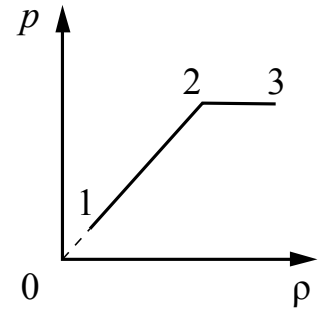


## Задание 2

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



Возможное решение	
<p>1. Плотность газа <math>\rho = \frac{m}{V}</math>, где <math>m</math> – масса газа, <math>V</math> – его объём. В соответствии с уравнением Менделеева – Клапейрона <math>p = \frac{m}{\mu V} RT = \frac{\rho}{\mu} RT</math>. На участке 1–2 давление изменяется пропорционально плотности газа: <math>p \sim \rho</math>. Следовательно, в этом процессе температура газа не изменяется. Поскольку плотность газа на этом участке возрастает, объём газа уменьшается.</p> <p>2. В процессе 2–3 плотность газа возрастает, что означает уменьшение его объёма. Давление газа при этом не изменяется, следовательно, согласно уравнению Менделеева – Клапейрона температура газа уменьшается</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>изменение температуры и плотности газа в процессах 1–2 и 2–3</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>уравнение Менделеева – Клапейрона, формула плотности вещества</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p>	1

ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки.	
ИЛИ	
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

### Пример 2.1 (3 балла)

~ 27 по условию масса газа  $m$  не изменяется.

1) воспользуемся формулой  $p = \frac{pRT}{\mu} \Rightarrow \frac{p}{p} = \frac{RT}{\mu}$

Как видно из графика, в ходе процесса 1-2,  $\frac{p}{p} = \text{const}$ .  $R - \text{const}$ ,  $\mu - \text{const} \Rightarrow \Delta T_{1-2} = 0$ .

$\Delta T_{1-2} = 0 \Rightarrow$  процесс 1-2 - изотермический.  $pV = \text{const}$   
давление в ходе процесса увеличивается  $\uparrow p V \downarrow = \text{const} \Rightarrow$  объем  $V$  уменьшается.

2) Как видно из графика, в ходе процесса 2-3 давление  $p$  не меняется.  
процесс 2-3 - изобарический  $\frac{V}{T} = \text{const}$ .

$\uparrow p = \frac{p\mu}{RT\downarrow}$  плотность газа в процессе 2-3 увеличивается  $\Rightarrow$  температура газа  $T$  уменьшается.

$\frac{\downarrow V}{\downarrow T} = \text{const}$  процесс изобарический  $\Rightarrow V$  уменьшается.

Ответ: 1-2: температура не изменяется, объем уменьшается.  
2-3: температура уменьшается, объем уменьшается.

Приведен верный ответ и верные рассуждения об изменениях температуры и объема газа. Приведена запись уравнения Клапейрона-Менделеева с учетом плотности газа, а также ссылки на изопроцессы.

Пример 2.2 (2 балла)

1.  $m = \text{const}$ , на участке 1-2 и 2-3  $\rho$  увеличивается  $\Rightarrow$  из формулы плотности по определению  $\rho = \frac{m}{V}$ , объём уменьшается пропорционально увеличению плотности.

2. Участок 1-2 - изотермический (по графику), начало участка уходит в 0. Значит, на участке 1-2  $T = \text{const}$ , т.е.  $m = \text{const}$ ,  $pV = \text{const}$ .

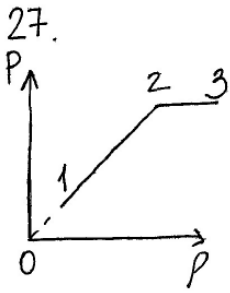
3. Участок 2-3 - изобара, так как  $p = \text{const}$ , то если  $\frac{V}{T} = \text{const}$ . Так как  $V$  уменьшается (по условию в пункте 1), то  $T$  тоже уменьшается.

Ответ: в процессе 1-2 объём уменьшается, а температура не изменяется; в процессе 2-3 и объём, и температура газа уменьшаются.

Приведен верный ответ об изменениях температуры и объема, есть верные рассуждения и ссылка на необходимые формулы (для плотности газа и изопроцессы). Но в п.2 отсутствует вывод об изотермическом процессе. Работа оценивается в 2 балла по критерию одного логического недочета.

Пример 2.3 (2 балла)

27.



1)  $m = \text{const}$  (по условию);  $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho \sim \frac{1}{V}$

2) процесс 1-2  ~~$pV = \text{const}$~~   $p \uparrow$  (увеличивается);  $\rho \uparrow$  (уб.)  
 $\Rightarrow V \downarrow$  (уменьшается)  $\Rightarrow T = \text{const}$  ( $p_1 V_1 = p_2 V_2$  по уравнению Клайперона)

3) процесс 2-3  $p = \text{const}$ ;  $\rho \uparrow$  (уб.)  $\Rightarrow V \downarrow$  (уб.)  
 $\Rightarrow T \downarrow$  (уб.) ( $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ) по уравнению Клайперона

Ответ: 1-2  $V$  - уменьшается;  $T = \text{const}$ ; 2-3  $V$  и  $T$  - уменьшаются

Дан верный ответ об изменениях температуры и объема, приведены верные рассуждения. Но в работе отсутствует вывод об изотермическом процессе на участке 1-2. Кроме того вместо названия газовых законов указано "уравнение Клайперона", что можно расценивать как лишние записи. Работа оценивается в 2 балла по критериям одного логического недочета и наличия лишних записей.

Пример 2.4 (1 балл)

27. Процесс 1-2 — изохорный,  
 $V = \text{const}$  (т.к. прямая 1-2 направлена  
 в начало координат).

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 = nkT \Rightarrow$$

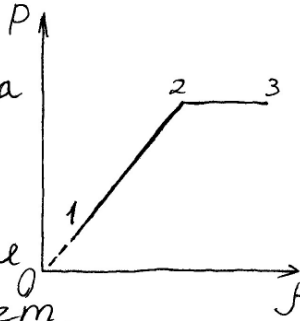
с ростом плотности и давления  
 газа температура тоже растет.

Из графика видно, что процесс 2-3 — изобарный,  
 $p = \text{const}$ . Следовательно, температура газа с  
 ростом плотности будет уменьшаться (по  
 формулам давления). При изобарном процессе  
 выполняется уравнение Гей-Люссака:

$$\frac{V}{T} = \text{const}. \quad \text{Поскольку объем будет уменьшаться}$$

вместе с температурой газа.

Ответ: в процессе 1-2  $V = \text{const}$ ,  $T$  увеличивается;  
 в процессе 2-3  $V$  и  $T$  уменьшаются  
 с ростом плотности газа.



Получен неверный ответ, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи, в части обоснования изменения величин в изобарном процессе. Работа оценивается в 1 балл.

Пример 2.5 (0 баллов)

В процессе 1-2: объем уменьшается т.к.  $\rho$  и  $p$   
 возрастают т.е. молекулы становятся ближе к друг  
 другу. А температура ~~возрастает~~ ~~т.к. ее внутренняя~~  
~~энергия возрастает.~~

~~$$U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1; \quad U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2.$$~~

~~$$p_1 V_1 = \nu R T_1; \quad p_2 V_2 = \nu R T_2.$$~~

~~$$p_1 < p_2 \Rightarrow T_2 > T_1.$$~~

В процессе 2-3 объем тоже уменьшается т.к.  
 $\rho$  возрастает. Температура ~~во~~ не изменяется т.к.  
 вещество переходит в более твердое состояние.

Ответ неверный, рассуждения не поддерживают получение верного ответа.