

Решение задач ЕГЭ повышенной сложности

Федорова Галина Викторовна,
учитель физики муниципального
автономного общеобразовательного
учреждения «Центр образования № 1»
г. Белгорода имени Героя Российской
Федерации Антона Геннадьевича
Копейкина

Анализ выполнения КИМ проводится на основе всего массива результатов участников основного дня основного периода ЕГЭ по учебному предмету в субъекте Российской Федерации вне зависимости от выполненного участником экзамена варианта КИМ.

Номер задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации ¹ в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
1	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по механике (кинематике)	Б	94	50	88	98	100
2	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по механике (динамике)	Б	72	12	46	89	98
3	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по механике (законы сохранения в механике)	Б	93	12	87	99	100
4	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по механике (механические колебания и волны)	Б	79	0	55	96	99

5	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики по механике	П	65	25	46	73	90
6	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по механике	Б	71	12	54	80	98
7	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по молекулярной физике	Б	86	0	75	93	98
8	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по молекулярной физике	Б	75	0	52	92	98

9	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики по молекулярной физике	П	69	12	52	79	90
10	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по молекулярной физике	Б	46	19	24	53	87
11	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по электродинамике (постоянный ток)	Б	82	25	66	92	100
12	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по электродинамике (магнитное поле)	Б	85	38	69	96	100

13	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по электродинамике (геометрической оптике)	Б	91	50	81	98	99
14	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики по электродинамике	П	64	25	39	76	96
15	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по электродинамике	Б	62	38	50	67	86

16	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по квантовой физике	Б	88	38	78	96	98
17	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы по квантовой физике	Б	63	12	36	78	95
18	Правильно трактовать физический смысл изученных физических величин, законов и закономерностей	Б	57	31	41	61	87
19	Определять показания измерительных приборов по молекулярной физике	Б	90	12	82	96	100
20	Планировать эксперимент, отбирать оборудование по электродинамике	Б	94	50	87	99	100

21	Решать качественные задачи, используя типовые учебные ситуации с явно заданными физическими моделями по механике (динамика)	П	34	0	7	41	87
22	Решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью с использованием законов и формул по молекулярной физике	П	29	0	4	34	84
23	Решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью с использованием законов и формул по оптике	П	27	0	2	31	84
24	Решать расчётные задачи с использованием законов и формул по молекулярной физике	В	44	0	10	58	95
25	Решать расчётные задачи с использованием законов и формул по электродинамике	В	9	0	0	5	39




26 K1	Обосновывать выбор физической модели для решения задачи по механике	В	23	0	2	21	81
26 K2	Решать расчётные задачи с использованием законов и формул по механике	В	20	0	2	18	77

При работе над качественным вопросом необходимо, чтобы выпускник:

- внимательно прочитал условие,
- выделил все встречающиеся в условии задачи термины и дал им определение,
- ответил на вопросы: *об изменении каких физических величинах идет речь в задаче? во сколько раз они меняются и как? что в задаче надо найти? какой форме ответ должен быть дан (словами: увеличивается, уменьшается; в виде числового ответа; построением графика и так далее)?*

После детального ознакомления с условием задачи необходимо провести анализ тех процессов, о которых идет речь в условии. Для этого нужно:

- выделить из текста описание физических процессов, условия и последовательность их протекания;
- установить взаимосвязь между физическими величинами, изменение которых надо рассмотреть при решении задачи,
- записать законы и формулы, отражающие эту зависимость;
- записать свои рассуждения в виде логической цепочки;
- сформулировать ответ.

Спецификация ЕГЭ-2026

	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности	Максимальный балл
21	Молекулярная физика или электродинамика	Повышенный	3
22	Механика Молекулярная физика. Термодинамика	Повышенный	2
23	Молекулярная физика или электродинамика (в зависимости от тематики качественной задачи)	Повышенный	2
24	Молекулярная физика	высокий	3
25	Электродинамика	высокий	3
26	Механика: законы сохранения импульса и энергии. Динамика (преимущественно связанные тела) Статика.	высокий	4

Задание 21

Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности	Максимальный балл
Молекулярная физика или электродинамика	II	3



Качественные задачи (№ 21) предполагают решение, состоящее из ответа на вопрос и объяснения с опорой на изученные физические закономерности или явления. Требования к полноте ответа приводятся в самом тексте задания.

Обобщённая схема оценивания строится на основании трёх элементов решения:

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

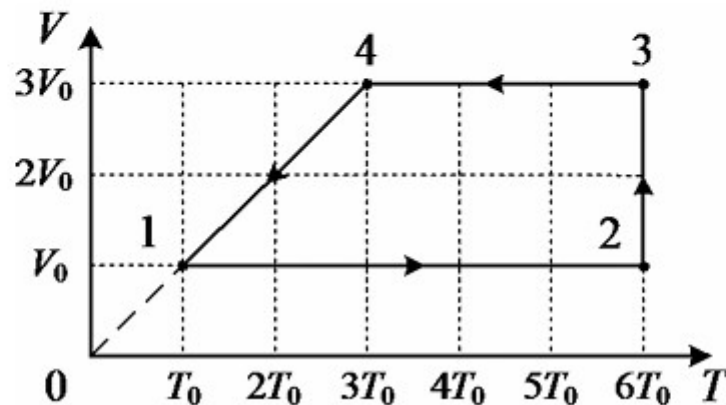
Выполнение задания 21 оценивается в 3 балла только при наличии верного ответа.

Примеры оценивания ответов на задания с развёрнутым ответом

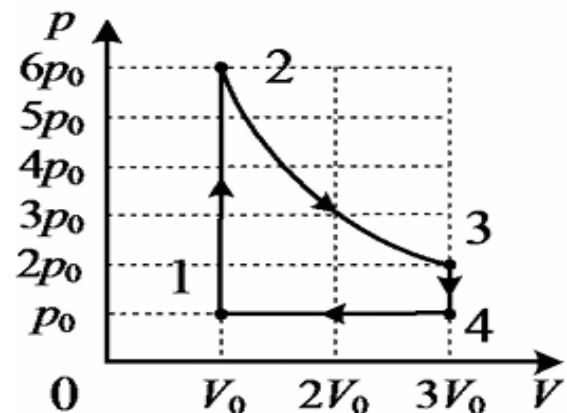
Примеры оценивания ответов на задание 21

Задание 1

Один моль гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах V – T , где V – объём газа, T – абсолютная температура. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, сравните модуль работы газа в процессе 2–3 и модуль работы внешних сил в процессе 4–1. Постройте график цикла в координатах p – V , где p – давление газа, V – объём газа.



1. Модуль работы газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1: $A_{23} > A_{41\text{Вн}}$.



2. Поскольку работа газа в термодинамике численно равна площади фигуры под графиком в координатах p – V , где p – давление газа, V – объём газа, перестроим график цикла в этих координатах.

Процесс 1–2 является *изохорным*, в нём абсолютная температура газа увеличилась в 6 раз, а значит, при $v = \text{const}$ согласно закону Шарля $\left(\frac{p}{T} = \text{const}\right)$ и давление газа увеличилось в 6 раз.

Процесс 2–3 является изотермическим, в координатах p – V его графиком является гипербола. Согласно закону Бойля – Мариотта ($pV = \text{const}$) увеличение объёма газа в 3 раза приведёт к уменьшению в 3 раза его давления.

В процессе 3–4 газ изохорно уменьшил свою абсолютную температуру и давление в 2 раза, а в процессе 4–1 – изобарно, поскольку его график проходит через начало координат, вернулся в исходное состояние (см. рисунок).

3. Из графика видно, что модуль работы газа в процессе 2–3 численно равен площади под гиперболой 2–3 и $A_{23} > 2p_0(3V_0 - V_0) = 4p_0V_0$, а модуль работы внешних сил в процессе 4–1 $A_{41\text{Вн}} = p_0(3V_0 - V_0) = 2p_0V_0$.

Таким образом, $A_{23} > A_{41\text{Вн}}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>п. 1</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>законы изопроцессов, графический смысл работы в термодинамике</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. 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) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	2
Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

Пример 1.1 (3 балла)

Построим график цикла в координатах pV

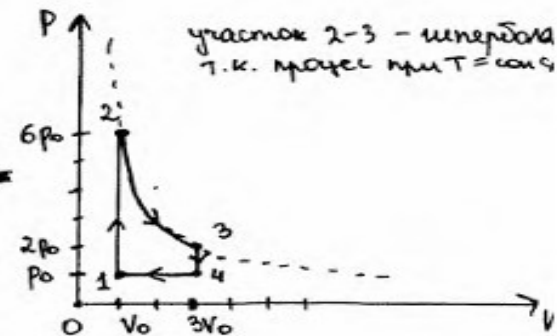
По ур-нию Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$

Тогда, т.к. в процессе 1-4 $V \sim T$, то $p = \text{const}$

Еще в равновесии $p_1 = p_0$, но $p_4 = p_0$

$$\left. \begin{aligned} p_0 V_0 &= \nu R T_0 \\ p_2 V_0 &= \nu R \cdot 6T_0 \\ p_3 \cdot 3V_0 &= \nu R \cdot 6T_0 \\ p_4 \cdot 3V_0 &= \nu R \cdot 3T_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} p_2 &= 6p_0 \\ p_3 &= 2p_0 \\ p_4 &= p_0 \end{aligned}$$



Рассм. процесс 1-2: т.к. $V = \text{const} \Rightarrow A_{12} = 0$
 $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (6T_0 - T_0) = \frac{15}{2} \nu R T_0$

Из ур-ния Менд-Клапейрона: Рассм. процесс 2-3: $T = \text{const} \Rightarrow \Delta U_{23} = 0$
 $p_2 V_2 = p_3 V_3 = \nu R (T_2 - T_3)$

Рассм. процесс 3-4: $V = \text{const} \Rightarrow A_{34} = 0$
 $\Delta U_{34} = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (3T_0 - 6T_0) = -\frac{9}{2} \nu R T_0$

Рассм. процесс 4-1: т.к. $p = \text{const} \Rightarrow A_{41} = p_0 (V_1 - V_4) = -2 p_0 V_0 = -2 \nu R T_0$
 $\Delta U_{41} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_4) = -\frac{9}{2} \nu R T_0$
 $A_{\text{вн.с.}} = -A_{41} = 2 \nu R T_0$ — работа внеш. сил в процессе 4-1

Первое начало термодинамики: $Q = \Delta U + A$

Заметим, что модуль работы газа равен площади под графиком $p-V$

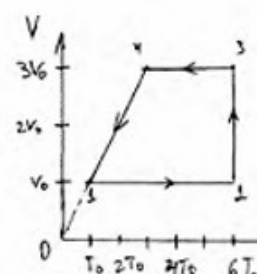
Из графика видно, что площадь под участком 2-3, больше, чем под участком 4-1. Значит, модуль работы в процессе 2-3 больше модуля работы внешних сил (больше чем в 2 раза)

$$A_{\text{вн.с.}} = -A_{\text{газ}} \Rightarrow |A_{\text{вн.с.}}| = |A_{\text{газ}}|$$

Ответ: Модуль работы газа в процессе 2-3 больше, чем модуль работы внешних сил над газом в процессе 4-1.

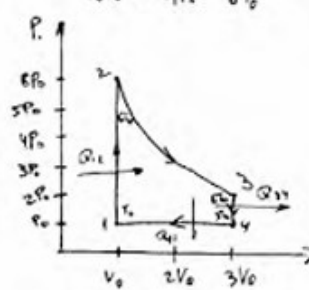
Приведен верный ответ (график с указанием, что участок 2-3 является гиперболой, и сравнение работ) и верные рассуждения на основании уравнения Клапейрона-Менделеева. Работа оценивается в 3 балла.

Пример 1.3 (1 балл)



1) Отношение модуля работы газа в п. 2-3 к модулю работы внешних сил равно:

$$\frac{|A_{23}|}{|A_{41}|} = 4$$



2) Построить график цикла в координатах P-V.

- 1-2 изохорное нагревание
- 2-3 изотермическое расширение
- 3-4 изохорное охлаждение
- 4-1 изобарное охлаждение

Запишем 1-й закон термодинамики для процесса 2-3

$$\Delta U = Q_{23} + A_{23}, \text{ где } \Delta U_{23} = 0$$

т.к. $\Delta T_{23} = 0$, $\Delta U_{23} = 0$, $A_{23} = -Q_{23}$, $Q_{23} = |A_{23}|$, $|A_{23}| = (6P_0 - 2P_0)(3V_0 - V_0) = 8P_0V_0$ (1)

3) Запишем 1-й закон термодинамики для процесса 4-1

$$Q_{41} = \Delta U_{41} + A_{41}, \quad A_{41} = Q_{41} + \Delta U_{41}$$

Работу внешних сил на участке 4-1 можно найти через площадь фигуры под графиком.

$$|A_{41}| = P_0 \cdot 2V_0 \quad (2) \text{ из ур. (1) и (2) следует:}$$

$$\frac{|A_{23}|}{|A_{41}|} = \frac{8P_0V_0}{2P_0V_0} = 4$$

Пример 1.4 (1 балл)

Аналог:

То же, что и в п. 1.3

$V = 1 \text{ моль}$

Найти:

$t_{2,3}$ и A_{4-1}

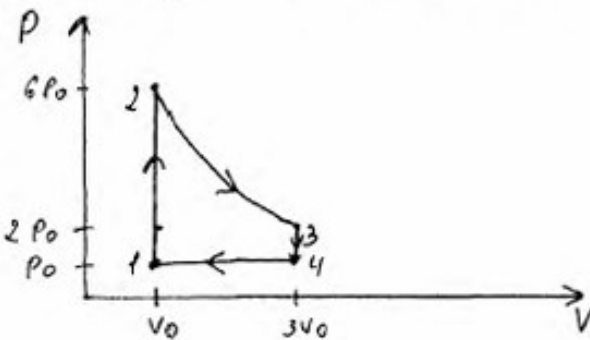
(1-2) - изохорное нагревание $V = \text{const} \Rightarrow dV = 0, \text{ т.к. } T \uparrow \Rightarrow \Delta U > 0, Q = \Delta U$, $\text{т.к. } T \uparrow, \text{ то } P \uparrow$

(2-3) - изотермическое расширение $T = \text{const}; V \uparrow \Rightarrow P \downarrow; \Delta U = 0, \Rightarrow Q = A$.

(3-4) - изохорное охлаждение; $V = \text{const}; T \downarrow \Rightarrow P \downarrow \Rightarrow \Delta U < 0, Q = \Delta U$

(4-1) - изобарное сжатие; $P = \text{const}; V \downarrow \Rightarrow T \downarrow \Rightarrow A - Q = \Delta U$

Изобразим этот график на P-V диаграмме.



$$t_{2-3} = \frac{3V_0 P}{R}$$

$$A_{4-1} = \Delta U + Q$$

$$P_{4-1} < P_{2-3}$$

$$A_{4-1} < A_{2-3}$$

$$\text{Отсюда } A_{41} < A_{23}$$

В рассуждениях верно указаны виды всех изопроцессов, но не приведены обоснования. При определении работы на участке 2-3 допущена ошибка, что привело к формулировке неверно ответа. Работа оценивается в 1 балл.

Приведён верный ответ. В рассуждениях правильно описаны виды всех изопроцессов, но не приведено обоснование изменения величин для построения графика. Допущена ошибка в определении работы газа. Работа оценивается в 1 балл.

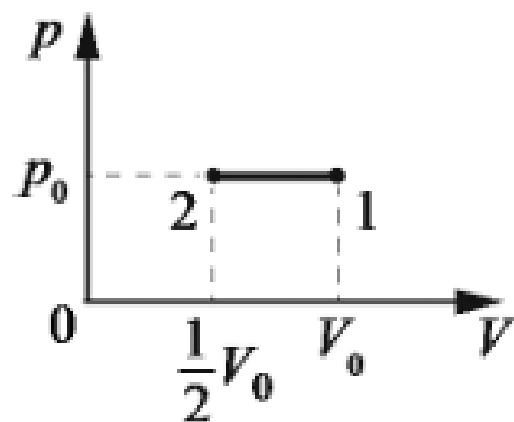
Задание 2

В одном сосуде под поршнем в объёме V_0 при комнатной температуре находится только насыщенный водяной пар и вода, которая занимает малый объём. В другом сосуде под поршнем в объёме V_0 при том же давлении p_0 находится сухой воздух. Воздух и водяной пар изотермически сжимают так, что объём под поршнем уменьшается в 2 раза. Постройте графики этих двух процессов в переменных p – V . Опираясь на законы молекулярной физики, объясните построение графиков.

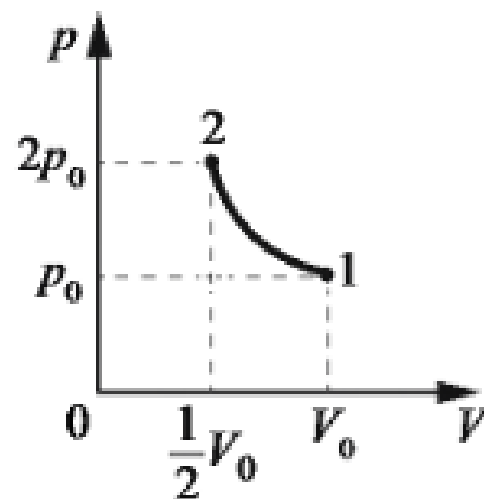
Возможное решение

1. При изотермическом сжатии давление насыщенного водяного пара остаётся постоянным, поэтому процесс изображается на pV -диаграмме горизонтальным отрезком 1–2. При комнатной температуре плотность водяного пара ничтожна по сравнению с плотностью воды, поэтому объёмом сконденсированной воды можно пренебречь и случай соприкосновения поршня с водой – исключить.
2. Изотермическое сжатие сухого воздуха описывается законом Бойля – Мариотта ($pV = \text{const}$), поэтому процесс изображается на pV -диаграмме фрагментом гиперболы 1–2, начинающимся также в точке 1.
3. Графики процессов в переменных p – V представлены на рисунках.

Водяной пар



Сухой воздух



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>в переменных p–V два графика процессов, п. 3</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>зависимость давления насыщенного пара от объёма, закон Бойля – Мариотта</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. 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) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ)	2

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

И (ИЛИ)

В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения

Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.

Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.

ИЛИ

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.

ИЛИ

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.

ИЛИ

Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла

1

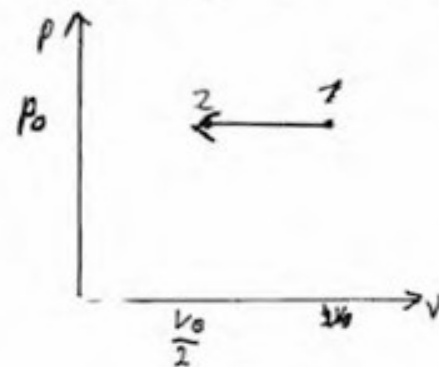
0

Максимальный балл

3

Пример 2.1 (3 балла)

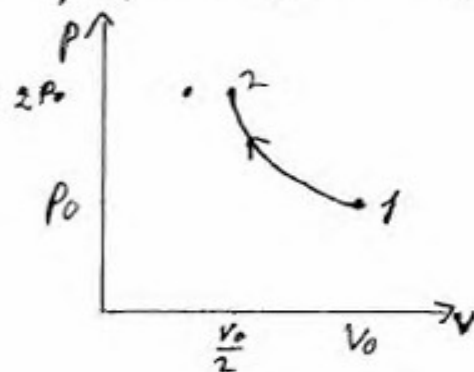
График для пара с насыщенными парами.



т.к. пар насыщенный, то $p = \text{const}$,
значит оно не может измениться
По уравнению Клапейрона - Менделеева
 $PV = \frac{m}{M} RT$ $T = \text{const}$; $P = \text{const}$; $R = \text{const}$
стало произведение $m = \text{const}$

за счёт уменьшения массы. Таков пар конденси-
руется в воду. Смотреть следующий
слайд

График для сухого пара.



По уравнению Менделеева -
Клапейрона: $PV = \nu RT$
 $T = \text{const}$; $R = \text{const}$

$$\text{т.к. } T = \text{const}: \begin{cases} P_1 V_1 = \nu RT \\ P_2 V_2 = \nu RT \end{cases} \Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Приведен верный ответ (два графика) и верные рассуждения о неизменности давления насыщенного пара и о зависимости давления от объема для сухого воздуха. Работа оценивается в 3 балла.

Пример 2.2 (2 балла)

Дано: $T = \text{const}$
 V_0, p_0
 $V_1 = \frac{V_0}{2}$

1 сосуд:
 В первом сосуде под поршнем находится насыщенный пар и вода, относительная влажность воздуха $\varphi = \frac{p}{p_H}$ когда равна 100%. $p = p_H$.
 При сжатии смеси поршнем давление будет повышаться, будет конденсироваться пар. Уравнение Менделеева-Клапейрона: $pV = \frac{m}{M}RT$.
 Но $\varphi \leq 1$, значит при увеличении p будет равно $p_{\text{нас}}$.

2 сосуд:
 Во втором сосуде находится сухой воздух, который можно считать идеальным газом.
 Для него справедливо уравнение Менделеева-Клапейрона: $pV = \frac{m}{M}RT$; $p = \frac{m}{MV}RT$; $p \sim \frac{1}{V}$.

Построим график:
 $p = \frac{mRT}{V}$; $p \sim \frac{1}{V}$
 $p_1 = \frac{mRT}{V_1} = \frac{mRT \cdot 2}{V_0}$

Приведён верный ответ и верные рассуждения. Фразу о повышении давления при конденсации можно отнести к лишним записям. Работа оценивается в 2 балла.

Пример 2.3 (1 балл)

Решение:

I. Когда сжимают сосуд с водяным паром и водой p_0 не изменится, т.к. водяной пар преобразуется в воду.

Дано: $V_0; p_0$
 $T = \text{const}$
 $V_2 = \frac{V_0}{2}$

Графики

II. Когда сжимают сосуд с сухим воздухом, то давление изменится по формуле $pV = \nu RT$ $T = \text{const}$ т.к. изотерм. проц.

$p_2 = \frac{2\nu RT}{V_0} \Rightarrow p_2 = 2p_0$

Давление увеличилось в 2 раза поэтому график будет выглядеть так.

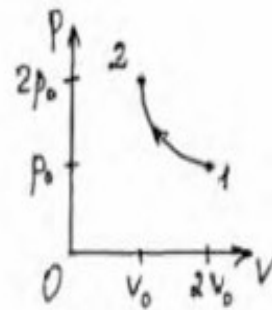
В ответе приведен неверный график для сухого воздуха. Для пара в рассуждениях не указано, что его давление не меняется, так как пар насыщенный. Работа оценивается в 1 балл.

Пример 2.4 (1 балл)

1 сосуд: $T = \text{const}$, по 3-му Бойля-Мариотта $\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} = 2$

$$V_1 = 2V_0, V_2 = V_0$$

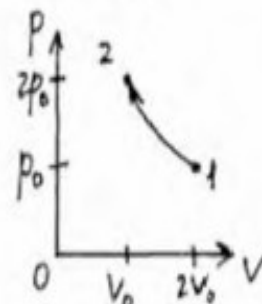
$$p_1 = p_0, p_2 = 2p_0$$



2 сосуд: $T = \text{const}$, по 3-му Бойля-Мариотта $\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} = 2$

$$V_1 = 2V_0, V_2 = V_0$$

$$p_1 = p_0, p_2 = 2p_0$$



Приведён неверный ответ для насыщенного пара и неверные рассуждения для первого процесса. Но есть верные рассуждения для сухого воздуха. Работа оценивается в 1 балл.

Задание 22-23

Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности	Максимальный балл
Механика (расчетная задача)	II	2
Молекулярная физика или электродинамика (расчетная задача)	II	2



Полное правильное решение задач 22 – 23 должно содержать

- законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи

В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе .

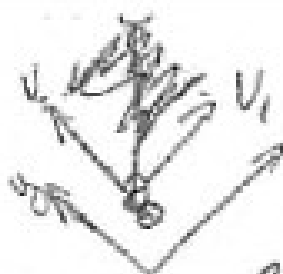
Примеры оценивания ответов на задания 22 и 23

Столкнулись два одинаковых пластилиновых шарика, причём векторы их скоростей непосредственно перед столкновением были взаимно перпендикулярны и вдвое отличались по модулю: $v_1 = 2v_2$. Какой была скорость более медленного шарика перед абсолютно неупругим столкновением, если после него величина скорости шариков стала равной 1,5 м/с?

Возможное решение	
Запишем закон сохранения импульса для двух взаимодействующих шариков: $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}$. Поскольку скорости шариков перед ударом были направлены взаимно перпендикулярно, то импульсы шариков математически связаны теоремой Пифагора: $(mv_1)^2 + (mv_2)^2 = (2mv)^2$. Так как по условию $v_1 = 2v_2$, то $(2mv_2)^2 + (mv_2)^2 = (2mv)^2 \Rightarrow 5(mv_2)^2 = 4(mv)^2$. В результате получим: $v_2 = 2v/\sqrt{5} = 2 \cdot 1,5/\sqrt{5} \approx 1,34$ м/с. Ответ: $v_2 \approx 1,34$ м/с	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>закон сохранения импульса</u>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

Работа 3.1 (2 балла)

$$\begin{aligned}
 V_1 &= 2V_2 \\
 \vec{V}_1 &\perp \vec{V}_2 \\
 V_2' &= 1,54 \text{ м/с} \\
 \hline
 V_2 &= ?
 \end{aligned}$$



Введем о.к. $\parallel \vec{V}_1$; о.г. $\uparrow \vec{V}_2$

По ЗСИ: $m\vec{V}_2 + m\vec{V}_1 = 2m\vec{V}_2'$, где V_2' — оск

после столкн.

$\Rightarrow \vec{V}_2 + \vec{V}_1 = 2\vec{V}_2'$, т.к. $\vec{V}_2 \perp \vec{V}_1$, то $V_2^2 + V_1^2 = 4V_2'^2 \Rightarrow$

$V_2 = \sqrt{4V_2'^2 - V_1^2} \Rightarrow V_2^2 + 4V_2^2 = 4V_2'^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow V_2 = 2V_2' \sqrt{\frac{1}{5}} = 3\sqrt{\frac{1}{5}} = 1,3 \text{ (м/с)}$

Ответ: $V_2 = 1,3 \text{ м/с}$

Записан закон сохранения импульса, необходимое математическое соотношение, проведены преобразования, представлены вычисления и верный ответ. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 3.2 (1 балл)

Дано:

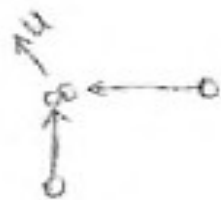
$$m_1 = m_2$$

$$v_1 = v_2$$

$$U = 1,5 \frac{m}{c}$$

Найти:

$$v_3 = ?$$



$$p = mV \quad \Delta \vec{p} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = U (m_1 + m_2)$$

$$m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = (m_1 + m_2) U_x$$

$$m_1 v_{1y} + m_2 v_{2y} = (m_1 + m_2) U_y$$

$$v_{1x} = v_1 \quad v_{2x} = 0 \quad v_{1y} = 0 \quad v_{2y} = v_2$$

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) U_x$$

$$m_2 v_2 = (m_1 + m_2) U_y$$

$$U_x = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 v_1}{2 m_1} = \frac{v_1}{2}$$

$$U_y = \frac{m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_2 v_2}{2 m_2} = \frac{v_2}{2}$$

$$U = \sqrt{U_x^2 + U_y^2} = \sqrt{\left(\frac{v_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{v_2}{2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{5v_2^2}{4}} = \frac{\sqrt{5} v_2}{2}$$

$$\frac{\sqrt{5} v_2}{2} = 1,5 \quad v_2 = 3\sqrt{5}$$

$$v_3 = 6\sqrt{5}$$

$$\text{Ответ: } v_3 = 6\sqrt{5} \frac{m}{c}$$

Допущена ошибка в вычислениях: отсутствует знак вектора в законе сохранения импульса.

Работа оценивается в 1 балл

Работа 3.3 (0 баллов)

Дано:

$$m_1 = m_2$$

$$V_1 = 2V_2$$

$$V = 1,5 \text{ м/с}$$

Найти:

$$V_2 = ?$$

Решение:

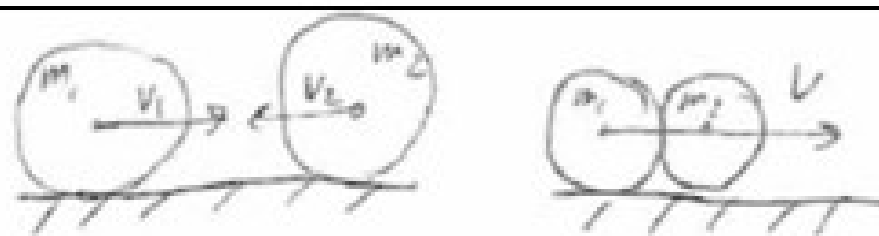
$$m_1 V_1 + m_2 V_2 = (m_1 + m_2) V$$

$$2m_1 V_2 + m_1 V_2 = 2m_1 V$$

$$3m_1 V_2 = 2m_1 V$$

$$V_2 = \frac{2}{3} V = 1 \text{ м/с}$$

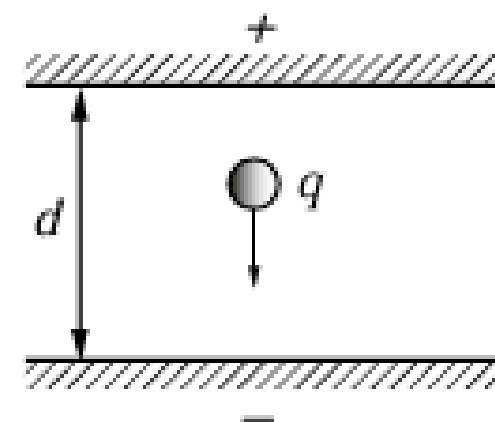
Ответ: 1 м/с



Представлен неверный рисунок и неверная запись закона сохранения импульса. Работа оценивается в 0 баллов.

Задание 4

Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии $d = 2$ см друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора 10 кВ. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Заряд капли $q = -8 \cdot 10^{-11}$ Кл. При каком значении массы капли её скорость будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь.



Возможное решение

На каплю действуют сила тяжести, направленная вниз, и сила со стороны электростатического поля, направленная вверх, так как капля заряжена отрицательно. Для того чтобы капля двигалась с постоянной скоростью, эти силы должны быть равны по модулю: $mg = |q|E$.

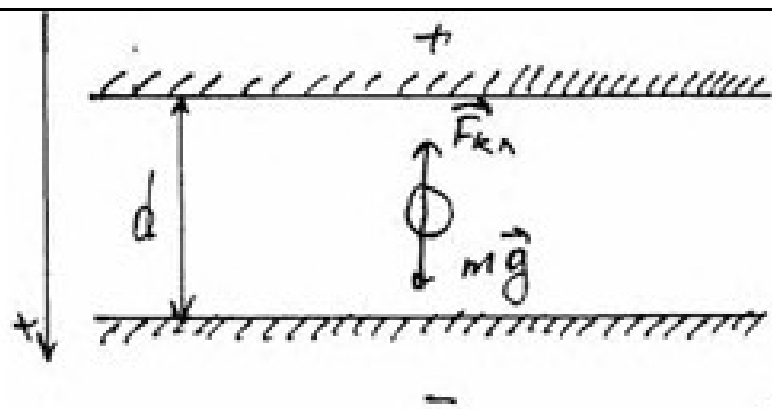
Напряжённость однородного электростатического поля конденсатора связана с напряжением между пластинами соотношением $E = \frac{U}{d}$.

Следовательно, масса капли $m = \frac{|q|U}{dg} = \frac{8 \cdot 10^{-11} \cdot 10^4}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ кг} = 4 \text{ мкг}$.

Ответ: $m = 4 \text{ мкг}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, формула для силы, действующей на заряженное тело в электростатическом поле, взаимосвязь напряжённости и напряжения однородного электростатического поля</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.	1
И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

Работа 4.1 (2 балла)



Найти: m - ?

Решение: т.к. скорость
капли должна быть постоян-
ной запишем I закон

Ньютона: $\vec{F}_{кл} + m\vec{g} = 0$, где

$$0x: F_{кл} - mg = 0$$

$$F_{кл} = mg$$

Запишем формулу силы Кулона: $F_{кл} = qE$, где
 q - заряд капли E - напряженность

Напишите формулу напряженности:

$$E = \frac{U}{d}, \text{ где } U - \text{напряжение}$$

d - расстояние между обкладками конденсатора

~~qE т.к. частица заряжена и~~

т.к. частица заряжена отрицательно, а сверху положительно заряженная обкладка, то сила Кулона будет направлена вверх и при расчетах не будем учитывать заряд капли т.к. учли его в направлении силы.

$$qE = mg$$

$$\frac{qU}{dg} = m$$

$$m = \frac{qU}{dg}$$

$$m = \frac{8 \cdot 10^{-11} \cdot 10^3 \cdot 10}{0,02 \cdot 10} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ (кг)}$$

Ответ: масса капли равна $4 \cdot 10^{-6}$ кг

Приведено полное верное решение, включая преобразования, расчеты и описание физических величин. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 4.3 (1 балл)

Дано: $d = 2 \text{ см}$ $U = 10 \text{ кВ}$ $q = -8 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$ $m = ?$	Решение: Скорость капли будет постоянной, когда сумма сил действующих на каплю равно нулю (то есть сбалансированно). На каплю действуют две силы: сила тяжести и сила эл. пол. $\Rightarrow mg = \frac{ q U}{d} \Rightarrow m = \frac{ q U}{dg}$ g - ускор. св. падения. $m = \frac{-8 \cdot 10^{-11} \cdot 10^4}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$ Т.к. верхн. пластина заряж. полож., а нижн. отрицательно, а заряд кап. отрицат. то вектор сил. электр. пол. направлен вверх.
--	--

Ответ: $4 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$

Представлено решение, подстановка числовых значений и верный ответ. В работе условие равновесия сразу записано через напряжение. Так как есть словесное указание на силу, действующую со стороны электростатического поля, то недостаток оценен как пропущенный логический важный шаг в преобразованиях. Работа оценивается в 1 балл.

Работа 4.4 (0 баллов)

$$d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$E = 10^4 \text{ В/м}$$

$$q = -8 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$$

$$m = ?$$

т.к. капля заряжена отрицательно,
то $F_{эл}$ будет направлена вверх,
а сила тяжести вниз. Скорость
будет постоянной, если $F_{эл} = F_{тяж}$

$$E = \frac{F_{эл}}{|q|} \Rightarrow F_{эл} = E|q|$$

$$E|q| = mg \Rightarrow m = \frac{E|q|}{g}; m = \frac{10^4 \cdot 8 \cdot 10^{-11}}{20} =$$
$$= 8 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$$

$$\text{Ответ: } 8 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$$

В условии задачи участник экзамена заменил напряжение напряженностью электростатического поля, что привело к неверному ответу. В решении отсутствует формула для связи напряжение и напряженности. Работа оценивается в 0 баллов.

Задание 24,25,26

Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности	Максимальный балл
Молекулярная физика	В	3
Электродинамика	В	3
Механика: законы сохранения импульса и энергии динамика (преимущественно связанные тела) Статика.	В	4



Полное правильное решение на 3 балла задач 24 – 26 должно содержать

- законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи,
- описание вводимых величин (в разделе «Дано», на рисунках или графиках, в самом решении)
- математические преобразования,
- расчёты
- численный ответ с единицами измерения
- при необходимости рисунок, поясняющий решение.

И не должно содержать лишних записей (не входящих в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты)

Задание 26 обоснование

Динамика:

Обязательными элементами обоснования являются следующие:

1. выбор инерциальной системы отсчёта;
2. выбор модели материальной точки (либо размерами тел можно пренебречь; либо тела движутся поступательно)
3. для описания движения тел можно использовать второй закон Ньютона, сформулированный для материальных точек;
4. условие равенства сил натяжения в любой точке нити (невесомость нити; связывающей тела, идеальный блок, если нить перекинута через блок);
5. условие взаимосвязи ускорений тел (нить нерастяжима)

Задание 26 обоснование

Законы сохранения в механике

Обязательными элементами обоснования являются следующие:

1. выбор инерциальной системы отсчёта;
2. выбор модели материальной точки (как в первом случае); условие применимости закона сохранения импульса (либо время действия внешних сил мало, и изменением импульса можно пренебречь; либо закон сохранения импульса выполняется в проекции на одну из осей, если внешние силы перпендикулярны этой оси);
3. условие применимости закона сохранения энергии (указание на потенциальность действующих сил или на равенство нулю работы непотенциальной силы, так как скорость тела в каждой точке траектории перпендикулярно этой силе) или указание на изменение механической энергии в рассматриваемом процессе.

Нередко ученики ошибаются в том, что знают достаточно хорошо.

Главные причины этого — невнимательность и волнение.

Читайте условия задач полностью

- Если вы много раз прорешивали варианты ЕГЭ, то уже отчасти запомнили формулировки задач. Из-за этого возникает пагубная привычка: вы читаете не полное условие, а отдельные числа, поэтому рискуете пропустить важное уточнение. Перечитывайте условие несколько раз, чтобы избежать ошибок.

Оставьте время на проверку своей работы

- Старайтесь проверять задания не только по очереди, но и в хаотичном порядке. Также
- не игнорируйте проверку математических вычислений — пересчитывайте на калькуляторе, даже если всё кажется правильным.

Концентрируйтесь на текущем моменте

- Не думайте, что будет после экзамена. Это только отвлекает. Как бы тяжело ни было,
- отталкивайте эти мысли.

- Подумайте, в каком порядке вы будете решать задания КИМа, сколько времени придётся потратить на каждое. Планирование придаст вам уверенности и уменьшит волнение, потому что у вас всё будет под контролем.

Что делать, чтобы избежать ошибок в ЕГЭ по физике

- научиться определять физические величины, используя основные законы и формулы;
- уметь анализировать характер физических величин и то, как они меняются в разных ситуациях;
- определять направления различных физических сил (Ампера, Лоренца и так далее);
- верно определять цену деления, погрешность и снимать показания приборов;
- постоянно решать физические задачи, в том числе и повышенного уровня сложности;
- писать конспекты и пошагово разбирать каждую задачу;
- стараться проникать в суть каждой темы, подключать образное мышление, а не просто зазубривать материал;
- обязательно изучить правила заполнения экзаменационных бланков;
- внимательно читать условия к заданию, прежде чем приступить к выполнению;



Спасибо!