

**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 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25 и 26 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: 7,5 см. 37,5 _____ 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.

КИМ Ответ:

А	Б
4	1

741 _____ Бланк

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: вправо 13 ВПРАВО _____ Бланк

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённым ниже образцам, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
38	94

3894 _____
Ответ: (14 ± 0,2) н. 1,40,2 _____ Бланк

Ответ к заданиям 27–32 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	санци	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	$\pi = 3,14$
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 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66·10 ⁻²⁷ кг
1 атомная единица массы эквивалента	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Дж
1 астрономическая единица	1 а.е. = 150 000 000 км
1 световой год	1 св. год = 9,46 · 10 ¹⁵ м
1 парсек	1 пк = 3,26 св. года

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.

Астрономические величины

средний радиус Земли	R _З = 6370 км
радиус Солнца	R _С = 6,96 · 10 ⁸ м
температура поверхности Солнца	T = 6000 К

Плотность

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

Удельная теплоёмкость

воды 4,2·10 ³ Дж/(кг · К)	алюминия 900 Дж/(кг · К)
льда 2,1·10 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 · 10 ⁶ Дж/кг
плавления свинца 2,5 · 10 ⁴ Дж/кг
плавления льда 3,3 · 10 ⁵ Дж/кг

Нормальные условия: давление – 10⁵ Па, температура – 0 °С

Молярная масса

азота	28 · 10 ⁻³ кг/моль	гелия	4 · 10 ⁻³ кг/моль
аргона	40 · 10 ⁻³ кг/моль	кислорода	32 · 10 ⁻³ кг/моль
водорода	2 · 10 ⁻³ кг/моль	лития	6 · 10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29 · 10 ⁻³ кг/моль	неона	20 · 10 ⁻³ кг/моль
воды	18 · 10 ⁻³ кг/моль	углекислого газа	44 · 10 ⁻³ кг/моль

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. 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 Тело массой 2 кг движется вдоль оси ОХ. Его координата меняется в соответствии с уравнением $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 2$ м, $B = 3$ м/с, $C = 5$ м/с². Чему равен импульс тела в момент времени $t = 2$ с?

Ответ: _____ кг · м/с.

2 Пружина под действием груза, подвешенного к ней, удлинилась на 2 см. Этот же груз подвесили к пружине с вдвое большей жёсткостью. Насколько изменилось удлинение пружины?

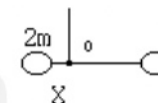
Ответ: на _____ см.

3 Пластилиновый шар массой 0,1 кг имеет скорость 1 м/с. Он налетает на неподвижную тележку массой 0,1 кг, прикрепленную к пружине, и прилипает к тележке (см. рисунок). Чему равна полная механическая энергия системы при ее дальнейших колебаниях? Трением пренебречь.



Ответ: _____ Дж.

4 Два груза массами 2m и m закреплены на невесомом стержне длиной 60 см. Чтобы стержень оставался в равновесии, его следует подвесить в точке О, находящейся на расстоянии X от левого груза. Определите, чему равно X.



Ответ: _____ см



5 При подвешивании груза массой m к стальному тросу длина троса возрастает на ΔL . Из приведенного ниже списка выберите **два** правильных утверждения, соответствующих данным графикам.

- 1) Величина ΔL не изменится, если L будет вдвое больше, а m – вдвое меньше.
- 2) Величина ΔL не изменится, если L и m будут вдвое меньше.
- 3) Величина ΔL увеличится в четыре раза, если L и m будут вдвое больше.
- 4) Величина ΔL уменьшится в четыре раза, если L и m – вдвое больше.
- 5) Величина ΔL уменьшится в два раза, если L будет вчетверо меньше, а m – вдвое меньше.

Ответ:

--	--

6 На поверхности воды плавает сплошной деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и сила Архимеда, действующая на брусок, если его заменить сплошным бруском той же плотности и высоты, но большей массы?

- 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.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

7 Тело массой 100 г движется вдоль оси Ox , при этом его координата изменяется во времени в соответствии с формулой $x(t) = 10 + 5t - 3t^2$ (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимости от времени в условиях данной задачи. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

- | ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ | ФОРМУЛЫ |
|------------------------------|-------------------------|
| А) Импульс тела | 1) $0,5 - 0,6t$ |
| Б) Кинетическая энергия тела | 2) $1,25 - 3t + 1,8t^2$ |
| | 3) $0,1(5 - 6t)^2$ |
| | 4) $5t - 3t^2$ |

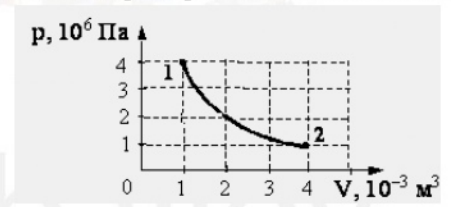
Ответ:

А	Б

8 В одном из опытов стали закачивать воздух в стеклянный сосуд, одновременно охлаждая его. При этом температура воздуха в сосуде понизилась в 2 раза, а его давление возросло в 3 раза. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

Ответ: в _____ раз (а).

9 На графике показана зависимость давления одноатомного идеального газа от объема. Газ совершает работу, равную 3 кДж. Определите количество теплоты, полученное газом при переходе из состояния 1 в состояние 2.



Ответ: _____ Дж.

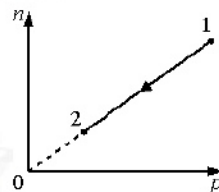


- 10 В кубическом метре воздуха в помещении при температуре 20 °С находится $1,1245 \cdot 10^{-2}$ г водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха.

$t, ^\circ\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho, 10^{-2} \text{ г/м}^3$	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: _____ %

- 11 При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул n пропорциональна давлению p (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.



Выберите из предложенного перечня два верных утверждения, которые сделать анализируя данный график:

- 1) Плотность газа возрастает.
- 2) Происходит изотермическое сжатие газа.
- 3) Газ совершает работу без изменения внутренней энергии.
- 4) Плотность газа уменьшается.
- 5) Внутренняя энергия газа уменьшается.

Ответ:

--	--

- 12 В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия одного моля разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его объём?

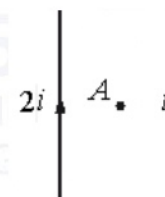
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Температура гелия	Объём гелия

- 13 По двум тонким прямым проводникам, параллельным друг другу, текут токи (см. рисунок). Как направлен вектор индукции создаваемого ими магнитного поля в точке А, находящейся посередине между проводниками?



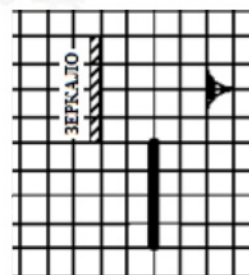
Ответ запишите словом (словами): *вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю, вниз, вверх.*

Ответ: _____.

- 14 По участку цепи, состоящему из резистора $R = 4$ кОм, течёт постоянный ток $I = 100$ мА. За какое время на этом участке выделится количество теплоты $Q = 2,4$ кДж?

Ответ: _____ с.

- 15 Отрезок длиной 4 см расположен перед зеркалом, как изображено на рисунке. Какой длины отрезок виден глазу?



Ответ: _____ см.



- 16 Точечный источник света находится в ёмкости с жидкостью и опускается вертикально вниз от поверхности жидкости. При этом на поверхности жидкости возникает пятно, образованное лучами света, выходящими из жидкости в воздух. Глубина погружения источника (расстояние от поверхности жидкости до источника света), измеренная через равные промежутки времени, а также соответствующий радиус светлого пятна представлены в таблице. Погрешность измерения глубины погружения и радиуса пятна составила 1 см. Выберите два верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

Глубина погружения, см	10	20	30	40	50	60	70
Радиус пятна, см	12	24	36	48	60	72	84

- Образование пятна на поверхности обусловлено дисперсией света в жидкости.
- Угол полного внутреннего отражения меньше 45°
- Показатель преломления жидкости меньше 1,5
- Образование пятна на поверхности обусловлено явлением полного внутреннего отражения.
- Граница пятна движется с ускорением.

Ответ:

--	--

- 17 Электрический колебательный контур радиоприемника настроен на длину волны λ . Как изменятся частота колебаний в контуре и соответствующая им длина волны, если площадь пластин конденсатора уменьшить?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- увеличится
- уменьшится
- не изменится

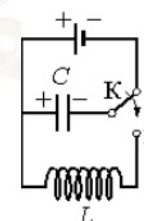
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота волны	Длина волны

- 18 Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого.

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

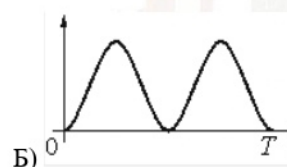
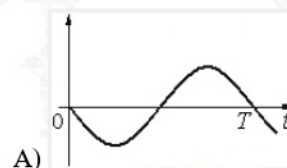
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



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

ГРАФИКИ

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ



- Энергия магнитного поля катушки
- Сила тока в катушке
- Заряд левой обкладки конденсатора
- Энергия электрического поля конденсатора

Ответ:

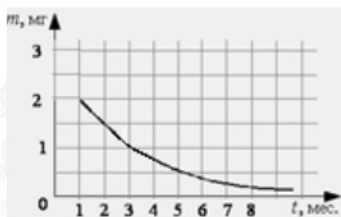
А	Б



19 Ядро ${}_{93}^{237}\text{Np}$, испытав серию α - и электронных β -распадов, превратилось в ядро ${}_{83}^{213}\text{Bi}$. Определите число α -распадов и электронных β -распадов.

Число α -распадов	Число электронных β -распадов

20 На рисунке показан график изменения массы находящегося в пробирке радиоактивного изотопа с течением времени. Каков период полураспада этого элемента?



Ответ: _____ мес.

21 Монохроматический свет с энергией фотонов E_f падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается, равно $U_{\text{зап}}$. Как изменится модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$ и величина силы тока насыщения $I_{\text{нас}}$, если энергия падающих фотонов E_f увеличится, а интенсивность уменьшится?

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.

Запирающее напряжение	Сила тока насыщения

22 С помощью линейки с миллиметровыми делениями измерили толщину стопки из 25 шайб. Толщина стопки оказалась равной примерно 45 мм. Определите толщину одной шайбы, если погрешность измерений равна половине цены деления линейки. Запишите ответ с учетом погрешности.

Ответ: (____ ± ____) мм.

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

23 Ученику предлагается определить зависимость модуля силы Архимеда, действующей на полностью погруженное в воду тело, от объема тела. В его распоряжении есть таблица плотностей веществ.

Материал	Плотность, кг/м ³
Медь	8900
Пробка	240
Алюминий	2700
Железо	7800

Какие два тела из предложенных следует выбрать?

- 1) Медный шарик, радиус которого равен 2 см.
- 2) Пробковый шарик, радиус которого равен 3 см.
- 3) Медный кубик, ребро которого равно 2 см.
- 4) Железный кубик, ребро которого 4 см.
- 5) Алюминиевый шарик, радиус которого равен 2 см.

В ответ запишите номера выбранных тел.

Ответ:

--	--

24 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а.е.)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	0,6°	3,01
Венера	0,72	12 104	177°22'	7,33
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,91
Марс	1,52	6794	25°11'	3,55
Юпитер	5,20	142 984	3°08'	42,1
Сатурн	9,58	120 536	26°44'	25,1
Уран	19,19	51 118	97°46'	15,1
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Выберите **все** утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет.



- 1) На Сатурне может наблюдаться смена времён года.
- 2) Ускорение свободного падения на Сатурне составляет около $25,1 \text{ м/с}^2$.
- 3) Орбита Меркурия находится на расстоянии примерно 58,5 млн. км от Солнца.
- 4) Вторая космическая скорость для Юпитера составляет примерно $59,5 \text{ км/с}$.
- 5) Объём Юпитера примерно в 3 раза больше объёма Нептуна.

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.

Часть 2

Ответом к заданиям 25–26 является число. Запишите это число 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.

- 25** Напряжение на концах первичной обмотки трансформатора 220 В , сила тока в ней 1 А . Напряжение на концах вторичной обмотки 22 В . Какой была бы сила тока во вторичной обмотке при коэффициенте полезного действия трансформатора 100% ?

Ответ: _____ А.

- 26** Красная граница фотоэффекта исследуемого металла $\lambda_{\text{кр}} = 600 \text{ нм}$. Какова длина волны света, выбивающего из него фотоэлектроны с максимальной кинетической энергией в 3 раза меньше энергии падающих фотонов?

Ответ: _____ нм.

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.

27

Намагниченный стальной стержень начинает свободное падение с нулевой начальной скоростью из положения, изображённого на рис. 1. Пролетая сквозь закреплённое проволочное кольцо, стержень создаёт в нём электрический ток, сила которого изменяется со временем так, как показано на рис. 2.

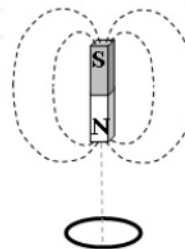


Рис. 1

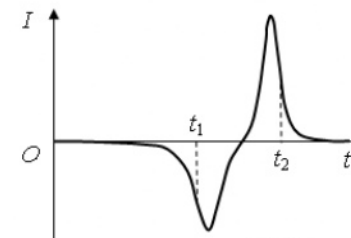


Рис. 2

время t_1 и t_2 ток в кольце имеет различные значения. Объясните, указав, какие физические явления и законы вы использовали для объяснения. Влиянием тока в кольце на стержень не забудьте упомянуть.

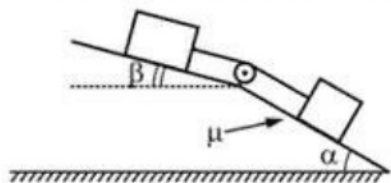
Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28

Летающая горизонтально со скоростью 20 м/с пластилиновая пуля массой 9 г попадает в неподвижно висящий на нити груз массой 81 г . В результате чего груз, с прилипшей к нему пулей, начинает совершать колебания. Максимальный угол отклонения нити от вертикали при этом равен $\alpha = 60^\circ$. Какова длина нити?

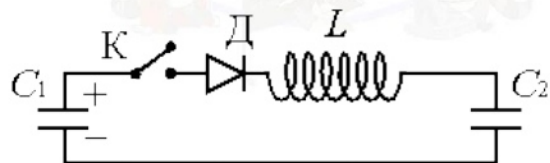


- 29 В изображенной на рисунке системе нижний брусок может двигаться по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, а верхний брусок - вдоль наклонной плоскости, составляющей с горизонтом некоторый угол β . Коэффициент трения между нижним бруском и плоскостью равен $\mu = 0,2$, трение между верхним бруском и наклонной плоскостью отсутствует. Считая соединяющую бруски нить очень легкой и нерастяжимой, и пренебрегая массой блока и трением в его оси найдите, при каких значениях угла β нить будет натянута.



- 30 В водонепроницаемый мешок, лежащий на дне моря на глубине 73,1 м закачивается сверху воздух. Вода вытесняется из мешка через нижнее отверстие, и когда объём воздуха в мешке достигает $28,0 \text{ м}^3$, мешок всплывает вместе с прикрепленным к нему грузом. Масса оболочки 2710 кг. Определите массу груза. Температура воды равна 7°C . Атмосферное давление на уровне моря равно 10^5 Па . Объёмом груза и стенок мешка пренебречь.

- 31 К конденсатору C_1 через диод и катушку индуктивности L подключён конденсатор ёмкостью $C_2 = 2 \text{ мкФ}$. До замыкания ключа K конденсатор C_1 был заряжен до напряжения $U = 50 \text{ В}$, а конденсатор C_2 не заряжен. После замыкания ключа система перешла в новое состояние равновесия, в котором напряжение на конденсаторе C_2 оказалось равным $U_2 = 20 \text{ В}$. Какова ёмкость конденсатора C_1 ? (Активное сопротивление цепи пренебрежимо мало.)



- 32 На поверхности воды плавает надувной плот шириной 4 м и длиной 6 м. Небо затянуто сплошным облачным покровом, полностью рассеивающим солнечный свет. На какой максимальной глубине под плотом должна находиться маленькая рыбка, чтобы ее не увидели плавающие вокруг плота хищники? Глубиной погружения плота, рассеиванием света водой и его отражением от дна водоема пренебречь. Показатель преломления воды относительно воздуха принять равным $4/3$.

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



Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–24

Задания 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 части 1 и задания 25 и 26 части 2 оцениваются 1 баллом. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Задания 5–7, 11, 12, 16–18 и 21 части 1 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущено две ошибки. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов. Задание 24 оценивается 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 допущено две ошибки. В заданиях 5, 11, 16 и 24 порядок записи цифр в ответе может быть различным.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	46	14	60
2	1	15	1
3	0,025	16	34 43
4	20	17	12
5	13 31	18	21
6	31	19	62
7	12	20	2
8	6	21	12
9	3000	22	1,800,02
10	65	23	13 31
11	34 43	24	134
12	12	25	10
13	от наблюдателя	26	400

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Решения заданий 27–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной 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 2 баллов за задание 27 и от 0 до 3 баллов за задания 28 и 29–32.

27

Намагниченный стальной стержень начинает свободное падение с нулевой начальной скоростью из положения, изображённого на рис. 1. Пролетая сквозь закреплённое проволочное кольцо, стержень создаёт в нём электрический ток, сила которого изменяется со временем так, как показано на рис. 2.

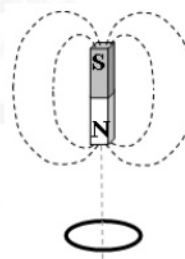


Рис. 1

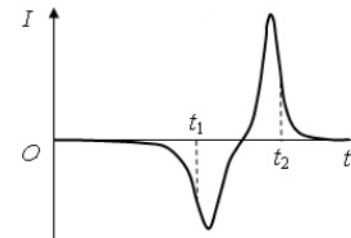


Рис. 2

Почему в моменты времени t_1 и t_2 ток в кольце имеет различные направления? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием тока в кольце на движение магнита пренебречь.

Возможное решение:

Индукционный ток в кольце вызван ЭДС индукции, возникающей при пересечении проводником линий магнитного поля.

По закону индукции Фарадея $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. ЭДС пропорциональна скорости изменения магнитного потока Φ , т.е. количеству линий, пересекаемых кольцом в секунду. Она тем выше, чем больше скорость движения магнита.



<p>Сила тока I в соответствии с законом Ома для замкнутой цепи, пропорциональна ЭДС индукции: $I = \frac{\varepsilon}{R}$.</p> <p>2. В момент времени t_1 к кольцу приближается магнит, и магнитный поток увеличивается. В момент t_2 магнит удаляется, и магнитный поток уменьшается. Следовательно, ток имеет различные направления.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>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: <i>свободное падение магнита, явление электро-магнитной индукции и его описание на основе закона индукции Фарадея, а также закон Ома для полной цепи</i>).</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>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.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>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>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>	2
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p>	1

<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>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>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, 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

Летающая горизонтально со скоростью 20 м/с пластилиновая пуля массой 9 г попадает в неподвижно висящий на нити груз массой 81 г. В результате чего груз, с прилипшей к нему пулей, начинает совершать колебания. Максимальный угол отклонения нити от вертикали при этом равен $\alpha = 60^\circ$. Какова длина нити?

Возможное решение:



Закон сохранения импульса в проекциях: $mv = (m + M)u$.

$$u = \frac{mv}{m + M}$$

Закон сохранения энергии: $\frac{(m + M)u^2}{2} = (m + M)gh$, $\frac{u^2}{2} = gh$.

Так как $\angle OBA = 30^\circ$, то $OA = L/2$, следовательно, $h = L - L/2 = L/2$.

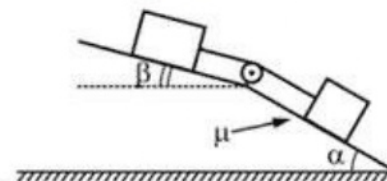
Тогда $u^2 = 2gh = gL$, $L = \frac{u^2}{g} = \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{mv}{m + M}\right)^2$. Подставим численные значения, получим $L = \frac{1}{10} \cdot \left(\frac{9 \cdot 10^{-3} \cdot 20}{90 \cdot 10^{-3}}\right)^2 = 0,4 \text{ м}$.

Ответ: $L = 0,4 \text{ м}$.

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>закон сохранения механической энергии, закон сохранения импульса</i>); II) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); III) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но допущена ошибка в ответе или в математических преобразованиях или вычислениях. ИЛИ Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо	1

преобразований с их использованием, направленных на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

29 В изображенной на рисунке системе нижний брусок может дагаться по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, а верхний брусок - вдоль наклонной плоскости, составляющей с горизонтом некоторый угол β . Коэффициент трения между нижним бруском и плоскостью равен $\mu = 0,2$, трение между верхним бруском и наклонной плоскостью отсутствует. Считая соединяющую бруски нить очень легкой и нерастяжимой, и пренебрегая массой блока и трением в его оси найдите, при каких значениях угла β нить будет натянута.



Возможное решение:

При движении брусков нить натянута в том случае, если равны силы натяжения нитей и ускорения движения брусков. Второй закон Ньютона для каждого бруска в проекциях на оси по направлению их движения примет вид:

$$m_1 a = m_1 g \sin \alpha - T - F_{mp} ,$$

$$m_2 a = m_2 g \sin \beta + T \quad (1),$$

так как тела движутся, то $F_{mp} = \mu N$, для первого тела запишем проекции сил на нормаль к плоскости поверхности: $N = m_1 g \cos \alpha$, тогда

$$m_1 a = m_1 g \sin \alpha - T - \mu m_1 g \cos \alpha ,$$

разделим полученное выражение на выражение (1), получим $\frac{m_1}{m_2} = \frac{m_1 g \sin \alpha - T - \mu m_1 g \cos \alpha}{m_2 g \sin \beta + T}$

$$m_1 (m_2 g \sin \beta + T) = m_2 (m_1 g \sin \alpha - T - \mu m_1 g \cos \alpha)$$

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 210322



$g \sin \beta + \frac{T}{m_1} = g \sin \alpha - \frac{T}{m_2} - \mu g \cos \alpha,$ $\frac{T}{m_1} + \frac{T}{m_2} = g \sin \alpha - g \sin \beta - \mu g \cos \alpha,$ $T = \frac{gm_1 m_2}{m_1 + m_2} (\sin \alpha - \sin \beta - \mu \cos \alpha),$ натяжение нити будет отлично от нуля при $\sin \alpha - \sin \beta - \mu \cos \alpha > 0$, следовательно, $\sin \beta < \sin \alpha - \mu \cos \alpha,$ тогда $\sin \beta < 0,5 - 0,2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0,3268,$ $\beta < \arcsin(0,3268) \approx 19^\circ.$ <p>Ответ: $\beta < \arcsin(0,3268) \approx 19^\circ.$</p>	
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>условие натяжения нити, второй закон Ньютона, формула для определения силы трения скольжения</i>). II) сделан правильный рисунок с указанием сил, действующих на шайбу, указано направление силы трения, действующей на доску; III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются 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, 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	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо 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 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3



30 В водонепроницаемый мешок, лежащий на дне моря на глубине 73,1 м закачивается сверху воздух. Вода вытесняется из мешка через нижнее отверстие, и когда объём воздуха в мешке достигает 28,0 м³, мешок всплывает вместе с прикрепленным к нему грузом. Масса оболочки 2710 кг. Определите массу груза. Температура воды равна 7°C. Атмосферное давление на уровне моря равно 10⁵ Па. Объёмом груза и стенок мешка пренебречь. При расчетах плотность воды принять 1000 кг/м³.

Возможное решение:

Мешок начнет всплывать, когда выполнится условие $F_A > (m_{cp} + m_o + m_{возд})g$, $\rho_g g V_m = (m_{cp} + m_o + m_{возд})g$, $\rho_g V_m = m_{cp} + m_o + m_{возд}$. Давление внутри и снаружи мешка будет одинаковое $p = p_a + \rho_g gh$. Согласно уравнению Менделеева-

Клапейрона $pV = \frac{m_{возд}}{M} RT$. Получим $m_{возд} = \frac{pVM}{RT} = \frac{(p_a + \rho_g gh)VM}{RT}$. Тогда массу груза, которую можно

поднять со дна, определим по формуле $m_{cp} = \rho_g V_m - m_o - m_{возд} = \rho_g V_m - m_o - \frac{(p_a + \rho_g gh)VM}{RT}$. Подставим численные значения

$$m_{cp} = 28000 - 2710 - \frac{(10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 73,1) \cdot 28 \cdot 29 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 280}$$

$$m_{cp} = 25000 \text{ кг} = 25 \text{ т.}$$

Ответ: $m_{cp} = 25 \text{ т.}$

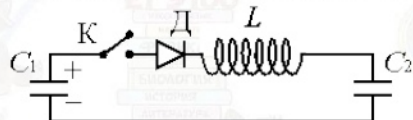
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае <u>уравнение Менделеева-Клапейрона, условие плавания тел, формула определения давления в жидкости</u>).	3

<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) проведены 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 необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>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>	1



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>	3

- 31** К конденсатору C_1 через диод и катушку индуктивности L подключён конденсатор ёмкостью $C_2 = 2$ мкФ. До замыкания ключа K конденсатор C_1 был заряжен до напряжения $U = 50$ В, а конденсатор C_2 не заряжен. После замыкания ключа система перешла в новое состояние равновесия, в котором напряжение на конденсаторе C_2 оказалось равным $U_2 = 20$ В. Какова ёмкость конденсатора C_1 ? (Активное сопротивление цепи пренебрежимо мало.)



Возможное решение:

Энергия заряженного конденсатора C_1 до замыкания ключа

$$W_1 = \frac{C_1 U^2}{2}, \text{ заряд } q = C_1 U. \text{ Полная энергия заряженных}$$

конденсаторов после замыкания ключа $\frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} = \frac{C_1 U^2}{2}$, так как

процесс зарядки конденсатора C_2 происходит медленно, то потеря энергии на излучение нет. Закон сохранения заряда: $q = q_1 + q_2$, или

$$C_1 U = C_1 U_1 + C_2 U_2. \text{ Получим систему уравнений:}$$

$$\begin{cases} C_1 U^2 = C_1 U_1^2 + C_2 U_2^2 \\ C_1 U = C_1 U_1 + C_2 U_2 \end{cases} \begin{cases} C_1 (U^2 - U_1^2) = C_2 U_2^2 \\ C_1 (U - U_1) = C_2 U_2 \end{cases} \text{ Разделим}$$

первое уравнение на второе $\frac{(U - U_1)(U + U_1)}{U - U_1} = U_2$

$U_1 = U_2 - U$. Подставим в уравнение закона сохранения заряда

$$C_1 (U - U_2 + U) = C_2 U_2. C_1 = \frac{C_2 U_2}{2U - U_2}, \text{ подставим численные}$$

$$\text{значения } C_1 = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 20}{2 \cdot 50 - 20} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 0,5 \text{ мкФ}.$$

Ответ: $C_1 = 0,5 \text{ мкФ}$.

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: формулы для определения заряда конденсатора, энергии конденсатора, закон сохранения энергии и электрического заряда); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений,	3

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 210322

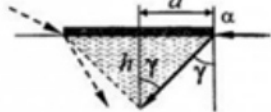


<p>используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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>	1

<p>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
<p>Максимальный балл</p>	3

32 На поверхности воды плавает надувной плот шириной 4 м и длиной 6 м. Небо затянуто сплошным облачным покровом, полностью рассеивающим солнечный свет. На какой максимальной глубине под плотом должна находиться маленькая рыбка, чтобы ее не увидели плавающие вокруг плота хищники? Глубиной погружения плота, рассеиванием света водой и его отражением от дна водоема пренебречь. Показатель преломления воды относительно воздуха принять равным $4/3$.

Возможное решение:



Область тени – это геометрическое тело, боковые грани которого очерчивают те лучи света, которые до преломления у краев плота распространялись вдоль поверхности воды и куда не попадают лучи, преломившиеся от сторон плота. Тогда глубину тени будут задавать лучи преломившиеся от меньшей стороны. Согласно рисунку глубину тени можно определить по формуле $h = a \cdot ctg\gamma$, где $a = 2$ м. Из закона преломления света $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$, с учетом явления полного внутреннего отражения, получим $\sin \gamma = \frac{1}{n}$.

$$ctg\gamma = \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma}}{\sin \gamma} = n \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}} = \sqrt{n^2 - 1}.$$

$$h = a\sqrt{n^2 - 1}. \quad h = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{4}{3}\right)^2 - 1} = 2 \cdot \sqrt{\frac{16 - 9}{9}} = \frac{2}{3}\sqrt{7} \approx 1,76 \text{ м.}$$

Ответ: $h = 1,76$ м.

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 210322



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон преломления света, явление полного внутреннего отражения, область тени</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) проведены 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>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p>	1

<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>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>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
<p>Максимальный балл</p>	3

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минпросвещения России и Рособнадзора 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».

Если расхождение составляет 2 или более балла за выполнение любого из заданий 25–32, то третий эксперт проверяет только те ответы на задания, которые вызвали столь существенное расхождение.

