

**Тренировочный вариант №3**  
**ЕГЭ по ФИЗИКЕ**

**Инструкция по выполнению работы**

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (А1–А25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 6 задач (С1–С6), для которых требуется дать развернутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

**Желаем успеха!**

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

**Десятичные приставки**

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	сантиметры	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

**Константы**

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

**Соотношение между различными единицами**

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

**Масса частиц**

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

**Плотность**

воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
		ртути	$13600 \text{ кг/м}^3$

**Удельная теплоемкость**

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

**Удельная теплота**

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

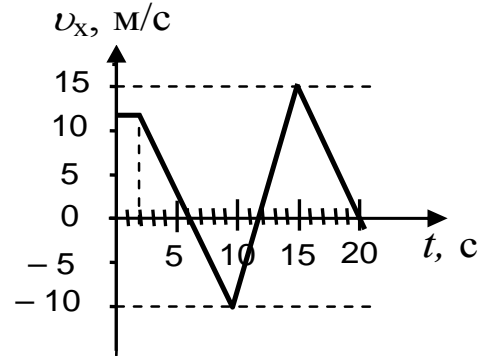
**Нормальные условия:** давление  $10^5 \text{ Па}$ , температура  $0^\circ\text{С}$ **Молярная масса**

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

## Часть 1

*При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.*

- A1** На рисунке справа приведен график зависимости проекции скорости тела, движущегося вдоль оси  $Ox$  от времени. График зависимости от времени ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 10 до 15 с совпадает с графиком



- 1) 2)
- 3) 4)

- A2** Земля притягивает к себе висящую на крыше сосульку с силой 10 Н. С какой силой это сосулька притягивает к себе Землю?

- 1) 0,1 Н      2) 2,5 Н      3) 5 Н      4) 10 Н

- A3** Масса Юпитера в 318 раз больше массы Земли, радиус орбиты Юпитера в 5,2 раза больше радиуса орбиты Земли. Во сколько раз сила притяжения Юпитера к Солнцу больше силы притяжения Земли к Солнцу? (Считать орбиты Юпитера и Земли окружностями.)

- 1) в 5,2 раза      2) в 11,8 раз      3) в 61 раз      4) в 1653 раза

**A4**

Тело движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы, равной по модулю 8 Н. Импульс тела изменился на 40 кг·м/с. Сколько времени потребовалось для этого?

- 1) 0,5 с      2) 5 с      3) 48 с      4) 320 с

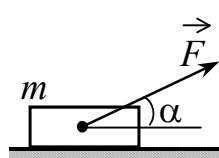
**A5** Две пружины имеют одинаковую жесткость. Первая из них растянута на 4 см. Потенциальная энергия второй пружины в 2 раза меньше, чем у первой. Вторая пружина

- 1) сжата на 2 см
- 2) сжата на  $2\sqrt{2}$  см
- 3) растянута на 0,5 см
- 4) растянута на 4 см

**A6** Скорость тела, совершающего гармонические колебания, меняется с течением времени по закону  $v(t) = 3 \cdot 10^{-2} \sin 2\pi t$ , где все величины выражены в СИ. Амплитуда колебаний скорости равна

- 1)  $3 \cdot 10^{-2}$  м/с
- 2)  $6 \cdot 10^{-2}$  м/с
- 3) 2 м/с
- 4)  $2\pi$  м/с

**A7**



Массивный брусок движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Модуль этой силы  $F = 12$  Н. Коэффициент трения между бруском и плоскостью  $\mu = 0,2$ . Модуль силы трения, действующей на брусок,  $F_{\text{тр}} = 2,8$  Н. Чему равна масса бруска?

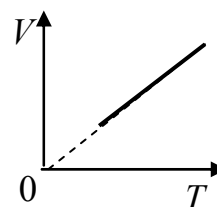
- 1) 1,4 кг
- 2) 2,0 кг
- 3) 2,4 кг
- 4) 2,6 кг

**A8** Какое утверждение справедливо для кристаллических тел?

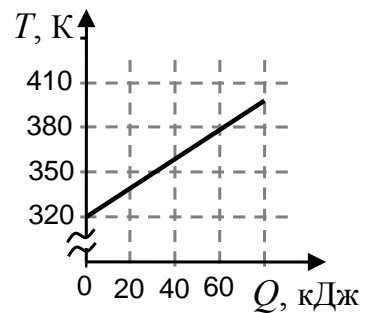
- 1) В процессе плавления температура тела изменяется
- 2) Атомы кристалла расположены упорядоченно
- 3) В расположении атомов кристалла отсутствует порядок
- 4) Атомы свободно перемещаются в пределах кристалла

**A9** Какому процессу в идеальном газе соответствует график на рисунке, если масса газа не меняется?

- 1) Изобарному
- 2) Изотермическому
- 3) Изохорному
- 4) Адиабатному



**A10** Твердое тело нагревают. На рисунке приведен график зависимости температуры тела от переданного ему количества теплоты. Масса тела 2 кг. Удельная теплоемкость вещества в этом процессе равна



- 1) 250 Дж/(кг·К)
- 2) 375 Дж/(кг·К)
- 3) 500 Дж/(кг·К)
- 4) 600 Дж/(кг·К)

**A11** Газ совершил работу 10 Дж и получил количество теплоты 6 Дж. Внутренняя энергия газа

- 1) увеличилась на 16 Дж
- 2) уменьшилась на 16 Дж
- 3) увеличилась на 4 Дж
- 4) уменьшилась на 4 Дж

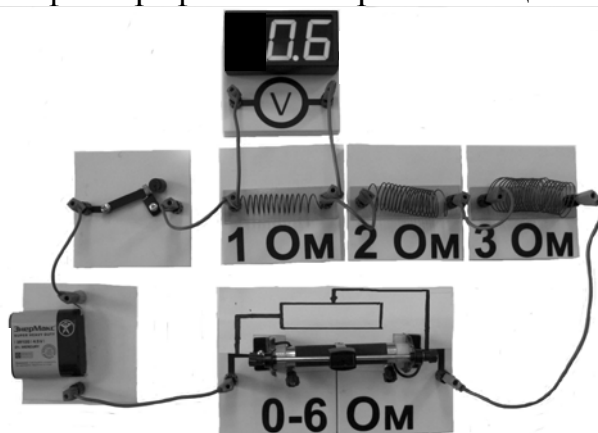
**A12** Из сосуда начали выпускать сжатый воздух, одновременно охлаждая сосуд. В конце опыта абсолютная температура воздуха снизилась в 2 раза, а его давление уменьшилось в 3 раза. Масса воздуха в сосуде уменьшилась в

- 1) 6 раз
- 2) 3 раза
- 3) 2 раза
- 4) 1,5 раза

**A13** Если расстояние между двумя точечными зарядами увеличить в 3 раза и каждый заряд увеличить в 3 раза, то сила их взаимодействия

- 1) уменьшится в 4 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) не изменится
- 4) увеличится в 2 раза

**A14** На фотографии – электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах.



Чему будут равны показания вольтметра, если его подключить параллельно резистору 2 Ом? Вольтметр считать идеальным.

- 1) 0,3 В
- 2) 0,6 В
- 3) 1,2 В
- 4) 1,8 В

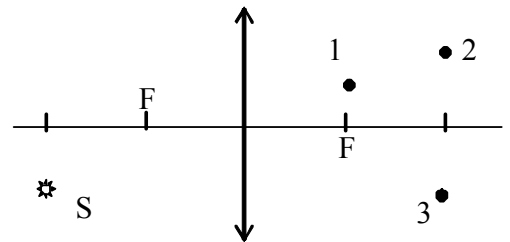
**A15** Прямолинейный проводник длиной  $L$ , по которому течет ток  $I$ , помещен в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции  $\vec{B}$ . Как изменится сила Ампера, действующая на проводник, если его длина будет в 2 раза больше, индукция магнитного поля уменьшится в 4 раза, а сила тока в проводнике останется прежней?

- 1) уменьшится в 2 раза
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) уменьшится в 4 раз
- 4) не изменится

**A16** Плоская электромагнитная волна распространяется вдоль оси  $Ox$  в положительном направлении. Какова разность фаз колебаний напряженности электрического поля в начале координат и в точке  $M$  с координатами  $x = 3$  м,  $y = 2$  м,  $z = 1$  м, если длина волны равна 4 м?

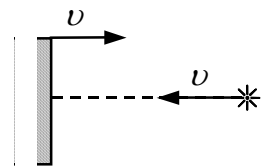
- 1)  $\frac{\pi}{2}$
- 2)  $\pi$
- 3)  $\frac{3}{2}\pi$
- 4)  $2\pi$

**A17** Где находится изображение точки  $S$  (см. рисунок), создаваемое собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$ ?



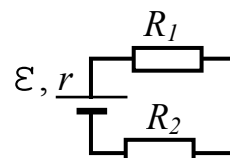
- 1) в точке 1
- 2) в точке 2
- 3) в точке 3
- 4) на бесконечно большом расстоянии от линзы

**A18** В инерциальной системе отсчета свет от неподвижного источника распространяется со скоростью  $c$  (см. рисунок). Если источник света и зеркало движутся навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями  $v$ , то скорость отраженного света в инерциальной системе отсчета, связанной с источником, равна



- 1)  $c$
- 2)  $c - 2v$
- 3)  $c + 2v$
- 4)  $c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

**A19** В электрической цепи, изображенной на рисунке, вольтметр, подсоединенный к резистору  $R_1$ , показывает напряжение  $U = 2$  В. ЭДС источника тока 5 В, а сопротивления резисторов  $R_1 = R_2 = 2$  Ом. Каково внутреннее сопротивление источника тока?



- 1) 0,1 Ом      2) 2 Ом      3) 3 Ом      4) 1 Ом

**A20** Частоты света от двух источников связаны соотношением  $\nu_2 = 3\nu_1$ .

Отношение энергий фотонов  $\frac{E_2}{E_1}$ , испускаемых этими источниками, равно

- 1) 0,75      2) 1      3) 3      4) 9

**A21** Ядро криптона  ${}_{36}^{72}\text{Kr}$  содержит

- 1) 72 протона, 36 нейтронов  
 2) 108 протонов, 36 нейтронов  
 3) 72 протона, 108 нейтронов  
 4) 36 протонов, 36 нейтронов

**A22** Радиоактивный свинец  ${}_{82}^{212}\text{Pb}$ , испытав один  $\alpha$ -распад и два  $\beta$ -распада, превратился в изотоп

- 1) свинца  ${}_{82}^{208}\text{Pb}$       2) полония  ${}_{84}^{212}\text{Po}$       3) висмута  ${}_{83}^{212}\text{Bi}$       4) таллия  ${}_{81}^{208}\text{Tl}$

**A23** Один из способов измерения постоянной Планка основан на определении максимальной кинетической энергии фотоэлектронов с помощью измерения напряжения, задерживающего их. В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов.

Задерживающее напряжение $U$ , В	0,4	0,9
Частота света $\nu$ , $10^{14}$ Гц	5,5	6,9

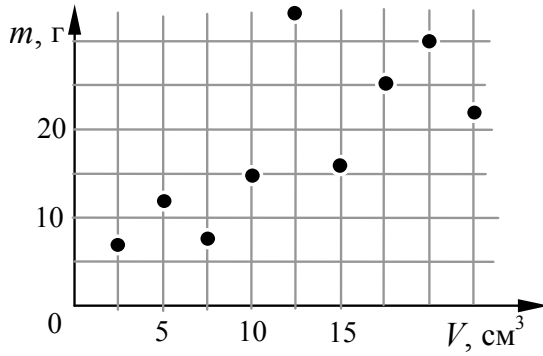
Постоянная Планка по результатам этого эксперимента равна

- 1)  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с      2)  $6,3 \cdot 10^{-34}$  Дж·с      3)  $6,0 \cdot 10^{-34}$  Дж·с      4)  $5,7 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

**A24** Заряды обкладок плоского конденсатора, емкость которого  $C$ , равны  $q$  и  $-q$ . Какую из приведенных ниже величин можно определить по этим данным?

- 1) площадь обкладок  
 2) напряжение между обкладками  
 3) расстояние между обкладками  
 4) напряженность электрического поля между обкладками

A25



Ученик предположил, что для сплошных тел из одного и того же вещества их масса прямо пропорциональна их объему. Для проверки этой гипотезы он взял бруски разных размеров из разных веществ. Результаты измерения объема брусков и их массы ученик отметил точками на координатной плоскости  $\{V, m\}$ , как показано на рисунке.

Погрешности измерения объема и массы равны соответственно  $1 \text{ см}^3$  и  $1 \text{ г}$ . Какой вывод можно сделать по результатам эксперимента?

- 1) Условия проведения эксперимента не соответствуют выдвинутой гипотезе.
- 2) С учетом погрешности измерений эксперимент подтвердил правильность гипотезы.
- 3) Погрешности измерений столь велики, что не позволили проверить гипотезу.
- 4) Эксперимент не подтвердил гипотезу.

## Часть 2

*Ответом к заданиям этой части (В1–В4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.*

B1

Камень уронили с крыши. Как меняются по мере падения камня модуль его ускорения, потенциальная энергия в поле тяжести и модуль импульса? Сопротивление воздуха не учитывать.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

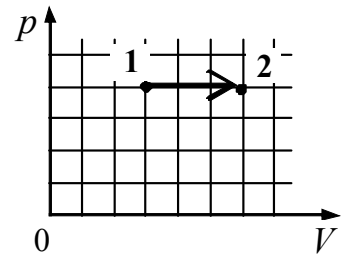
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения камня	Потенциальная энергия камня	Модуль импульса камня



**В2**

Идеальный одноатомный газ в теплоизолированном сосуде с поршнем переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как меняются в ходе указанного на диаграмме процесса давление газа, его температура и внутренняя энергия?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление	Температура	Внутренняя энергия

**В3**

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\lambda$  – длина волны фотона,  $h$  – постоянная Планка,  $c$  – скорость света в вакууме). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

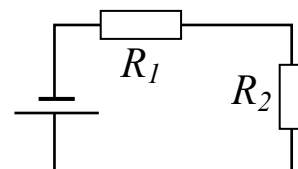
- ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**
- А) Импульс фотона  
Б) Энергия фотона

- ФОРМУЛЫ**
- 1)  $hc\lambda$
  - 2)  $\lambda/hc$
  - 3)  $hc/\lambda$
  - 4)  $h/\lambda$

А	Б

**В4**

Два резистора подключены к источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  (см. рисунок). Напряжение на первом резисторе равно  $U_1$ , а на втором резисторе равно  $U_2$ . Чему равны сопротивления первого и второго резисторов?



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА		ФОРМУЛА
А) Сопротивление резистора $R_1$	1)	$r \cdot \frac{U_2}{\mathcal{E} - U_1 - U_2}$
Б) Сопротивление резистора $R_2$	2)	$r \cdot \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_2}{U_2}$
	3)	$r \cdot \frac{U_1}{\mathcal{E} - U_1 - U_2}$
	4)	$r \cdot \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_2}{U_1}$

Ответ:

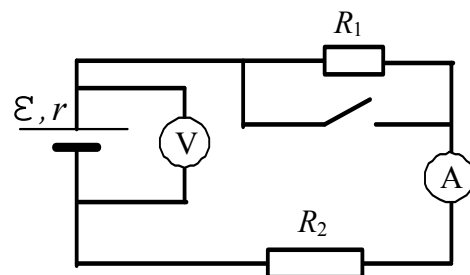
А	Б

### Часть 3

*Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.*

**С1**

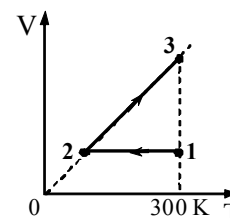
На рисунке показана принципиальная схема электрической цепи, состоящей из источника тока с отличным от нуля внутренним сопротивлением, резисторов и измерительных приборов. Укажите, как изменятся показания вольтметра при замыкании ключа. Используя законы постоянного тока, проанализируйте эту схему и обоснуйте свой ответ.



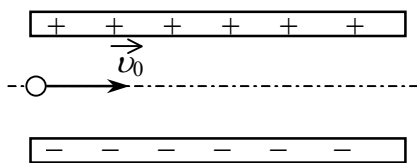
**Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

**С2** Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны  $v_{пл} = 15$  м/с и  $v_{бр} = 5$  м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом  $\mu = 0,17$ . На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится в 2 раза?

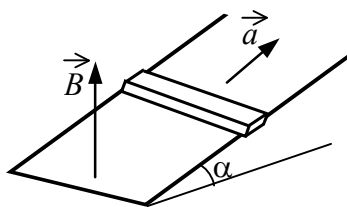
**С3** 10 моль одноатомного идеального газа сначала охладил, уменьшив давление в 3 раза, а затем нагрели до первоначальной температуры 300 К (см. рисунок). Какое количество теплоты получил газ на участке 2 – 3?



**С4** Электрон влетает в плоский конденсатор со скоростью  $v_0$  ( $v_0 \ll c$ ), параллельно пластинам (см. рисунок), расстояние между которыми  $d$ . На какой угол отклонится при вылете из конденсатора вектор скорости электрона от первоначального направления, если конденсатор заряжен до разности потенциалов  $\Delta\phi$ ? Длина пластин  $L$  ( $L \gg d$ ).



**С5** Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (см. рисунок). По стержню протекает ток  $I = 4$  А. Угол наклона плоскости  $\alpha = 30^\circ$ . Отношение массы стержня к его длине  $\frac{m}{L} = 0,1$  кг/м. Модуль индукции магнитного поля  $B = 0,2$  Тл. Определите ускорение, с которым движется стержень.



C6

Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) сосуда, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью  $E = 5 \cdot 10^4$  В/м. Какой путь пролетел в этом электрическом поле электрон, если он приобрел скорость  $v = 3 \cdot 10^6$  м/с. Релятивистские эффекты не учитывать.

***Инструкция по проверке и оценке работ учащихся по физике***

**Вариант 3**

**Часть 1**

За правильный ответ на каждое задание части 1 ставится 1 балл.

Если указаны два и более ответов (в том числе правильный), неверный ответ или ответ отсутствует – 0 баллов.

Номер задания	Правильный ответ
1	4
2	4
3	2
4	2
5	2
6	1
7	2
8	2
9	1
10	3
11	4
12	4
13	3
14	3
15	1
16	3
17	2
18	1
19	4
20	3
21	4
22	1
23	4
24	2
25	1

## Часть 2

Задание с кратким ответом считается выполненным верно, если в заданиях В1–В4 правильно указана последовательность цифр.

За полный правильный ответ ставится 2 балла, 1 балл – допущена одна ошибка; за неверный ответ (более одной ошибки) или его отсутствие – 0 баллов.

Номер задания	Правильный ответ
В1	321
В2	311
В3	43
В4	31

## Часть 3

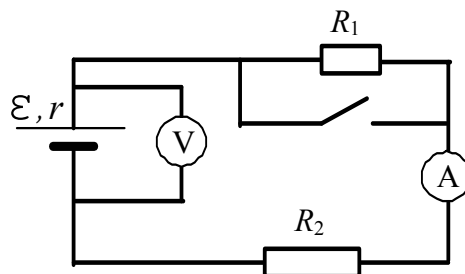
### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

#### С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Решения заданий С1–С6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

**С1**

На рисунке показана принципиальная схема электрической цепи, состоящей из источника тока с отличным от нуля внутренним сопротивлением, резисторов и измерительных приборов. Укажите, как изменятся показания вольтметра при замыкании ключа. Используя законы постоянного тока, проанализируйте эту схему и обоснуйте свой ответ.



Образец возможного ответа (рисунок не обязателен)

1. При замыкании ключа показания вольтметра уменьшатся.
2. При разомкнутом ключе, согласно закону Ома для участка цепи, напряжение на внешнем участке цепи  $U = I \cdot (R_1 + R_2)$ , где  $I$  – сила тока в цепи, а  $(R_1 + R_2)$  – общее сопротивление внешнего участка электрической цепи. Согласно закону Ома для полной цепи:  $I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r}$   
Отсюда  $\varepsilon = I \cdot (R_1 + R_2) + Ir = U + Ir$  и, следовательно,  $U = \varepsilon - Ir$
3. При замыкании ключа резистор  $R_1$  оказывается накоротко замкнутым. В результате сопротивление этого участка становится равным нулю. Следовательно, общее сопротивление цепи уменьшается.

4. Соответственно, согласно закону Ома для полной цепи, сила тока в цепи возрастает, а значит, возрастет значение произведения $Ir$ в формуле $U = \varepsilon - Ir$ . Таким образом, поскольку значение ЭДС постоянно, при замыкании ключа напряжение на внешнем участке цепи уменьшится, а значит, уменьшатся показания вольтметра.	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – п.1), и полное верное объяснение (в данном случае – п.2-4) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – закон Ома для участка цепи и полной цепи, равенство нулю сопротивления участка цепи при замыкании ключа).	3
Дан верный ответ и приведено обоснование, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного ответа.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла. 0	0

C2

Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны  $v_{пл} = 15$  м/с и  $v_{бр} = 5$  м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом  $\mu = 0,17$ . На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится в 2 раза?

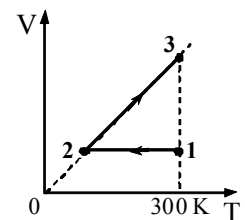
Образец возможного решения (рисунок не обязателен)	
<p>Пусть <math>m</math> – масса куска пластилина, <math>M</math> – масса бруска, <math>u_0</math> – начальная скорость бруска с пластилином после взаимодействия.</p> <p>Согласно закону сохранения импульса: <math>Mv_{бр} - mv_{пл} = (M + m)u_0</math>.</p> <p>Так как <math>M = 4m</math> и <math>v_{бр} = \frac{1}{3}v_{пл}</math>, то <math>4m \cdot \frac{1}{3}v_{пл} - mv_{пл} = 5mu_0</math>,</p> $4mv_{пл} - 3mv_{пл} = 15mu_0 \text{ и } u_0 = \frac{1}{15}v_{пл}.$ <p>По условию конечная скорость бруска с пластилином <math>u = 0,5 u_0</math>.</p> <p>По закону сохранения и изменения механической энергии:</p> $\frac{(M+m)u_0^2}{2} = \frac{(M+m)u^2}{2} + \mu(M+m)gS, \text{ и получаем:}$ $\frac{5m\left(\frac{1}{15}v_{пл}\right)^2}{2} = \frac{5m\left(0,5 \cdot \frac{1}{15}v_{пл}\right)^2}{2} + 5m\mu gS, \quad \frac{1}{2 \cdot 15^2} \cdot v_{пл}^2 - \frac{0,25}{2 \cdot 15^2} \cdot v_{пл}^2 = \mu gS \text{ и}$ $S = \frac{3}{8 \cdot 15^2} \cdot \frac{v_{пл}^2}{\mu g} = \frac{3 \cdot 15^2}{8 \cdot 15^2 \cdot 0,17 \cdot 10} \approx 0,22 \text{ (м)}.$ <p>Ответ: <math>S = 0,22</math> м.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>закон сохранения импульса, закон сохранения, механической энергии, связь работы с изменением энергии</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p>	2



ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует <u>ОДНА</u> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

**С3**

10 моль одноатомного идеального газа сначала охладил, уменьшив давление в 3 раза, а затем нагрели до первоначальной температуры 300 К (см. рисунок). Какое количество теплоты получил газ на участке 2 – 3?



Образец возможного решения

Первый закон термодинамики в процессе 2-3:  $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \cdot \Delta T \text{ и, в частности, } \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \cdot \Delta T_{23}$$

Процесс 2-3 — изобарный.

Работа газа  $A = \Delta(pV)$  при  $p = const$  можно записать в виде:  $A = p \cdot \Delta V$ .

С учётом уравнения Менделеева-Клапейрона можем записать:  $A_{23} = \nu R \cdot \Delta T_{23}$

Следовательно, формула расчета количества теплоты:

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \cdot \Delta T_{23} + \nu R \cdot \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \nu R \cdot \Delta T_{23}.$$

По условию задачи  $T_3 = T_1$ , следовательно,  $Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \cdot \Delta T_{21}$

Для состояний 1 и 2 можно записать:  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ . Учитывая условие  $p_2 = \frac{1}{3} p_1$ ,

можем записать:  $T_2 = \frac{1}{3} T_1$  и, соответственно,  $\Delta T_{21} = T_1 - T_2 = T_1 - \frac{1}{3} T_1 = \frac{2}{3} T_1$

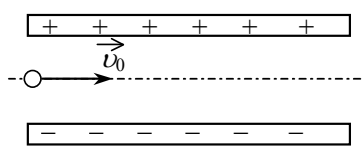
Таким образом,  $Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \cdot \Delta T_{21} = \frac{5}{2} \nu R \cdot \frac{2}{3} T_1 = \frac{5}{3} \nu R T_1$

$Q_{23} = \frac{5}{3} \nu R T_1 = \frac{5}{3} \cdot 10 \cdot 8,31 \cdot 300 = 41550 \text{ (Дж)}$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>1 Начало Термодинамики, уравнение Менделеева-Клапейрона, формула для расчёта внутренней энергии идеального газа, формула расчёта работы идеального газа</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</li> </ul> <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</li> </ul> <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</li> </ul> <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</li> </ul>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;</li> </ul> <p>ИЛИ</p>	1

<p>– в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи; ИЛИ</p> <p>– в ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C4

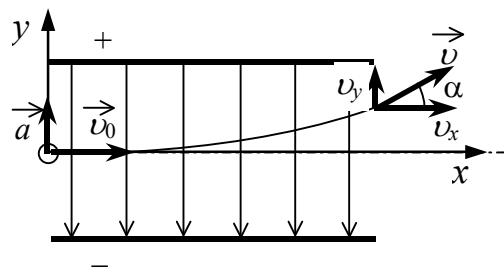


Электрон влетает в плоский конденсатор со скоростью  $v_0$  ( $v_0 \ll c$ ), параллельно пластинам (см. рисунок), расстояние между которыми  $d$ . На какой угол отклонится при вылете из конденсатора вектор скорости электрона от первоначального направления, если конденсатор заряжен до разности потенциалов  $\Delta\varphi$ ? Длина пластин  $L$  ( $L \gg d$ ).

Образец возможного решения (рисунок не обязателен)

1) Зависимость координат электрона от времени с учетом начальных условий:

$$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{at^2}{2} \end{cases}$$



2) Уравнения для проекций скорости

$$v_x = v_0; \quad v_y = at.$$

3) В момент вылета из конденсатора  $x = L = v_0 t$ , поэтому  $t = \frac{L}{v_0}$ .

По второму закону Ньютона  $a_y = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{e\Delta\varphi}{md}$ , так как  $F = eE$ .

$$\text{Отсюда: } \operatorname{tg} \alpha = \frac{e\Delta\varphi L}{mdv_0^2}.$$

Критерии оценки выполнения задания

Баллы

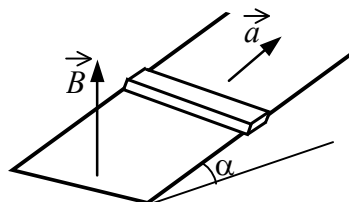
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

3

1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – *уравнения кинематики, второй закон Ньютона, связь напряженности поля с разностью*

<p>потенциалов);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ.</p>	
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях допущена ошибка.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Необходимые математические преобразования логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный ответ в общем виде.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— В решении отсутствует <u>ОДНА</u> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

C5



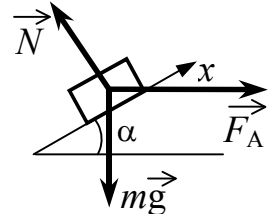
Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (см. рисунок). По стержню протекает ток  $I = 4\text{ А}$ . Угол наклона плоскости  $\alpha = 30^\circ$ . Отношение массы

стержня к его длине  $\frac{m}{L} = 0,1$  кг/м. Модуль индукции магнитного поля  $B = 0,2$  Тл. Определите ускорение, с которым движется стержень.

Образец возможного решения

1) На рисунке показаны силы, действующие на стержень с током:

- сила тяжести  $mg$ , направленная вертикально вниз;
- сила реакции опоры  $N$ , направленная перпендикулярно к наклонной плоскости;
- сила Ампера  $F_A$ , направленная горизонтально вправо, что вытекает из условия задачи.



2) Модуль силы Ампера  $F_A = IBL$ , (1)  
где  $L$  – длина стержня.

3) Систему отсчета, связанную с наклонной плоскостью, считаем инерциальной. Для решения задачи достаточно записать второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  (см. рисунок):  $ma_x = -mgsin\alpha + IBLcos\alpha$ , (2) где  $m$  – масса стержня.

Отсюда находим  $a_x = -gsin\alpha + IBLcos\alpha/m$  (3)  
 Ответ:  $a \approx 1,9$  м/с<sup>2</sup>.

Критерии оценки выполнения задания

Баллы

<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>выражение для силы Ампера и второй закон Ньютона</i>);</li> <li>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</li> </ol>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</li> <li>ИЛИ</li> <li>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</li> <li>ИЛИ</li> <li>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</li> <li>ИЛИ</li> <li>— Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</li> </ul>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

**C6** Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) сосуда, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью  $E = 5 \cdot 10^4$  В/м. Какой путь пролетел в этом электрическом поле электрон, если он приобрел скорость  $v = 3 \cdot 10^6$  м/с. Релятивистские эффекты не учитывать.

Образец возможного решения	
<p>Начальная скорость вылетевшего электрона <math>v_0 = 0</math>. Формула, связывающая изменение кинетической энергии частицы с работой силы со стороны электрического поля: <math>A = \frac{mv^2}{2}</math>.</p> <p>Работа силы связана с напряженностью поля и пройденным путем:  <math>A = FS = eES</math>.</p> <p>Отсюда <math>v^2 = \frac{2eES}{m}</math>, <math>S = mv^2/2eE</math></p> <p>Ответ: <math>S \approx 5 \cdot 10^{-4}</math> м</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи</p>	3

<p>выбранным способом (в данном решении — уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, формулы для изменения кинетической энергии частицы и для работы силы электрического поля);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— В решении отсутствует <u>ОДНА</u> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0