

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

### Какие позиции кодификатора элементов содержания проверяет

В экзаменационной работе содержательные элементы из раздела «Молекулярная физика и термодинамика» проверяются заданиями 7-11 части 1 и задачами 24, 25 и 27 части 2.

Ниже представлена таблица, составленная на основе Кодификатора элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена по физике в 2023 году<sup>1</sup>. В таблицу включены все элементы содержания по разделу «Молекулярная физика и термодинамика», которые будут проверяться в КИМ текущего года.

<b>МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА</b>	
<b>МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА</b>	
1	Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел
2	Тепловое движение атомов и молекул вещества
3	Взаимодействие частиц вещества
4	Диффузия. Броуновское движение
5	Модель идеального газа в МКТ: частицы газа движутся хаотически и не взаимодействуют друг с другом
6	Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа (основное уравнение МКТ): $p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \cdot \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\varepsilon_{\text{пост}}}$
7	Абсолютная температура: $T = t^\circ + 273 \text{ К}$
8	Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц: $\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$
9	Уравнение $p = nkT$
10	Модель идеального газа в термодинамике: { Уравнение Менделеева – Клапейрона { Выражение для внутренней энергии Уравнение Менделеева – Клапейрона (применимые формы записи): $pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}$ Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи): $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \nu c_v T = \frac{3}{2} pV$
11	Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов: $p = p_1 + p_2 + \dots$
12	Изопрцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц $N$ (с постоянным количеством вещества $\nu$ ): изотерма ( $T = \text{const}$ ): $pV = \text{const}$ ,

<sup>1</sup> На сайте ФГБНУ «ФИПИ» в соответствующем разделе или по ссылке <https://fipi.ru/egje/demoversii-spezifikacii-kodifikatory#!/tab/151883967-3> размещены демоверсии, спецификации и кодификаторы КИМ ЕГЭ 2023 г. В архиве с материалами по физике присутствует Кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена по физике.

	<p>изохора (<math>V = \text{const}</math>): <math>\frac{p}{T} = \text{const}</math>,</p> <p>изобара (<math>p = \text{const}</math>): <math>\frac{V}{T} = \text{const}</math></p> <p>Графическое представление изопроцессов на <math>pV</math>-, <math>pT</math>- и <math>VT</math>- диаграммах</p>
13	Насыщенные и ненасыщенные пары. Качественная зависимость плотности и давления насыщенного пара от температуры, их независимость от объёма насыщенного пара
14	<p>Влажность воздуха.</p> <p>Относительная влажность: <math>\varphi = \frac{p_{\text{пара}}(T)}{p_{\text{насыщ пара}}(T)} = \frac{\rho_{\text{пара}}(T)}{\rho_{\text{насыщ пара}}(T)}</math></p>
15	Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение жидкости
16	Изменение агрегатных состояний вещества: плавление и кристаллизация
17	Преобразование энергии в фазовых переходах
<b>ТЕРМОДИНАМИКА</b>	
1	Тепловое равновесие и температура
2	Внутренняя энергия
3	Теплопередача как способ изменения внутренней энергии без совершения работы. Конвекция, теплопроводность, излучение
4	<p>Количество теплоты.</p> <p>Удельная теплоёмкость вещества <math>c</math>: <math>Q = cm\Delta T</math></p>
5	<p>Удельная теплота парообразования <math>r</math>: <math>Q = rm</math></p> <p>Удельная теплота плавления <math>\lambda</math>: <math>Q = \lambda m</math></p> <p>Удельная теплота сгорания топлива <math>q</math>: <math>Q = qm</math></p>
6	Элементарная работа в термодинамике: $A = p\Delta V$ Вычисление работы по графику процесса на $pV$ -диаграмме
7	<p>Первый закон термодинамики:</p> $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$ <p>Адиабата:</p> $Q_{12} = 0 \Rightarrow A_{12} = U_1 - U_2$
8	Второй закон термодинамики, необратимость
9	<p>Принципы действия тепловых машин. КПД:</p> $\eta = \frac{A_{\text{за цикл}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} -  Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{ Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}}$
10	<p>Максимальное значение КПД. Цикл Карно</p> $\max \eta = \eta_{\text{Карно}} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}$
11	Уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$

### Что нужно знать/уметь по теме

Каждое из заданий 7–9 в соответствии со Спецификацией КИМ ЕГЭ 2023 г. проверяет ограниченный перечень элементов содержания по одной или двум темам раздела. Задания 7–9 являются заданиями с кратким ответом, в которых необходимо самостоятельно записать ответ в виде числа. Ниже приведены описания проверяемых элементов содержания и умений, которые необходимо проявить при выполнении каждого из заданий 7-9, а также ссылки на примеры заданий этих линий из открытого банка заданий ЕГЭ, раздел «Молекулярная физика и термодинамика».

Задание 7

№	Что нужно знать	Что нужно уметь
1	Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа (основное уравнение МКТ)	Использовать основное уравнение МКТ для расчёта физических величин $p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \cdot \left( \frac{m_0 v^2}{2} \right) = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\varepsilon_{\text{пост}}}$
2	Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц.	Использовать формулу $\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \left( \frac{m_0 v^2}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$ для расчета физических величин
3	Уравнение $p = nkT$	Использовать уравнение $p = nkT$ для расчёта физических величин
4	Уравнение Менделеева–Клапейрона	Использовать уравнение Менделеева-Клапейрона для расчета параметров газа в изопротессах. Анализировать $pV$ -, $VT$ -, $pT$ -диаграммы

Задание 8

№	Что нужно знать	Что нужно уметь
1	Насыщенные и ненасыщенные пары. Относительная влажность воздуха.	Использовать формулу $\varphi = \frac{p_{\text{пара}}(T)}{p_{\text{насыщ. пара}}(T)} = \frac{p_{\text{пара}}(T)}{p_{\text{насыщ. пара}}(T)}$ для расчета физических величин. Понимать, что при сжатии ненасыщенного пара при постоянной температуре относительная влажность увеличивается, пока пар не станет насыщенным, а относительная влажность равной 100%. При последующем сжатии пар остаётся насыщенным, а часть пара конденсируется. Понимать, что давление насыщенного водяного пара при 100 °С равно нормальному атмосферному давлению.
2	Тепловое равновесие, температура. Внутренняя энергия	Распознавать ситуации теплового равновесия, переводить значение температуры из градусов Цельсия в кельвины и обратно. Определять изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа
3	Количество теплоты. Изменение агрегатного состояния вещества	Использовать формулы $Q = cm\Delta T$ $Q = Lm$ $Q = \lambda m$ $Q = qm$ для расчета физических величин. Использовать графики зависимости температуры вещества от полученного (отданного) количества теплоты и температуры от времени для получения данных для расчетов

## Задание 9

№	Что нужно знать	Что нужно уметь
1	Элементарная работа в термодинамике	Определять работу газа в изобарном процессе по формуле $A = p\Delta V$ и с использованием $pV$ -диаграммы
2	Первый закон термодинамики: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$	Применять первый закон термодинамики к различным процессам
3	КПД тепловых машин	Применять формулы для расчёта КПД теплового двигателя

## Задания 10 и 11

Задания 10 и 11 в соответствии со Спецификацией КИМ ЕГЭ 2023 г. могут проверять элементы содержания по любой из тем раздела «Молекулярная физика и термодинамика». Как правило, в экзаменационном варианте эти задания базируются на материале разных тем.

В задании 10 необходимо из пяти предложенных утверждений выбрать все верные утверждения, характеризующие процесс, описанный в тексте задания. Для этого необходимо уметь проводить интегрированный анализ указанного процесса.

В задании 11 необходимо либо проанализировать описанный процесс и определить характер изменения двух физических величин, характеризующих этот процесс, либо установить соответствие между графиками и физическими величинами или между формулами и физическими величинами, описывающими какой-либо процесс.

Задания 10 и 11 являются заданиями с кратким ответом, которые оцениваются максимально 2 баллами. Ниже приведены описания проверяемых элементов содержания и умений, которые необходимо проявить при выполнении заданий 10 и 11.

## Задание 10

Что нужно знать	Что нужно уметь
Молекулярная физика. Термодинамика	Анализировать тепловые процессы, представленные в виде таблиц, графиков или словесного описания: выделять их основные свойства, уметь определять физические величины, характеризующие процесс.

## Задание 11

Что нужно знать	Что нужно уметь
Молекулярная физика. Термодинамика	Анализировать изменение физических величин в тепловых процессах. Получать формулы для расчёта величин, характеризующих эти процессы. Устанавливать соответствие между графиками, описывающими тепловые процессы и зависимостями, которые они отражают

Во второй части работы могут предлагаться следующие задачи по данному разделу:

- качественная задача с развернутым ответом повышенного уровня сложности, максимальный балл – 3 (позиция 24);
- расчетная задача по молекулярной физике повышенного уровня сложности с кратким ответом в виде числа, максимальный балл – 1 (позиция 25);
- расчетная задача с развернутым ответом высокого уровня сложности максимальный балл – 3 (позиция 27).

Задачи могут базироваться на любых содержательных элементах раздела. Как правило, в одном экзаменационном варианте эти задачи предлагаются на материале разных тем.

**Задание 24**

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Молекулярная физика. Термодинамика	Решать качественные задачи по физике: работать с условием задачи, проводить рассуждения, объясняющие описанные в условии процессы и явления, подтверждая рассуждения ссылками на изученные свойства явлений, законы и закономерности

**Задание 25**

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Молекулярная физика. Термодинамика	Решать расчетные задачи: работать с условием задачи, искать необходимые справочные данные, выбирать законы и формулы, необходимые для решения задачи, проводить математические преобразования и расчеты, анализировать полученный результат

**Задание 27**

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Молекулярная физика. Термодинамика	Решать расчетные задачи по физике: работать с условием задачи, записывать краткое условие задачи, искать необходимые справочные данные, делать рисунок (например, с указанием сил, действующих на тело), если это необходимо для понимания физической ситуации; описывать физическую модель, выбирать законы и формулы, необходимые для решения задачи, проводить математические преобразования и расчеты, анализировать полученный результат.

**Где взять информацию по теме****Учебники**

1. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика. Молекулярная физика. Термодинамика. 10 класс. Углубленное изучение / ООО «Дрофа».
2. Мякишев Г.Я., Петрова М.А. и др.. Физика. 10 класс. / ООО «Дрофа».
3. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / ООО «Дрофа».
4. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. и др. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Пинского А.А., Кабардина О.Ф. / АО «Издательство «Просвещение».
5. Пурешева Н.С., Вадеевская Н.Е., Исаев Д.А. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Пурешевой Н.С. / ООО «Дрофа».
6. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Парфентьевой Н.А. / АО «Издательство «Просвещение».
7. Грачев А.В., Погожев В.А., Салецкий А.М., Боков П.Ю. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / ООО «Издательский центр «ВЕНТАНА-ГРАФ».
8. Генденштейн Л.Э., Булатова А.А., Корнильев А.Н., Кошкина А.В. Физика. 10 класс. /ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний».

9. Генденштейн Л.Э., Булатова А.А., Корнильев А.Н., Кошкина А.В. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. /Под редакцией Орлова В.А. /ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний».
10. Белага А.В., Ломанченков И.А., Панебратцев Ю.А.. Физика. 10 класс. / АО «Издательство «Просвещение».
11. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И.. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. /Под редакцией Орлова В.А. /ООО «ИОЦ Мнемозина».

## 1. Уроки «Российской электронной школы»

Физика. 10 класс. Уроки 16–25

<https://resh.edu.ru/subject/28/10/>

### Какие задания открытого банка выполнить для тренировки

#### Задание 7

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=CC94413B2118B50D46C30CE703070607>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=8B518EA7FCADBDB749E4E672831CE742>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=E8FF49678B10B4AC4766488D430DAA4F>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=5F94A1D625AFBD5341DA779AC665E33D>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=DA98362B5E6BB4714927E10468C596D0>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=B296653E1287A78C4C0BA5F93E27C5A0>

#### Задание 8

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=FC2B7AD14B9EBEB849A9DB199196E3CC>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=ED95AB8A0922A7624ECE010823BB476C>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=ED0349AFE599D404DB9A1D2D9D9F43A>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=77B7DA4D0C59A16C4BAA5BB822932385>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=49C8E9CA40118A4D4CE76F4161A56F83>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=3DDAB6C8B501A8374342FA5768F67B2C>

#### Задание 9

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=D98B52DC510BA2A945B45816A3C161F4>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=CBA1062C2BA78F2C43C76DFDC2BC55B0>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=DFD498F5C8F7B15D494A318EE07BBBAD>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=EF4BAE428B3DA86146C0F4B6FDB17A6C>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=7C818220E45D8A0444C8DBB2C2D4DC6E>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=42C6241EB6A59E1E422AA2D027D71635>

#### Задание 10

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=D5BCCA9624FCBD3847E7028162416528>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=D19454E4946C99C04361E1FF85F061E2>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=BD8ACCDE60A68CD44C2A010171D79B4C>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=C42B9AF65BFDAC7444156FB7AC31B434>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=9C2F1C66BC52AADD40569559136BF85C>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=46D8F0879F08AD3F4E138F1DE5FA0888>

**Задание 11**

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=FE2C77D012828C0140E7D39793578427>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=9713DAF46E76B0BF4A6D7A51AFED67DA>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=7EE7ADF9DFCFBFA240338BBB1703085C>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=DFDEC66F7E53BF2B48758ACE9200CB6C>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=F83E12E11AA6886A4D580ECBC42891D4>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=8916DBB4F217BC554215F5FCA7EFBBEB>

**Задание 24**

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=6B6CF94D0A67B0914A8BAEC465B14C20>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=DDC7563B3833AC3C4E19EBDDDFDF634B3>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=5693A87982509D5E4766097287FF978F>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=B99BE85229428C0D4245644A6152C6A8>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=5D850082B902A3754F3CF4638572375F>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=712A6CF24276B5794F94B1731AA32CF9>

**Задание 25**

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=EC9910D827389EF041AFB865055A34B1>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=58A926D589FD89F14EDD3636B2FEF4ED>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=4B512EC59781B3D84232EA1AE9B3B3D5>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=837FA95D03A09C5D40F69D3192737160>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=3D9D83ECF743B1B4467B055F00E915A4>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=38031276ABC2961B49F50988F773AFC4>

**Задание 27**

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=FF689527CD60850E46793C4B808CDF59>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=F9DCB5C08351B61A483D76DEEFA410D2>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=90EC7597D14AA9334C866FD14E103AB6>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=9BC5958B429782F842DDFFDFEFC4E2C73>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=89D209BDAEFBB3264745530A75DC3A16>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=E659396269BABDA14EB3C8694859A0D5>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=F2083CC0FB6DBDB340F71C3C76B1FBAC>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=BDD9E12C504C8C704CF96B244313F797>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=6D4889D91157A9FC4E3AB0C7A8177391>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=3C05D3BDC65CA0C14B844E2144C638E7>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=3E90E05D20E9BE634AB3FD20B595C075>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=1FB2E1AC0CB19DB7463D9CC06C07C45B>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=A66D44A0ACE58CFD4F3440593A1E9FBB>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=B2681654FF1AAC5C40F63D172EF78E9C>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=C18BD216C6F59C9B4E3917C725C03CD0>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=98FD97B635F0972F46D2CEAE9EE912FC>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=F67CF95C70B4BD4E48079353E182C4AF>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=6E84006B9136B2DC42409FB744428A62>  
<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=E60551974D28BC0B417D0527B52AA40D>

<http://ege.fipi.ru/os11/xmodules/qprint/openlogin.php?qst=1B991B529463B6804FB58D2834AB870E>