и работа совершается за счет количества теплоты, полученного извне.

г) При изобарическом расширении газа увеличивается только его внутренняя энергия.

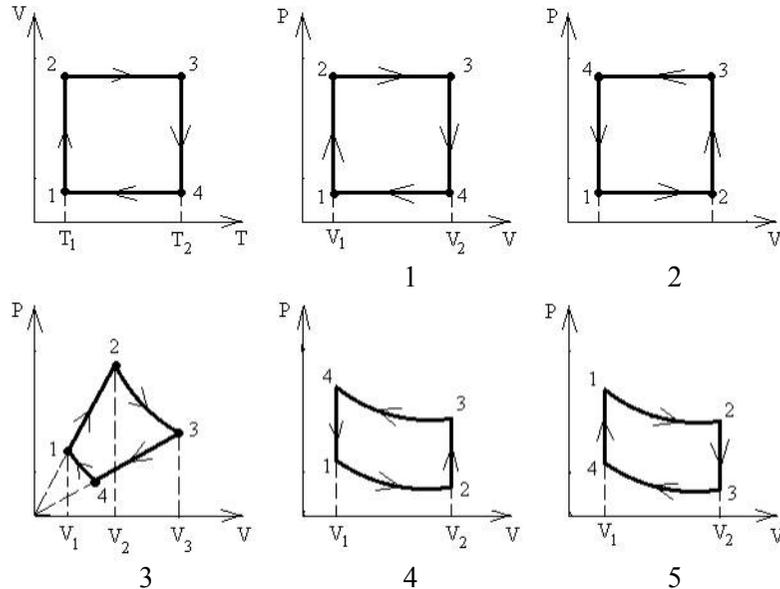
д) Количество теплоты, подводимое к газу при его изобарическом расширении, расходуется частично на приращение внутренней энергии, частично на работу, совершаемую газом.

Ответы: 1) а, б, г; 2) а, б, д; 3) а, г, д;  
4) а, в, д; 5) а, в, г.

17.4. В каких единицах измеряется молярная теплоемкость в системе СИ?

Ответы: 1) Дж/кг; 2) Дж/кг·К; 3) Дж/моль·К;  
4) Дж/К; 5) Дж/моль·кг.

17.5 Газ совершает изотермически-изохорный процесс 1–2–3–4–1 (см. рисунок). На каком из пяти приведенных графиков правильно изображен этот цикл в переменных  $P$  и  $V$ ?



### Вариант 18

18.1. Газ нагревают, при этом его температура увеличивается на  $\Delta T$ . Делают это два раза: один раз при постоянном объеме газа, другой – при постоянном давлении. Что можно сказать о количестве теплоты, которое нужно затратить на нагревание газа? Выберите **верные** высказывания.

а) В обоих случаях на нагревание газа необходимо затратить одинаковое количество теплоты.

б) Для нагревания газа при  $V = const$  необходимо затратить большее количество теплоты.

в) Большее количество теплоты затрачивается на нагревание газа при  $P = const$ .

г) При изохорическом нагревании газа требуется меньшее количество теплоты, так как при этом не совершается работа.

д) Так как при изобарическом нагревании газа требуется большее количество теплоты, то удельная теплоемкость  $C_p$  больше, чем удельная теплоемкость  $C_v$ .

Ответы: 1) а, б, в; 2) а, б, г; 3) а, б, д; 4) б, в, г;  
5) б, в, д; 6) в, г, д; 7) а, в, д; 8) а, в, г.

18.2. Как называется процесс очень быстрого расширения или сжатия газа?

Ответы: 1) изобарический; 2) изотермический;  
3) адиабатический; 4) изохорический.

18.3. На рисунках представлены процессы изотермического (1) и адиабатического (2) расширения идеального газа от первоначального объема  $V_1$  до объема  $V_2$ . Укажите **правильные** утверждения из приведенных ниже:

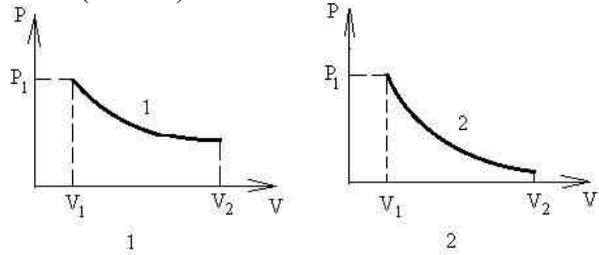
а) Работа, произведенная газом при изотермическом расширении больше, чем при адиабатическом.

б) При изотермическом расширении работа совершается за счет убыли внутренней энергии.

в) Внутренняя энергия газа при адиабатическом расширении не изменяется.

г) Изменение внутренней энергии при изотермическом расширении равно нулю ( $\Delta U = 0$ ).

д) При адиабатическом расширении газа внутренняя энергия уменьшается ( $\Delta U < 0$ ).

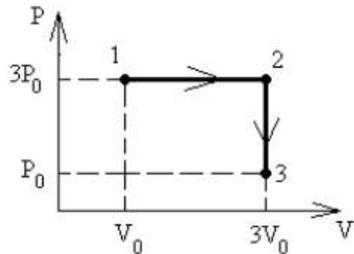


Ответы: 1) а, б, в; 2) а, б, д; 3) а, г, д; 4) а, в, г.

18.4. При адиабатном расширении газ совершил работу 500 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?

Ответы: 1) увеличилась на 500 Дж;  
2) уменьшилась на 500 Дж;  
3) увеличилась на 250 Дж;  
4) уменьшилась на 250 Дж;  
5) внутренняя энергия газа не изменилась.

18.5 Идеальный газ переведен из состояния 1 в состояние 3 в ходе двух процессов (см. рисунок). Начальная ( $T_1$ ) и конечная ( $T_3$ ) температуры газа связаны между собой соотношением:



Ответы:

1)  $T_3 = 3T_1$ ;  
2)  $T_3 = 2T_1$ ;  
3)  $T_3 = 1/3 \cdot T_1$ ;  
4)  $T_3 = 1/2 \cdot T_1$ ;  
5)  $T_3 = T_1$ .

### Вариант 19

19.1. Какая формула определяет молярную теплоемкость при постоянном давлении?

Ответы: 1)  $C = \frac{\delta Q}{m \cdot dT}$ ; 2)  $C = \frac{i}{2} R$ ;  
3)  $C = \frac{i+2}{2} R$ ; 4)  $C = \frac{\delta Q}{dT}$ .

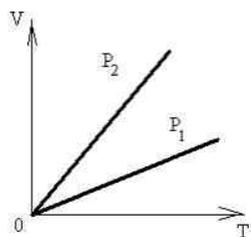
19.2. Как выглядит уравнение Пуассона через параметры состояния  $T$  и  $V$ ?

Ответы: 1)  $PV = \frac{m}{\mu} RT$ ; 2)  $PV = const$ ; 3)  $PV = nKT$ ;  
4)  $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$ ; 5)  $PV = \frac{N}{N_A} RT$ .

19.3. Газ отдает количество тепла 300 Дж и совершает работу 100 Дж. Чему равно изменение внутренней энергии газа?

Ответы: 1) 200 Дж; 2) 300 Дж; 3) 400 Дж;  
4) 0 Дж; 5) -200 Дж; 6) -300 Дж;  
7) -400 Дж.

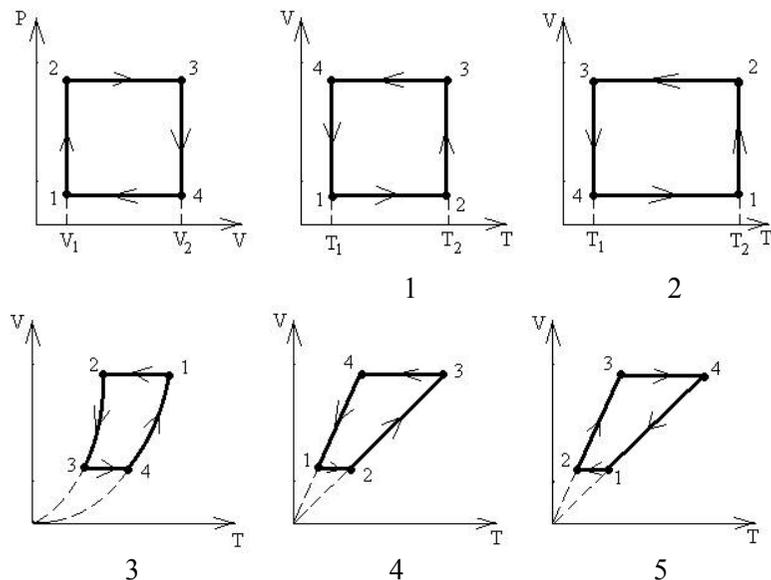
19.4. На рисунке в координатах  $V$  и  $T$  изображены две изобары, одна из которых соответствует давлению  $P_1$ , другая  $P_2$ . Найдите **все неверные** утверждения:



- давление  $P_2$  больше, чем  $P_1$ ;
- давление  $P_1$  больше, чем  $P_2$ ;
- при одном и том же значении температуры объемы  $V_1$  и  $V_2$  также одинаковы;
- тангенс угла наклона изобары обратно пропорционален  $P$ ;

Ответы: 1) а, в; 2) б, в, г; 3) б, г;  
4) а, в, г; 5) в, г; 6) а, г.

19.5. Газ совершает изохорно – изобарический цикл 1–2–3–4–1. Какому из графиков, приведенных на рисунке, соответствует зависимость  $V$  от  $T$  для этого цикла?



### Вариант 20

20.1. Разность удельных теплоемкостей  $c_p$  и  $c_v$  некоторого газа равна  $2077,5$  Дж/(кг·К). Определить молярную массу газа. Какой это газ?

Ответы:

- водород  $\mu(\text{H}_2) = 2 \cdot 10^{-3}$  кг/моль;
- гелий  $\mu(\text{He}) = 4 \cdot 10^{-3}$  кг/моль;
- кислород  $\mu(\text{O}_2) = 32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль;
- азот  $\mu(\text{N}_2) = 28 \cdot 10^{-3}$  кг/моль;
- неон  $\mu(\text{Ne}) = 20 \cdot 10^{-3}$  кг/моль;
- аргон  $\mu(\text{Ar}) = 40 \cdot 10^{-3}$  кг/моль.

20.2. По какой формуле определяется работа при адиабатическом процессе?

- Ответы: 1)  $A = P\Delta V$ ; 2)  $A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$ ;  
3)  $A = -\frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R\Delta T$ ; 4)  $A = V\Delta P$ ;  
5)  $A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{P_1}{P_2}$ .

20.3. На приведенных на рис. 1 и 2 графиках изображены изобарический, изохорический и изотермический процессы. Какие утверждения **верны**:

- цифрами 2 на обоих рисунках обозначен изохорический процесс;
- цифрами 1 на графиках обозначен изобарический процесс;
- изобарический процесс на рис. 1 соответствует линии 1, а на рис. 2 – линии 3;
- изохорический процесс на рис. 1 соответствует линии 2, а на рис. 2 – линии 1;

д) изотермическому процессу соответствуют линии 3 на обоих рисунках?

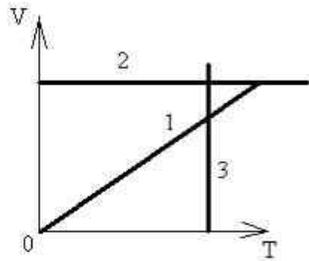


Рисунок 1

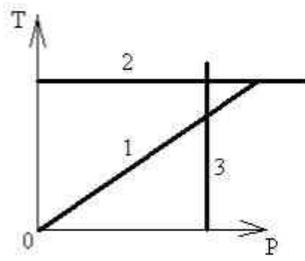


Рисунок 2

Ответы: 1) а, б, д;  
3) б, г;

2) а, в, д;  
4) в, г.

20.4. При изобарном расширении при давлении  $P = 10^5$  Па объём идеального одноатомного газа увеличился на 1 л. Чему равно количество теплоты, сообщённое газу?

Ответы: 1)  $10^5$  Дж;  
3) 250 Дж;

2) 100 Дж;  
4) 250 кДж.

20.5. Как изменяется внутренняя энергия газа при адиабатическом расширении? Изменение внутренней энергии равно:

- 1) количеству теплоты, полученному газом;
- 2) работе, совершаемой газом;
- 3) работе внешних сил над газом;
- 4) не изменяется;
- 5) количеству теплоты, отданному газом.

• Таблица. Выражения для работы и теплоты в основных процессах с идеальным газом

Процесс	Работа	Теплота	Уравнение состояния газа
1. Изохорический ( $V = \text{const}$ )	0	$\nu C_V \Delta T$	$\frac{P}{T} = \text{const}$
2. Изобарический ( $p = \text{const}$ )	$\frac{P \Delta V}{\nu R \Delta T}$	$\nu C_P \Delta T$	$\frac{V}{T} = \text{const}$
3. Изотермический ( $T = \text{const}$ )	$\nu R T \ln \frac{V_2}{V_1}$ $\nu R T \ln \frac{P_1}{P_2}$	$\nu R T \ln \frac{V_2}{V_1}$ $\nu R T \ln \frac{P_1}{P_2}$	$PV = \text{const}$
4. Адиабатический ( $Q = 0$ )	$-\nu C_V \Delta T$	0	$PV^\gamma = \text{const}^*$ $TV^{\gamma-1} = \text{const}$ $TP^{(1-\gamma)/\gamma} = \text{const}$
5. Политропический ( $C = C_n = \text{const}$ )	$\nu(C_n - C_V)\Delta T$	$\nu C_n \Delta T$	$PV^n = \text{const}^{**}$ $TV^{n-1} = \text{const}$ $TP^{(1-n)/n} = \text{const}$

$$* \gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

$$** n = \frac{C_n - C_P}{C_n - C_V}$$

- Некоторые постоянные величины
  - Постоянная Больцмана:  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К;
  - Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль К)
- Постоянные  $\gamma$

Газ	$\gamma$
H <sub>2</sub>	1,41
N <sub>2</sub>	1,40
O <sub>2</sub>	1,40
CO <sub>2</sub>	1,30
H <sub>2</sub> O	1,32
Воздух	1,40