

С. Л. Рябкова

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ  
ПО ФИЗИКЕ**

Часть 3

Нижний Новгород  
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

---

С. Л. Рябкова

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ  
ПО ФИЗИКЕ

Часть 3

Утверждено редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия для иностранных граждан

Нижний Новгород  
ННГАСУ  
2017

ББК 22.3  
P98

Рецензенты:

*Е.В. Ханжина* – канд. пед. наук, доцент НГПУ им. К.Минина

*Ж.В. Смирнова* – канд. пед. наук, доцент НГИЭУ

Рябкова С.Л. Рабочая тетрадь по физике. Часть 3 [Текст]: – учеб. пособие / С. Л. Рябкова; Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. – 58 с.  
ISBN 978-5-528-00215-6

Рабочая тетрадь адресована иностранным слушателям подготовительного отделения. Представленный в тетради учебный материал охватывает все темы дополнительной образовательной программы предвузовской подготовки из раздела «Молекулярная физика и термодинамика». Приведённые в тетради задачи взяты из учебного пособия С.Л. Рябковой «Молекулярная физика и термодинамика. Задачи с ответами», изданного в ННГАСУ в 2007 г. Рабочая тетрадь может быть использована для работы под руководством преподавателя, а также для самостоятельной работы слушателей.

ББК 22.3

ISBN 978-5-528-00215-6

© Рябкова С.Л., 2017  
© ННГАСУ, 2017

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МКТ

Абсолютная температура	
Атом	
Давление	
Идеальный газ	
Количество вещества	
Концентрация	
Молекула	
Моль	
Молярная масса	
Относительная молекулярная масса	
Средняя квадратичная скорость	
Частица	

МКТ – \_\_\_\_\_

МКТ изучает \_\_\_\_\_

### Основные положения МКТ

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

**Концентрация молекул  $n$**  – \_\_\_\_\_

$$n = \frac{N}{V}$$

$N$  – \_\_\_\_\_

$V$  – \_\_\_\_\_

$[n]$  = \_\_\_\_\_

**Относительная молекулярная масса вещества  $M_r$**  – это отношение массы молекулы данного вещества к  $\frac{1}{12}$  массы атома углерода:

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0c}}$$

$m_0$  – \_\_\_\_\_

$m_{0c}$  – \_\_\_\_\_

**Один моль вещества** – \_\_\_\_\_

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

**Молярная масса  $M$**  – \_\_\_\_\_

---

---

[M] = \_\_\_\_\_

**Количество вещества  $\nu$**  равно отношению числа молекул в данном веществе к числу молекул в одном моле этого вещества:

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

Массу молекулы  $m_0$  можно определить по формулам:

$$m_0 = \frac{m}{N}$$

$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$

## ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ

Идеальный газ— \_\_\_\_\_

---

---

---

---

$T$  — \_\_\_\_\_

---

---

$P$  — \_\_\_\_\_

---

## Основное уравнение МКТ газов

Давление идеального газа зависит от \_\_\_\_\_

---

---

---

$$P = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}$$

$\overline{v^2}$  – \_\_\_\_\_

---

---

Средняя квадратичная скорость  $v_{\text{ср.кв.}}$

$$\overline{v^2} = \frac{\sum_{i=1}^N v_i^2}{N}$$

$$v_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\overline{v^2}}$$

$$P = \frac{1}{3} m_0 n v_{\text{ср.кв.}}^2$$

Средняя энергия поступательного движения молекул

(кинетическая энергия молекул)

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT$$

$$\bar{E} = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$$

$k$  – \_\_\_\_\_

---

---

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} \\ \bar{E} &= \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow P = \frac{2}{3} n \bar{E}$$

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{2}{3} n \bar{E} \\ \bar{E} &= \frac{3}{2} kT \end{aligned} \right\} \Rightarrow P = nkT$$

**Давление идеального газа**

$$P = \frac{1}{3} m_0 n v_{\text{ср.кв.}}^2$$

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E}$$

$$P = nkT$$

### Задача 1.1 (стр. 3)

Найдите массу молекулы и атома кислорода. Молярная масса кислорода 32 г/моль.

Дано:	СИ	Решение:
$M = 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ Найти: $m_0; m_a$	$M = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	$m_0 = \frac{M}{N_A} = \frac{32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{моль}^{-1}}$ $m_0 =$ Молекула кислорода O <sub>2</sub> состоит из двух атомов, поэтому $m_a = \frac{m_0}{2} =$ Ответ:

### Задача 1.3 (стр. 3)

Найдите массу 5 молей аммиака (NH<sub>3</sub>). Молярная масса аммиака 17 г/моль.



Дано:	СИ	Решение:
Найти:		Ответ:

### Задача 1.6 (стр.3)

Найдите среднюю квадратичную скорость молекул газа, если его плотность  $1 \text{ кг/м}^3$ , давление  $30 \text{ кПа}$ .

Дано: $\rho=1 \text{ кг/м}^3$ $P=30 \text{ кПа}$ Найти: $v_{\text{ср.кв.}}$	СИ $P=30000 \text{ Па}$	Решение: $\left. \begin{aligned} P &= \frac{1}{3} m_0 n v_{\text{ср.кв.}}^2 \\ \rho &= \frac{m}{V} = \frac{m_0 N}{V} = m_0 n \end{aligned} \right\} \Rightarrow P = \frac{1}{3} \rho v_{\text{ср.кв.}}^2$ $v_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$ $v_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 30000 \text{ Па}}{1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}} =$ Ответ:
---	----------------------------	--

### Задача 1.4 (стр. 3)

Найдите среднюю квадратичную скорость движения молекул газа, если он находится в сосуде объёмом  $5 \text{ м}^3$ . Масса газа  $3 \text{ кг}$ , давление  $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

Дано:	Решение:
-------	----------

Найти:	
	Ответ:

### УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

Баллон	
Параметр	
Повышаться	
Понижаться	
Состояние	
Сосуд	
Увеличение	
Увеличиваться	
Уменьшаться	
Уменьшение	

**Параметры состояния идеального газа массой  $m$ :**

$P$  – \_\_\_\_\_

$V$  – \_\_\_\_\_

$T$  – \_\_\_\_\_

$$PV = \nu RT$$

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

R – \_\_\_\_\_

**Задача 1.12 (стр. 4)**

Водород находится в баллоне объёмом 3 л под давлением  $2,5 \cdot 10^5$  Па при температуре  $27^\circ\text{C}$ . Молярная масса водорода 2 г/моль. Определите массу водорода в баллоне.

Дано:	СИ	Решение:
$V=3$ л	$V=3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$PV = \frac{m}{M} RT$
$P=2,5 \cdot 10^5$ Па		$m = \frac{PVM}{RT} =$
$t^0=27^\circ\text{C}$	$T=300$ К	$m =$
$M = 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$	$M = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	Ответ:
Найти: $m$		

**Задача 1.13 (стр. 4)**

Азот массой 0,3 кг при температуре 280 К оказывает давление на стенки сосуда  $8,4 \cdot 10^5$  Па. Найдите объём газа. Молярная масса азота 28 г/моль.

Дано:	СИ	Решение:
Найти:		

		Ответ:
--	--	--------

### Задача 1.14 (стр. 4)

Найдите плотность азота при температуре 27<sup>0</sup>С и давлении 0,1 МПа.  
Молярная масса азота 28 г/моль.

Дано:	СИ	Решение:
$P=0,1$ МПа	$P = 10^5$ Па	$PV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow P = \frac{m}{VM}RT$
$t^0=27^0$ С	$T=300$ К	$\rho = \frac{m}{V}$
$M = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$	$M = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	$P = \frac{\rho RT}{m}$
Найти:		$\rho = \frac{Pm}{RT} =$
$\rho$		$\rho =$
		Ответ:

### Задача 1.18 (стр. 4)

В сосуде находится газ под давлением 6 МПа. Каким будет давление газа в сосуде, если 5/6 массы газа выйдет из баллона? Температура газа не изменяется.

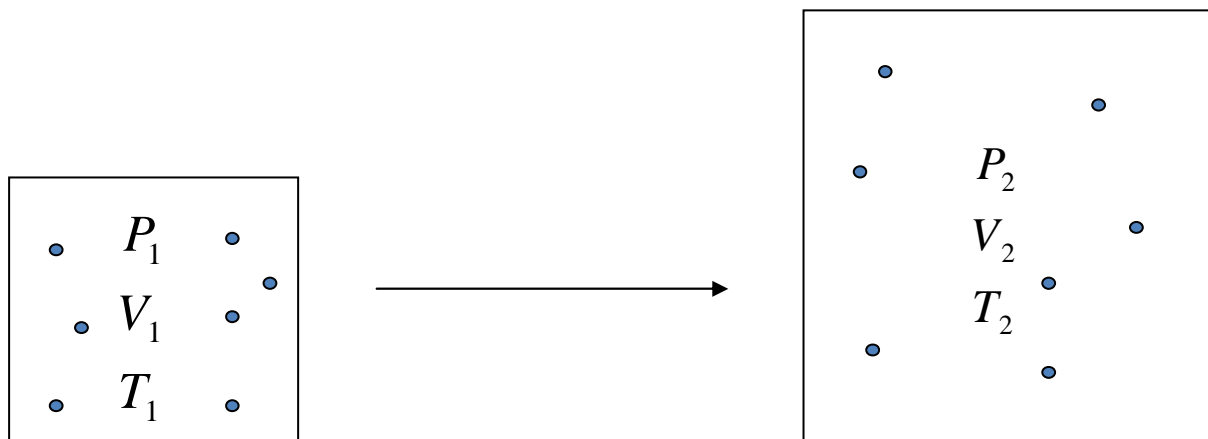
Дано:	СИ	Решение:
$P_1=6$ МПа	$P_1 = 6 \cdot 10^6$ Па	$m \neq \text{const}, m_2 = m_1 - \frac{5}{6}m_1 = \frac{1}{6}m_1$
$\Delta m = -\frac{5}{6}m_1$		$\left. \begin{aligned} P_1 V_1 &= \frac{m_1}{M} RT_1 \\ P_2 V_2 &= \frac{m_2}{M} RT_2 \end{aligned} \right\}$
$T_1=T_2$		
$V_1=V_2$		



		Ответ:
--	--	--------

Процесс – \_\_\_\_\_

---



$$PV = \nu RT \Rightarrow \frac{PV}{T} = \nu R$$

Если  $\nu = \frac{m}{M} = \text{const}$ , то

$$\frac{PV}{T} = \text{const}$$

Если $m = \text{const}$ и $M = \text{const}$ , то $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$
---

### Задача 1.16 (стр. 4)

При уменьшении объёма газа в 2 раза давление изменилось на 120 кПа, абсолютная температура повысилась на 10%. Найдите начальное давление газа.

Дано: $V_2 = \frac{V_1}{2}$	СИ	Решение: $m = \text{const}$ и $M = \text{const}$
--------------------------------	----	---

$\Delta P = 120 \text{ кПа}$ $\Delta T = 0,1T_1$ Найти: $P_1$	$\Delta P = 120000 \text{ Па}$	$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{(P_1 + \Delta P) \frac{V_1}{2}}{(T_1 + \Delta T)}$ $\frac{P_1}{T_1} = \frac{(P_1 + \Delta P)}{2(T_1 + 0,1T_1)}$ $\frac{P_1}{T_1} = \frac{(P_1 + \Delta P)}{2 \cdot 1,1T_1}$ $\frac{P_1}{T_1} = \frac{(P_1 + \Delta P)}{2,2T_1}$ $2,2T_1 \cdot P_1 = (P_1 + \Delta P) \cdot T_1$ $2,2T_1 \cdot P_1 = P_1 \cdot T_1 + \Delta P \cdot T_1$ $2,2T_1 \cdot P_1 - P_1 \cdot T_1 = \Delta P \cdot T_1$ $P_1(2,2T_1 - T_1) = \Delta P \cdot T_1$ $P_1 \cdot 1,2T_1 = \Delta P \cdot T_1$ $1,2P_1 = \Delta P \Rightarrow P_1 = \frac{\Delta P}{1,2}$ $P_1 =$ <p>Ответ:</p>
---	--------------------------------	--

### Задача 1.15

При нагревании газа от  $27^{\circ}\text{C}$  до  $327^{\circ}\text{C}$  его объём увеличился на 60%. Во сколько раз увеличилось давление газа?

Дано:	СИ	Решение:
-------	----	----------

Найти:		<p style="text-align: right;">Ответ:</p>
--------	--	--

### ИЗОПРОЦЕССЫ. ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

Изотермический	
Изохорный	
Изобарный	
Нагревание	

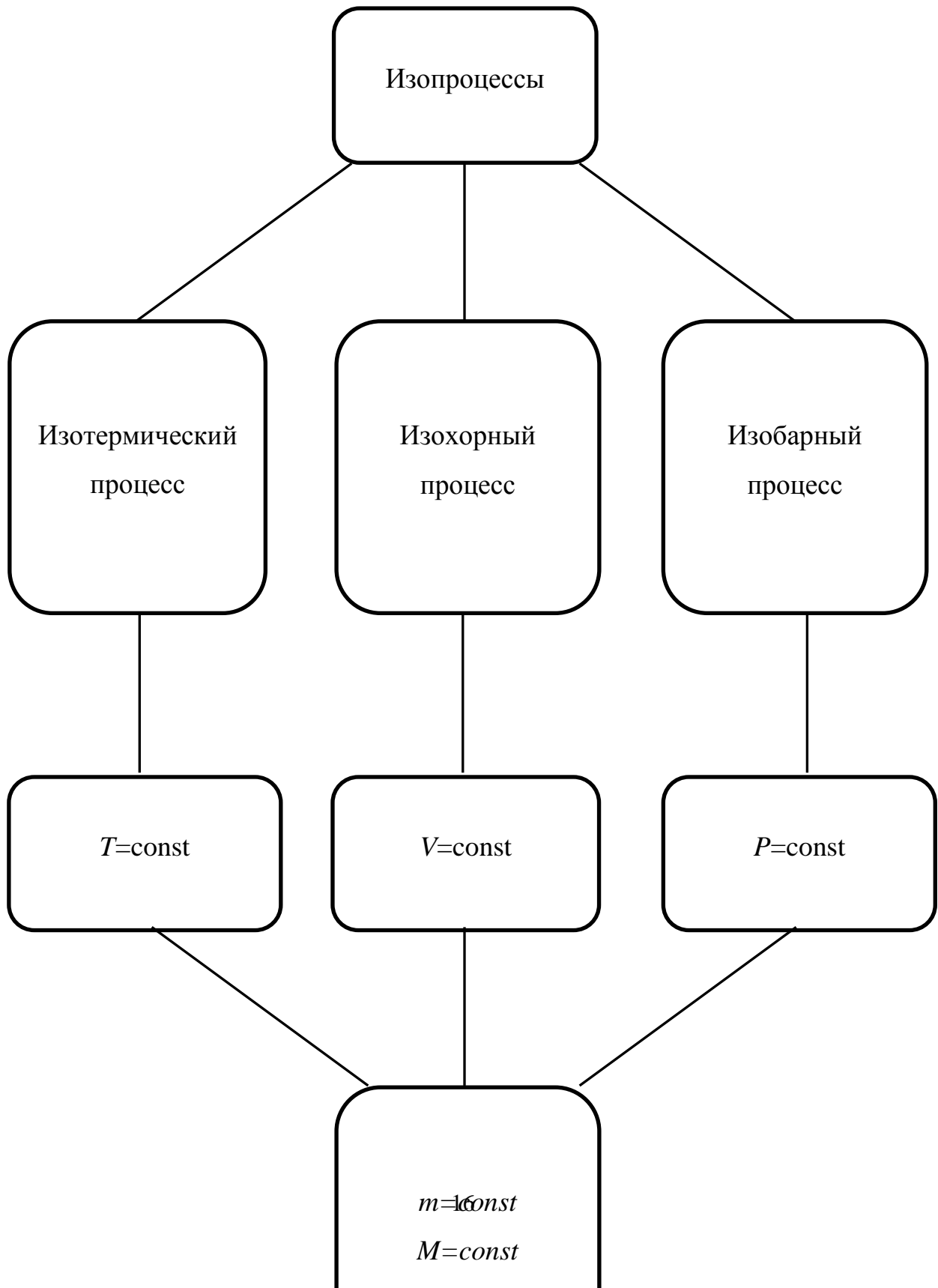


Охлаждение

Изопроцесс – \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



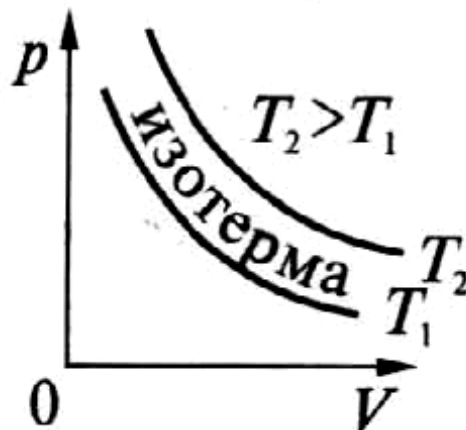
### Изотермический процесс

Закон Бойля-Мариотта

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$PV = \text{const}$$

$$P = \frac{\text{const}}{V}$$



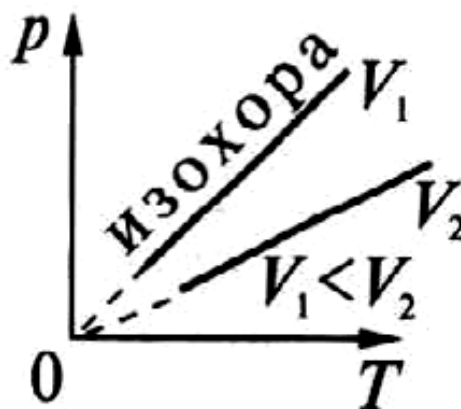
### Изохорный процесс

Закон Шарля

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

$$P = \text{const} \cdot T$$



### Изобарный процесс

<p>Закон Гей-Люссака</p> $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ $\frac{V}{T} = const$ $V = const \cdot T$	
--	--

**Задача 1.24 (стр. 5)**

Газ находится в баллоне. При нагревании газа на 1 К его давление увеличилось на 0,2%. Найдите начальную температуру газа.

<p>Дано:</p> $V_1 = V_2$ $\Delta T = 1 \text{ К}$ $\Delta P = 0,002 P_1$ Найти: $T_1$	<p style="text-align: center;">Решение:</p> $m = const, M = const, V = const$ $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_1 + \Delta P}{T_1 + \Delta T}$ $P_1 \cdot (T_1 + \Delta T) = T_1 \cdot (P_1 + \Delta P)$ $P_1 \cdot T_1 + P_1 \cdot \Delta T = T_1 \cdot P_1 + T_1 \cdot \Delta P$ $P_1 \cdot \Delta T = T_1 \cdot 0,002 P_1$ $\Delta T = 0,002 T_1$ $T_1 = \frac{\Delta T}{0,002}$  $T_1 =$  Ответ:
---	--

**Задача 1.26 (стр. 5)**

Баллон с газом нагревают от температуры  $27^{\circ}\text{C}$  до температуры  $177^{\circ}\text{C}$ . На сколько процентов повышается давление газа?

Дано:	СИ	Решение:
Найти:		Ответ:

**Задача 1.29 (стр. 5)**

Газ нагрели при постоянном давлении от  $7^{\circ}\text{C}$  до  $77^{\circ}\text{C}$ . На сколько процентов увеличился объём газа?

Дано:	СИ	Решение:
$P_1 = P_2$		$m = const, M = const, P = const$
$t_1^0 = 7^0C$	$T_1 = 280 \text{ К}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$
$t_2^0 = 77^0C$	$T_2 = 350 \text{ К}$	$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{V_1 T_2}{T_1} - V_1 T_1$
Найти:		$\Delta V = V_1 \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$
$\frac{\Delta V}{V_1} \cdot 100\%$		$\Delta V = V_1 \frac{T_2 - T_1}{T_1}$
		$\frac{\Delta V}{V_1} \cdot 100\% = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \cdot 100\%$
		$\frac{\Delta V}{V_1} \cdot 100\% = \frac{350 \text{ К} - 280 \text{ К}}{350 \text{ К}} \cdot 100\%$
		$\frac{\Delta V}{V_1} \cdot 100\% =$
		Ответ:

### Задача 1.30 (стр. 5)

При изобарном нагревании идеального газа на 3 К его объём увеличился на 1%. Найдите начальную температуру газа.

Дано:	Решение:
Найти:	

	Ответ:
--	--------

### Задача 1.31 (стр. 5)

При давлении  $5 \cdot 10^6$  Па объём идеального газа 20 л. При каком давлении газ будет занимать объём  $1 \text{ м}^3$ , если температура газа не изменится?

Дано:	СИ	Решение:
$T_1 = T_2$		$m = const, M = const, T = const$
$P_1 = 5 \cdot 10^6 \text{ Па}$		$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$
$V_1 = 20 \text{ л}$	$V_1 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$P_2 = \frac{5 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{1 \text{ м}^3}$
$V_2 = 1 \text{ м}^3$		$P_2 =$
Найти:		Ответ:
$P_2$		

### Задача 1.32 (стр. 5)

Газ изотермически сжимают от объёма 5 л до объёма 2,5 л. Давление при этом увеличивается на 2 кПа. Найдите начальное давление газа.

Дано:	СИ	Решение:
Найти:		

		Ответ:
--	--	--------

## ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

Внутренняя энергия	
Одноатомный газ	

### Внутренняя энергия

$$U = \sum E_{\text{к}} + \sum E_{\text{п}}$$

$E_{\text{к}}$  – \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

$E_{\text{п}}$  – \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Внутренняя энергия идеального газа

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

$$U = \sum E_{\text{к}}$$

### Внутренняя энергия идеального одноатомного газа

$$U = N \cdot \overline{E_k} = N \cdot \frac{3}{2} kT = \nu N_A \cdot \frac{3}{2} kT \left. \begin{array}{l} N_A \cdot k = R \end{array} \right\} \Rightarrow U = \frac{3}{2} \nu RT$$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT \left. \begin{array}{l} PV = \nu RT \end{array} \right\} \Rightarrow U = \frac{3}{2} PV$$

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

$$U = \frac{3}{2} PV$$

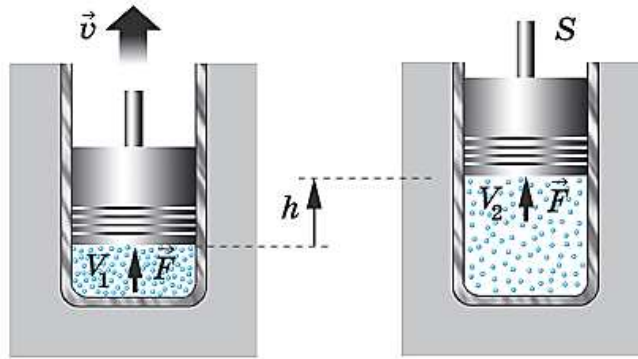
### Задача 2.14 (стр. 7)

При изотермическом расширении идеального газа его объём увеличился в 2 раза. Найдите внутреннюю энергию газа в конечном состоянии, если начальное давление 1 МПа, начальный объём 1 л.

Дано:	СИ	Решение:
$T_1 = T_2$		$U = \frac{3}{2} PV = \frac{3}{2} \nu RT$
$V_2 = 2V_1$		$T = const, \nu = const \Rightarrow U_1 = U_2$
$P_1 = 1 \text{ МПа}$	$P_1 = 10^6 \text{ Па}$	$U_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1 \Rightarrow U_2 = \frac{3}{2} P_1 V_1$
$V_1 = 1 \text{ л}$	$V_1 = 10^{-3} \text{ м}^3$	$U_2 = \frac{3}{2} \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 =$
Найти:		Ответ:
$U_2$		

### РАБОТА ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА





$\vec{F}$  – \_\_\_\_\_

$V_1$  – \_\_\_\_\_

$V_2$  – \_\_\_\_\_

$S$  – \_\_\_\_\_

$$A = F \cdot h$$

$$P = \frac{F}{S} \Rightarrow F = P \cdot S$$

$$\left. \begin{array}{l} A = PSh \\ Sh = V_2 - V_1 = \Delta V \end{array} \right\} \Rightarrow A = P\Delta V$$

Если  $P = const$ ,  $A_{\text{газа}} = P\Delta V$   
 $A_{\text{газа}} = \nu R\Delta T$

### Графический метод определения работы

$A_{\text{газа}} = p_1 \cdot (V_2 - V_1) = p_1 \cdot \Delta V$ $A_{\text{газа}} = S_{\text{прямоугольника}}$	$A_{\text{газа}} = S_{\text{фигуры}}$

### Задача 2.3 (стр.6)

При изобарном нагревании идеального газа его температура увеличилась в 3 раза. Определите начальный объём газа, если он находился под давлением 150 кПа и совершил работу 9 кДж.

Дано:	СИ	Решение:
$P_1 = P_2$ $T_2 = 3T_1$ $P_1 = 150 \text{ кПа}$ $A = 9 \text{ кДж}$ Найти: $V_1$	$P_1 = 150\,000 \text{ Па}$ $A = 9000 \text{ Дж}$	$P = const$ $\begin{cases} A = P \cdot \Delta V \\ \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \end{cases}$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{3T_1}$ $V_1 = \frac{V_2}{3} \Rightarrow V_2 = 3V_1$ $\Delta V = V_2 - V_1 = 3V_1 - V_1 = 2V_1$ $A = P_1 \cdot 2V_1$ $V_1 = \frac{A}{2P_1}$ $V_1 = \frac{9000 \text{ Дж}}{2 \cdot 150000 \text{ Па}} =$ Ответ:

#### Задача 2.4 (стр. 6)

Воздух массой 2 кг находится в цилиндре с подвижным поршнем. При изобарном нагревании воздух совершил работу 166 кДж. На сколько градусов повысилась температура воздуха? Молярная масса воздуха 29 г/моль.

Дано:	СИ	Решение:
$P_1 = P_2$ $m = 2 \text{ кг}$ $A = 166 \text{ кДж}$	$A = 166000 \text{ Дж}$	$P = const \Rightarrow A = \nu R \Delta T$ $A = \frac{m}{M} R \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{AM}{mR}$

$M = 29 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}$ Найти: $\Delta T$	$M = 0,029 \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$	$\Delta T = \frac{166000 \text{ Дж} \cdot 0,029 \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}}{2 \text{ КГ} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{МОЛЬ}}}$ $\Delta T \approx$ Ответ:
---	---	--

### Задача 2.5 (стр. 6)

Какую работу совершают 5 молей идеального газа при изобарном нагревании на 10 К?

Дано:	Решение:
Найти:	
	Ответ:

### Задача 2.6 (стр. 6)

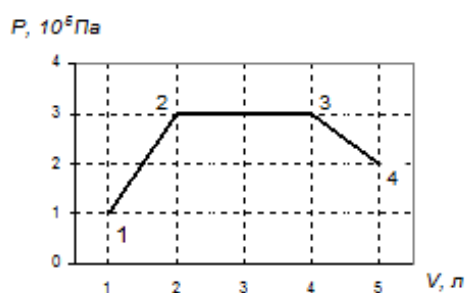
Идеальный газ находится в цилиндре под поршнем при температуре 27<sup>0</sup>С и давлении 0,1 МПа. Объём газа 6 л. Газ сжимают, при этом совершают работу 50 Дж. На сколько градусов уменьшается температура газа, если давление не изменяется?

Дано:	СИ	Решение:

Найти:		Ответ:
--------	--	--------

**Задача 2.11 (стр. 7)**

Дано:	Решение:
-------	----------



Найти:

Ответ:

### КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ

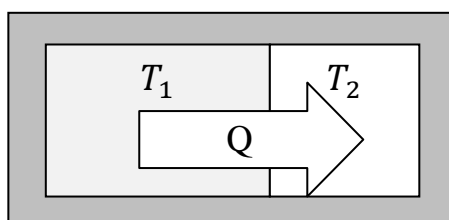
Горение	
Гореть - сгорать	
Количество теплоты	
Конденсация	
Кристаллизация	
Нагревание	
Отдавать	
Охлаждение	
Парообразование	
Плавление	
Получать	
Теплообмен	
Топливо	
Удельная теплоёмкость	
Удельная теплота парообразования	
Удельная теплота плавления	
Удельная теплота сгорания	

топлива	
Холодный	

Теплообмен – \_\_\_\_\_

Количество теплоты  $Q$  – \_\_\_\_\_

$$T_1 > T_2$$



Горячее тело передаёт часть своей внутренней энергии холодному телу. В изолированной системе количество теплоты, которое отдаёт одно тело, равно количеству теплоты, которое получает другое тело. Результат теплообмена – одинаковая температура тел.

### Уравнение теплового баланса

В теплоизолированной системе сумма количеств теплоты, которые получают и отдают тела, равна нулю:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$$

$Q > 0$ , если тело получает тепло

$Q < 0$ , если тело отдаёт тепло

<b>Процессы при теплообмене</b>		
<p><b>Нагревание и охлаждение</b> от температуры <math>t_1</math> до температуры <math>t_2</math></p>	$Q = cm(t_2 - t_1)$ $Q = cm\Delta t$ $Q = C\Delta t$	<p>При нагревании <math>t_2 &gt; t_1 \Rightarrow \Delta t &gt; 0</math> При охлаждении <math>t_2 &lt; t_1 \Rightarrow \Delta t &lt; 0</math></p> <p><math>m</math> – масса вещества <math>c</math> – удельная теплоёмкость вещества – количество теплоты, которое получает или отдаёт 1 кг вещества при изменении температуры на 1 К, <math>[c] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}</math> <math>C = cm</math> – теплоёмкость тела, <math>[C] = \frac{\text{Дж}}{\text{К}}</math>.</p>
<p><b>Плавление и кристаллизация</b></p>	$Q_{\text{пл}} = \lambda m$ $Q_{\text{кр}} = -\lambda m$	<p>При плавлении вещество получает тепло <math>\Rightarrow Q &gt; 0</math> При кристаллизации вещество отдаёт тепло <math>\Rightarrow Q &lt; 0</math></p> <p>Плавление и кристаллизация происходят при температуре плавления. Во время этих процессов температура вещества не изменяется.</p> <p><math>\lambda</math> – удельная теплота плавления вещества – количество теплоты, которое необходимо передать 1 кг твердого вещества при температуре плавления, чтобы оно превратилось в жидкость, <math>[\lambda] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}</math>.</p>
<p><b>Парообразование</b></p>	$Q_{\text{пар}} = r m$	<p>При парообразовании жидкость</p>

и конденсация	$Q_{\text{конд}} = -rm$	<p>получает тепло <math>\Rightarrow Q &gt; 0</math></p> <p>При конденсации пар отдаёт тепло <math>\Rightarrow Q &lt; 0</math></p> <p>Парообразование и конденсация происходят при температуре кипения. Во время этих процессов температура вещества не изменяется.</p> <p><math>r</math> – удельная теплота плавления вещества – количество теплоты, которое необходимо передать 1 кг жидкого вещества при температуре кипения, чтобы оно превратилось в пар, <math>[r] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}</math>.</p>
Горение топлива	$Q = qt$	<p>При горении топлива тепло выделяется.</p> <p><math>q</math> – удельная теплота сгорания топлива – количество теплоты, которое выделяется при сгорании 1 кг топлива, <math>[q] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}</math>.</p>

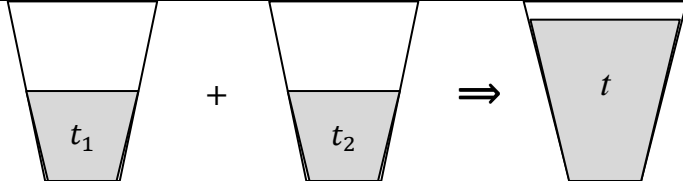
### Задача 2.34 (стр. 9)

В калориметре смешивают две жидкости одинаковой массы с одинаковыми теплоёмкостями. Температура первой жидкости  $27^{\circ}\text{C}$ , температура второй жидкости  $127^{\circ}\text{C}$ . Найдите температуру смеси.

<p>Дано:</p> <p><math>m_1 = m_2 = m</math></p> <p><math>c_1 = c_2 = c</math></p>	<p>Решение:</p>
--	-----------------



$t_1^0 = 27^0$   
 $t_2^0 = 127^0$   
 Найти:  
 $t^0$



Процесс	Количество теплоты
Нагревание жидкости с начальной температурой $t_1$ до температуры $t$	$Q_1 = cm(t - t_1)$
Охлаждение жидкости с начальной температурой $t_2$ до температуры $t$	$Q_2 = cm(t - t_2)$

Уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$cm(t - t_1) + cm(t - t_2) = 0$$

$$cm(t - t_1 + t - t_2) = 0$$

$$cm \neq 0 \Rightarrow t - t_1 + t - t_2 = 0$$

$$2t = t_1 + t_2$$

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

$$t = \frac{27^0C + 127^0C}{2} =$$

Ответ:

### Задача 2.35 (стр. 9)

В калориметре смешивают две жидкости с одинаковой теплоёмкостью. Масса первой жидкости в 2 раза больше, чем масса второй жидкости. Найдите температуру смеси, если температура первой жидкости  $30^0C$ , а температура второй жидкости  $60^0C$ .



Дано:	СИ	<p style="text-align: center;">Решение:</p> <div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;"> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; padding: 5px;">Процесс</th> <th style="width: 50%; padding: 5px;">Количество теплоты</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">Уравнение теплового баланса:</p>	Процесс	Количество теплоты				
Процесс	Количество теплоты							
Найти:		<p>Ответ:</p>						

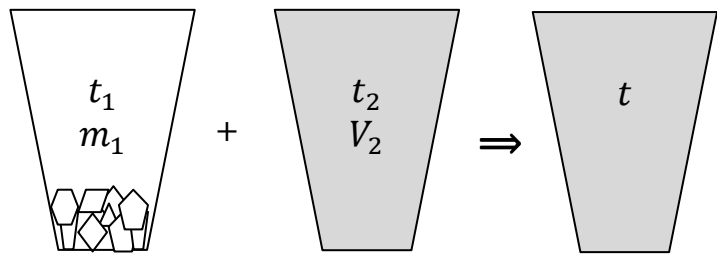
**Задача 2.38 (стр. 10)**

В сосуд, который содержит 2 кг льда при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ , налили 3 л воды при температуре  $90^{\circ}\text{C}$ . Найдите температуру воды после того, как весь лёд расплавился. Удельная теплоёмкость воды  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ , удельная теплота плавления льда  $330 \text{ кДж}/\text{кг}$ .

Дано:

СИ

Решение:



Найти:

Процесс	Количество теплоты

Уравнение теплового баланса:

		Ответ:
--	--	--------

**Задача 2.39 (стр. 10)**

В сосуд, который содержит 10 кг льда при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ , налили 3 л воды при температуре  $90^{\circ}\text{C}$ . Лёд частично плавится. Найдите массу льда, который расплавился. Определите конечную температуру воды. Удельная теплоёмкость воды  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ , удельная теплота плавления льда  $330 \text{ кДж}/\text{кг}$ .

Дано:	СИ	<div style="text-align: center;"> <p>Решение:</p> </div>						
Найти:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Процесс</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Количество теплоты</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Уравнение теплового баланса:</p>	Процесс	Количество теплоты				
Процесс	Количество теплоты							

		Ответ:
--	--	--------

**ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ**



$$\Delta U = Q + A_{\text{внешних сил}}$$

$$A_{\text{внешних сил}} = -A_{\text{газа}}$$

$$\Delta U = Q - A_{\text{газа}}$$

$$Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$$

- $Q > 0 \Leftrightarrow$  \_\_\_\_\_
- $Q < 0 \Leftrightarrow$  \_\_\_\_\_
- $A > 0 \Leftrightarrow$  \_\_\_\_\_
- $A < 0 \Leftrightarrow$  \_\_\_\_\_
- $\Delta U > 0 \Leftrightarrow$  \_\_\_\_\_
- $\Delta U < 0 \Leftrightarrow$  \_\_\_\_\_

### Задача 2.20 (стр. 8)

Одному молю одноатомного идеального газа сообщили 5,2 кДж теплоты. При этом газ совершил работу 4360 Дж. Найдите конечную температуру газа, если его начальная температура 120<sup>0</sup>С.

Дано:	СИ	Решение:
$\nu = 1$ моль		$Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$
$Q = 5,2$ кДж	$Q = 5200$ Дж	$U = \frac{3}{2} \nu RT$
$A_{\text{газа}} = 4360$ Дж		$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \nu RT_2 - \frac{3}{2} \nu RT_1$
$t_1^0 = 120^0\text{C}$	$T_1 = 393$ К	$Q = \frac{3}{2} \nu RT_2 - \frac{3}{2} \nu RT_1 + A_{\text{газа}}$
Найти:		$\frac{3}{2} \nu RT_2 = Q + \frac{3}{2} \nu RT_1 - A_{\text{газа}}$
$T_2$		$T_2 = \frac{2}{3\nu R} Q + \frac{2}{3\nu R} \cdot \frac{3}{2} \nu RT_1 - \frac{2}{3\nu R} A_{\text{газа}}$
		$T_2 = \frac{2}{3\nu R} Q + T_1 - \frac{2}{3\nu R} A_{\text{газа}}$
		$T_2 = T_1 + \frac{2}{3\nu R} (Q - A_{\text{газа}})$
		$T_2 = 393\text{К} + \frac{2}{3 \cdot 1\text{моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К}\cdot\text{моль}}} \cdot (5200\text{Дж} - 4360\text{Дж})$
		$T_2 \approx$
		Ответ:

### Задача 2.21 (стр. 8)

Гелий массой 40 г находится в цилиндре с подвижным поршнем. В процессе сжатия гелия внешние силы совершают работу 6200 Дж, при этом температура газа увеличивается на 200<sup>0</sup>С. Какое количество теплоты получил газ?

Дано:	СИ	Решение:

Найти:		
		Ответ:



## ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОЦЕССАХ

Процесс	Характеристика процесса	Изменение внутренней энергии одноатомного газа $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ или $\Delta U = \frac{3}{2} \Delta(PV)$	Работа 1) Если $P = const$ , $A = P \Delta V$ $A = \nu R \Delta T$ 2) По графику $P(V)$ как площадь фигуры	Первый закон термодинамики $Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$ $Q = \Delta U - A_{\text{внешних сил}}$
<b>Изотермический</b>	$T = const; \Delta T = 0$	$\Delta U = 0$	$A \neq 0$	$Q = A_{\text{газа}}$ $Q = -A_{\text{внешних сил}}$
<b>Изохорный</b>	$V = const$	$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ $\Delta U = \frac{3}{2} V \Delta P$	$A = 0$	$Q = \Delta U$
<b>Изобарный</b>	$P = const$	$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ $\Delta U = \frac{3}{2} P \Delta V$	$A = P \Delta V$ $A = \nu R \Delta T$	$Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$ $Q = \Delta U - A_{\text{внешних сил}}$ $Q = \frac{5}{2} P \Delta V$ $Q = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$
<b>Адиабатный</b>	$Q = 0$ (нет теплообмена)	$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ $\Delta U = \frac{3}{2} \Delta(PV)$	$A \neq 0$	$0 = \Delta U + A_{\text{газа}}$
<p><math>Q &gt; 0</math>, если газ получает тепло; <math>Q &lt; 0</math>, если газ отдаёт тепло  <math>A &gt; 0</math>, если работу совершает газ; <math>A &lt; 0</math>, если работу совершает внешняя сила</p>				

### Задача 2.12 (стр. 7)

При изохорном нагревании газа его внутренняя энергия увеличилась от 200 Дж до 400 Дж. Какое количество теплоты сообщили газу?

Дано:	Решение:
$V = const$	$Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$
$U_1 =$	$V = const \Rightarrow A_{\text{газа}} = 0$
$U_2 =$	$Q = \Delta U = U_2 - U_1$
Найти:	$Q =$
$Q$	Ответ:

### Задача 2.13 (стр. 7)

Объём воздуха при изобарном расширении увеличился от 1 л до 10 л. Определите изменение внутренней энергии и работу, которую совершил газ. Какое количество теплоты получил газ в процессе расширения? Давление газа 0,8 МПа.

Дано:	СИ	Решение:
$P = 0,8 \text{ МПа}$	$P = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$	1) $P = const \Rightarrow A = P\Delta V$
$P = const$		$A_{\text{газа}} = P(V_2 - V_1)$
$V_1 = 1 \text{ л}$	$V_1 = 10^{-3} \text{ м}^3$	$A_{\text{газа}} =$
$V_2 = 10 \text{ л}$	$V_2 = 10^{-2} \text{ м}^3$	2) $U = \frac{3}{2}PV$
Найти:		$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2}PV_2 - \frac{3}{2}PV_1$
$\Delta U$		$\Delta U = \frac{3}{2}P(V_2 - V_1) =$
$A_{\text{газа}}$		$Q = \Delta U + A_{\text{газа}} =$
$Q$		Ответ:



### Задача 2.19 (стр. 8)

Одноатомный идеальный газ находится в сосуде. При охлаждении газ выделяет 450 Дж теплоты. При этом давление газа понижается на 250 кПа. Найдите объём сосуда.

Дано:	СИ	Решение:
Найти:		Ответ:

### Задача 2.22 (стр. 8)

Какое количество теплоты сообщили двум молям идеального одноатомного газа, если его температура увеличилась на 240 К при постоянном давлении?

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

### Задача 2.24 (стр. 8)

Какую работу совершил идеальный газ в изобарном процессе, если ему сообщили 9,5 кДж теплоты?

Дано:	Решение:
Найти:	
	Ответ:

### ТЕПЛОВОЙ ДВИГАТЕЛЬ

Двигатель	
Нагреватель	
Рабочее тело	
Устройство	
Холодильник	

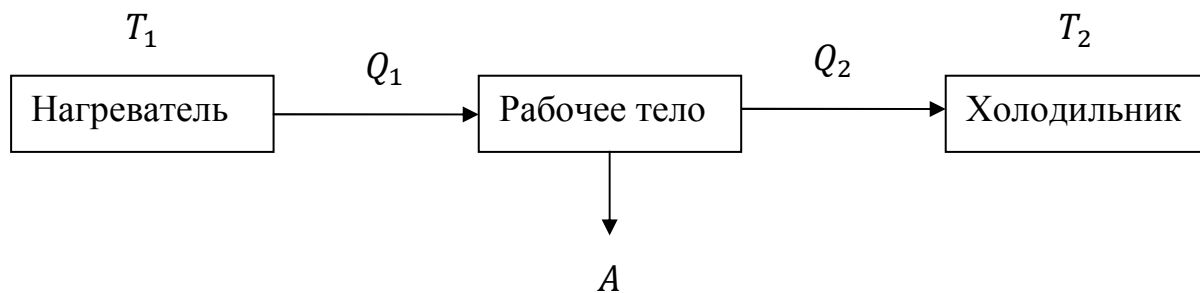
**Тепловой двигатель** – это \_\_\_\_\_

---

---

---

---



$T_1$  – \_\_\_\_\_

$T_2$  – \_\_\_\_\_

$Q_1$  – \_\_\_\_\_

$Q_2$  – \_\_\_\_\_

$A$  – \_\_\_\_\_

$$A = Q_1 - Q_2$$

**Коэффициент полезного действия (КПД) теплового двигателя:**

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

КПД можно выразить в процентах:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\% = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \cdot 100\%.$$

### КПД идеального теплового двигателя:

$$\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Рабочее тело – идеальный газ.

В процентах:

$$\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \cdot 100\%$$

### Задача 2.28 (стр. 9)

Найдите работу, которую совершает идеальный тепловой двигатель, если температура нагревателя  $150^{\circ}\text{C}$ , температура холодильника  $20^{\circ}\text{C}$ . Нагреватель передаёт двигателю  $100$  кДж теплоты.

Дано:	СИ	Решение:
$t_1 = 150^{\circ}\text{C}$	$T_1 = 423 \text{ К}$	$\eta = \frac{A}{Q_1}$
$t_2 = 20^{\circ}\text{C}$	$T_2 = 293 \text{ К}$	$A = \eta \cdot Q_1$
$Q_1 = 100 \text{ кДж}$	$Q_1 = 10^5 \text{ Дж}$	$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$
Найти: $A$		$A = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot Q_1$
		$A = \frac{423 \text{ К} - 293 \text{ К}}{423 \text{ К}} \cdot 10^5 \text{ Дж}$
		$A = 30732,86 \text{ Дж} \approx 30,7 \text{ кДж}$
		Ответ:

**Задача 2.25 (стр. 8)**

КПД идеального теплового двигателя 20%. Температура холодильника  $7^{\circ}\text{C}$ . Найдите температуру нагревателя.

Дано:	СИ	Решение:
Найти:		Ответ:

**Задача 2.26 (стр. 8)**

КПД теплового двигателя 30%. Во сколько раз температура нагревателя больше, чем температура холодильника?

Дано:	СИ	Решение:
Найти:		Ответ:



**Задача 2.27.**

Если идеальный тепловой двигатель получает от нагревателя 1 кДж теплоты, он совершает работу 300 Дж. Температура холодильника  $17^{\circ}\text{C}$ . Определите температуру нагревателя.

Дано:	СИ	Решение:
Найти:		Ответ:

**Задача 2.29. (стр. 9)**

В идеальной тепловой машине абсолютная температура нагревателя в три раза больше абсолютной температуры холодильника. Какую работу совершает двигатель, если за один цикл газ получает от нагревателя 200 Дж теплоты?

Дано:	СИ	Решение:
Найти:		Ответ:

### Задача 2.30 (стр. 9)

Идеальный тепловой двигатель получает от нагревателя 4 кДж теплоты и совершает работу 800 Дж. Найдите температуру холодильника, если температура нагревателя  $127^{\circ}\text{C}$ .

Дано:	СИ	Решение:
Найти:		Ответ:

### **МОЩНОСТЬ И КПД НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ. ВЗАИМНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ**

Взаимный	
Мощность	
Нагревательный прибор	
Неупругий удар	
Превращение	
Пуля	
Шар	
Электрическая плитка	
Электрический чайник	

Коэффициент полезного действия нагревательного прибора:

$$\eta = \frac{P_{\text{полезная}}}{P_{\text{затраченная}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{затраченная}}} \cdot 100\%$$

Теплота сгорания топлива:

$$Q = qm,$$

где  $m$  – масса топлива,

$q$  – удельная теплота сгорания топлива – это количество теплоты, которое выделяется при сгорании одного килограмма топлива,  $[q] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ .

### Задача 2.44 (стр. 11)

На электрической плитке мощностью 600 Вт 3 л воды нагреваются от температуры  $25^{\circ}\text{C}$  до кипения за 50 минут. Определите КПД плитки. Удельная теплоемкость воды  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ . Плотность воды  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Дано:	СИ	Решение:
$P=600 \text{ Вт}$		$\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{затраченная}}} \cdot 100\%$
$V=3 \text{ л}$	$V = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$A_{\text{затраченная}} = Pt$
$t_1 = 25^{\circ}\text{C}$		$A_{\text{полезная}} = Q = cm\Delta t^0 = cm(t_2 - t_1)$
$t_2 = 100^{\circ}\text{C}$		$m = \rho V$
$t=50 \text{ мин}$	$t=3000 \text{ с}$	$A_{\text{полезная}} = c\rho V(t_2 - t_1)$
$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$		$\eta = \frac{c\rho V(t_2 - t_1)}{Pt} \cdot 100\% =$
$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$		Ответ:
Найти: $\eta$		



Дано:	СИ	Решение:
Найти:		Ответ:

### Задача 2.49 (стр. 11)

Пуля летела со скоростью 50 м/с и ударилась о стену. В результате неупругого удара пуля нагрелась на 10<sup>0</sup>С. Найдите удельную теплоёмкость материала пули, если она получила всю энергию, которая выделилась при ударе.

Дано: $v = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $\Delta t = 10^0 \text{С}$ Найти: $c$	Решение: $E_{\text{мех1}} = E_{\text{мех2}} + Q$ $E_{\text{мех}} = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}$ $E_{\text{к1}} + E_{\text{п1}} = E_{\text{к2}} + E_{\text{п2}} + Q$ $E_{\text{к1}} = \frac{mv^2}{2}, E_{\text{к2}} = 0$ $E_{\text{п1}} = E_{\text{п2}} = E_{\text{п}}$ $\frac{mv^2}{2} + E_{\text{п}} = 0 + E_{\text{п}} + Q$
--	--



### Задача 2.55 (стр. 12)

Двигатель реактивного самолёта с КПД 20% при полёте со скоростью 1800 км/ч развивает силу тяги 86 кН. Сколько тонн керосина расходуется за 1 час полёта? Удельная теплота сгорания керосина  $4,3 \cdot 10^7$  Дж/кг.

Дано:	СИ	Решение:
$\eta = 0,2$		$\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{затраченная}}}$
$v = 1800 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$	$v = 500 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$A_{\text{полезная}} = FS = Fvt$
$F = 86 \text{ кН}$	$F = 8,6 \cdot 10^4 \text{ Н}$	$A_{\text{затраченная}} = qm$
$t = 1 \text{ ч}$	$t = 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}$	$\eta = \frac{Fvt}{qm}$
$q = 4,3 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$		$m = \frac{Fvt}{q\eta}$
Найти:		$m = \frac{8,6 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot 500 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}}{4,3 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,2}$
$m$		$m = 18000 \text{ кг} = 18 \text{ т}$
		Ответ: $m = 18 \text{ т}$

### Задача 2.56 (стр. 12)

Реактивный самолёт пролетает со скоростью 900 км/ч путь 1800 км. При этом расход топлива составляет 4 т. Мощность двигателя самолёта 5900 кВт, КПД 23%. Найдите удельную теплоту сгорания топлива.





Точка росы – температура, при которой водяной пар становится насыщенным.

Абсолютная влажность воздуха – это плотность или давление водяного пара, который содержится в воздухе.

Относительная влажность воздуха

$$\varphi = \frac{P}{P_n} \cdot 100\% = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%,$$

где  $P$  – парциальное давление водяного пара,  $P_n$  – давление насыщенного водяного пара при той же температуре,  $\rho$  – плотность водяного пара,  $\rho_n$  – плотность насыщенного водяного пара при той же температуре.

Таблица 1

**Давление насыщенного пара воды ( $p_{н.п}$ )  
при различных температурах ( $t$ )**

$t, ^\circ\text{C}$	$p_{н.п}, \text{кПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p_{н.п}, \text{кПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p_{н.п}, \text{кПа}$
1	0,653	11	1,31	21	2,49
2	0,706	12	1,39	22	2,64
3	0,759	13	1,49	23	2,81
4	0,813	14	1,59	24	2,98
5	0,880	15	1,71	25	3,17
6	0,933	16	1,81	26	3,36
7	0,999	17	1,93	27	3,56
8	1,07	18	2,07	28	3,78
9	1,15	19	2,19	29	3,99
10	1,23	20	2,33	30	4,24

### Задача 2.57 (стр. 13)

Найдите относительную влажность воздуха в комнате при температуре  $18^{\circ}\text{C}$ , если точка росы  $10^{\circ}\text{C}$ .

<p>Дано:</p> <p><math>t = 18^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>t_p = 10^{\circ}\text{C}</math></p> <p>Найти: <math>\varphi</math></p>	<p>Решение:</p> $\varphi = \frac{P}{P_H} \cdot 100\%$ <p>Парциальное давление водяного пара и давление насыщенного водяного пара определяем по таблице:</p> <p><math>P = 1,23 \cdot 10^3 \text{Па}</math>, <math>P_H = 2,07 \cdot 10^3 \text{Па}</math>.</p> $\varphi = \frac{1,23 \cdot 10^3 \text{Па}}{2,07 \cdot 10^3 \text{Па}} \cdot 100\% =$ <p>Ответ:</p>
---	--

### Задача 2.59 (стр. 13)

Для повышения относительной влажности на 20% при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  в комнате объёмом  $50 \text{ м}^3$  необходимо испарить 180 г воды. Найдите плотность насыщенных паров воды при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ .

<p>Дано:</p> <p><math>t = 20^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>V = 50 \text{ м}^3</math></p> <p><math>\Delta m = 180 \text{ г}</math></p> <p><math>\Delta \varphi = 20\% = 0,2</math></p> <p>Найти:</p> <p><math>\rho_H</math></p>	<p>СИ</p> <p><math>\Delta m = 0,18 \text{ кг}</math></p>	<p>Решение:</p> $\varphi_1 = \frac{P_1}{P_H}; \varphi_2 = \frac{P_2}{P_H}$ $\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{P_2}{P_H} - \frac{P_1}{P_H}$ $\Delta \varphi = \frac{P_2 - P_1}{P_H}$ $P_1 V = \frac{m_1}{M} RT \Rightarrow P_1 = \frac{m_1}{MV} RT$
--	--	---

		$P_2 V = \frac{m_2}{M} RT \Rightarrow P_2 = \frac{m_2}{MV} RT$ $\Delta\varphi = \frac{\frac{m_2}{MV} RT - \frac{m_1}{MV} RT}{P_H}$ $\Delta\varphi = \frac{RT(m_2 - m_1)}{MVP_H}$ $\Delta\varphi = \frac{RT\Delta m}{MVP_H}$ $P_H V = \frac{m_H}{M} RT \Rightarrow P_H = \frac{m_H}{MV} RT = \frac{\rho_H RT}{M}$ $\rho_H = \frac{P_H M}{RT}$ $\Delta\varphi = \frac{RT\Delta m}{MV \frac{\rho_H RT}{M}}$ $\Delta\varphi = \frac{\Delta m}{V\rho_H} \Rightarrow \rho_H = \frac{\Delta m}{\Delta\varphi V}$ $\rho_H =$ Ответ:
--	--	---

### Задача 2.63 (стр. 13)

В сосуде объёмом 10 л находится влажный воздух с относительной влажностью 40% под давлением 100 кПа. На сколько процентов увеличится давление, если в сосуд добавить 4 г воды? Температура в сосуде постоянна и равна 100°C.

Дано:	СИ	Решение:

Найти:		
--------	--	--

Ответ:

Светлана Львовна Рябкова

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ  
ПО ФИЗИКЕ  
Часть 3

Редактор  
П.В. Сидоренко

Подписано в печать      Формат 60x90 1/8 Бумага газетная. Печать трафаретная.  
Уч. изд. л.6,8. Усл. печ. л.7,3. Тираж 300 экз. Заказ №

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» 603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.  
Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65  
<http://www.nngasu.ru>, [srec@nngasu.ru](mailto:srec@nngasu.ru)