

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Какие позиции кодификатора элементов содержания проверяет

В экзаменационной работе содержательные элементы из раздела «Молекулярная физика и термодинамика» проверяются заданиями 7-10 части 1 и задачами 21, 23 и 24 части 2.

Ниже представлена таблица, составленная на основе Кодификатора проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике в 2024 году¹. В таблицу включены все элементы содержания по разделу «Молекулярная физика и термодинамика», которые будут проверяться в КИМ текущего года.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА	
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	
1	<p>Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел. Пусть термодинамическая система (тело) состоит из N одинаковых молекул. Тогда количество вещества $\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu}$,</p> <p>где N_A – число Авогадро, m – масса системы (тела), μ – молярная масса вещества</p>
2	Тепловое движение атомов и молекул вещества
3	Взаимодействие частиц вещества
4	Диффузия. Броуновское движение
5	Модель идеального газа в МКТ
6	<p>Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа (основное уравнение МКТ):</p> $p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \cdot \left(\frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\varepsilon_{\text{пост}}},$ <p>где m_0 – масса одной молекулы,</p> $n = \frac{N}{V}$ – концентрация молекул
7	Абсолютная температура: $T = t^\circ + 273 \text{ К}$
8	<p>Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц:</p> $\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \left(\frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$
9	Уравнение $p = nkT$
10	<p>Модель идеального газа в термодинамике:</p> <p style="text-align: center;">{ Уравнение Менделеева – Клапейрона Выражение для внутренней энергии</p> <p>Уравнение Менделеева – Клапейрона (применимые формы записи):</p> $pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}$ <p>Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи):</p> $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3m}{2\mu} RT = \nu c_V T = \frac{3}{2} pV$

¹ На сайте ФГБНУ «ФИПИ» <https://fipi.ru> в соответствующем разделе размещены демоверсии, спецификации и кодификаторы КИМ ЕГЭ 2024 г. В архиве с материалами по физике присутствует Кодификатор проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике.

11	Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов: $p = p_1 + p_2 + \dots$
12	Изопроцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц N (с постоянным количеством вещества ν): изотерма ($T = \text{const}$): $pV = \text{const}$, изохора ($V = \text{const}$): $\frac{p}{T} = \text{const}$, изобара ($p = \text{const}$): $\frac{V}{T} = \text{const}$ Графическое представление изопроцессов на pV -, pT - и VT - диаграммах
13	Насыщенные и ненасыщенные пары. Качественная зависимость плотности и давления насыщенного пара от температуры, их независимость от объема насыщенного пара
14	Влажность воздуха. Относительная влажность: $\varphi = \frac{p_{\text{пара}}(T)}{p_{\text{насыщ пара}}(T)} = \frac{\rho_{\text{пара}}(T)}{\rho_{\text{насыщ пара}}(T)}$
15	Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение жидкости
16	Изменение агрегатных состояний вещества: плавление и кристаллизация
17	Преобразование энергии в фазовых переходах
ТЕРМОДИНАМИКА	
1	Тепловое равновесие и температура
2	Внутренняя энергия
3	Теплопередача как способ изменения внутренней энергии без совершения работы. Конвекция, теплопроводность, излучение
4	Количество теплоты. Удельная теплоёмкость вещества c : $Q = cm\Delta T$
5	Удельная теплота парообразования r : $Q = rm$ Удельная теплота плавления λ : $Q = \lambda m$ Удельная теплота сгорания топлива q : $Q = qm$
6	Элементарная работа в термодинамике: $A = p\Delta V$ Вычисление работы по графику процесса на pV -диаграмме
7	Первый закон термодинамики: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$ Адиабата: $Q_{12} = 0 \Rightarrow A_{12} = U_1 - U_2$
8	Второй закон термодинамики, необратимость
9	Принципы действия тепловых машин. КПД: $\eta = \frac{A_{\text{за цикл}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{ Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}}$
10	Максимальное значение КПД. Цикл Карно $\text{max} \eta = \eta_{\text{Карно}} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}$
11	Уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$

Что нужно знать/уметь по теме

Задания 7 и 8 в соответствии со Спецификацией КИМ ЕГЭ 2024 г. проверяет ограниченный перечень элементов содержания по молекулярной физике и термодинамике соответственно. Эти задания 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 и 8, а также примеры заданий этих линий из открытого банка заданий ЕГЭ, раздел «Молекулярная физика и термодинамика».

Задание 7

№	Что нужно знать	Что нужно уметь
1	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
2	Уравнение $p = nkT$	Использовать уравнение $p = nkT$ для расчёта физических величин
3	Уравнение Менделеева–Клапейрона	Использовать уравнение Менделеева-Клапейрона для расчета параметров газа в изопротессах.
4	Изопротессы (изотерма, изохора, изобара)	изотерма ($T = \text{const}$): $pV = \text{const}$, изохора ($V = \text{const}$): $\frac{p}{T} = \text{const}$, изобара ($p = \text{const}$): $\frac{V}{T} = \text{const}$ Анализировать pV -, VT -, pT -диаграммы

Задание 8

№	Что нужно знать	Что нужно уметь
1	Элементарная работа в термодинамике	Определять работу газа в изобарном протессе 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 протессам
3	КПД тепловых машин	Применять формулы для расчёта КПД теплового двигателя: $\eta = \frac{A_{\text{за цикл}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{ Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}};$ и КПД идеальной тепловой машины: $\text{max} \eta = \eta_{\text{Карно}} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}$

Задания 10 и 11

Задания 10 и 11 в соответствии со Спецификацией КИМ ЕГЭ 2024 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, 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

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
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

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Молекулярная физика. Термодинамика	Анализировать изменение физических величин в тепловых процессах. 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 21);
- расчетная задача по молекулярной физике повышенного уровня сложности, максимальный балл – 2 (позиция 22);
- расчетная задача с развернутым ответом высокого уровня сложности максимальный балл – 3 (позиция 24).

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

Задание 21

<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 23

Что нужно знать	Что нужно уметь
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 24

Что нужно знать	Что нужно уметь
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. Пурышева Н.С., Важеевская Н.Е., Исаев Д.А. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Пурышевой 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

8E16FE
AD774B
3845F2
03BD78
625778
CA98BA
3AB2B2
497121
6AB76B
4C6FA1

Задание 8

48EC42
14FBF5
016604
0D600A
7AC008
934673
69C276
7D3CB8
A35ABE
663E2C

Задание 9

49215D
17D9A6
84BDA5
87F244
E9A5F7
F72E75
C83B1C
E2B7DC
0B89AC
856FEB

Задание 10

F5A444
F0D87A
70D177
71D77C
B313B2
C6FF20
8E3266
77F13C
0D4FC9
B635CA

Задание 21

43F9B1
B4511B
2C751A
641415
98EA22
F2CED0
61D26E

Задание 23

438E2E
5D4F68
C5D78B
426924

Задание 24

258D41
B01805
DA1E75
33447A
BA06BC
E69926
655A2B
C0CDD7
5A6DA8
0F5292
B27AE1
A099EB
A9E186

Примеры заданий 23

1. В сосуде объёмом 30 л при температуре 20 °С находится влажный воздух. Определите массу водяных паров в сосуде, если относительная влажность воздуха равна 60%. Фрагмент таблицы зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры приведён ниже.

$t, ^\circ\text{C}$	0	5	10	15	20	25
$p_{\text{нас}}, \text{кПа}$	0,61	0,88	1,23	1,71	2,33	3,17

Возможное решение

Относительная влажность воздуха определяется формулой $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}$, где p – парциальное давление водяного пара, находящегося в воздухе, $p_{\text{нас}}$ – давление насыщенного водяного пара при той же температуре.

Уравнение Менделеева – Клапейрона позволяет связать основные термодинамические параметры водяного пара. $pV = \frac{m}{\mu}RT$, где V – объём водяного пара, m и μ – масса и молярная масса водяного пара соответственно, T – его абсолютная температура.

В итоге получим: $m = \frac{\varphi p_{\text{нас}} V \mu}{RT} = \frac{0,6 \cdot 2330 \cdot 0,03 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 293} \approx 0,31 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \approx 0,31 \text{ г}$.

Ответ: $m \approx 0,31 \text{ г}$

2. Температура нагревателя идеального теплового двигателя равна 200 °С, а температура холодильника равна 50 °С. Определите мощность двигателя, если за 1 минуту он получает от нагревателя 1,8 МДж теплоты.

Возможное решение

Коэффициент полезного действия идеального теплового двигателя определяется соотношением $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$, где T_1 и T_2 – абсолютные температуры соответственно нагревателя и холодильника двигателя. Вместе с тем $\eta = \frac{A}{Q_1}$, где A – совершённая двигателем работа, а Q_1 – полученное двигателем от нагревателя количество теплоты.

Мощность – это работа, совершённая двигателем в единицу времени: $N = \frac{A}{t}$.

В итоге получим: $N = \frac{Q_1}{t} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = \frac{1,8 \cdot 10^6}{60} \cdot \left(1 - \frac{323}{473} \right) \approx 9,5 \cdot 10^3 \text{ Вт} \approx 9,5 \text{ кВт}$.

Ответ: $N \approx 9,5 \text{ кВт}$

3. В чашку налили 50 г заварки температурой 30 °С и добавили горячей воды температурой 90 °С, при этом получился чай температурой 70 °С. Сколько горячей воды налили в чашку? Теплоёмкостью чашки и потерями тепла пренебречь.

Возможное решение

По условию задачи в теплообмене участвуют горячая вода и заварка. Поскольку теплоёмкостью стакана и потерями тепла можно пренебречь, в соответствии с уравнением теплового баланса количество теплоты Q_1 , полученное заваркой, и количество теплоты Q_2 , отданное горячей водой, равны $Q_1 = Q_2$, $Q_1 = cm_1(t - t_1)$ и $Q_2 = cm_2(t_2 - t)$, где c – удельная теплоёмкость воды, m_1 , t_1 и m_2 , t_2 – массы и температуры заварки и горячей воды соответственно, t – конечная температура чая.

В итоге получим: $m_2 = \frac{m_1(t - t_1)}{t_2 - t} = \frac{0,05 \cdot (70 - 30)}{90 - 70} = 0,1$ кг.

Ответ: $m_2 = 0,1$ кг

4. В кастрюле находится 2,5 кг льда температурой –20 °С. Сколько потребуется времени, чтобы при помощи электроплитки мощностью 1100 Вт расплавить 30 % льда в кастрюле? Потерями тепла и теплоёмкостью кастрюли пренебречь.

Возможное решение

Поскольку теплоёмкостью кастрюли и потерями тепла можно пренебречь, в соответствии с уравнением теплового баланса количество теплоты $Q = Q_1 + Q_2$, переданное электроплиткой, расходуется на нагревание льда и его частичное плавление.

$Q_1 = cm(t_{пл} - t)$ – количество теплоты, необходимое для нагревания льда до плавления, где c – удельная теплоёмкость льда, m , t и $t_{пл}$ – его масса, начальная температура и температура плавления соответственно.

$Q_2 = n \cdot m \cdot \lambda$ – количество теплоты, необходимое для частичного плавления льда, где λ – удельная теплота плавления льда, n – часть расплавившегося льда.

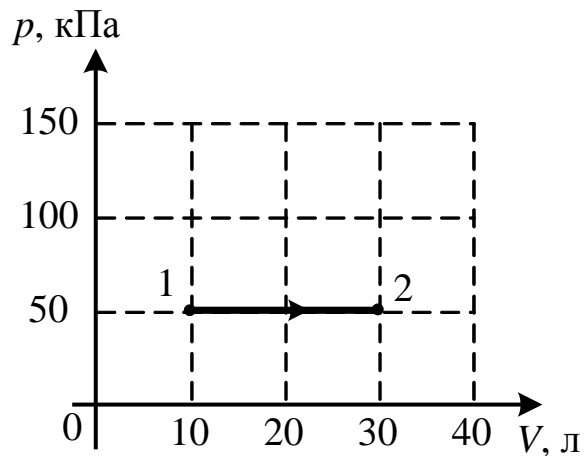
Мощность – это работа, совершённая электрическим током, в единицу времени, в результате которой выделилось некоторое количество теплоты: $N = \frac{A}{T} = \frac{Q}{T}$. В

итоге получим:

$$T = \frac{m(c(t_{пл} - t) + n\lambda)}{N} = \frac{2,5 \cdot (2100 \cdot (0 - (-20)) + 0,3 \cdot 3,3 \cdot 10^5)}{1100} \approx 320 \text{ с.}$$

Ответ: $T \approx 320$ с

5. Порция одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2, график которого показан в координатах p – V , где p – давление газа, V – объём газа. Какое количество теплоты сообщили газу в этом процессе?



Возможное решение

В соответствии с первым законом термодинамики ($Q = A + \Delta U$) количество теплоты Q , переданное газу, расходуется на совершение газом работы A и увеличение его внутренней энергии ΔU . Поскольку процесс, происходящий с газом, изобарный и давление газа остаётся неизменным, то работа газа в этом процессе определяется по формуле $A = p(V_2 - V_1)$, где p – давление газа, V_1 и V_2 – его начальный и конечный объёмы соответственно.

Изменение внутренней энергии одноатомного идеального газа в изобарном процессе можно определить по формуле $\Delta U = \frac{3}{2} p(V_2 - V_1)$.

В итоге получим:

$$Q = \frac{5}{2} p(V_2 - V_1) = \frac{5}{2} \cdot 50 \cdot 10^3 (30 - 10) \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 2,5 \text{ кДж.}$$

Ответ: $Q = 2,5$ кДж