

**Единый государственный экзамен
по ФИЗИКЕ**

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 30 заданий.

В заданиях 3–5, 9–11, 14–16 и 20 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ
 Ответ: -2,5 м/с². - 2 , 5 Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

Ответ: А Б 4 1 Бланк

Ответом к заданию 22 является два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

Ответ: (14 ± 0,2) н. 1 , 4 0 , 2 Бланк

Ответ к заданиям 24–30 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. **Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.**

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

После завершения работы проверьте, что ответ на каждое задание в бланках ответов №1 и №2 записан под правильным номером.

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

Соотношение между различными единицами

температура	0 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66 · 10 ⁻²⁷ кг
1 атомная единица массы эквивалента	931 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Дж

Масса частиц

электрона	9,1 · 10 ⁻³¹ кг ≈ 5,5 · 10 ⁻⁴ а. е. м.
протона	1,673 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,007 а. е. м.
нейтрона	1,675 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,008 а. е. м.

Плотность

подсолнечного масла	900 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³
алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³
железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³
ртути	13600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость	
воды $4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия 900 Дж/(кг·К)
льда $2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди 380 Дж/(кг·К)
железа 460 Дж/(кг·К)	чугуна 800 Дж/(кг·К)
свинца 130 Дж/(кг·К)	
Удельная теплота	
парообразования воды $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг	
плавления свинца $2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг	
плавления льда $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг	

Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0°C

Молярная масса			
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1 Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

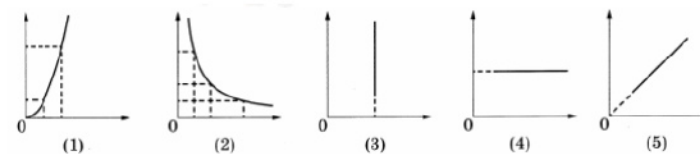
- 1) Время соскальзывания шайбы с гладкой наклонной плоскости данной высота не зависит от угла наклона плоскости к горизонту.
- 2) В процессе кристаллизации постоянной массы вещества его внутренняя энергия увеличивается.
- 3) Разноимённые точечные электрические заряды отталкиваются друг от друга.
- 4) При преломлении электромагнитных волн на границе двух сред частота колебаний в волне остаётся неизменной.
- 5) При рождении электро-позитронной пары выполняется закон сохранения электрического заряда.

Ответ: _____.

2 Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость пути, пройденного телом при равномерном движении, от времени
- Б) зависимость объёма постоянной массы идеального газа от абсолютной температуры в изотермическом процессе
- В) зависимость энергии магнитного поля катушки индуктивностью L от силы тока в катушке

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В выберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Ответ:

А	Б	В

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 220404

3 После удара клюшкой шайба массой 0,15 кг скользит по ледяной площадке. Её скорость при этом меняется в соответствии с уравнением $V = 20 - 3t$. Коэффициент трения шайбы о лед равен

Ответ: _____.

4 Скорость автомобиля массой $m = 10^3$ кг увеличилась от $v_1 = 10$ м/с до $v_2 = 20$ м/с. Работа равнодействующей силы равна

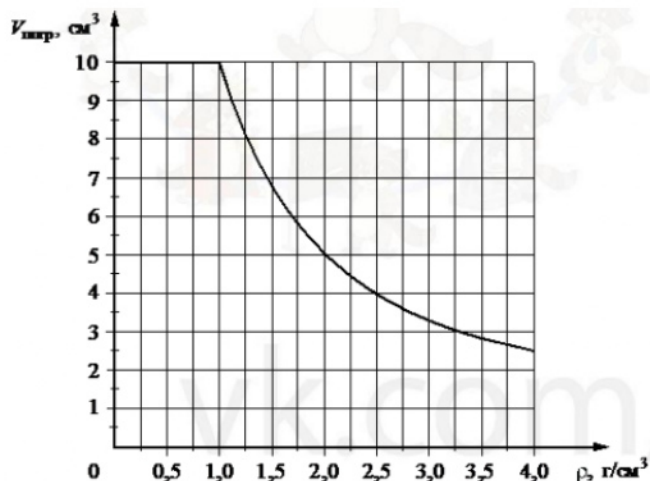
Ответ: _____ кДж.

5 Книга лежит на столе. Масса книги 0,6 кг. Площадь её соприкосновения со столом 0,08 м². Давление книги на стол равно

Ответ: _____ Па.

6 Изучая на практике закон Архимеда, учащиеся опускали цилиндр объёмом $V = 10$ см³ в различные жидкости (см. таблицу) и измеряли объём погружённой в жидкость части цилиндра. По результатам исследования была построена обобщённая зависимость объёма погружённой части цилиндра $V_{\text{погр}}$ от плотности жидкости ρ (см. рисунок).

Жидкость Бензин Спирт Вода Глицерин Хлороформ Бромформ Дийодметан
 ρ , г/см³ 0,71 0,79 1,0 1,26 1,49 2,89 3,25



Выберите все верные утверждения, согласующихся с результатами, представленными на рисунке и в таблице, и укажите их номера.

- 1) Цилиндр плавает в глицерине.
- 2) Цилиндр, опущенный в спирт, плавает у поверхности.
- 3) В глицерине на плавающий цилиндр действует выталкивающая сила, примерно в 2,6 раза большая, чем в дийодметане.
- 4) В дийодметане на плавающий цилиндр действует выталкивающая сила, составляющая около 70 мН.
- 5) На цилиндр, плавающий в хлороформе, действует выталкивающая сила, составляющая около 0,1 Н.

Ответ: _____.

7 По рельсам распространяется звуковая волна. Как изменяются частота звуковых колебаний и длина звуковой волны при переходе звука из воздушного промежутка между рельсами в рельс?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Частота звуковых колебаний	Длина звуковой волны

8 Маятник отклонили от положения равновесия (см. рис.) и отпустили в момент времени $t = 0$ с нулевой начальной скоростью. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение груза маятника после этого.

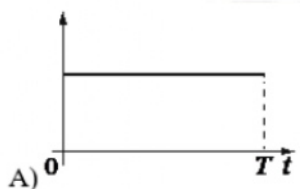


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать. (T – период колебаний маятника.) Сопротивлением воздуха пренебречь.

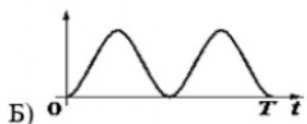
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ



- 1) потенциальная энергия E_n
- 2) полная механическая энергия $E_{мех}$
- 3) кинетическая энергия E_k
- 4) координата x



Ответ:

А	Б

9 Идеальный одноатомный газ находится в закрытом сосуде объёмом $0,6 \text{ м}^3$. При охлаждении его внутренняя энергия уменьшилась на $1,8 \text{ кДж}$. В результате давление газа снизилось на

Ответ: _____ Па.

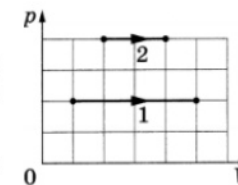
10 У теплового двигателя, работающего по циклу Карно, температура нагревателя – 500 К , а температура холодильника – 300 К . Рабочее тело за один цикл получает от нагревателя 40 кДж теплоты. Какую работу совершает при этом рабочее тело двигателя?

Ответ: _____ кДж.

11 В стакан калориметра налили 150 г воды. Начальная температура калориметра и воды $55 \text{ }^\circ\text{C}$. В эту воду опустили кусок льда, имевшего температуру $0 \text{ }^\circ\text{C}$. После того как наступило тепловое равновесие, температура воды в калориметре стала $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Определите массу льда. Теплоёмкостью калориметра пренебречь. Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ г.

12 На pV -диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же постоянным количеством газообразного неона.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы на графике.

- 1) В процессе 2 абсолютная температура неона изобарно уменьшилась в 2 раза.
- 2) В процессе 1 плотность неона уменьшилась в 5 раз.
- 3) В процессе 1 неон изобарно увеличил свой объём в 4 раза.
- 4) В процессе 2 концентрация молекул неона увеличилась в 2 раза.
- 5) Работа, совершённая неонем в процессе 1, равна работе в процессе 2.

Ответ: _____.

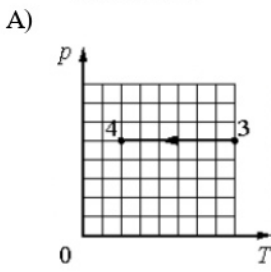
13 На рисунках А и Б приведены графики двух процессов: 1–2 и 3–4, в каждом из которых участвует 1 моль неона. Графики построены в координатах p – V и p – T , где p – давление, V – объём и T – абсолютная температура газа.

Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

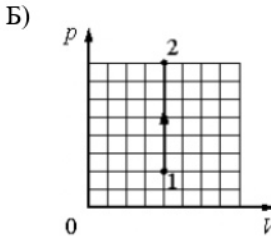
К каждой позиции из первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

УТВЕРЖДЕНИЯ



- 1) Над газом совершают работу, при этом он получает теплоту.
- 2) Над газом совершают работу, при этом он отдает теплоту.
- 3) Газ совершает работу, и при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 4) Газ получает теплоту, и при этом его внутренняя энергия увеличивается.



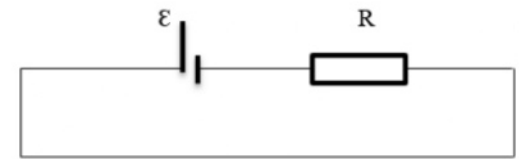
Ответ:

А	Б

14 В области пространства, где находится частица с зарядом $2 \cdot 10^{-11}$ Кл, создано однородное горизонтальное электрическое поле напряженностью 5000 В/м. Какова масса частицы, если за 2 с она переместилась по горизонтали на расстояние 0,4 м от точки, из которой она начала двигаться из состояния покоя? Сопротивлением воздуха и действием силы тяжести пренебречь.

Ответ: _____ мг.

15 В схеме известны ЭДС источника $\mathcal{E} = 1$ В, ток в цепи $I = 0,8$ А, сопротивление внешнего участка цепи $R = 1$ Ом. Определите работу сторонних сил в источнике тока за 20 секунд.



Ответ: _____ Дж.

16 В таблице показано, как менялся ток в катушке колебательного контура при свободных гармонических колебаниях. Вычислите по этим данным энергию конденсатора в момент времени $4 \cdot 10^{-6}$ с, если индуктивность катушки 4 мГн.

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I, 10^{-3}$ А	4	2,83	0	-2,83	-4	-2,83	0	2,83	4	2,83

Ответ: _____ нДж.

17 Стеклообразную линзу (показатель преломления стекла $n_{\text{стекла}} = 1,54$), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ($n_{\text{воздуха}} = 1$) в воду ($n_{\text{воды}} = 1,33$). Выберите все верные утверждения о характере изменений, произошедших с оптической системой «линза + окружающая среда».

- 1) Фокусное расстояние увеличилось, оптическая сила уменьшилась.
- 2) Линза была и осталась собирающей.
- 3) Фокусное расстояние уменьшилось, оптическая сила увеличилась.
- 4) Линза из собирающей превратилась в рассеивающую.
- 5) Линза была и осталась рассеивающей.

Ответ: _____.

18 По проволочному резистору течёт ток. Резистор заменили на другой, с проволокой из того же металла и той же длины, но имеющей вдвое меньшую площадь поперечного сечения, и пропустили через него вдвое меньший ток. Как изменятся при этом следующие величины: тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, и напряжение на нём?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе	Напряжение на резисторе

19 Установите соответствие между формулами для расчёта физических величин в цепях постоянного тока и названиями этих величин. В формулах использованы обозначения: R – сопротивление резистора; I – сила тока; U – напряжение на резисторе.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФОРМУЛЫ

- А) U/I
- Б) IR

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока
- 2) напряжение на резисторе
- 3) мощность тока
- 4) сопротивление резистора

Ответ:

А	Б

20 Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадётся за время, равное половине периода полураспада? Ответ округлите до сотых.

Ответ: _____.

21 Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов. При захвате электрона некоторые характеристики атомного ядра изменяются. Как ведут себя перечисленные ниже характеристики атомного ядра при захвате ядром электрона?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) не изменится
- 2) увеличится
- 3) уменьшится

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

Массовое число ядра	Заряд ядра

22 При помощи барометра измеряют атмосферное давление (см. рисунок). Запишите показания барометра в мм рт. ст., если погрешность прямого измерения равна цене деления шкалы барометра?



Ответ: (_____ ± _____) мм рт. ст.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

23 Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость частоты свободных колебаний нитяного маятника от массы груза. У него имеется пять маятников, характеристики которых приведены в таблице. Какие два маятника необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ маятника	Длина нити, см	Масса груза, г	Материал, из которого сделан груз
1	200	30	алюминий
2	150	60	алюминий
3	150	30	медь
4	100	60	медь
5	200	60	алюминий

Ответ:

--	--

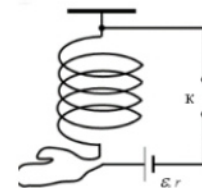
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

Часть 2

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

24 Мягкая пружина из нескольких крупных витков провода подвешена к потолку. Верхний конец пружины подключается к источнику тока через ключ К, а нижний – с помощью достаточно длинного мягкого провода (см. рисунок). Как изменится длина пружины через достаточно большое время после замыкания ключа К? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 25–30 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

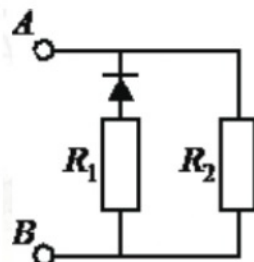
25 Два груза массами $M_1 = 1$ кг и $M_2 = 2$ кг, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны нерастяжимой и невесомой нитью (см. рисунок). Брусок M_1 тянут горизонтальной силой \vec{F} . Чему равен модуль силы натяжения нити, когда $F = 12$ Н?



26 Детектор полностью поглощает падающий на него свет частотой $\nu = 7 \cdot 10^{14}$ Гц. Поглощаемая мощность $P = 3 \cdot 10^{-14}$ Вт. За какое время детектор поглотит $N = 5 \cdot 10^5$ фотонов?

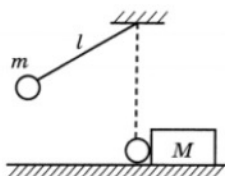
27 В комнате размерами $6 \text{ м} \times 5 \text{ м} \times 3 \text{ м}$, в которой воздух имеет температуру $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительную влажность 35% , включили увлажнитель воздуха производительностью $0,36 \text{ кг/ч}$. Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате стала равна 70% ? Давление насыщенного водяного пара при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ равно $2,33 \text{ кПа}$. Комнату считать герметичным сосудом.

28 В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке А положительного полюса, а к точке В отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая мощность равна $14,4 \text{ Вт}$. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной $21,6 \text{ Вт}$. Укажите, как течёт ток через диод и резисторы в обоих случаях, и определите сопротивления резисторов в этой цепи.



29 В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6 \text{ эВ}$) поглощает фотон и ионизуется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра со скоростью $u = 1000 \text{ км/с}$. Какова частота поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.

30 Маленький шарик массой $m = 0,25 \text{ кг}$ подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 0,8 \text{ м}$, которая разрывается при некоторой силе натяжения T_0 . Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой $M = 2,75 \text{ кг}$, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Скорость бруска после удара $u = 0,4 \text{ м/с}$. Определите величину силы T_0 . Считать, что брусок после удара движется поступательно. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.



Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.

Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–26

Правильные ответы на задания 3–5, 9–11, 14–16, 20, 22 и 23 оцениваются 1 баллом. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число или два числа.

Ответы на задания 7, 8, 13, 18, 19 и 21 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа; 0 баллов, если допущены две ошибки или ответ отсутствует. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов.

Ответ на задание 2 оценивается 2 баллами, если верно указаны три элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущено две ошибки или ответ отсутствует. Если указано более трёх элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов.

Ответы на задания 1, 6, 12 и 17 оцениваются 2 баллами, если указаны все верные элементы ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами или не записан один элемент ответа); 0 баллов, если допущены две ошибки или ответ отсутствует. В заданиях 1, 6, 12, 17 и 23 порядок записи цифр в ответе не имеет принципиального значения.

Номер задания	Правильный ответ	Номер задания	Правильный ответ
1	45	12	25
2	531	13	24
3	0,3	14	0,5
4	150	15	16
5	75	16	0
6	31	17	12
7	15 или 51	18	23
8	23	19	42
9	2000	20	0,29
10	16	21	13
11	90	22	7541
		23	15

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Выполнение заданий 24–30 (с развёрнутым ответом) оценивается предметной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до максимального балла.

24

Мягкая пружина из нескольких крупных витков провода подвешена к потолку. Верхний конец пружины подключается к источнику тока через ключ К, а нижний – с помощью достаточно длинного мягкого провода (см. рисунок). Как изменится длина пружины через достаточно большое время после замыкания ключа К? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.

Возможное решение

1. Пружина сожмется, её длина уменьшится.
2. До замыкания ключа пружина находилась в равновесии, так как силы упругости, действующие на каждый виток, уравновешивали силы тяжести, действующие на каждый виток.
3. При замыкании ключа по цепи пойдет ток. В соседних витках пружины потекут сонаправленные токи. Проводники с сонаправленными токами притягиваются. В результате будет достигнуто новое положение пружины, в котором силы упругости будут уравновешивать силу тяжести и силу Ампера, действующие на каждый виток. Таким образом, пружина сожмется, её длина уменьшится.

Ответ: пружина сожмется, её длина уменьшится

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: условия равновесия пружины до и после замыкания ключа).	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются 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	2

<p>подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

25

Два груза массами $M_1 = 1$ кг и $M_2 = 2$ кг, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны нерастяжимой и невесомой нитью (см. рисунок). Брусок M_1 тянут горизонтальной силой \vec{F} . Чему равен модуль силы натяжения нити, когда $F = 12$ Н?

<p>Возможное решение:</p>	
<p>1. Запишем второй закон Ньютона для каждого тела:</p> $\vec{F} + \vec{T}_1 = M_1 \vec{a}$ $\vec{T}_2 = M_2 \vec{a}$ <p>В проекциях на ось Ox:</p> $F - T_1 = M_1 a$ $T_2 = M_2 a$ <p>Решая совместно уравнения, получим:</p> $F = a(M_1 + M_2).$ $a = \frac{F}{M_1 + M_2}.$ $a = 4 \text{ м/с}^2$ $T = 8 \text{ Н}$	
<p>Ответ: $T = 8 \text{ Н}$.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2

<p>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.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

26 Детектор полностью поглощает падающий на него свет частотой $\nu = 7 \cdot 10^{14}$ Гц. Поглощаемая мощность $P = 3 \cdot 10^{-14}$ Вт. За какое время детектор поглотит $N = 5 \cdot 10^5$ фотонов?

Возможное решение:	
<p>1. Энергия одного фотона согласно формуле Планка равна $E_0 = h\nu$, где ν – длина световой волны, h – постоянная Планка.</p> <p>2. Мощность, поглощённая детектором, связана с энергией фотона и их количеством соотношением</p> $P = \frac{NE_0}{\Delta t},$ <p>где Δt – промежуток времени, N – количество поглощённых фотонов за это время.</p> <p>3. Решая уравнения (1) и (2), получим выражение для искомого времени:</p> $\Delta t = \frac{Nh\nu}{P} = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 7 \cdot 10^{14}}{3 \cdot 10^{-14}} = 7,7 \text{ с.}$ <p>Ответ: $\Delta t = 7,7 \text{ с.}$</p>	

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом; II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) представлены 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</p>	2
<p>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.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

27

В комнате размерами 6 м × 5 м × 3 м, в которой воздух имеет температуру 20 °С и относительную влажность 35%, включили увлажнитель воздуха производительностью 0,36 кг/ч. Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате стала равна 70%? Давление насыщенного водяного пара при температуре 20 °С равно 2,33 кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

Возможное решение

Относительная влажность в комнате до того, как включили увлажнитель воздуха:

где p_1 -парциальное давление водяного пара, $p_{нас}$ -давление насыщенных паров при данной температуре. За время работы увлажнителя влажность увеличилась до значения

Водяной пар подчиняется закону Менделеева-Клапейрона:

где M -масса водяного пара, μ -молярная масса, p -его парциальное давление. Так как при испарении масса пара увеличивается на величину

$$m = I\tau$$

где I - производительность увлажнителя, τ -время его работы, то парциальное давление водяного пара увеличится на величину

Тогда
$$\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{mRT}{\mu V p_H}$$

Выражая отсюда время, получим:
$$\tau = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)\mu p_H}{IRT}$$

Окончательно:
$$\tau = \frac{(0,7 - 0,35)0,018 \cdot 2330 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 3}{0,36 \cdot 8,31 \cdot 293} = 1,5 \text{ ч}$$

Ответ: 1,5 часа.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы:	3

<p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае формула относительной влажности, уравнение Менделеева-Клапейрона);</p> <p>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);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>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.</p> <p>II (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>II (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>II (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и</p>	

<p>достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

28

В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке А положительного полюса, а к точке В отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая мощность равна 14,4 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 21,6 Вт. Укажите, как течёт ток через диод и резисторы в обоих случаях, и определите сопротивления резисторов в этой цепи.

Возможное решение

1. При подключении к точке А положительного полюса, а к точке В отрицательного полюса ток пойдёт только через резистор R2. так как сопротивление диода в этом направлении велико и ток через него не идет. (см. рис). потребляемая мощность равна

$$P_1 = \frac{\varepsilon^2}{R_2}$$

<p>2. При изменении полярности подключения батареи диод пропустит ток, и эквивалентная схема будет выглядеть так:</p> <p style="text-align: center;">В этом случае потребляемая мощность будет равна:</p> $P_2 = \frac{\varepsilon^2}{R_1} + \frac{\varepsilon^2}{R_2}$ <p style="text-align: center;">Выражая сопротивления, получим:</p> $R_2 = \frac{\varepsilon^2}{P_1}, \quad R_1 = \frac{\varepsilon^2}{P_2 - P_1}$ <p style="text-align: center;">Подставляя значения физических величин, указанных в условии, получим: R₁=20 Ом, R₂=10 Ом.</p> <p style="text-align: center;">Ответ: R₁=20 Ом, R₂=10 Ом</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>условие протекания тока через диод в прямом и обратном направлении, едена эквивалентная схема, записана формула мощности электрического тока</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному</p>	3

числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически</p>	

верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

29 В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6$ эВ) поглощает фотон и ионизируется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдаль от ядра со скоростью $u = 1000$ км/с. Какова частота поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.

Возможное решение	
<p>После ионизации атом водорода можно считать неподвижным, так как, по условию задачи энергией теплового движения водорода можно пренебречь, как и импульсом, который приобретает атом водорода после поглощения фотона.</p> <p>Следовательно, по з.с.э энергия поглощенного фотона</p> $E_{\phi} = E_k + E_1 ,$ <p>$E_k = \frac{mv^2}{2}$ - кинетическая энергия вылетевшего электрона, $E_1 = -13,6$ эВ - энергия ионизации атома водорода.</p> <p>$E_{\phi} = h\nu$ - энергия фотона. Отсюда: $h\nu = \frac{mv^2}{2} + E_1$</p> <p>Выражая частоту и подставляя численные значения, получим:</p>	
<p>Ответ:</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения энергии, энергия фотона</i>);</p> <p>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);</p>	3

<p>III) представлены 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</p>	
<p>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 пунктам II и III, 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. И (ИЛИ) Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи ИЛИ Сделаны только правильные рисунки, на которых построены изображения двух источников с указанием хода лучей в линзе</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

30

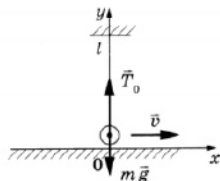
Маленький шарик массой $m = 0,25$ кг подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 0,8$ м, которая разрывается при некоторой силе натяжения T_0 . Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой $M = 2,75$ кг, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Скорость бруска после удара $u = 0,4$ м/с. Определите величину силы T_0 . Считать, что брусок после удара движется поступательно. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.

<p>Возможное решение:</p> <p><u>Обоснование:</u></p>

Решение:

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось *Oy* инерциальной системы отсчёта *Oxy*, связанной с Землёй:

$$\frac{mv^2}{l} = T_0 - mg, \text{ откуда: } T_0 = mg + \frac{mv^2}{l}.$$



2. При прохождении положения равновесия нить обрывается, и шарик, движущийся горизонтально со скоростью \vec{v} , абсолютно неупруго сталкивается с покоящимся бруском. При столкновении сохраняется импульс системы «шарик + брусок». В проекциях на ось *Ox* получаем: $mv = (M + m)u$, где *u* — проекция скорости бруска с шариком после удара на ось *Ox*. Отсюда: $v = \frac{(M + m)u}{m}$

$$\text{и } T_0 = mg + \frac{(M + m)^2 u^2}{ml} = 0,25 \cdot 10 + \frac{(2,75 + 0,25)^2 \cdot 0,4^2}{0,25 \cdot 0,8} = 9,7 \text{ Н.}$$

Ответ: $T_0 = 9,7 \text{ Н.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей)	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом; 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	3

стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);

III) представлены 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

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.

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)

Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев.

Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.

ИЛИ

В решении отсутствует **ОДНА** из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с

2

имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	4

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минпросвещения России и Рособрнадзора от 07.11.2018 № 190/1512, зарегистрирован Минюстом России 10.12.2018 № 52952)

«82. <...> По результатам первой и второй проверок эксперты независимо друг от друга выставляют баллы за каждый ответ на задания экзаменационной работы ЕГЭ с развернутым ответом. <...>

В случае существенного расхождения в баллах, выставленных двумя экспертами, назначается третья проверка. Существенное расхождение в баллах определено в критериях оценивания по соответствующему учебному предмету.

Эксперту, осуществляющему третью проверку, предоставляется информация о баллах, выставленных экспертами, ранее проверявшими экзаменационную работу».

1. Существенным считается расхождение в 2 или более балла, выставленных экспертами за выполнение любого из заданий 24–30. Третий эксперт проверяет только те ответы на задания, которые вызвали столь существенное расхождение.

2. Расхождение в результатах оценивания двумя экспертами ответа на одно из заданий 24–30 заключается в том, что один эксперт указал на отсутствие ответа на задание, а другой выставил за выполнение этого задания ненулевой балл. В этом случае третий эксперт проверяет только ответы на задания, которые были оценены со столь существенным расхождением.