

# Решение задач повышенного уровня

Молекулярная физика и  
термодинамика

# Система знаний по разделу «Молекулярная физика и термодинамика»

Явление	Закон
<p>1. Нагревание (охлаждение) и или расширение (сжатие) идеального газа при теплопередаче и совершении механической работы в процессах</p>	$Q = \Delta U + A; \quad pV = \nu RT;$ $U = (3/2)\nu RT; \quad U = N E_k$ $E_k = 3/2 kT \text{ (одноатомный газ);}$ $P = 2/3 n E_k \quad A_{\text{газа}} = -A_{\text{внеш}}$
-изотермическом	$Q = A \quad (\Delta U = 0)$
-изобарном	$Q = \Delta U + p\Delta V$
-изохорном	$Q = \Delta U \quad (A = 0)$
-адиабатном	$A = -\Delta U \quad (Q = 0)$

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

Явление	Закон
<b>2.Изменение состояния газа по замкнутому циклу</b>	$\eta = A/Q_1$ ; $A = Q_1 - Q_2$ $\eta_{\max} = (T_1 - T_2)/T_1$ -цикл Карно
3. Изменение агрегатного состояния нагревание (охлажд.)	$Q = C\Delta T = cm(t_1 - t_2) = cm \Delta T$ $Q = \lambda m$ (плавление и кристаллиз.) $Q = Lm$ (парообразов. и конденс.)
4. Теплообмен в теплоизолированной системе	$Q_1 + Q_2 = 0$

# Группы задач части 1 и части 2

- 1. Задачи на воспроизведение теоретического материала;
- 2. Графические задачи;
- 3. Расчетные задачи.

# Задача 1.1.

- Учительница вошла в класс. Ученик, сидящий за последней партой, почувствовал запах ее духов через 10 с. Скорость распространения духов в комнате определяется в основном скоростью:
  - 1) испарения;
  - 2) диффузии;
  - 3) броуновского движения;
  - 4) конвекционного переноса воздуха

# Решение

- Запах духов появляется за счет испарения эфирных масел с поверхности одежды и тела, однако ученик находится на последней парте, поэтому это явление не основное. Диффузия - процесс медленный. Броуновское движение здесь не проявляется. Следовательно такая существенная скорость распространения запаха духов связана с явлением конвекционного переноса воздуха.  
**Правильный ответ 4**

# Задача 1.2.

- Используя первый закон термодинамики, установите соответствие между описанными в первом столбце особенностями изопроцесса в идеальном газе и его названием.

Особенности изопроцесса	Название изопроцесса
А) Все переданное газу количество теплоты идет на совершение работы, а внутренняя энергия газа остается неизменной	1) изотермический
Б) Изменение внутренней энергии газа происходит только за счет совершения работы, так как теплообмен с окружающими телами отсутствует.	2) изобарный
	3) изохорный
	4) адиабатный

# Решение

- Воспользовавшись таблицей системы знаний:

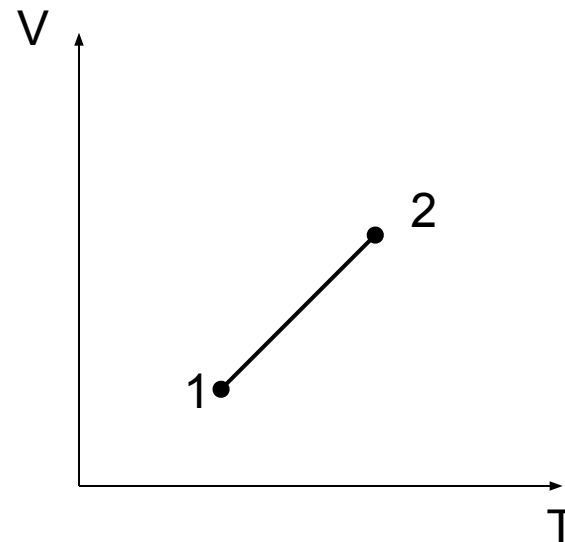
А	Б
1	4



# Графические задачи

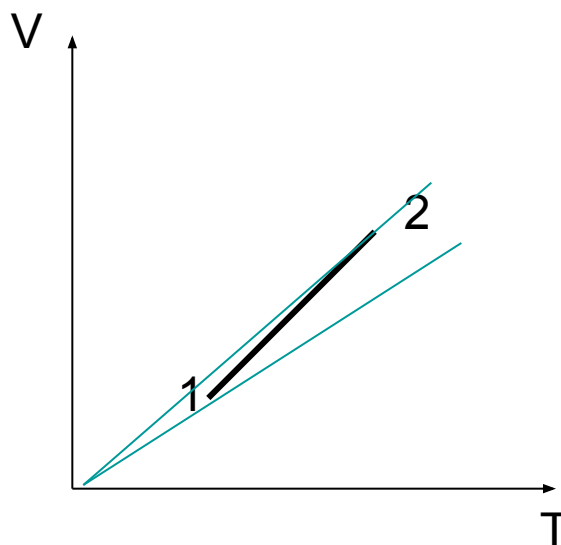
## Задача 1.3.

- Как изменится давление идеального газа при переходе из состояния 1 в состояние 2 ?
- 1.увеличится;
- 2.уменьшится;
- 3.останется неизменным;
- 4.ответ неоднозначен.



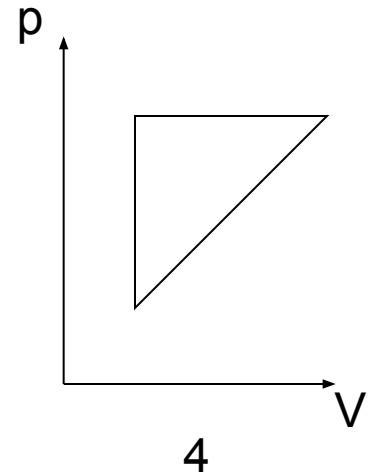
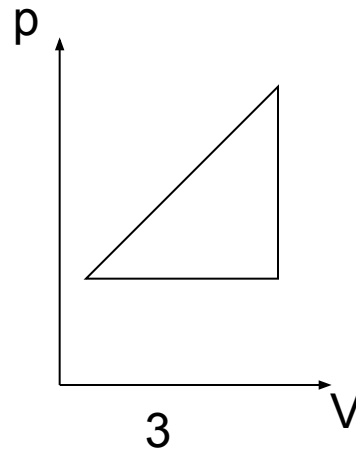
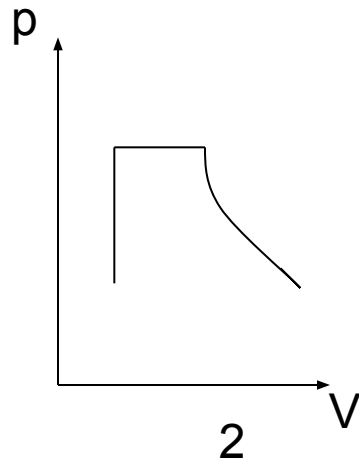
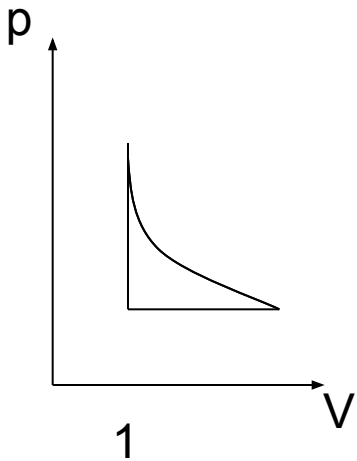
# Решение

- Если через начало координат и каждую из точек провести изобары, то увидим, что наклон прямой, проходящей через точку 1 меньше, чем наклон другой прямой (проходящей через точку 2) и она соответствует большему объему. Поэтому можно сделать вывод, что давление уменьшится.



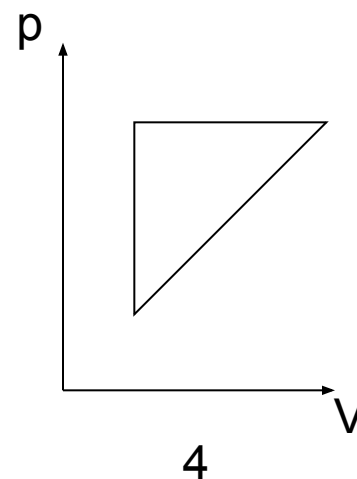
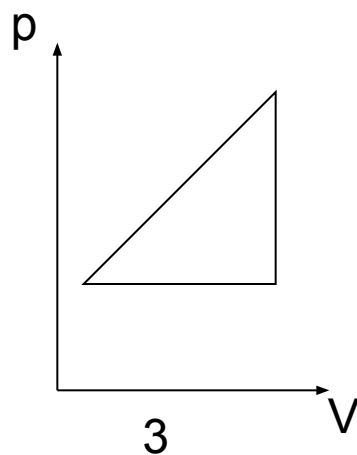
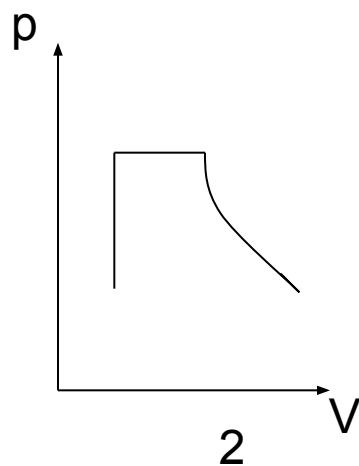
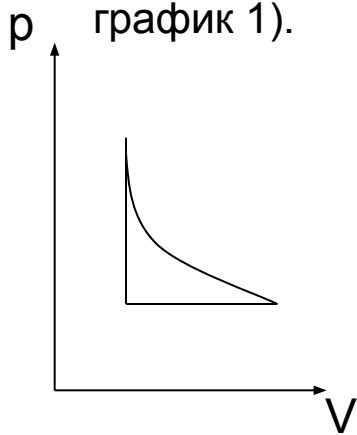
# Задача 1.4.

- Идеальный газ сначала охлаждается при постоянном давлении, потом его давление увеличивается при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление уменьшается до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях  $p$ - $V$  соответствует этим изменениям состояния газа?



# Решение

- Поскольку газ вначале охлаждается при постоянном давлении, то ответ 2) исключаем, так как на нем участок постоянного давления (линия, параллельная оси  $V$ ) лежит не в начале и не в конце процесса, а в его середине. На втором этапе давление увеличивалось при постоянном объеме. Этому условию удовлетворяет любая из оставшихся кривых. На третьем этапе давление уменьшается при постоянной температуре до первоначального значения. В ответах 3) и 4) нет участков, соответствующих изотермам, следовательно, варианты 3) и 4) не удовлетворяют условию задачи. Для процесса 1) имеем соответствие с законом Бойля-Мариотта, где при изотермическом процессе с ростом объема давление уменьшается. Эта зависимость описывается спадающей ветвью гиперболы. Таким образом, правильным ответом является график 1).



# Расчетные задачи.

## Задача 1.5.

- Какое количество теплоты надо сообщить 2 моль идеального одноатомного газа, чтобы осуществить тепловой процесс, изображенный на рисунке?

- 1) 300 Дж; 2) 700 Дж; 3) 1450 Дж; 4) 4155 Дж.

- Решение. На рисунке изображен график изобарного процесса, для которого первый закон термодинамики записывается в виде:

- **$Q = \Delta U + p\Delta V = 3/2\nu R\Delta T + p\Delta V$**

- Учитывая уравнение Менделеева-

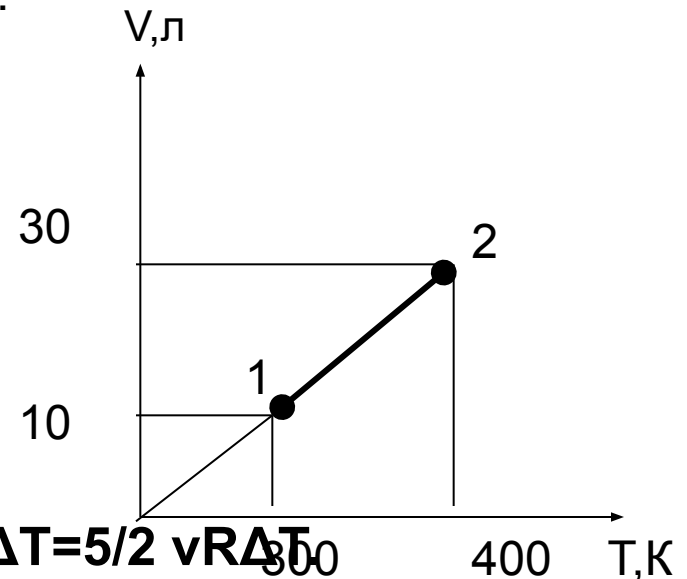
- Клапейрона, которое связывает

- два состояния изобарного процесса, то

**$p\Delta V = \nu R\Delta T$ , поэтому  $Q = 3/2\nu R\Delta T + \nu R\Delta T = 5/2 \nu R\Delta T$**

Вычисления дают результат  $Q = 4155$  Дж

**(Правильный ответ 4)**



# Задания повышенного уровня части 2.

- **Первая группа:**
- **1 тип-на уравнение состояния**
- -выделяется газ и его характеристики;
- -выделяются начальное и последующее состояния газа с соответствующими характеристиками;
- -записывается основное уравнение кинетической теории газов (или закон Менделеева-Клапейрона)

## 2 тип-на первый закон термодинамики

- -устанавливается вид процесса перехода газа из начального состояния в конечное;
- -записывается уравнение первого закона термодинамики для изопроцессов.

# Задачи 1 типа.

- **Задача 2.1.**
- В колбах одинакового объема находятся аргон и воздух при нормальном атмосферном давлении и комнатной температуры. Каково отношение массы аргона в первой колбе к массе воздуха во второй. Ответ округлите до десятых.
- Решение. Аргон и воздух различаются молярной массой и, по условию задачи, массой. Массы газов можно выразить из уравнений Менделеева-Клапейрона для каждого газа:  $m_1 = pV\mu_1/RT$  и  $m_2 = pV\mu_2/RT$
- Поэтому:  $m_1/m_2 = \mu_1/\mu_2$
- Вычисления дают результат  $\mu_1/\mu_2 = 0,04/0,029 = 1,38 \sim 1,4$

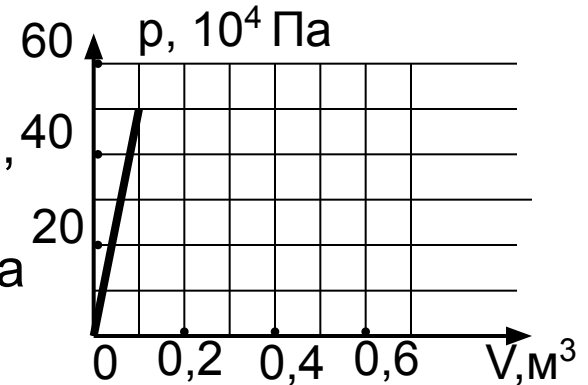
Ответ

1	,	4							
---	---	---	--	--	--	--	--	--	--



# Задача 2.2.

- На рисунке показан график изотермического расширения водорода. Масса водорода 0,04 кг. Определите его температуру. Ответ округлите до целого числа.
- Решение. Температуру газа можно определить из уравнения состояния:
- $pV = mRT / \mu \Rightarrow T = pV\mu / mR$
- При изотермическом процессе
- температура во всех состояниях
- одна и та же, поэтому на графике
- можем выбрать любую точку, например,
- объем  $0,1 \text{ м}^3$  и давление  $50 \cdot 10^4 \text{ Па}$ .
- Учитывая, что молярная масса водорода
- $0,002 \text{ кг/моль}$ ,
- находим  $T = 300,8 \sim 301 \text{ К}$
- **Ответ**



3	0	1	К			
---	---	---	---	--	--	--

# Задачи второго типа

- **Задача 2.3.** Давление идеального одноатомного газа уменьшилось на  $5 \cdot 10^4$  Па. газ находится в закрытом сосуде при постоянном объеме  $0,3 \text{ м}^3$ . Какое количество теплоты было отдано газом? Ответ выразите в килоджоулях (кДж) и округлите до десятых.
- **Решение.** По условию задачи выясняем, что процесс изохорный. В соответствии с первым законом термодинамики при изохорном процессе все тепло идет на изменение внутренней энергии:  $Q = \Delta U$ . Изменение внутренней энергии одноатомного газа рассчитываем воспользовавшись уравнением состояния: