

# Особенности заданий ЕГЭ по физике и требования к их оформлению

Часть 3. Качественная задача № 24:  
критерии оценивания, особенности, примеры.

Гиголо Антон Иосифович,  
заместитель председателя предметной комиссии по физике г. Москвы, к.т.н.



# № 24 (качественная задача)

## Требования к ответам, особенности оценивания

- Требования к полноте ответа приводятся в самом тексте задания. Как правило, все задания содержат:
- А) требование к формулировке ответа — «Как изменится ... (показание прибора, физическая величина)», «Опишите движение ...» или «Постройте график ...» и т.п.
- Б) требование привести развернутый ответ с обоснованием — «объясните ..., указав какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано» или «...поясните, указав какие физические закономерности вы использовали для объяснения».
- Как правило, в авторском решении правильный ответ и объяснение выделяются отдельными пунктами.
- В критериях оценивания приводится перечень явлений и законов, на основании которых строится объяснение.

# № 24 (качественная задача)

## Требования к ответам, особенности оценивания

---



Обобщенная схема оценивания строится на основании трех элементов решения:

- формулировка ответа;
- объяснение;
- прямые указания на физические явления и законы.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>n. 3</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае:	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется 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.) И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. 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 <u>одному</u> 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> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

# Задача № 24

На рис. 1 приведена зависимость внутренней энергии  $U$  1 моль идеального одноатомного газа от его объёма  $V$  в процессе 1–2–3. Постройте график этого процесса в переменных  $p$ – $V$  ( $p$  – давление газа). Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на рис. 2. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

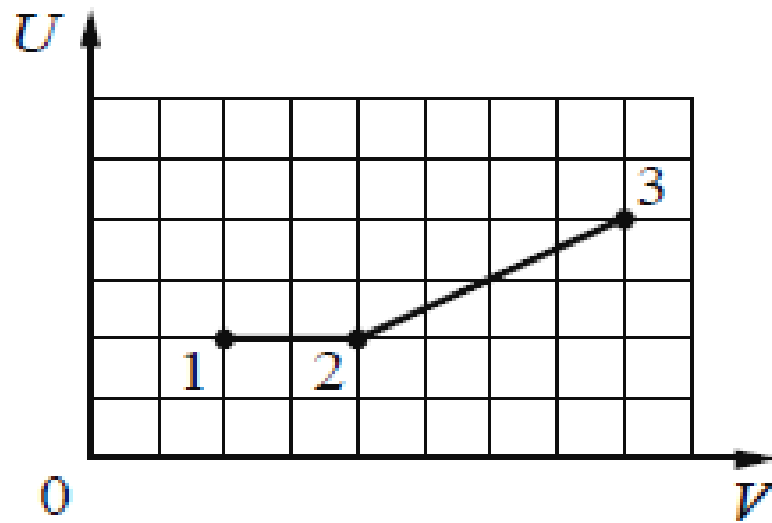


Рис. 1

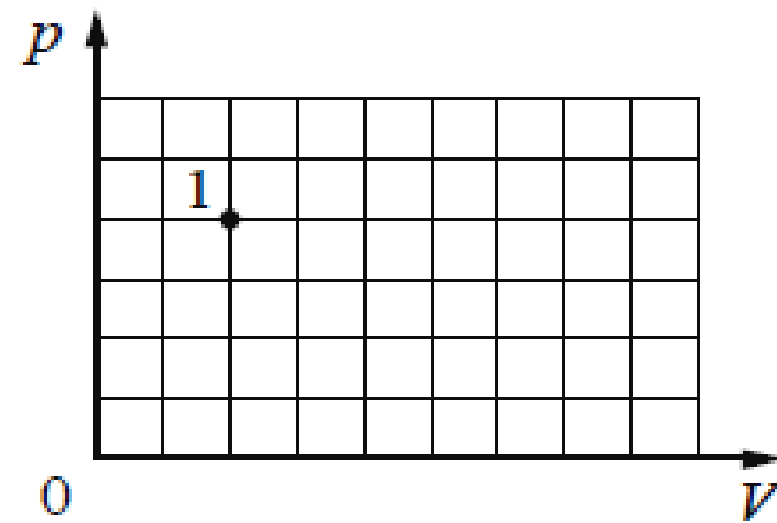
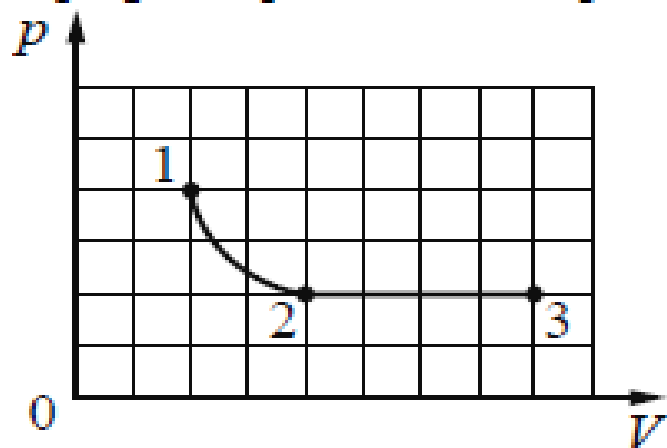


Рис. 2

1. График процесса в переменных  $p$ – $V$  имеет вид:

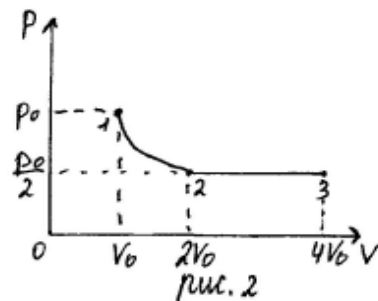
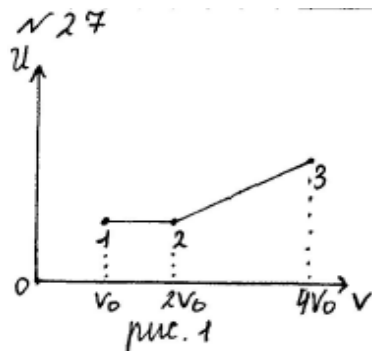


2. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа пропорциональна его абсолютной температуре:  $U = \frac{3}{2} \nu RT$ . Значит, на участке 1–2 температура газа не меняется, происходит изотермическое расширение, давление в этом процессе в соответствии с законом Бойля – Мариотта ( $p_1 V_1 = p_2 V_2$ ) уменьшается в 2 раза. В координатах  $p$ – $V$  график является гиперболой.
3. На участке 2–3 внутренняя энергия, а также температура пропорциональны объёму, процесс при постоянном количестве вещества согласно уравнению Клапейрона – Менделеева ( $pV = \nu RT$ ) является изобарным расширением, давление в нём не меняется, а объём в соответствии с графиком на рис. 1 увеличивается в 2 раза. В координатах  $p$ – $V$  график является отрезком горизонтальной прямой

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <u><i>n. 1</i></u> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <u><i>связь между внутренней энергией идеального газа и абсолютной температурой, уравнение Клапейрона – Менделеева</i></u> )	3



# Примеры решения



$$U = \frac{3}{2} \nu R T$$

$$pV = \nu R T - \text{закон}$$

Менделеева - Клапейрона

$\nu$  - количество вещества

1) В процессе 12  $U = \text{const}$ , значит  $T = \text{const}$  (т.к.  $U = \frac{3}{2} \nu R T$ , а следовательно, зависит только от температуры). Тогда по закону Менделеева - Клапейрона  $pV = \nu R T$  при  $T = \text{const}$   $p_1 V_1 = p_2 V_2$ , т.е.

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{2V_0}{V_0} = 2 \Rightarrow p_1 = 2p_2 \Rightarrow p_2 = \frac{p_1}{2} = \frac{p_0}{2}$$

$p_1, p_2, p_3$  - давление газа в состоянии соответственно 1, 2, 3

$V_1, V_2, V_3$  - объем газа в состоянии 1, 2, 3 соответственно.

Таким образом, график 12 в системе координат  $p$ - $V$  - изотерма (часть гиперболы)

2) В процессе 23 объем газа увеличивается прямо пропорционально внутренней энергии, а следовательно, прямо пропорционально температуре. По закону Менделеева - Клапейрона такое явление происходит при  $p = \text{const}$  (т.к.  $pV = \nu R T$ ,  $V$  прямо пропорционален  $T$ ,  $\nu$  и  $R$  - величины постоянные). Значит,  $p_3 = p_2 = \frac{p_0}{2}$ ;  $V_3$ , судя по рис. 1, равен  $4V_0$ ; график в  $p$ - $V$  координатах - прямая линия (горизонтальная)

Ответ: график представлен на рис. 2, где <sup>участок</sup> 12 - это участок изотермы (изотерма ( $T = \text{const}$ )), участок 23 - прямая линия (горизонтальная при  $p = \text{const}$ )

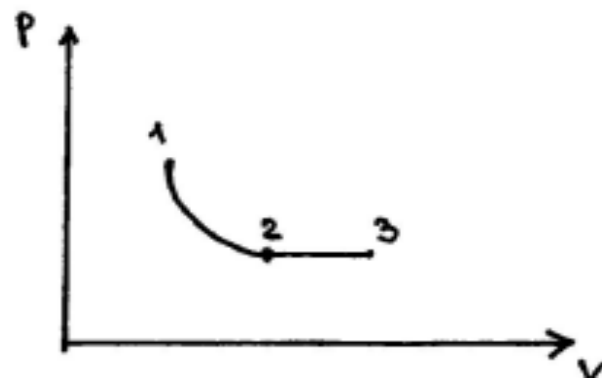
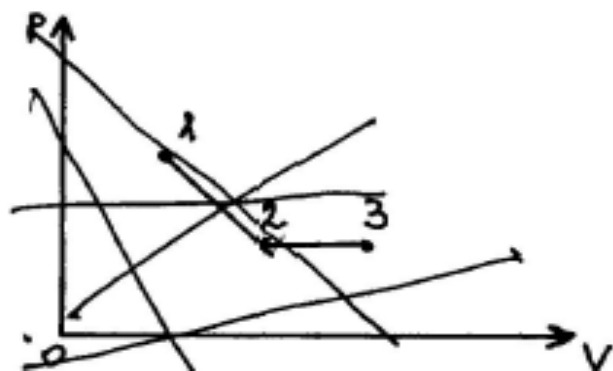
3 балла

27) 1) В процессе 1-2 внутренняя энергия  $U$  не изменяется. Если  $U$  не изменяется, то и температура  $T$  не изменяется ( $U = \frac{3}{2} \nu RT$  - формула внутренней энергии). Следовательно, процесс 1-2 - изотермический  $T = \text{const}$ , поэтому  $pV = \text{const}$ . Так как объем  $V$  увеличился в 2 раза, то давление  $p$  уменьшилось в 2 раза. График такого процесса - гиперболола

В процессе 2-3 внутренняя энергия  $U$  увеличивается в 2 раза, поэтому температура  $T$  тоже увеличивается в 2 раза ( $U = \frac{3}{2} \nu RT$ )

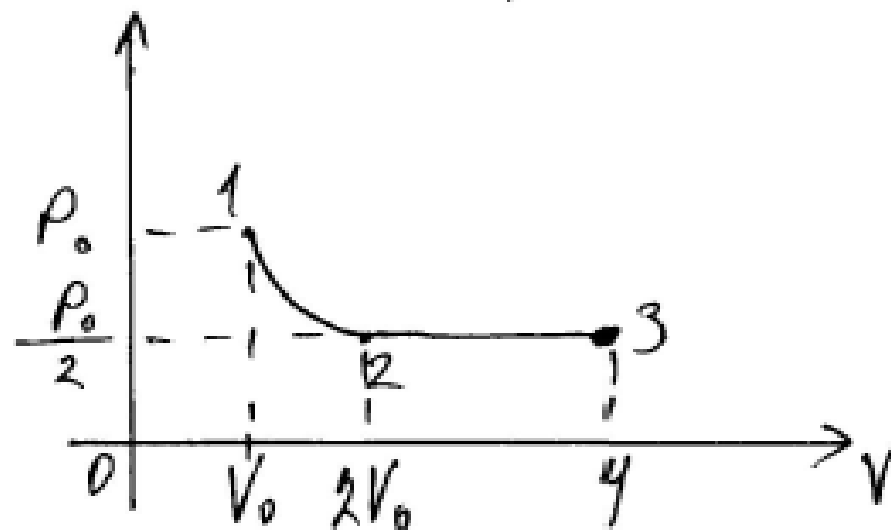
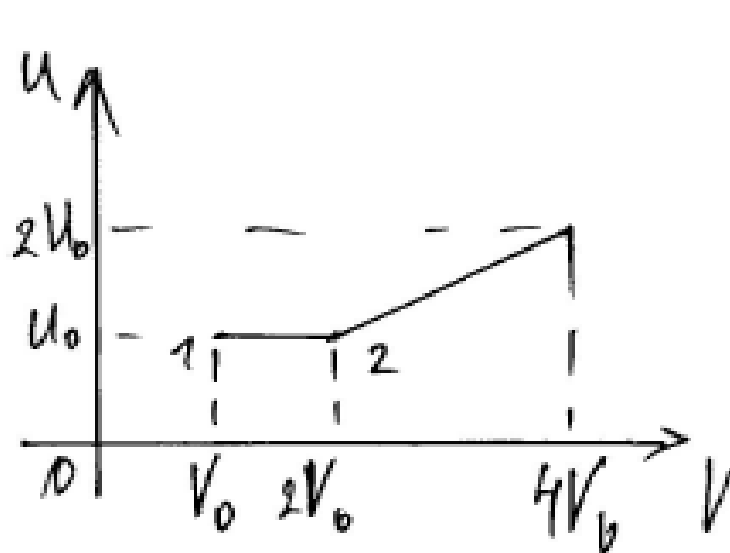
А также объем  $V$  увеличился в 2 раза. Можно утверждать, что  $\frac{V}{T} = \text{const}$ , поэтому  $p = \text{const}$ . Процесс 2-3 изобарный. График процесса - прямая

2) График:



3 балла

№ 27  
дано  
 $V = 1 \text{ моль}$



процесс 1-2: внутр энергия  $U = \text{const} \Rightarrow \Delta T = 0$   
 $\Rightarrow T = \text{const} \Rightarrow PV = \text{const}$ , изотермический процесс  
 т.к.  $V_2 = 2V_0 \Rightarrow P_2 = \frac{P_0}{2}$

процесс 2-3:  $\Delta U = U_0 = \frac{3}{2} \nu R T_0$   $\frac{V}{T} = \text{const}$

$\Rightarrow P = \text{const}$  - изобарный процесс;

2 балла

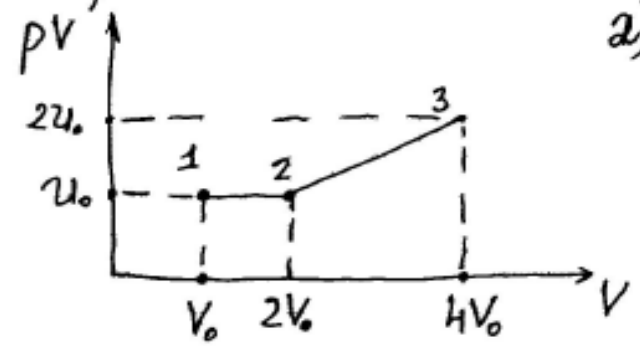
и т.к.  $V_3 = 2V_2 = 4V_0 \Rightarrow$  аналогично отмечаем  
 точку 3 на  $4V_0$  втором графике с координатами  $(4V_0; \frac{P_0}{2})$

№27

1) По уравнению Менг.-Клапейрона  $pV = \nu RT$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT \Rightarrow U = \frac{3}{2} pV$$

→ получается, что исходный график - это график зависимости  $pV$  от  $V$



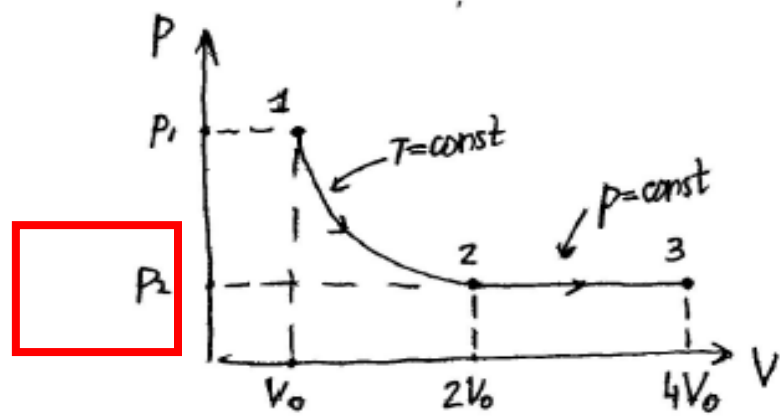
2) в процессе 1-2  $U = \text{const}$   
 $\Rightarrow pV = \text{const} \Rightarrow$  по закону Бойля-Мариотта  $T_{из} = \text{const}$ , т.к.  $V \uparrow \uparrow$   
 $\Rightarrow$  график в координатах  $p(V)$  - гиперболы  
 процесс 1-2 - изотермический

3) Пусть в точке 2 - т.к.  $U_0$ , тогда в точке 3 - т.к.  $2U_0$   
 пусть в т.к.  $V = V_0$   
 $\Rightarrow$  в т.к.  $V = 2V_0$   
 а в точке 3  $V = 4V_0$

4) в процессе 2-3  $U \uparrow \uparrow$   
 $\Rightarrow pV \uparrow \uparrow$

в точке 2:  $U_0 = \frac{3}{2} p_2 \cdot 2V_0$   
 в точке 3:  $2U_0 = \frac{3}{2} p_3 \cdot 4V_0$  }  $\Rightarrow p_2 = p_3$

$\Rightarrow$  в процессе 2-3  $p = \text{const}$  - изобарный процесс



2 балла

№27 Внутренняя энергия  $U = \frac{3}{2} \nu R T$ , т.к.  $\nu$  и  $R = \text{const}$ , то изменения  $U$  на графике равносильны изменениям  $T$ .

Обозначим  $p, V$  и  $T$  в точке 1 как  $p_0, V_0, T_0$ .

Разберём каждый процесс:

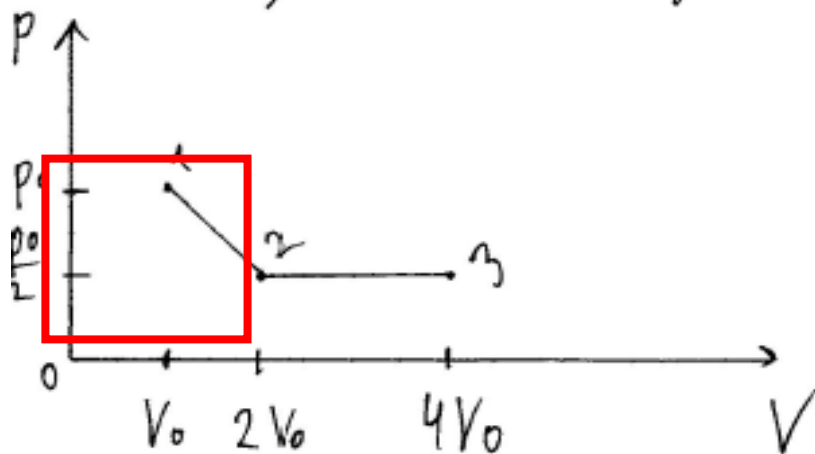
1-2:  $U = \text{const} \Rightarrow T = \text{const} \Rightarrow$  изотермический процесс

По закону Бойля-Мариотта и из-за того что  $V_2 = 2V_0$ ,  
то  $p_2 = \frac{p_0}{2}$  ( $p_0 V_0 = \frac{p_0}{2} \cdot 2V_0$ )

2-3: Прямая 23 проходит через начало координат (продолжение прямой)

$\Rightarrow$  это изобарный процесс, по клеточкам видим, что  $V_3 = 4V_0$

а  $U_3 = 2U_0 \Rightarrow T_3 = 2T_0$ . Строим график.



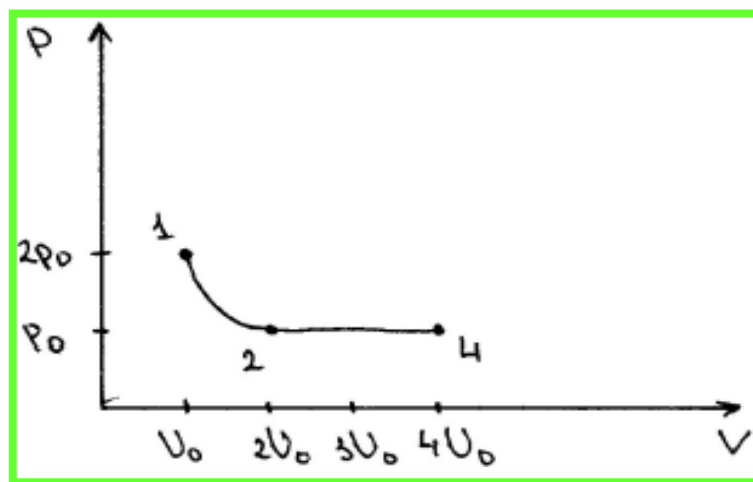
1 балл

1) При процессе 1-2 видно, что  $U$  остается постоянной, то есть  $U = \text{const}$ , а  $V$  увеличивается, так что:  $U_2 = 2U_1$  или  $U_0 \rightarrow 2U_0$ .

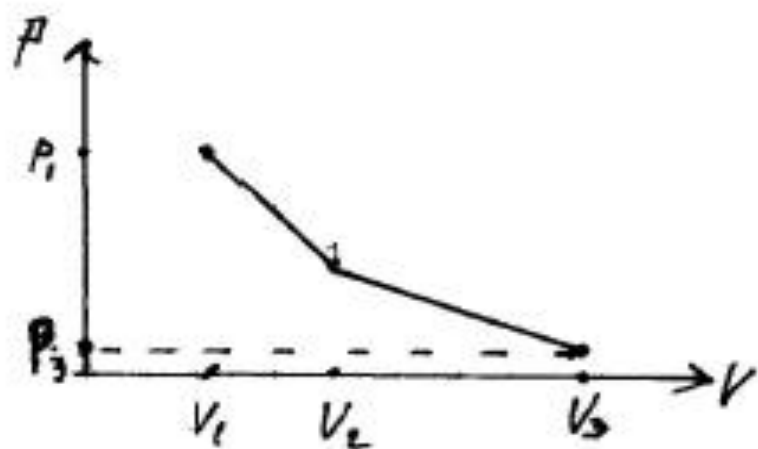
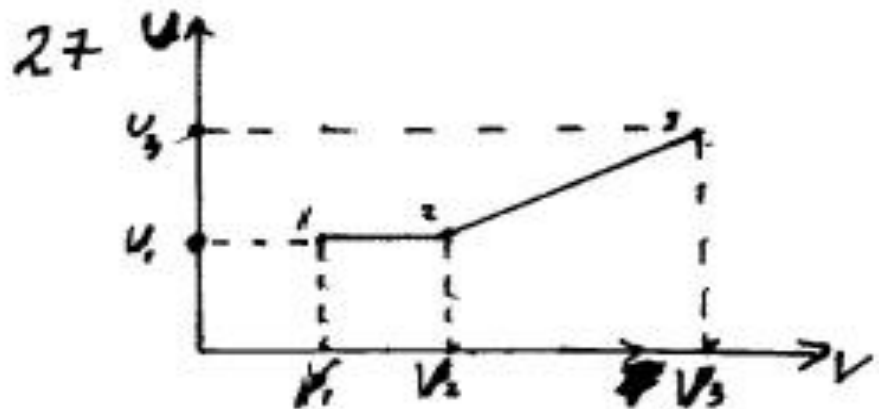
Так как внутренняя энергия не изменяется, следовательно  $T = \text{const}$  и это изотермический процесс, значит если  $U_0 \rightarrow 2U_0$ , то  $2p_0 \rightarrow p_0$ .

2) При процессе 2-3 видно, что график проходит через 0 оси координат  $U-V$ , это значит, что  $U$  увеличивается и  $V$  тоже увеличивается ( $T_0 \rightarrow 2T_0$ ;  $2U_0 \rightarrow 4U_0$ ), а давление постоянно, это значит, что процесс 2-3 - изобарный.

3) построим график в координатах  $p-V$ .



1 балл



1) в процессе 1-2 внутренняя энергия  
остаётся неизменной, значит  $PV = \text{const}$

$$V_2 = 2V_1 \Rightarrow P_2 = \frac{1}{2}P_1$$

2) в процессе 2-3 внутренняя энергия  
увеличилась, при этом увеличилась и V

$$PV = \nu RT$$

$$P_3 = \frac{1}{4} P_2$$

$$T_3 = 2T_2 \quad V_3 = 2V_2$$

$$\left( \text{т.к. } \nu = \frac{3}{2} \nu_{\text{д.т.е}} \right)$$

0 баллов

***СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!***