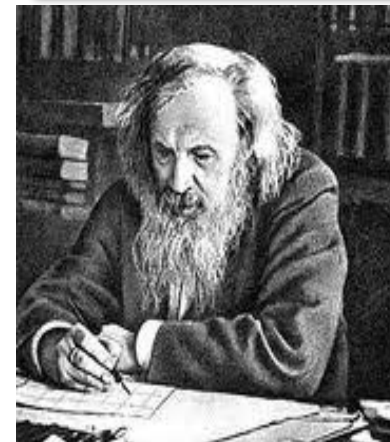








# УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА. ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ



**Автор:** Бахтина Ирина Владимировна, учитель физики  
МБОУ «СОШ №3 г. Новый Оскол Белгородской области

# СОДЕРЖАНИЕ

- Уравнение состояния идеального газа ..... 
- Понятие изопроцесса ..... 
- Изотермический процесс..... 
- Изобарный процесс ..... 
- Изохорный процесс ..... 
- Тестовые задания ..... 

Зависимость давления идеального (достаточно разреженного) газа от температуры и концентрации его молекул имеет вид:  $p = nkT$

Попытаемся получить на основе этой зависимости уравнение, связывающее все три макроскопических параметра, характеризующие состояние идеального газа:  $p, V, T$

$$p = nkT \quad n = \frac{N}{V} \quad p = \frac{N}{V}kT \quad N = \frac{m}{M} N_A \quad p = \frac{1}{V} \frac{m}{M} N_A kT$$

обе части уравнения умножим на  $V$ , получим:  $pV = \frac{m}{M} N_A kT$

$$N_A k = R = 6,02 \times 10^{23} \text{1/моль} \times 1,38 \times 10^{-23} \text{ Дж/К} = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

**$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$**  – универсальная газовая постоянная

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

уравнение состояния  
идеального газа

Запишем уравнение состояния  $pV = \frac{m}{M} RT$  в виде  $\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$

Выберем газ с молярной массой  $M$  и рассмотрим два его состояния в закрытом сосуде ( $m = \text{const}$ )

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$$

Two arrows point from the left equation to two equations in the middle, each enclosed in a blue circle:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{m}{M} R$$
$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{m}{M} R$$

Two arrows point from these two equations to a final equation on the right:

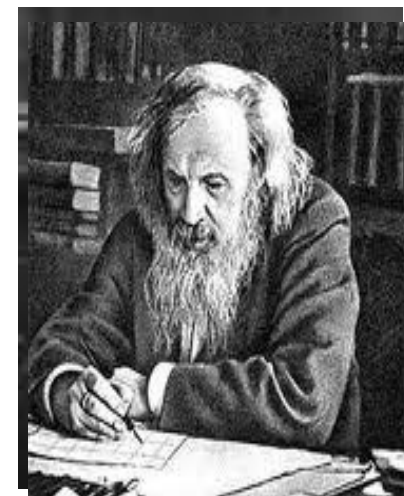
$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \text{const} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

уравнение Б. Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

получил Д.И. Менделеев  
уравнение Менделеева - Клапейрона



С помощью уравнения состояния можно исследовать процессы, в которых масса газа постоянна:  $m = \text{const}$

Количественные зависимости между двумя параметрами газа при неизменном значении третьего параметра называют газовыми законами.

Процессы, протекающие при неизменном значении одного из параметров:  $p$ ,  $V$ ,  $T$  - называют изопроцессами.



процесс	закон	графики	термодинамика
$m = \text{const}$			

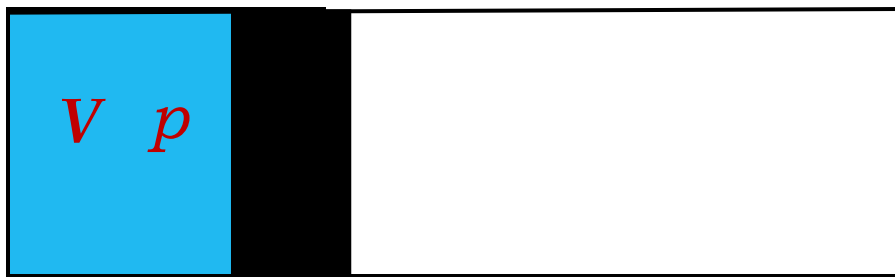
# ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Процесс изменения состояния газа при постоянной температуре называют **ИЗОТЕРМИЧЕСКИМ**

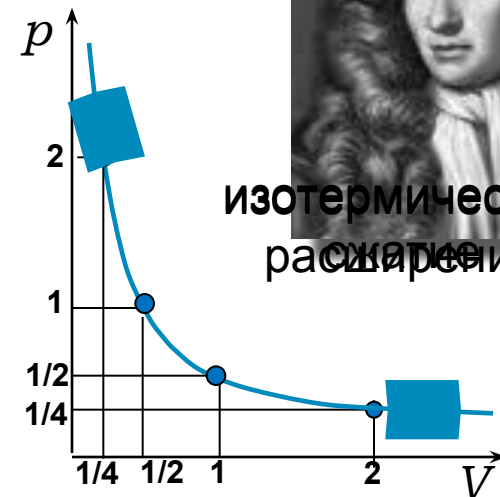
$$\left. \frac{pV}{T} = const \right\} \text{ при } T = const \quad pV = const$$

Закон Бойля – Мариотта: для газа данной массы произведение давления на объем постоянно, если температура не меняется

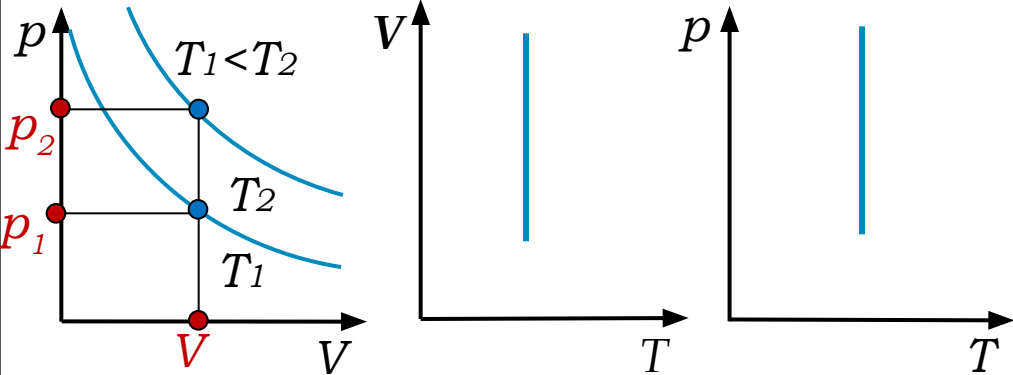
Пример: медленное расширение (сжатие) воздуха под поршнем в сосуде



$$p_1 V_1$$



# ИЗОПРОЦЕССЫ В ГАЗАХ

процесс $m = const$	закон	графики	термо- динамика
изотерми- ческий $T = const$	Бойля - Мариотта $p_1 V_1 = p_2 V_2$	<b>изотермы</b> 	

**ВАЖНО:** из двух изотерм в координатах  $pV$  выше расположена та, на которой температура больше.

Из графиков видно, что при фиксированном значении  $V$   $p_1 < p_2$ , что возможно лишь при  $T_1 < T_2$



# ИЗОБАРНЫЙ ПРОЦЕСС

Процесс изменения состояния газа при постоянном давлении называют **ИЗОБАРНЫМ**

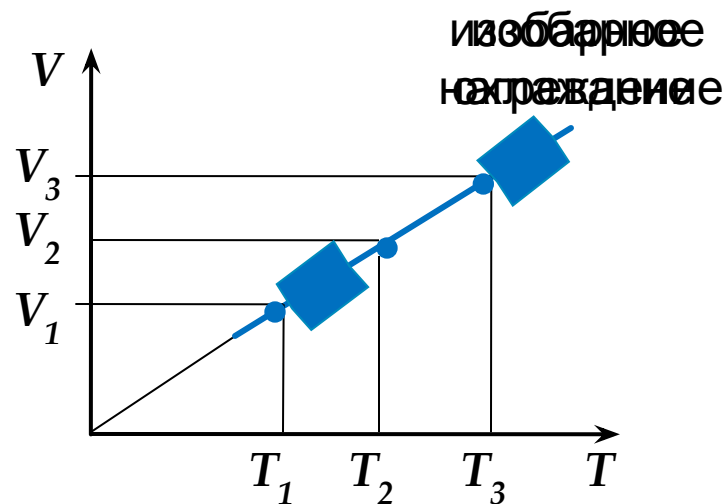
$$\left. \frac{pV}{T} = const \right\} \text{ при } p = const \quad \frac{V}{T} = const$$



Закон Гей-Люссака: для газа данной массы отношение объема к температуре постоянно, если давление газа не меняется

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Пример: расширение газа при нагревании в сосуде с подвижным поршнем при  $p_{атм} = const$





# ИЗОПРОЦЕССЫ В ГАЗАХ

процесс $m = const$	закон	графики	термо- динамика
изобарный $p = const$	Гей - Люссака  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	<p><b>изобары</b></p>	

**ВАЖНО:** из двух изобар в координатах  $V-T$  выше расположена та, на которой давление меньше.

Из графиков видно, что при фиксированном значении  $T$   $V_1 < V_2$ , что возможно лишь при  $p_1 > p_2$



# ИЗОХОРНЫЙ ПРОЦЕСС

Процесс изменения состояния газа при постоянном объеме называют **ИЗОХОРНЫМ**

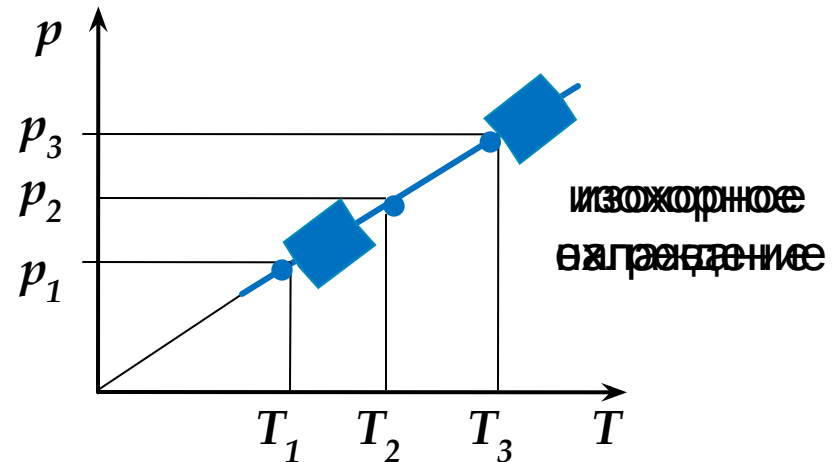
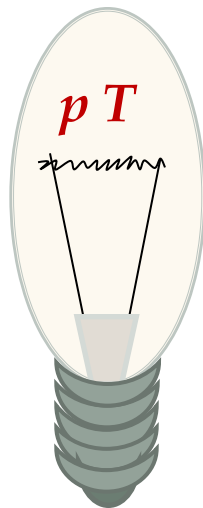
$$\left. \frac{pV}{T} = \text{const} \right\} \text{ при } V = \text{const} \quad \frac{p}{T} = \text{const}$$

Закон Шарля: для газа данной массы отношение давления к температуре постоянно, если объем газа не меняется

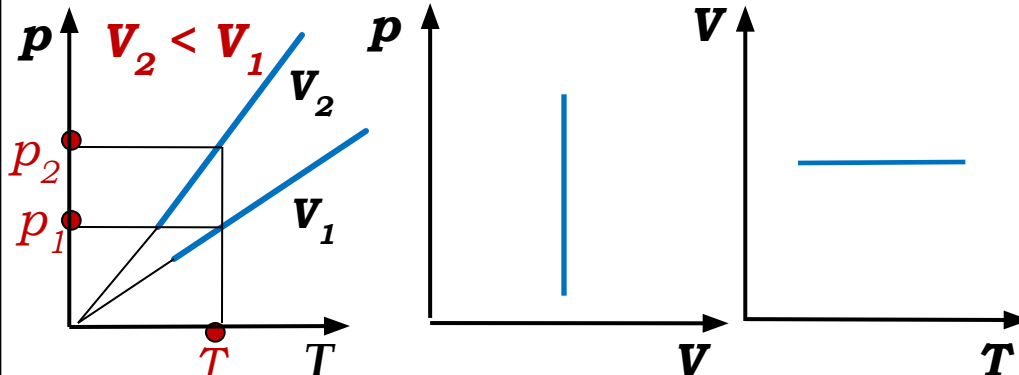


$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Пример: нагревание газа в лампочке накаливания при ее включении  $V = \text{const}$



# ИЗОПРОЦЕССЫ В ГАЗАХ

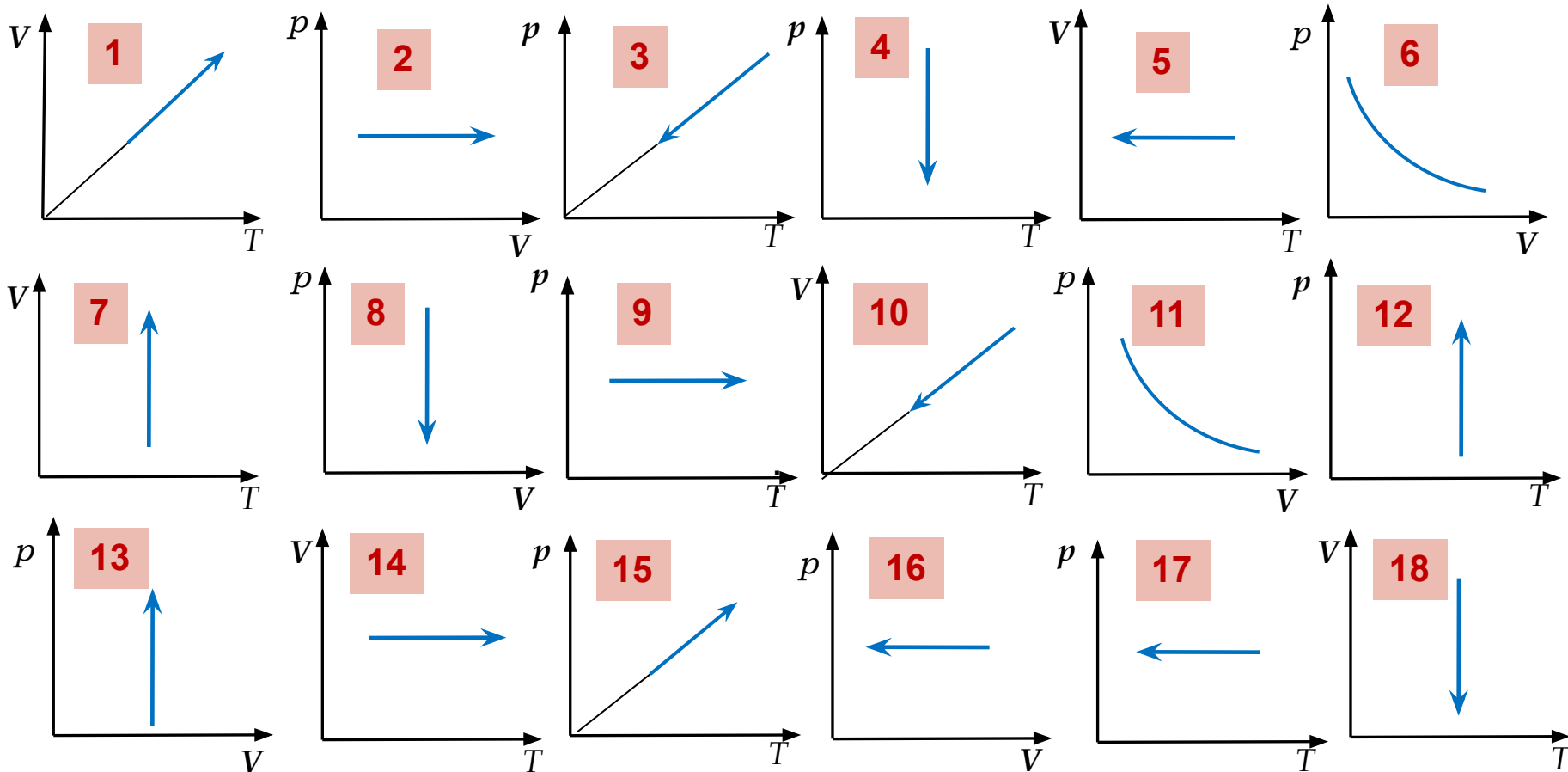
процесс $m = const$	закон	графики	термо- динамика
изохорный $V = const$	Шарля $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$	Изохоры 	

**ВАЖНО:** из двух изохор в координатах  $pT$  выше расположена та, на которой объем меньше.

Из графиков видно, что при фиксированном значении  $T$   $p_1 < p_2$ , что возможно лишь при  $V_2 < V_1$ .



Расположите номера процессов в соответствующие колонки таблицы



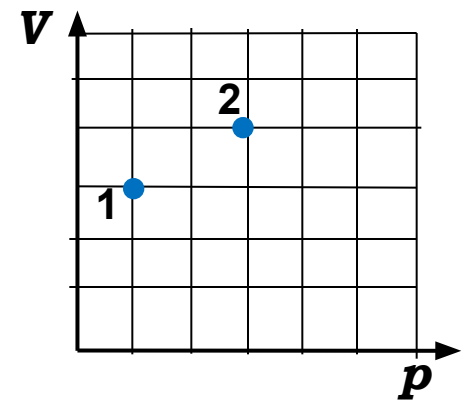
изохорное		изотермическое		изобарное	
нагревание	охлаждение	расширение	сжатие	нагревание	охлаждение
13, 14, 15	3, 5, 8	4, 6, 7	11, 12, 18	1, 2, 9	10, 16, 17

- В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Как изменится температура газа, если он перейдет из состояния 1 в состояние 2 ?

0 баллов

1 балл

- 1  $T_2 = 4 T_1$   
  2  $T_2 = \frac{1}{4} T_1$   
  3  $T_2 = \frac{4}{3} T_1$   
  4  $T_2 = \frac{3}{4} T_1$

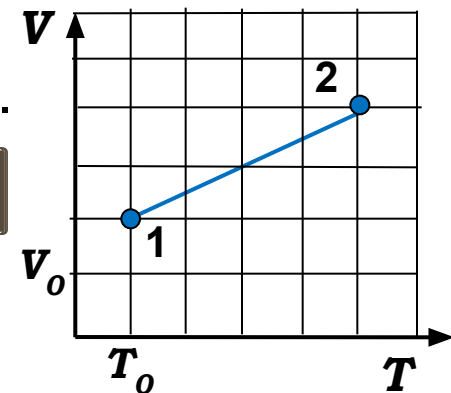


- На рисунке показан график зависимости объема одноатомного идеального газа от температуры. Найти отношение давлений газа  $p_2/p_1$

0 баллов

1 балл

- 1 5  
  2  $\frac{2}{5}$   
  3 2  
  4  $\frac{5}{2}$

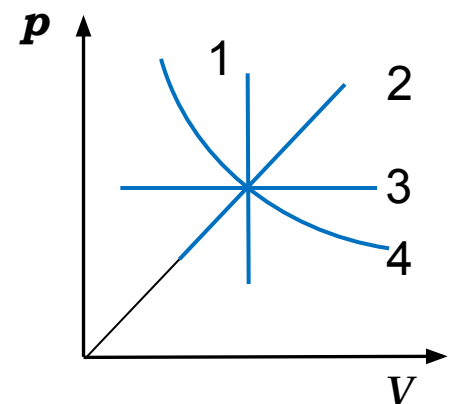


- На рисунке представлены графики процессов, проводимых с постоянной массой идеального газа. Какой из процессов изображен на графике 1?

0 баллов

1 балл

- 1 адиабатный  
  2 изотермический  
 3 изохорный  
  4 изобарный



- На рисунке показан график процесса, проведенного над 1 молем идеального газа. Найдите отношение температур  $T_2/T_1$ .

6

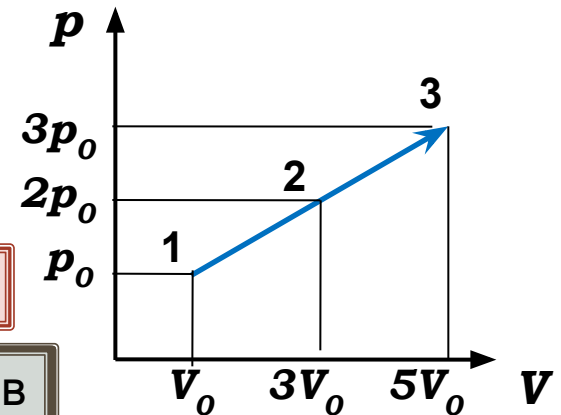
5

15

3

1 балл

0 баллов



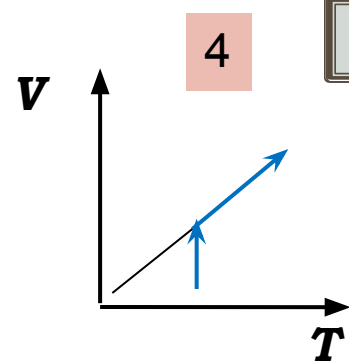
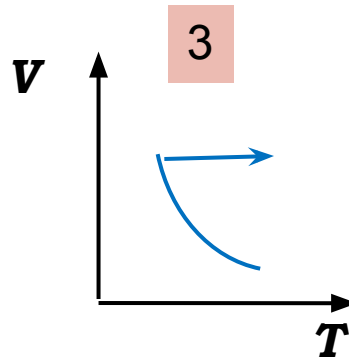
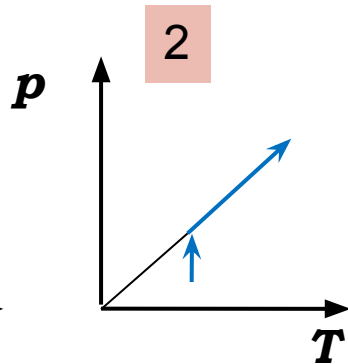
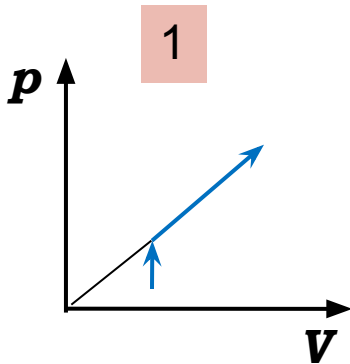
- Один моль разреженного газа сначала изотермически сжимали, а затем изохорно нагревали. На каком из рисунков изображен график этих процессов?

1

2

3

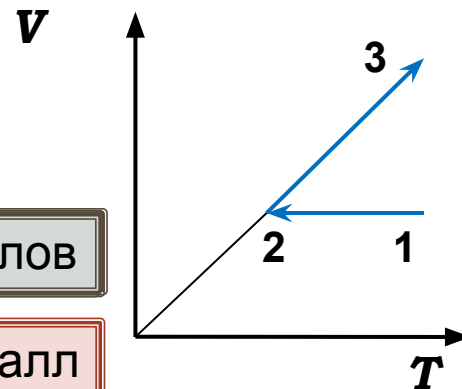
4



0 баллов

1 балл

- На диаграмме представлена зависимость объема идеального газа постоянной массы от абсолютной температуры. Как изменяется его давление в процессе 1 – 2 – 3 ?

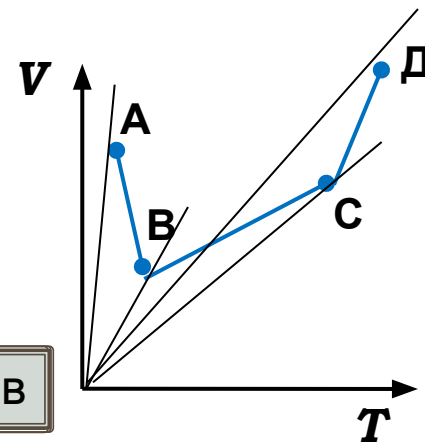


0 баллов

1 балл

- 1 на участках 1 – 2 и 2 – 3 увеличивается
- 2 на участках 1 – 2 и 2 – 3 уменьшается
- 3 на участке 1 – 2 уменьшается, на участке 2 – 3 не изменяется
- 4 на участке 1 – 2 не изменяется, на участке 2 – 3 увеличивается

- В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. На рисунке показан график зависимости объема газа от его температуры. В каком состоянии давление газа наибольшее?



0 баллов

1 балл

- 1 А
- 2 В
- 3 С
- 4 Д

- Разреженный углекислый газ изобарно сжимается. Масса газа постоянна. Как надо изменить абсолютную температуру газа, чтобы уменьшить его объем в 4 раза?

0 баллов

1  
3

повысить в 16 раз

понизить в 16 раз

2  
4

повысить в 4 раза

понизить в 4 раза

1 балл

- В цилиндрическом сосуде под поршнем находится идеальный газ, давление которого  $4 \times 10^5$  Па и температура 300 К. Как надо изменить объем газа, не меняя его температуры, чтобы давление увеличилось до  $0,8 \times 10^6$  Па?

0 баллов

0 баллов

1  
3

увеличить в 2 раза

уменьшить в 2 раза

2  
4

увеличить в 4 раза

уменьшить в 4 раза

0 баллов

1 балл

- Давление 3 моль водорода в сосуде при температуре 300 К равно  $p_1$ . Каково давление 1 моль водорода в этом сосуде при вдвое большей температуре?

0 баллов

1

$3/2 p_1$

2

$2/3 p_1$

3

$1/6 p_1$

4

$6 p_1$

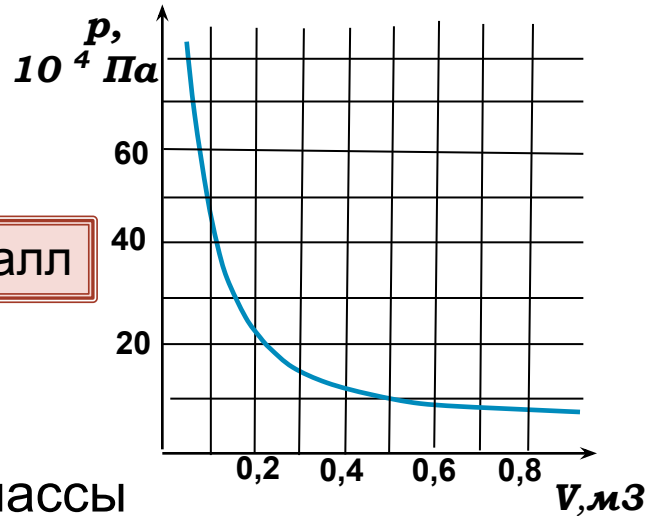
1 балл



- На рисунке показан график изотермического расширения водорода массой  $4 \times 10^{-2}$  кг. Определите его массу, округлив ответ до целых

0 баллов

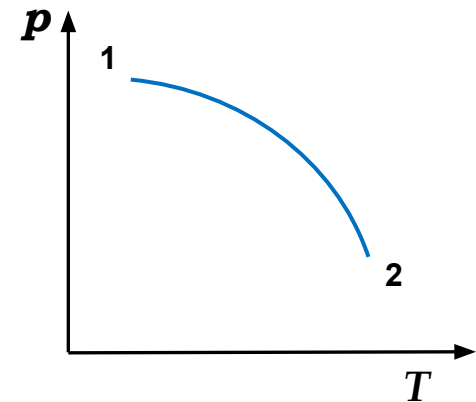
1 балл



- 1 300 К   
  2 332 К   
  3 600 К   
  4 900 К

- Одноатомный идеальный газ неизменной массы находится в сосуде с поршнем. Процесс изменения состояния газа показан на диаграмме. Как изменяются в ходе процесса объем, давление и температура газа?

Каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Физические величины

их изменения

А	Б	В

- А) объем газа  
 Б) давление газа  
 В) температура газа

1. не изменяется  
 2. увеличивается  
 3. уменьшается



## Использованная литература

- Физика : Учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений / Г.Я.Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 12-е изд. – М. : Просвещение, 2004 .
- ЕГЭ 2011. Физика. Универсальные материалы для подготовки учащихся / ФИПИ – М. : Интеллект – Центр. 2011.
- Самое полное издание типовых вариантов ЕГЭ: 2011, 2012 : Физика / авт. – сост. А.В.Берков, В.А.Грибов. – М.: АСТ: Астрель, 2011, 2012.
- Портреты ученых – страницы свободного доступа сети интернет
- Рекомендации по использованию триггеров в тестовых заданиях даны Г.Ф.Кузнецовым.