

**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 31 задание.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 24–26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число 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 и 23 является последовательность двух 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 приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: (14 ± 0,2) н 221,40,2 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, или перьевой ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются.

Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

**Желаем успеха!**

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

**Десятичные приставки**

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

**Соотношение между различными единицами**

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

**Масса частиц**

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



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 пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

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

**Удельная теплоёмкость**  
 воды 4,2·10<sup>3</sup> Дж/(кг·К) алюминия 900 Дж/(кг·К)  
 льда 2,1·10<sup>3</sup> Дж/(кг·К) меди 380 Дж/(кг·К)  
 железа 460 Дж/(кг·К) чугуна 800 Дж/(кг·К)  
 свинца 130 Дж/(кг·К)

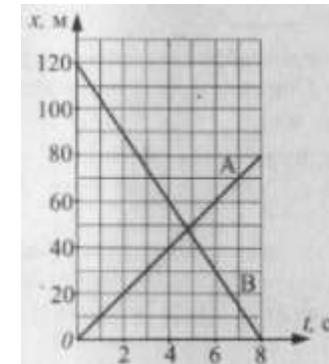
**Удельная теплота**  
 парообразования воды 2,3 · 10<sup>6</sup> Дж/К  
 плавления свинца 2,5 · 10<sup>4</sup> Дж/К  
 плавления льда 3,3 · 10<sup>5</sup> Дж/К

**Нормальные условия:** давление – 10<sup>5</sup> Па, температура – 0 °С

**Молярная масса**

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

1 Координаты движущихся вдоль одной прямой тел А и В изменяются со временем, как показано на рисунке. Чему равна скорость тела А относительно тела В?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с

2 Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Сила притяжения к этой звезде первой планеты больше, чем у второй планеты, в 4 раза. Найдите отношение  $R_1/R_2$  радиусов их орбит?

Ответ: \_\_\_\_\_

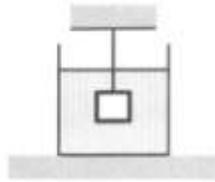
3 Равномерно поднимая веревку, человек достал ведро с водой из колодца глубиной 10 м. Масса ведра 1,5 кг, масса воды в ведре 10 кг. Какую работу он при этом совершил? Массой веревки пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж





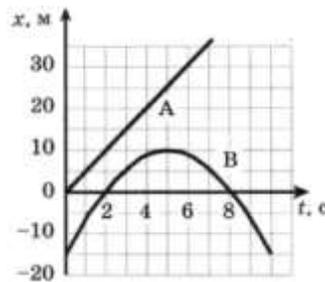
4 Брусок массой 2 кг погрузили в воду, закрепив его на нити так, чтобы он не касался дна сосуда с водой. Нить натягивается с силой 13 Н. Каков объем данного бруска?



Ответ: \_\_\_\_\_ л

5 Два тела – А и В – движутся по прямой вдоль оси Ох. На рисунке приведены графики зависимости координаты каждого тела от времени.

Выберете два верных утверждения о характере движения тел.



- 1) Интервал между моментами прохождения телом В начала координат составляет 6 с.
- 2) Тело А двигалось равноускоренно, а тело В равнозамедленно.
- 3) Проекция ускорения тела В на ось Ох положительна.
- 4) Скорость тела А в момент времени 4 с равна 20 м/с.
- 5) В тот момент, когда скорость тела В была равно нулю, расстояние от него до тела А составляло 15 м.

Ответ: 

--	--

6 Ракета, находящаяся в межпланетном пространстве, набирает скорость в два этапа, занимающие одинаковое время: на первом разгон производится из состояния покоя до скорости 420 км/ч, на втором – скорость увеличивается от 420 до 840 км/ч. Как при переходе от первого этапа ко второму изменяются работа двигателя ракеты и ускорение ракеты? Изменением массы топлива пренебречь.

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.

Работа двигателя ракеты	Ускорение ракеты

7 Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени (все величины вырежны в СИ) и зависимостью координаты этого тела от времени.

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

СКОРОСТЬ	КООРДИНАТА
А) $v_x = 3$	1) $x = 5 - 3t$
Б) $v_x = -2 + t$	2) $x = 1 - 2t + 0,5t^2$
	3) $x = 2 + 3t$
	4) $x = 2t + t^2$

Ответ: 

А	Б

**8** Идеальный газ оказывает на стенки сосуда давление 0,4 Па при концентрации молекул газа в кубическом сантиметре  $4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$  и массе молекулы  $3 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ . Рассчитайте среднюю квадратичную скорость движения молекул, выраженную в м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с

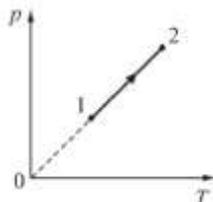
**9** При адиабатическом расширении идеального двухатомного газа в количестве 2 моль его температура изменилась на 10 К. Какую работу совершил газ? Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж

**10** В  $4 \text{ м}^3$  воздуха при температуре 289 К находится 40,8 г водяного пара. Найдите относительную влажность воздуха, если плотность насыщенного водяного пара при этой температуре равна  $13,6 \text{ г/м}^3$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ %

**11** На графике зависимости давления  $p$  от абсолютной температуры  $T$  изображен процесс перехода идеального одноатомного газа из состояния 1 в состояние 2. Количество вещества остается постоянным. Какие изменения происходили в этом процессе с объемом и плотностью газа?



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.

ОБЪЕМ ГАЗА	ПЛОТНОСТЬ ГАЗА

Ответ: 

--	--

**12** При изучении процессов, происходящих с гелием, ученик занёс в таблицу результаты измерения температуры и давления одного и того же количества газа в различных равновесных состояниях. Какие два из утверждений, приведённых ниже, соответствуют результатам этих опытов? Газ считать идеальным.

№ состояния	1	2	3	4	5	6	7
$p, \text{кПа}$	100	90	75	50	55	75	100
$t, \text{°C}$	27	27	27	27	57	177	327

- 1) В состояниях 4–7 объём газа был одинаковым.
- 2) Объём газа в состоянии 4 в 2 раза меньше объёма газа в состоянии 1.
- 3) Внутренняя энергия газа в состоянии 6 в 3 раза больше, чем в состоянии 5.
- 4) При переходе от состояния 2 к состоянию 3 в ходе изотермического процесса газ получал тепло.
- 5) При переходе от состояния 5 к состоянию 6 в ходе изохорного процесса газ совершал работу.

А	Б

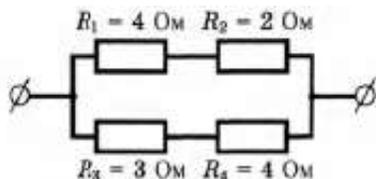


**13** Два тонких длинных прямых проводника с током расположены параллельно друг другу. Определите направление (относительно рисунка) силы Ампера, действующей со стороны проводника 2 на проводник 1.

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

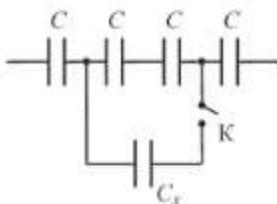
Ответ: \_\_\_\_\_.

**14** На рисунке представлен участок электрической цепи. Каково отношение количеств теплоты  $Q_1/Q_2$ , выделившихся на резисторах  $R_1$  и  $R_2$  за одно и то же время?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**15** На рисунке начерчена схема соединения нескольких конденсаторов. При разомкнутом ключе общая емкость цепи равна 3 нФ, при замкнутом – 4 нФ. Найдите емкость конденсатора  $C_x$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ нФ

**16** В таблице приведена зависимость между расстоянием от линзы до предмета  $d$  и от линзы до изображения  $f$ . (Расстояние  $f$  считается отрицательным, если изображение мнимое.)

d, см	5	10	20	30	60
f, см	-4	-6,6	-10	-12	-15

Выберите **два** верных суждения.

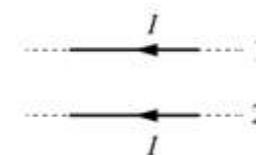
- 1) Фокусное расстояние линзы 20 см. Линза рассеивающая.
- 2) Фокусное расстояние линзы 15 см. Линза рассеивающая.
- 3) Все изображения предмета увеличенные.
- 4) Оптическая сила линзы 5 дптр. Линза собирающая.
- 5) Все изображения получены по одну сторону линзы.

Ответ:

**17** Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C$  подключили к источнику тока. Как изменится емкость конденсатора и напряжение между его обкладками, если, отключив конденсатор от источника тока, заполнить пространство между его обкладками диэлектриком?

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.

Емкость конденсатора	Напряжение между обкладками конденсатора



**18** Пучок света переходит из воды в воздух. Частота световой волны –  $\nu$ , длина световой волны в воде –  $\lambda$ , показатель преломления воды относительно воздуха –  $n$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А.) скорость света в воздухе	1) $\lambda\nu$
Б.) скорость света в воде	2) $\frac{\lambda}{\nu}$
	3) $\lambda\nu n$
	4) $\frac{\lambda}{\nu n}$

Ответ:

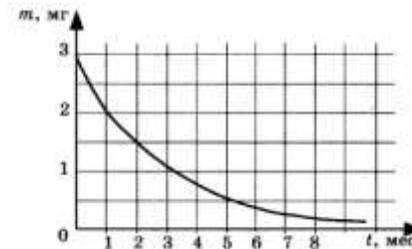
А	Б

**19** В цепочке радиоактивных превращений после четырех  $\beta$ -распадов и нескольких  $\alpha$ -распадов ядро тяжелого элемента превращается в устойчивое ядро, порядковый номер которого на 10 меньше первоначального. На сколько меньше исходного становится массовое число получившегося ядра?

Ответ: \_\_\_\_\_ а.е.м.

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

**20** На рисунке представлен график изменения массы радиоактивного изотопа с течением времени. Чему равен период полураспада этого изотопа?



Ответ: \_\_\_\_\_ мес.

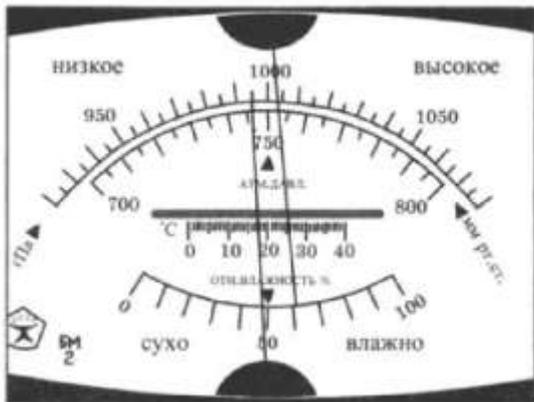
**21** Как изменяется с ростом массового числа изотопов одного и того же элемента число протонов и число нейтронов в ядре атома?

Установите соответствие между физическими величинами и характером их изменения.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А.) число протонов в ядре	1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется
Б.) число нейтронов в ядре	



- 22 На рисунке показана шкала универсального прибора, измеряющего величину атмосферного давления, температуру и влажность.



Снимите показания барометра с учетом погрешности измерений. Примите, что погрешность измерения данного барометра равна цене деления его шкалы.

Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) гПа.

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

- 23 Необходимо провести эксперимент по исследованию зависимости сопротивления образца от его линейных размеров (длины). Доступны для использования пять проводников; данные об их длине, диаметре и материале, из которого они состоят, приведены в таблице. Какие **два** из доступных проводников нужно выбрать, чтобы провести этот эксперимент?

№ проводника	Длина проводника, см	Диаметр проводника, мм	Материал
1	100	0,5	алюминий
2	100	1,0	алюминий
3	100	1,0	медь
4	200	0,5	медь
5	200	1,0	алюминий

В ответ запишите номера выбранных проводников.

Ответ:



- 24 Проанализируйте схему солнечной системы и выберите **два** верных утверждения о её планетах (на схеме они обозначены цифрами).



- 1) Планетой 2 является Венера.
- 2) Планета 5 относится к планетам земной группы.
- 3) Планета 3 имеет спутник.
- 4) Планета 5 не имеет спутников.
- 5) Атмосфера планеты 1 состоит, в основном, из углекислого газа.

Ответ:

--	--

**Часть 2**

*Ответом к заданиям 25–27 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 Мальчик на санках скатился без трения с ледяной горки высотой 10 м и проехал по горизонтали до остановки 50 м. Сила трения при его движении по горизонтальной поверхности равна 80 Н. Чему равна общая масса мальчика с санками?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг

- 26 На дифракционную решетку падают лучи под прямым углом. Найдите наибольший порядок  $k$  максимума. Решетка имеет 100 штрихов на 1 мм, длина волны падающего света – 650 нм.

Ответ: \_\_\_\_\_

- 27 Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности радиусом 4 см со скоростью  $10^6$  м/с. Индукция магнитного поля равна 0,6 Тл. Найдите заряд частицы, если её энергия равна  $19,2 \cdot 10^{-16}$  Дж.

Ответ: \_\_\_\_\_  $\cdot 10^{-19}$  Кл

*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Для записи ответов на задания 28–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

- 28 Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещен над горизонтальной металлической пластиной, равномерно заряженной отрицательным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится период малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить положительный заряд.

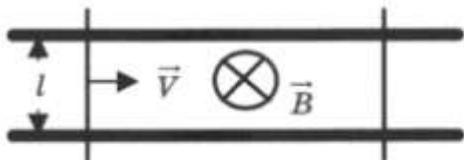
*Полное правильное решение каждой из задач 28–31 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

- 29 С какой начальной скоростью надо бросить вниз с высоты 3,55 м мяч, чтобы он после удара о землю подпрыгнул на высоту 2,7 м, если известно, что при ударе модуль импульса мяча уменьшается на 25%? Сопротивлением воздуха пренебречь.



**30** Два баллона соединены трубкой с краном. В первом находится газ при давлении  $p_1 = 10^5$  Па, во втором — при  $p_2 = 0,6 \cdot 10^5$  Па. Объем первого баллона  $V_1 = 10^{-3}$  м<sup>3</sup>, а второго  $V_2 = 3 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>. Какое давление установится в баллонах, если открыть кран? Температура постоянна. Объемом трубки можно пренебречь.

**31** Два параллельных друг другу рельса, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся в однородном магнитном поле, индукция  $B$  которого направлена вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). На рельсах находятся два одинаковых проводника. Левый проводник движется вправо со скоростью  $V = 3$  м/с, а правый — покоится. С какой скоростью  $v$  надо перемещать правый проводник направо, чтобы в три раза уменьшить силу Ампера, действующую на левый проводник? (Сопротивлением рельсов пренебречь)



**32** Электромагнитное излучение с длиной волны  $3,3 \cdot 10^{-7}$  м используется для нагревания воды массой 1 кг. Сколько времени потребуется для нагревания воды на  $10^\circ\text{C}$ , если источник за 1 с излучает  $10^{20}$  фотонов? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

**О проекте «Пробный ЕГЭ каждую неделю»**

Данный ким составлен командой всероссийского волонтерского проекта «ЕГЭ 100 баллов» <https://vk.com/ege100ballov> и безвозмездно распространяется для любых некоммерческих образовательных целей.

**Нашли ошибку в варианте?**

**Напишите нам, пожалуйста, и мы обязательно её исправим!**

Для замечаний и пожеланий: [https://vk.com/topic-10175642\\_35994898](https://vk.com/topic-10175642_35994898)  
(также доступны другие варианты для скачивания)

Список источников:

- вариант досрочного ЕГЭ по физике 2017 (ФИПИ)
- Типовые экзаменационные варианты под редакцией Демидовой
- ЕГЭ 2018. Физика. 14 вариантов. Типовые тестовые задания от разработчиков ЕГЭ. Е.В. Лукашева, Н.И. Чистякова
- методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2017 года (ФИПИ)
- открытый банк заданий ЕГЭ (ФИПИ) <http://www.fipi.ru/content/otkrytyy-bank-zadaniy-ege>
- Физика. Подготовка к ЕГЭ. Е. А. Вишнякова.
- варианты ЕГЭ прошлых лет
- образовательный интернет-ресурс <https://neznaika.pro/ege/physics/>
- ЕГЭ 2018. Физика. 14 вариантов. Типовые тестовые задания от разработчиков ЕГЭ. О.Ф. Кабардин, С.И. Кабардина

СОСТАВИТЕЛЬ ВАРИАНТА:	
<b>ФИО:</b>	Коробейников Дмитрий Александрович
<b>Предмет:</b>	Физика
<b>Стаж:</b>	10 лет
<b>Регалии:</b>	Курсы подготовки к ЕГЭ и ОГЭ
<b>Аккаунт ВК:</b>	<a href="https://vk.com/lancmanschool">https://vk.com/lancmanschool</a>
<b>Сайт и доп. информация:</b>	<a href="http://lancmanschool.ru/kursi-ege/">http://lancmanschool.ru/kursi-ege/</a>



**Система оценивания экзаменационной работы по физике**

**Задания 1–27**

За правильный ответ на каждое из заданий 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22, 23, 25, 26 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Каждое из заданий 5–7, 11, 12, 16–18 и 21, 24 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	25	15	6
2	0,5	16	15
3	1150	17	12
4	0,7	18	31
5	15 51	19	28
6	13	20	2
7	32	21	31
8	1000	22	9955
9	416	23	25 52
10	75	24	13 31
11	33	25	40
12	14 41	26	15
13	вниз	27	1,6
14	2		

**Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом**

Решения заданий 28–32 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 учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

**28**

Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещен над горизонтальной металлической пластиной, равномерно заряженной отрицательным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится период малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить положительный заряд.

**Возможное решение**

1. Колеблющийся шарик на нити можно считать математическим маятником. Первоначально, когда шарик не заряжен, период свободных колебаний зависит только от длины нити  $l$  и ускорения свободного падения  $g$ :  $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ .
  2. Протяженная равномерно заряженная пластина создает однородное электрическое поле  $E$ . Если шарiku сообщить положительный заряд, то со стороны электрического поля пластины на него начнет действовать постоянная сила, направленная вертикально вниз. В этом случае равнодействующая сил тяжести и электрической силы поля пластины сообщит шарiku ускорение, которое больше ускорения свободного падения ( $a > g$ ).
  3. Возвращающая сила, действующая на шарик, увеличится, шарик быстрее будет возвращаться к положению равновесия, а, значит, период свободных колебаний маятника уменьшится, т.к.  $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{a}}$ ,  $a > g$ .
- Ответ: период свободных колебаний маятника уменьшится.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильные объяснения (в данном случае п. 2, п. 3) и ответ, а	3



<p>также исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: формула для периода колебаний математического маятника, равнодействующая, электрическая и возвращающая силы).</p>	
<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 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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</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>	2
<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,</p>	1

<p>закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, 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>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

29

С какой начальной скоростью надо бросить вниз с высоты 3,55 м мяч, чтобы он после удара о землю подпрыгнул на высоту 2,7 м, если известно, что при ударе модуль импульса мяча уменьшается на 25%? Сопротивлением воздуха пренебречь.

<p>Возможное решение</p> <p>1. Согласно закону сохранения энергии, <math>mgh_0 + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2}</math>, где <math>v_1</math> – скорость мяча в момент удара о землю. Отсюда <math>v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gh_0}</math> (1).</p> <p>2. По условию задачи модуль импульса уменьшается на 25%, т.е. <math>p_2 = 0,75p_1</math>, значит <math>v_2 = 0,75v_1 = \frac{3}{4} \cdot \sqrt{v_0^2 + 2gh_0}</math> (2), где <math>v_2</math> – скорость, с которой мяч отскочил от земли.</p> <p>3. При движении вверх его полная механическая энергия сохраняется, т.е. <math>\frac{mv_2^2}{2} = mgh</math>, <math>v_2^2 = 2gh</math>. Учитывая формулу (2), получаем:</p> $\frac{9}{16}(v_0^2 + 2gh_0) = 2gh, v_0^2 + 2gh_0 = \frac{32}{9}gh, v_0^2 = \frac{32}{9}gh - 2gh_0,$ $v_0 = \sqrt{20 \cdot \left(\frac{16}{9} \cdot 2,7 - 3,55\right)} = 5 \text{ (м/с)}$ <p>Ответ: 5 м/с</p>	
<p>Критерии оценивания выполнения задания</p>	<p>Баллы</p>
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:                  I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон сохранения энергии, импульс тела);</p>	<p>3</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) 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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</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</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 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>	1

ИЛИ	
<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

30

Два баллона соединены трубкой с краном. В первом находится газ при давлении  $p_1 = 10^5$  Па, во втором — при  $p_2 = 0,6 \cdot 10^5$  Па. Объем первого баллона  $V_1 = 10^{-3}$  м<sup>3</sup>, а второго  $V_2 = 3 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>. Какое давление установится в баллонах, если открыть кран? Температура постоянна. Объемом трубки можно пренебречь.

Возможное решение	
<p>Газ, находившийся в сосуде объемом <math>V_1</math>, имел параметры состояния <math>p_1, V_1, T_1</math>, а газ, находившийся в сосуде объемом <math>V_2</math>, — <math>p_2, V_2, T_1</math>. После того как открыли кран, образовалась смесь газов, причем каждая составляющая будет создавать парциальное давление <math>p_1'</math> и <math>p_2'</math> соответственно. По закону Дальтона давление смеси <math>p = p_1' + p_2'</math> (1)</p> <p>2. Для определения <math>p_1'</math> рассмотрим конечное состояние газа, находившегося в сосуде объемом <math>V_1</math>. Параметры его состояния <math>p', V' = (V_1 + V_2), T</math>. Так как масса газа и температура не изменялись, то переход из начального в конечное состояние является изотермическим. По закону Бойля—Мариотта, <math>p_1 V_1 = p_1' (V_1 + V_2)</math>, <math>p_1' = p_1 V_1 / (V_1 + V_2)</math>.</p> <p>Аналогично можно определить парциальное давление газа, находившегося во втором сосуде: <math>p_2' = p_2 V_2 / (V_1 + V_2)</math>.</p> <p>3. Подставляя в (1), найдем давление, установившееся в сосуде:</p> $p = \frac{p_1 V_1}{V_1 + V_2} + \frac{p_2 V_2}{V_1 + V_2} = 0,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$ <p>Ответ: <math>0,7 \cdot 10^5</math> Па</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 за-</p>	3



<p>дачи выбранным способом (в данном случае: закон Дальтона, закон Бойля-Мариотта/изотермический процесс);</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) 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)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</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 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</p>	1

<p>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

31

Два параллельных друг другу рельса, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся в однородном магнитном поле, индукция  $B$  которого направлена вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). На рельсах находятся два одинаковых проводника. Левый проводник движется вправо со скоростью  $V = 3$  м/с, а правый – покоится. С какой скоростью  $v$  надо перемещать правый проводник направо, чтобы в три раза уменьшить силу Ампера, действующую на левый проводник? (Сопротивлением рельсов пренебречь)



<p>Возможное решение</p> <p>Когда правый проводник покоится, на левый действует сила Ампера <math>F = IBl</math>, где <math>I = \frac{\mathcal{E}}{R}</math> – индукционный ток, <math>R</math> – сопротивление цепи, <math>l</math> – расстояние между рельсами.</p> <p>ЭДС индукции в движущемся проводнике <math>\mathcal{E} = -Bv_{отн}l</math>, где <math>v_{отн}</math> – относительная скорость движения проводников.</p> <p>Поскольку силу Ампера надо уменьшить втрое, ЭДС индукции в контуре надо в три раза уменьшить. Следовательно, нужно уменьшить в три раза относительную скорость движения проводников.</p> <p>Когда правый проводник покоится, относительная скорость равна <math>v_{отн} l = V</math>; при движении правого проводника относительная скорость</p>
--



$v_{отн 2} = V - v.$ Как было сказано, соотношение скоростей $v_{отн 1} = 3v_{отн 2};$ $V = 3(V - v), v = (2/3) \cdot V = (2/3) \cdot 3 = 2 \text{ (м/с)}$ Ответ: $v = 2 \text{ м/с}$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае <i>сила Ампера, ЭДС индукции в движущихся проводниках, относительная скорость</i> ); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются 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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ)	2

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	1
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	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

32

Электромагнитное излучение с длиной волны  $3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  используется для нагревания воды массой 1 кг. Сколько времени потребуется для нагревания воды на  $10^\circ\text{C}$ , если источник за 1 с излучает  $10^{20}$  фотонов? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

Возможное решение
Энергия для нагревания воды: $Q = cm\Delta T$ , где $c$ – удельная теплоемкость.
Энергия одного фотона: $E = h \frac{v}{\lambda}$ , где $v$ – скорость света.
По закону сохранения энергии, энергия электромагнитного излучения переходит в энергию нагревания воды.
Всего за время $t$ воде была сообщена энергия в количестве:
$E \cdot n \cdot t = h \frac{v}{\lambda} \cdot n \cdot t = Q = cm\Delta T$ , где $n$ – количество фотонов за секунду.



<p>Отсюда <math>t = \frac{cm\Delta T\lambda}{h\nu n} = 700 \text{ с.}</math>                  Ответ: <math>t = 700 \text{ с.}</math></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 (в данном случае: <i>энергия нагрева, энергия фотона, закон сохранения энергии</i>);                  II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей, их преломление и отражения;                  III) 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);                  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</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 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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).                  И (ИЛИ)                  В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.                  И (ИЛИ)</p>	2

<p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>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.                  ИЛИ                  Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе</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

