

**Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

**Демонстрационный вариант**  
контрольных измерительных материалов  
единого государственного экзамена 2018 года  
по физике

подготовлен Федеральным государственным бюджетным  
научным учреждением

«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»

**Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

**Пояснения к демонстрационному варианту контрольных  
измерительных материалов 2018 года по ФИЗИКЕ**

При ознакомлении с демонстрационным вариантом контрольных измерительных материалов 2018 г. следует иметь в виду, что задания, включённые в демонстрационный вариант, не отражают всех вопросов содержания, которые будут проверяться с помощью вариантов КИМ в 2018 г. Полный перечень вопросов, которые могут контролироваться на едином государственном экзамене 2018 г., приведён в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена 2018 г. по физике.

Назначение демонстрационного варианта заключается в том, чтобы дать возможность любому участнику ЕГЭ и широкой общественности составить представление о структуре будущих КИМ, количестве и форме заданий, об уровне их сложности. Приведённые критерии оценки выполнения заданий с развёрнутым ответом, включённые в этот вариант, дают представление о требованиях к полноте и правильности записи развёрнутого ответа.

Эти сведения позволят выпускникам выработать стратегию подготовки и сдачи ЕГЭ.

**Демонстрационный вариант  
контрольных измерительных материалов  
для проведения в 2018 году единого государственного экзамена  
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. 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.      3 7 , 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: 

A	B
4	1

7 4 1      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 В П Р А В О      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: (1,4 ± 0,2) Н.      22 1 , 4 0 , 2      Бланк

Ответ к заданиям 27–31 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 <sup>9</sup>	санти	с	10 <sup>-2</sup>
мега	М	10 <sup>6</sup>	милли	м	10 <sup>-3</sup>
кило	к	10 <sup>3</sup>	микро	мк	10 <sup>-6</sup>
гекто	г	10 <sup>2</sup>	нано	н	10 <sup>-9</sup>
деци	д	10 <sup>-1</sup>	пико	п	10 <sup>-12</sup>

<b>Константы</b>	
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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

<b>Соотношение между различными единицами</b>	
температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

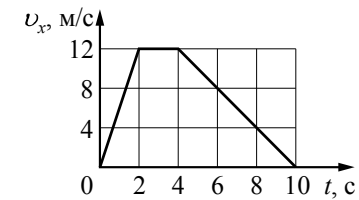
<b>Масса частиц</b>	
электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

<b>Плотность</b>			
		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	13 600 кг/м <sup>3</sup>
<b>Удельная теплоёмкость</b>			
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	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		
<b>Удельная теплота</b>			
парообразования воды	2,3·10 <sup>6</sup> Дж/кг		
плавления свинца	2,5·10 <sup>4</sup> Дж/кг		
плавления льда	3,3·10 <sup>5</sup> Дж/кг		
<b>Нормальные условия:</b> давление – 10 <sup>5</sup> Па, температура – 0 °С			
<b>Молярная масса</b>			
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

**Часть 1**

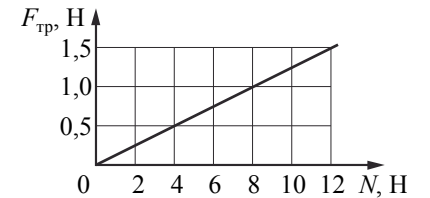
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке показан график зависимости от времени для проекции  $v_x$  скорости тела. Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 4 до 8 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 На графике приведена зависимость модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления. Каков коэффициент трения?



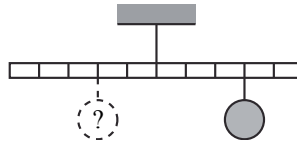
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 3 У основания гладкой наклонной плоскости шайба массой 10 г обладает кинетической энергией 0,04 Дж. Определите максимальную высоту, на которую шайба может подняться по плоскости относительно основания. Спротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

4

Тело массой 0,2 кг подвешено к правому плечу невесомого рычага (см. рисунок). Груз какой массы надо подвесить ко второму делению левого плеча рычага для достижения равновесия?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

5

В таблице представлены данные о положении шарика, прикрепленного к пружине и колеблющегося вдоль горизонтальной оси  $Ox$ , в различные моменты времени.

$t, c$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x, мм$	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	-5	-9	-12	-14	-15	-14

Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения и укажите их номера.

1)	Потенциальная энергия пружины в момент времени 1,0 с максимальна.
2)	Период колебаний шарика равен 4,0 с.
3)	Кинетическая энергия шарика в момент времени 2,0 с минимальна.
4)	Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.
5)	Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 3,0 с минимальна.

Ответ:

6

В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую скорость его движения уменьшается. Как изменяются при этом центростремительное ускорение спутника и период его обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

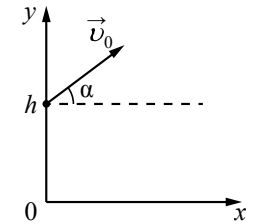
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Центростремительное ускорение спутника	Период обращения спутника вокруг Земли
<input type="text"/>	<input type="text"/>

7

В момент  $t=0$  мячик бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени  $t$ .



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. (Спротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня  $y=0$ .)

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

ГРАФИКИ		ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	
А		1	проекция импульса мячика на ось $y$
)		)	
		2	кинетическая энергия мячика
		)	
		3	модуль ускорения мячика $a$
		)	
Б		4	потенциальная энергия мячика
)		)	

Ответ: 

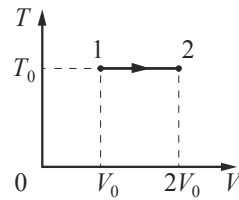
А	Б
<input type="text"/>	<input type="text"/>

8

При увеличении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа увеличилась в 2 раза. Начальная температура газа 250 К. Какова конечная температура газа?

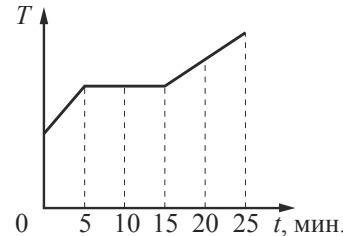
Ответ: \_\_\_\_\_ К.

9 На  $TV$ -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ получил количество теплоты, равное 50 кДж. Какую работу совершил газ в этом процессе, если его масса не меняется?



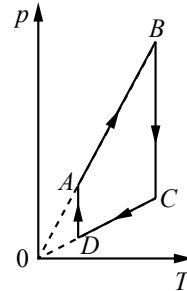
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10 Для плавления куска льда при температуре его плавления требуется количество теплоты, равное 3 кДж. Этот кусок льда внесли в тёплое помещение. Зависимость температуры льда от времени представлена на рисунке. Определите среднюю тепловую мощность, подводимую к куску льда в процессе плавления.



Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

11 На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах  $p-T$ , где  $p$  – давление газа,  $T$  – абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно.



Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих процессы на графике, и укажите их номера.

- |    |                                                                |
|----|----------------------------------------------------------------|
| 1) | Газ за цикл совершает положительную работу.                    |
| 2) | В процессе $AB$ газ получает положительное количество теплоты. |
| 3) | В процессе $BC$ внутренняя энергия газа уменьшается.           |
| 4) | В процессе $CD$ над газом совершают работу внешние силы.       |
| 5) | В процессе $DA$ газ изотермически расширяется.                 |

Ответ:

12 Тепловая машина работает по циклу Карно. Температуру холодильника тепловой машины повысили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

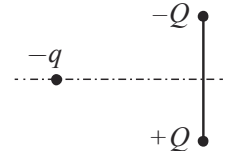
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

13 Отрицательный заряд  $-q$  находится в поле двух неподвижных зарядов: положительного  $+Q$  и отрицательного  $-Q$  (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) ускорение заряда  $-q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

14 Плавкий предохранитель счётчика электроэнергии в квартирной сети напряжением 220 В снабжён надписью: «6 А». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включить в сеть, чтобы предохранитель не расплавился?

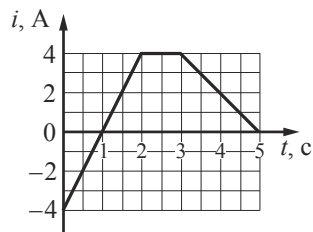
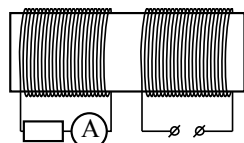
Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

15 Проволочная рамка площадью  $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$  вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, перпендикулярной вектору магнитной индукции. Магнитный поток, пронизывающий площадь рамки, изменяется по закону  $\Phi = 4 \cdot 10^{-6} \cos 10\pi t$ , где все величины выражены в СИ. Чему равен модуль магнитной индукции?

Ответ: \_\_\_\_\_ мТл.

16

На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику. На основании этого графика выберите **два** верных утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.



1)	В промежутках 0–1 и 1–2 с направления тока в правой катушке различны.
2)	В промежутке времени 2–3 с сила тока в левой катушке отлична от нуля.
3)	Модуль силы тока в левой катушке в промежутке 1–2 с больше, чем в промежутке 3–5 с.
4)	В промежутке 0–2 с модуль магнитной индукции в сердечнике минимален.
5)	В промежутке 1–2 с сила тока в левой катушке равномерно увеличивается.

Ответ:

17

Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы между фокусным и двойным фокусным расстоянием от неё. Предмет начинают приближать к фокусу линзы. Как меняются при этом размер изображения и оптическая сила линзы?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

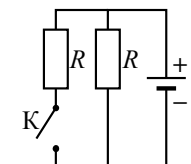
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Размер изображения	Оптическая сила линзы

18

На рисунке показана цепь постоянного тока. Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\mathcal{E}$  – ЭДС источника тока;  $R$  – сопротивление резистора).



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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) сила тока через источник при замкнутом ключе К	1) $\frac{\mathcal{E}}{4R}$
Б) сила тока через источник при разомкнутом ключе К	2) $\frac{2\mathcal{E}}{R}$
	3) $\frac{\mathcal{E}}{R}$
	4) $\frac{\mathcal{E}}{2R}$

Ответ: 

А	Б

19

В результате цепной реакции деления урана  ${}^1_0\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^{139}_{56}\text{Ba} + 3{}^1_0\text{n}$  образуется ядро химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда) и его массовое число A?

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A

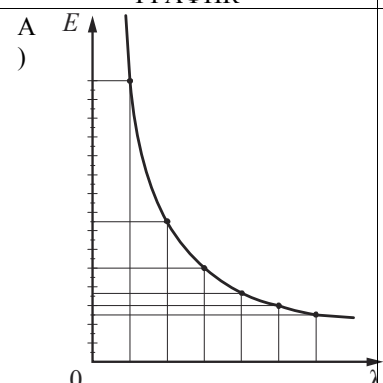
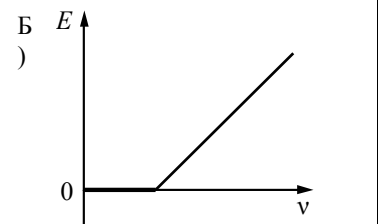
**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

20

Период  $T$  полураспада изотопа калия  ${}^{38}_{19}\text{K}$  равен 7,6 мин. Изначально в образце содержалось 2,4 мг этого изотопа. Сколько этого изотопа останется в образце через 22,8 мин.?

Ответ: \_\_\_\_\_ мг.

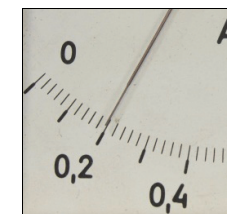
**21** На металлическую пластинку падает пучок монохроматического света. При этом наблюдается явление фотоэффекта. На графиках в первом столбце представлены зависимости энергии от длины волны  $\lambda$  и частоты света  $\nu$ . Установите соответствие между графиком и той энергией, для которой он может определять представленную зависимость. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК		ВИД ЗАВИСИМОСТИ
А		1) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света
Б		2) зависимость энергии падающих фотонов от частоты падающего света
		3) зависимость энергии падающих фотонов от длины волны света
		4) зависимость потенциальной энергии взаимодействия фотоэлектронов с ионами металла от длины волны падающего света

Ответ: 

А	Б

**22** Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) А.

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

**23** Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить коэффициент трения скольжения стали по дереву. Для этого школьник взял стальной брусок с крючком. Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

1)	деревянная рейка
2)	динамометр
3)	мензурка
4)	пластмассовая рейка
5)	линейка

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ: 

--	--

24 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. год)
Альдебаран	3500	5	45	68
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Бетельгейзе	3100	20	900	650
Вега	10600	3	3	27
Капелла	5200	3	2,5	45
Кастор	10400	3	2,5	45
Процион	6900	1,5	2	11
Спика	16800	15	7	160

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд, и укажите их номера.

1)	Температура поверхности и радиус Бетельгейзе говорят о том, что эта звезда относится к красным сверхгигантам.
2)	Температура на поверхности Проциона в 2 раза ниже, чем на поверхности Солнца.
3)	Звезды Кастор и Капелла находятся на одинаковом расстоянии от Земли и, следовательно, относятся к одному созвездию.
4)	Звезда Вега относится к белым звездам спектрального класса А.
5)	Так как массы звезд Вега и Капелла одинаковы, то они относятся к одному и тому же спектральному классу.

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 Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 200 м/с, разрывается на два осколка. Первый осколок массой 1 кг летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению со скоростью 300 м/с. Найдите скорость второго осколка.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

26 При сжатии идеального одноатомного газа при постоянном давлении внешние силы совершили работу 2000 Дж. Какое количество теплоты было передано при этом газом окружающим телам?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

27 Плоская монохроматическая световая волна с частотой  $8,0 \cdot 10^{14}$  Гц падает по нормали на дифракционную решётку. Параллельно решётке позади неё размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 21 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между её главными максимумами 1-го и 2-го порядков равно 18 мм. Найдите период решётки. Ответ выразите в микрометрах (мкм), округлив до десятых. Считать для малых углов ( $\varphi \ll 1$  в радианах)  $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi \approx \varphi$ .

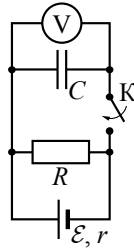
Ответ: \_\_\_\_\_ мкм.

*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 Опираясь на законы физики, найдите показание идеального вольтметра в схеме, представленной на рисунке, до замыкания ключа К и опишите изменения его показаний после замыкания ключа К. Первоначально конденсатор не заряжен.

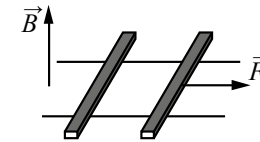


Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

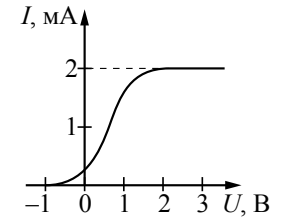
- 29 Деревянный шар привязан нитью ко дну цилиндрического сосуда с площадью дна  $S = 100 \text{ см}^2$ . В сосуд наливают воду так, что шар полностью погружается в жидкость, при этом нить натягивается и действует на шар с силой  $T$ . Если нить перерезать, то шар всплывёт, а уровень воды изменится на  $h = 5 \text{ см}$ . Найдите силу натяжения нити  $T$ .

- 30 В комнате размерами  $4 \times 5 \times 3 \text{ м}$ , в которой воздух имеет температуру  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительную влажность  $30\%$ , включили увлажнитель воздуха производительностью  $0,2 \text{ л/ч}$ . Чему станет равна относительная влажность воздуха в комнате через  $1,5 \text{ ч}$ ? Давление насыщенного водяного пара при температуре  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  равно  $1,23 \text{ кПа}$ . Комнату считать герметичным сосудом.

- 31 По горизонтально расположенным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня массой  $m = 100 \text{ г}$  и сопротивлением  $R = 0,1 \text{ Ом}$  каждый. Расстояние между рельсами  $l = 10 \text{ см}$ , а коэффициент трения между стержнями и рельсами  $\mu = 0,1$ . Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1 \text{ Тл}$  (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельс, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Какова скорость движения первого стержня относительно второго? Самоиндукцией контура пренебречь.



- 32 В опыте по изучению фотоэффекта свет частотой  $\nu = 6,1 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$  падает на поверхность катода, в результате чего в цепи возникает ток. График зависимости силы тока  $I$  от напряжения  $U$  между анодом и катодом приведён на рисунке. Какова мощность падающего света  $P$ , если в среднем один из  $20$  фотонов, падающих на катод, выбивает электрон?



**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.

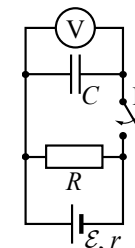
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	–2	15	2
2	0,125	16	13
3	0,4	17	13
4	0,3	18	23
5	12	19	3694
6	21	20	0,3
7	32	21	31
8	500	22	0,200,02
9	50	23	12
10	5	24	14
11	12	25	500
12	22	26	5000
13	вниз	27	4,4
14	1320		

**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ  
С РАЗВЕРНУТЫМ 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**

Опираясь на законы физики, найдите показание идеального вольтметра в схеме, представленной на рисунке, до замыкания ключа К и опишите изменения его показаний после замыкания ключа К. Первоначально конденсатор не заряжен.



**Возможное решение**

- Начальное показание вольтметра равно нулю, после замыкания ключа показания вольтметра будут увеличиваться, пока не достигнут максимального значения, которое не будет меняться со временем.
- Вольтметр соединён параллельно с конденсатором, поэтому его показания равны напряжению на конденсаторе. Вначале конденсатор не заряжен ( $q_1 = 0$ ), поэтому напряжение на нём  $U_1 = \frac{q_1}{C} = 0$ , и показания вольтметра равны нулю.
- После замыкания конденсатор будет заряжаться, и, так как  $U = \frac{q}{C}$ , показания вольтметра будут увеличиваться. Когда конденсатор полностью зарядится, ток через него не течёт, а течёт только через резистор. Сила тока в цепи станет постоянной и согласно закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ . Напряжение на конденсаторе и резисторе  $U = IR$  и не будет меняться со временем. Поэтому показания вольтметра тоже перестанут изменяться

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: $n \cdot I$ ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон Ома для полной цепи и для участка цепи, формула связи напряжения на конденсаторе с его зарядом; указано, что после зарядки конденсатора показания вольтметра перестанут изменяться)	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.) И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. 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.). 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 <u>одному</u> 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 объяснения. 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. ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. 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

**29** Деревянный шар привязан нитью ко дну цилиндрического сосуда с площадью дна  $S = 100 \text{ см}^2$ . В сосуд наливают воду так, что шар полностью погружается в жидкость, при этом нить натягивается и действует на шар с силой  $T$ . Если нить перерезать, то шар всплывёт, а уровень воды изменится на  $h = 5 \text{ см}$ . Найдите силу натяжения нити  $T$ .

Возможное решение	
<p>1. Условие равновесия шара в первом случае:</p> $F_{A1} = T + mg, \quad (1)$ <p>где <math>F_{A1} = \rho V_1 g</math> – сила Архимеда, действующая на шар в первом случае, <math>V_1</math> – объём части шара, погружённой в воду в первом случае (в данной задаче это объём всего шара), <math>m</math> – масса шара и <math>\rho</math> – плотность воды.</p> <p>2. Условие равновесия шара во втором случае:</p> $F_{A2} = mg, \quad (2)$ <p>где <math>F_{A2} = \rho V_2 g</math> – сила Архимеда, действующая на шар во втором случае, <math>V_2</math> – объём части шара, погруженной в воду во втором случае.</p> <p>3. Вычтем из уравнения (1) уравнение (2) и, учитывая, что <math>V_1 - V_2 = Sh</math>, получим:</p> $T = \rho g (V_1 - V_2) = \rho g Sh = 10^3 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 10^{-4} \cdot 0,05 = 5 \text{ Н.}$ <p>Ответ: <math>T = 5 \text{ Н}</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>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>условия равновесия шара для двух случаев, закон Архимеда</u>); 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</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>	2

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

30

В комнате размерами  $4 \times 5 \times 3$  м, в которой воздух имеет температуру  $10^\circ\text{C}$  и относительную влажность  $30\%$ , включили увлажнитель воздуха производительностью  $0,2$  л/ч. Чему станет равна относительная влажность воздуха в комнате через  $1,5$  ч? Давление насыщенного водяного пара при температуре  $10^\circ\text{C}$  равно  $1,23$  кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

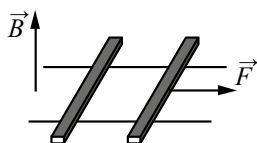
Возможное решение
<p>Относительная влажность определяется парциальным давлением водяного пара <math>p</math> и давлением <math>p_{\text{нас}}</math> насыщенного пара при той же температуре:</p> $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}.$ <p>За время <math>\tau</math> работы увлажнителя с производительностью <math>I</math> испаряется масса воды <math>m = \rho I \tau</math> плотностью <math>\rho</math>.</p> <p>В результате исходная влажность в комнате, <math>\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{нас}}}</math>, возрастает до значения</p> $\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{нас}}} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}}.$ <p>Водяной пар в комнате объёмом <math>V</math> является разреженным газом, который подчиняется уравнению Менделеева – Клапейрона:</p> $pV = \frac{M}{\mu} RT,$ <p>где <math>M</math> – масса водяного пара, <math>p</math> – парциальное давление, <math>\mu</math> – его молярная масса. Увеличение массы пара в комнате на <math>m</math> (от <math>m_1</math> до <math>m_2 = m_1 + m</math>) приводит к увеличению парциального давления на величину, пропорциональную испарившейся массе: <math>\Delta p = \frac{m RT}{\mu V} = \frac{\rho I \tau RT}{\mu V}</math>.</p> <p>Отсюда: <math>\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\rho I \tau}{\mu} \cdot \frac{RT}{p_{\text{нас}} V}</math>.</p> <p>Подставляя значения физических величин, получим:</p> $\varphi_2 = 0,3 + \frac{10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{8,31 \cdot 283}{1,23 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 3} \approx 0,83 = 83\%.$ <p>Ответ: <math>\varphi_2 \approx 83\%</math></p>

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>определение относительной влажности для двух состояний воздуха, уравнение Менделеева – Клапейрона, выражение для производительности увлажнителя</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 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 <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 верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

31

По горизонтально расположенным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня массой  $m = 100$  г и сопротивлением  $R = 0,1$  Ом каждый. Расстояние между рельсами  $l = 10$  см, а коэффициент трения между стержнями и рельсами  $\mu = 0,1$ . Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельс, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Какова скорость движения первого стержня относительно второго? Самоиндукцией контура пренебречь.



Возможное решение

При движении стержней с разными скоростями изменение потока вектора магнитной индукции, пронизывающего контур, за промежуток времени  $\Delta t$  определяется по формуле  $\Delta\Phi = Bl(v_1 - v_2)\Delta t = Blv_{отн}\Delta t$ , что приводит к возникновению в контуре ЭДС индукции.

Согласно закону Фарадея  $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -Blv_{отн}$ .

Здесь мы пренебрегли самоиндукцией контура.

В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре появился ток

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{2R} = \frac{Blv_{отн}}{2R}$$

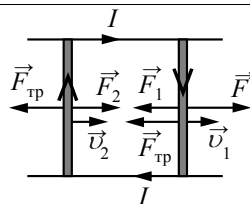
На проводники с током в магнитном поле действуют силы Ампера  $F_1$  и  $F_2$ ,  $F_1 = F_2 = IBl$ , как показано на рисунке. Кроме этих сил, на каждый стержень действует тормозящая сила трения,  $F_{тр} = \mu mg$ .

Так как стержни движутся равномерно, сумма сил, приложенных к каждому стержню, равна нулю. На второй стержень действуют только сила Ампера  $F_2$

и сила трения, поэтому  $\frac{(Bl)^2 v_{отн}}{2R} = \mu mg$ . Отсюда: относительная скорость

$$v_{отн} = \frac{2\mu mgR}{(Bl)^2} = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 0,1}{(1 \cdot 0,1)^2} = 2 \text{ м/с.}$$

Ответ:  $v_{отн} = 2$  м/с



Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

3

I) записаны положения теории и физические законы,

закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *выражение для изменения магнитного потока, закон электромагнитной индукции, закон Ома для полной цепи, выражение для силы Ампера, условие равномерного движения стержней, формула для силы трения*);

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

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.

2

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)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.

1

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.

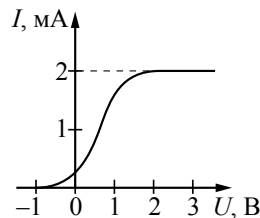
ИЛИ

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

В опыте по изучению фотоэффекта свет частотой  $\nu = 6,1 \cdot 10^{14}$  Гц падает на поверхность катода, в результате чего в цепи возникает ток. График зависимости силы тока  $I$  от напряжения  $U$  между анодом и катодом приведён на рисунке. Какова мощность падающего света  $P$ , если в среднем один из 20 фотонов, падающих на катод, выбивает электрон?



Возможное решение	
1. По определению сила тока $I = \frac{q}{t}$ , где $q$ – заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время $t$ .	
2. Когда ток в цепи достигает насыщения, все фотоэлектроны, выбитые из катода, достигают анода. Тогда за время $t$ через поперечное сечение проводника проходит заряд $q = N_e e t$ , где $e$ – модуль заряда электрона, $N_e$ – количество фотоэлектронов, выбитых из катода за 1 с.	
Так как $N_e = \frac{1}{20} N_\Phi$ (где $N_\Phi$ – количество фотонов, падающих на катод за 1 с), то $I_{\max} = \frac{1}{20} N_\Phi e$ .	
3. Так как энергия фотона $E_\Phi = h\nu$ , то мощность света $P = \frac{W}{t} = N_\Phi h\nu$ .	
4. Окончательно получим: $P = N_\Phi h\nu = \frac{20 I_{\max} h\nu}{e}$ . Согласно приведённому графику сила тока насыщения $I_{\max} = 2$ мА, тогда $P = \frac{20 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,1 \cdot 10^{14}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 0,1$ Вт.	
Ответ: $P \approx 0,1$ Вт	
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>определение силы тока; связь силы тока насыщения с количеством фотонов, падающих на катод в единицу времени; выражения для энергии фотона и мощности излучения</i> );	3

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) 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	
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) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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 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

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минобрнауки России от 26.12.2013 № 1400 зарегистрирован Минюстом России 03.02.2014 № 31205)

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

62. 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 и более балла за выполнение любого из заданий 28–32, то третий эксперт проверяет ответы только на те задания, которые вызвали столь существенное расхождение.



**Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

**Кодификатор**

элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена по физике

подготовлен Федеральным государственным бюджетным научным учреждением

«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»

**Кодификатор**

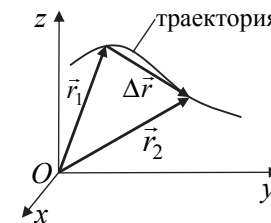
элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена по ФИЗИКЕ

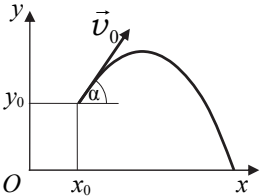
Кодификатор элементов содержания по физике и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена является одним из документов, определяющих структуру и содержание КИМ ЕГЭ. Он составлен на основе Федерального компонента государственных стандартов основного общего и среднего (полного) общего образования по физике (базовый и профильный уровни) (приказ Минобрнауки России от 05.03.2004 № 1089).


**Раздел 1. Перечень элементов содержания, проверяемых на едином государственном экзамене по физике**

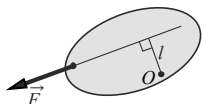
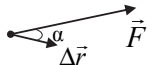
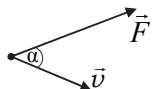
В первом столбце указан код раздела, которому соответствуют крупные блоки содержания. Во втором столбце приведен код элемента содержания, для которого создаются проверочные задания. Крупные блоки содержания разбиты на более мелкие элементы.

Код Раздела	Код контролируемого элемента	Элементы содержания, проверяемые заданиями КИМ
<b>1</b>		<b>МЕХАНИКА</b>
1.1		<i>КИНЕМАТИКА</i>
	1.1.1	Механическое движение. Относительность механического движения. Система отсчета
	1.1.2	Материальная точка. Её радиус-вектор: $\vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$ , траектория, перемещение: $\Delta\vec{r} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1) = (\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ , путь. Сложение перемещений: $\Delta\vec{r}_1 = \Delta\vec{r}_2 + \Delta\vec{r}_0$



1.1.3	<p>Скорость материальной точки:</p> $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{r}'_t = (v_x, v_y, v_z),$ $v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = x'_t, \text{ аналогично } v_y = y'_t, v_z = z'_t.$ <p>Сложение скоростей: <math>\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_0</math></p>
1.1.4	<p>Ускорение материальной точки:</p> $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{v}'_t = (a_x, a_y, a_z),$ $a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = (v_x)'_t, \text{ аналогично } a_y = (v_y)'_t, a_z = (v_z)'_t.$
1.1.5	<p>Равномерное прямолинейное движение:</p> $x(t) = x_0 + v_{0x}t$ $v_x(t) = v_{0x} = \text{const}$
1.1.6	<p>Равноускоренное прямолинейное движение:</p> $x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ $v_x(t) = v_{0x} + a_x t$ $a_x = \text{const}$ $v_{2x}^2 - v_{1x}^2 = 2a_x(x_2 - x_1)$
1.1.7	<p>Свободное падение. Ускорение свободного падения. Движение тела, брошенного под углом <math>\alpha</math> к горизонту:</p>  $\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t = x_0 + v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2} = y_0 + v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \\ v_x(t) = v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_y(t) = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - gt \\ g_x = 0 \\ g_y = -g = \text{const} \end{cases}$

1.1.8	<p>Движение точки по окружности.</p> <p>Угловая и линейная скорость точки: <math>v = \omega R, \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu.</math></p> <p>Центростремительное ускорение точки: <math>a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R</math></p>
1.1.9	<p>Твердое тело. Поступательное и вращательное движение твердого тела</p>
1.2	<p><b>ДИНАМИКА</b></p>
1.2.1	<p>Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея</p>
1.2.2	<p>Масса тела. Плотность вещества: <math>\rho = \frac{m}{V}</math></p>
1.2.3	<p>Сила. Принцип суперпозиции сил: <math>\vec{F}_{\text{равнодейств}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots</math></p>
1.2.4	<p>Второй закон Ньютона: для материальной точки в ИСО <math>\vec{F} = m\vec{a}; \Delta \vec{p} = \vec{F}\Delta t</math> при <math>\vec{F} = \text{const}</math></p>
1.2.5	<p>Третий закон Ньютона для материальных точек: <math>\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}</math></p> 
1.2.6	<p>Закон всемирного тяготения: силы притяжения между точечными массами равны <math>F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.</math></p> <p>Сила тяжести. Зависимость силы тяжести от высоты <math>h</math> над поверхностью планеты радиусом <math>R_0</math>:</p> $mg = \frac{GMm}{(R_0 + h)^2}$
1.2.7	<p>Движение небесных тел и их искусственных спутников. Первая космическая скорость:</p> $v_{1к} = \sqrt{g_0 R_0} = \sqrt{\frac{GM}{R_0}}$ <p>Вторая космическая скорость:</p> $v_{2к} = \sqrt{2}v_{1к} = \sqrt{\frac{2GM}{R_0}}$
1.2.8	<p>Сила упругости. Закон Гука: <math>F_x = -kx</math></p>
1.2.9	<p>Сила трения. Сухое трение.</p> <p>Сила трения скольжения: <math>F_{\text{тр}} = \mu N</math></p> <p>Сила трения покоя: <math>F_{\text{тр}} \leq \mu N</math></p> <p>Коэффициент трения</p>
1.2.10	<p>Давление: <math>p = \frac{F_{\perp}}{S}</math></p>

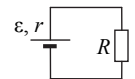
1.3	<b>СТАТИКА</b>	
1.3.1	Момент силы относительно оси вращения: $M = Fl$ , где $l$ – плечо силы $\vec{F}$ относительно оси, проходящей через точку $O$ перпендикулярно рисунку	
1.3.2	Условия равновесия твердого тела в ИСО: $\begin{cases} M_1 + M_2 + \dots = 0 \\ \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0 \end{cases}$	
1.3.3	Закон Паскаля	
1.3.4	Давление в жидкости, покоящейся в ИСО: $p = p_0 + \rho gh$	
1.3.5	Закон Архимеда: $\vec{F}_{\text{Арх}} = -\vec{P}_{\text{вытесн.}}$ , если тело и жидкость покоятся в ИСО, то $F_{\text{Арх}} = \rho g V_{\text{вытесн.}}$ . Условие плавания тел	
1.4	<b>ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ</b>	
1.4.1	Импульс материальной точки: $\vec{p} = m\vec{v}$	
1.4.2	Импульс системы тел: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots$	
1.4.3	Закон изменения и сохранения импульса: в ИСО $\Delta\vec{p} \equiv \Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots) = \vec{F}_{1\text{внешн}} \Delta t + \vec{F}_{2\text{внешн}} \Delta t + \dots$ ; в ИСО $\Delta\vec{p} \equiv \Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots) = 0$ , если $\vec{F}_{1\text{внешн}} + \vec{F}_{2\text{внешн}} + \dots = 0$	
1.4.4	Работа силы: на малом перемещении $A =  \vec{F}  \cdot  \Delta\vec{r}  \cdot \cos \alpha = F_x \cdot \Delta x$	
1.4.5	Мощность силы: $P = \frac{\Delta A}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = F \cdot v \cdot \cos \alpha$	
1.4.6	Кинетическая энергия материальной точки: $E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$ . Закон изменения кинетической энергии системы материальных точек: в ИСО $\Delta E_{\text{кин}} = A_1 + A_2 + \dots$	
1.4.7	Потенциальная энергия: для потенциальных сил $A_{12} = E_{1\text{потенц}} - E_{2\text{потенц}} = -\Delta E_{\text{потенц}}$ . Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести: $E_{\text{потенц}} = mgh$ . Потенциальная энергия упруго деформированного тела: $E_{\text{потенц}} = \frac{kx^2}{2}$	

1.4.8	Закон изменения и сохранения механической энергии: $E_{\text{мех}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{потенц}}$ , в ИСО $\Delta E_{\text{мех}} = A_{\text{всех непотенц. сил}}$ , в ИСО $\Delta E_{\text{мех}} = 0$ , если $A_{\text{всех непотенц. сил}} = 0$	
1.5	<b>МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ</b>	
1.5.1	Гармонические колебания. Амплитуда и фаза колебаний. Кинематическое описание: $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ , $v_x(t) = x'_t$ , $a_x(t) = (v_x)'_t = -\omega^2 x(t)$ . Динамическое описание: $ma_x = -kx$ , где $k = m\omega^2$ . Энергетическое описание (закон сохранения механической энергии): $\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \text{const}$ . Связь амплитуды колебаний исходной величины с амплитудами колебаний её скорости и ускорения: $v_{\text{max}} = \omega A$ , $a_{\text{max}} = \omega^2 A$	
1.5.2	Период и частота колебаний: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}$ . Период малых свободных колебаний математического маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ . Период свободных колебаний пружинного маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	
1.5.3	Вынужденные колебания. Резонанс. Резонансная кривая	
1.5.4	Поперечные и продольные волны. Скорость распространения и длина волны: $\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$ . Интерференция и дифракция волн	
1.5.5	Звук. Скорость звука	
2	<b>МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА</b>	
2.1	<b>МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА</b>	
2.1.1	Модели строения газов, жидкостей и твердых тел	
2.1.2	Тепловое движение атомов и молекул вещества	
2.1.3	Взаимодействие частиц вещества	
2.1.4	Диффузия. Броуновское движение	
2.1.5	Модель идеального газа в МКТ: частицы газа движутся хаотически и не взаимодействуют друг с другом	

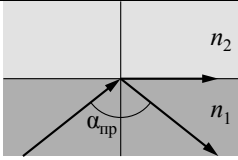
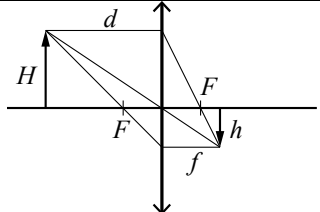
2.1.6	Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа (основное уравнение МКТ): $p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \cdot \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\epsilon_{\text{пост}}}$
2.1.7	Абсолютная температура: $T = t^\circ + 273 \text{ K}$
2.1.8	Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц: $\overline{\epsilon_{\text{пост}}} = \left( \frac{m_0 v^2}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$
2.1.9	Уравнение $p = nkT$
2.1.10	Модель идеального газа в термодинамике: { Уравнение Менделеева - Клапейрона { Выражение для внутренней энергии Уравнение Менделеева-Клапейрона (применимые формы записи): $pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}$ Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи): $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \nu c_v T$
2.1.11	Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов: $p = p_1 + p_2 + \dots$
2.1.12	Изопроцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц $N$ (с постоянным количеством вещества $\nu$ ): изотерма ( $T = \text{const}$ ): $pV = \text{const}$ , изохора ( $V = \text{const}$ ): $\frac{p}{T} = \text{const}$ , изобара ( $p = \text{const}$ ): $\frac{V}{T} = \text{const}$ . Графическое представление изопроецессов на $pV$ -, $pT$ - и $V/T$ -диаграммах
2.1.13	Насыщенные и ненасыщенные пары. Качественная зависимость плотности и давления насыщенного пара от температуры, их независимость от объёма насыщенного пара
2.1.14	Влажность воздуха. Относительная влажность: $\varphi = \frac{p_{\text{пара}}(T)}{p_{\text{насыщ. пара}}(T)} = \frac{\rho_{\text{пара}}(T)}{\rho_{\text{насыщ. пара}}(T)}$

2.1.15	Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение жидкости
2.1.16	Изменение агрегатных состояний вещества: плавление и кристаллизация
2.1.17	Преобразование энергии в фазовых переходах
2.2	<b>ТЕРМОДИНАМИКА</b>
2.2.1	Тепловое равновесие и температура
2.2.2	Внутренняя энергия
2.2.3	Теплопередача как способ изменения внутренней энергии без совершения работы. Конвекция, теплопроводность, излучение
2.2.4	Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества $c$ : $Q = cm\Delta T$ .
2.2.5	Удельная теплота парообразования $r$ : $Q = rm$ . Удельная теплота плавления $\lambda$ : $Q = \lambda m$ . Удельная теплота сгорания топлива $q$ : $Q = qm$
2.2.6	Элементарная работа в термодинамике: $A = p\Delta V$ . Вычисление работы по графику процесса на $pV$ -диаграмме
2.2.7	Первый закон термодинамики: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$ Адиабата: $Q_{12} = 0 \Rightarrow A_{12} = U_1 - U_2$
2.2.8	Второй закон термодинамики, необратимость
2.2.9	Принципы действия тепловых машин. КПД: $\eta = \frac{A_{\text{за цикл}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} -  Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{ Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}}$
2.2.10	Максимальное значение КПД. Цикл Карно $\text{max } \eta = \eta_{\text{Карно}} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}$
2.2.11	Уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$ .
3	<b>ЭЛЕКТРОДИНАМИКА</b>
3.1	<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ</b>
3.1.1	Электризация тел и её проявления. Электрический заряд. Два вида заряда. Элементарный электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда
3.1.2	Взаимодействие зарядов. Точечные заряды. Закон Кулона: $F = k \frac{ q_1  \cdot  q_2 }{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{ q_1  \cdot  q_2 }{r^2}$
3.1.3	Электрическое поле. Его действие на электрические заряды

3.1.4	<p>Напряжённость электрического поля: <math>\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{пробный}}}</math>.</p> <p>Поле точечного заряда: <math>E_r = k \frac{q}{r^2}</math>,</p> <p>однородное поле: <math>\vec{E} = \text{const}</math>.</p> <p>Картины линий этих полей</p>
3.1.5	<p>Потенциальность электростатического поля.</p> <p>Разность потенциалов и напряжение.</p> <p><math>A_{12} = q(\phi_1 - \phi_2) = -q\Delta\phi = qU</math></p> <p>Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле: <math>W = q\phi</math>.</p> <p>Потенциал электростатического поля: <math>\phi = \frac{W}{q}</math>.</p> <p>Связь напряжённости поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля: <math>U = Ed</math>.</p>
3.1.6	<p>Принцип суперпозиции электрических полей:</p> <p><math>\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots</math>, <math>\phi = \phi_1 + \phi_2 + \dots</math></p>
3.1.7	<p>Проводники в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов: внутри проводника <math>\vec{E} = 0</math>, внутри и на поверхности проводника <math>\phi = \text{const}</math>.</p>
3.1.8	<p>Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества <math>\epsilon</math></p>
3.1.9	<p>Конденсатор. Электроёмкость конденсатора: <math>C = \frac{q}{U}</math>.</p> <p>Электроёмкость плоского конденсатора: <math>C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} = \epsilon C_0</math></p>
3.1.10	<p>Параллельное соединение конденсаторов:</p> <p><math>q = q_1 + q_2 + \dots</math>, <math>U_1 = U_2 = \dots</math>, <math>C_{\text{паралл}} = C_1 + C_2 + \dots</math></p> <p>Последовательное соединение конденсаторов:</p> <p><math>U = U_1 + U_2 + \dots</math>, <math>q_1 = q_2 = \dots</math>, <math>\frac{1}{C_{\text{послед}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots</math></p>
3.1.11	<p>Энергия заряженного конденсатора: <math>W_C = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}</math></p>
3.2	<p><b>ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА</b></p>
3.2.1	<p>Сила тока: <math>I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0}</math>. Постоянный ток: <math>I = \text{const}</math>.</p> <p>Для постоянного тока <math>q = It</math></p>
3.2.2	<p>Условия существования электрического тока.</p> <p>Напряжение <math>U</math> и ЭДС <math>\epsilon</math></p>
3.2.3	<p>Закон Ома для участка цепи: <math>I = \frac{U}{R}</math></p>

3.2.4	<p>Электрическое сопротивление. Зависимость сопротивления однородного проводника от его длины и сечения. Удельное сопротивление вещества. <math>R = \rho \frac{l}{S}</math></p>
3.2.5	<p>Источники тока. ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока. <math>\mathcal{E} = \frac{A_{\text{сторонних сил}}}{q}</math></p>
3.2.6	<p>Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи: <math>\mathcal{E} = IR + Ir</math>, откуда <math>I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}</math></p> 
3.2.7	<p>Параллельное соединение проводников:</p> <p><math>I = I_1 + I_2 + \dots</math>, <math>U_1 = U_2 = \dots</math>, <math>\frac{1}{R_{\text{паралл}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots</math></p> <p>Последовательное соединение проводников:</p> <p><math>U = U_1 + U_2 + \dots</math>, <math>I_1 = I_2 = \dots</math>, <math>R_{\text{послед}} = R_1 + R_2 + \dots</math></p>
3.2.8	<p>Работа электрического тока: <math>A = IUt</math></p> <p>Закон Джоуля–Ленца: <math>Q = I^2 Rt</math></p>
3.2.9	<p>Мощность электрического тока: <math>P = \frac{\Delta A}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = IU</math>.</p> <p>Тепловая мощность, выделяемая на резисторе:</p> <p><math>P = I^2 R = \frac{U^2}{R}</math>.</p> <p>Мощность источника тока: <math>P_{\mathcal{E}} = \frac{\Delta A_{\text{вт. сил}}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \mathcal{E}I</math></p>
3.2.10	<p>Свободные носители электрических зарядов в проводниках. Механизмы проводимости твёрдых металлов, растворов и расплавов электролитов, газов. Полупроводники. Полупроводниковый диод</p>
3.3	<p><b>МАГНИТНОЕ ПОЛЕ</b></p>
3.3.1	<p>Механическое взаимодействие магнитов. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции магнитных полей: <math>\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots</math>. Линии магнитного поля. Картина линий поля полосового и подковообразного постоянных магнитов</p>
3.3.2	<p>Опыт Эрстеда. Магнитное поле проводника с током. Картина линий поля длинного прямого проводника и замкнутого кольцевого проводника, катушки с током.</p>

	3.3.3	Сила Ампера, её направление и величина: $F_A = IB \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между направлением проводника и вектором $\vec{B}$
	3.3.4	Сила Лоренца, её направление и величина: $F_{Лор} =  q vB \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между векторами $\vec{v}$ и $\vec{B}$ . Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле
3.4	<b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ</b>	
	3.4.1	Поток вектора магнитной индукции: $\Phi = B_n S = BS \cos \alpha$ 
	3.4.2	Явление электромагнитной индукции. ЭДС индукции
	3.4.3	Закон электромагнитной индукции Фарадея: $\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = -\Phi'_i$
	3.4.4	ЭДС индукции в прямом проводнике длиной $l$ , движущемся со скоростью $\vec{v}$ ( $\vec{v} \perp \vec{l}$ ) в однородном магнитном поле $\vec{B}$ : $ \mathcal{E}_i  = Blv \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между векторами $\vec{B}$ и $\vec{v}$ ; если $\vec{l} \perp \vec{B}$ и $\vec{v} \perp \vec{B}$ , то $ \mathcal{E}_i  = Blv$
	3.4.5	Правило Ленца
	3.4.6	Индуктивность: $L = \frac{\Phi}{I}$ , или $\Phi = LI$ . Самоиндукция. ЭДС самоиндукции: $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = -LI'_i$
	3.4.7	Энергия магнитного поля катушки с током: $W_L = \frac{LI^2}{2}$
3.5	<b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ</b>	
	3.5.1	Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре: $\begin{cases} q(t) = q_{max} \sin(\omega t + \varphi_0) \\ I(t) = q'_i = \omega q_{max} \cos(\omega t + \varphi_0) = I_{max} \cos(\omega t + \varphi_0) \end{cases}$ Формула Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$ , откуда $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ . Связь амплитуды заряда конденсатора с амплитудой силы тока в колебательном контуре: $q_{max} = \frac{I_{max}}{\omega}$ . 

	3.5.2	Закон сохранения энергии в колебательном контуре: $\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_{max}^2}{2} = \frac{LI_{max}^2}{2} = const$
	3.5.3	Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс
	3.5.4	Переменный ток. Производство, передача и потребление электрической энергии
	3.5.5	Свойства электромагнитных волн. Взаимная ориентация векторов в электромагнитной волне в вакууме: $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$ .
	3.5.6	Шкала электромагнитных волн. Применение электромагнитных волн в технике и быту
3.6	<b>ОПТИКА</b>	
	3.6.1	Прямолинейное распространение света в однородной среде. Луч света
	3.6.2	Законы отражения света.
	3.6.3	Построение изображений в плоском зеркале
	3.6.4	Законы преломления света. Преломление света: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$ . Абсолютный показатель преломления: $n_{абс} = \frac{c}{v}$ . Относительный показатель преломления: $n_{отн} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ . Ход лучей в призме. Соотношение частот и длин волн при переходе монохроматического света через границу раздела двух оптических сред: $v_1 = v_2$ , $n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$
	3.6.5	Полное внутреннее отражение. Предельный угол полного внутреннего отражения: $\sin \alpha_{пр} = \frac{1}{n_{отн}} = \frac{n_2}{n_1}$ 
	3.6.6	Собирающие и рассеивающие линзы. Тонкая линза. Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы: $D = \frac{1}{F}$
	3.6.7	Формула тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ . Увеличение, даваемое линзой: $\Gamma = \frac{h}{H} = \frac{f}{d}$ 

	3.6.8	Ход луча, прошедшего линзу под произвольным углом к её главной оптической оси. Построение изображений точки и отрезка прямой в собирающих и рассеивающих линзах и их системах
	3.6.9	Фотоаппарат как оптический прибор. Глаз как оптическая система
	3.6.10	Интерференция света. Когерентные источники. Условия наблюдения максимумов и минимумов в интерференционной картине от двух синфазных когерентных источников максимумы: $\Delta = 2m \frac{\lambda}{2}, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ минимумы: $\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$
	3.6.11	Дифракция света. Дифракционная решётка. Условие наблюдения главных максимумов при нормальном падении монохроматического света с длиной волны $\lambda$ на решётку с периодом $d$ : $d \sin \varphi_m = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$
	3.6.12	Дисперсия света
4	<b>ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ</b>	
	4.1	Инвариантность модуля скорости света в вакууме. Принцип относительности Эйнштейна
	4.2	Энергия свободной частицы: $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ . Импульс частицы: $\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ .
	4.3	Связь массы и энергии свободной частицы: $E^2 - (pc)^2 = (mc^2)^2$ . Энергия покоя свободной частицы: $E_0 = mc^2$
5	<b>КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ</b>	
5.1	<b>КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ</b>	
	5.1.1	Гипотеза М. Планка о квантах. Формула Планка: $E = h\nu$
	5.1.2	Фотоны. Энергия фотона: $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = pc$ . Импульс фотона: $p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$
	5.1.3	Фотоэффект. опыты А.Г. Столетова. Законы фотоэффекта

	5.1.4	Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $E_{\text{фотона}} = A_{\text{выхода}} + E_{\text{кин max}}$ , где $E_{\text{фотона}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ , $A_{\text{выхода}} = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$ , $E_{\text{кин max}} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = eU_{\text{зип}}$
	5.1.5	Волновые свойства частиц. Волны де Бройля. Длина волны де Бройля движущейся частицы: $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ . Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов на кристаллах
	5.1.6	Давление света. Давление света на полностью отражающую поверхность и на полностью поглощающую поверхность
5.2	<b>ФИЗИКА АТОМА</b>	
	5.2.1	Планетарная модель атома
	5.2.2	Постулаты Бора. Излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня энергии на другой: $h\nu_{mn} = \frac{hc}{\lambda_{mn}} =  E_n - E_m $
	5.2.3	Линейчатые спектры. Спектр уровней энергии атома водорода: $E_n = \frac{-13,6 \text{ эВ}}{n^2}, n = 1, 2, 3, \dots$
	5.2.4	Лазер
5.3	<b>ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА</b>	
	5.3.1	Нуклонная модель ядра Гейзенберга–Иваненко. Заряд ядра. Массовое число ядра. Изотопы
	5.3.2	Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы
	5.3.3	Дефект массы ядра ${}^A_Z X$ : $\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{\text{ядра}}$
	5.3.4	Радиоактивность. Альфа-распад: ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$ . Бета-распад. Электронный $\beta$ -распад: ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e + \bar{\nu}_e$ . Позитронный $\beta$ -распад: ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} \bar{e} + \nu_e$ . Гамма-излучение
	5.3.5	Закон радиоактивного распада: $N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$
	5.3.6	Ядерные реакции. Деление и синтез ядер
5.4	<b>ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ</b>	
	5.4.1	Солнечная система: планеты земной группы и планеты-гиганты, малые тела солнечной системы

	5.4.2	Звезды: разнообразие звездных характеристик и их закономерности. Источники энергии звезд
	5.4.3	Современные представления о происхождении и эволюции Солнца и звезд.
	5.4.4	Наша Галактика. Другие галактики. Пространственные масштабы наблюдаемой Вселенной
	5.4.5	Современные взгляды на строение и эволюцию Вселенной

**Раздел 2. Перечень требований к уровню подготовки, проверяемому на едином государственном экзамене по физике**

Код требования	Требования к уровню подготовки выпускников, освоение которых проверяется на ЕГЭ
<b>1</b>	<b><i>Знать/Понимать:</i></b>
1.1	смысл физических понятий
1.2	смысл физических величин
1.3	смысл физических законов, принципов, постулатов
<b>2</b>	<b><i>Уметь:</i></b>
2.1	описывать и объяснять:
	2.1.1 физические явления, физические явления и свойства тел
	2.1.2 результаты экспериментов
2.2	описывать фундаментальные опыты, оказавшие существенное влияние на развитие физики
2.3	приводить примеры практического применения физических знаний, законов физики
2.4	определять характер физического процесса по графику, таблице, формуле; продукты ядерных реакций на основе законов сохранения электрического заряда и массового числа
2.5	2.5.1 отличать гипотезы от научных теорий; делать выводы на основе экспериментальных данных; приводить примеры, показывающие, что: наблюдения и эксперимент являются основой для выдвижения гипотез и теорий, позволяют проверить истинность теоретических выводов; физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще не известные явления;

	2.5.2	приводить примеры опытов, иллюстрирующих, что: наблюдения и эксперимент служат основой для выдвижения гипотез и построения научных теорий; эксперимент позволяет проверить истинность теоретических выводов; физическая теория дает возможность объяснять явления природы и научные факты; физическая теория позволяет предсказывать еще не известные явления и их особенности; при объяснении природных явлений используются физические модели; один и тот же природный объект или явление можно исследовать на основе использования разных моделей; законы физики и физические теории имеют свои определенные границы применимости
	2.5.3	измерять физические величины, представлять результаты измерений с учетом их погрешностей
2.6		применять полученные знания для решения физических задач
<b>3</b>	<b><i>Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для:</i></b>	
	3.1	обеспечения безопасности жизнедеятельности в процессе использования транспортных средств, бытовых электроприборов, средств радио- и телекоммуникационной связи; оценки влияния на организм человека и другие организмы загрязнения окружающей среды; рационального природопользования и охраны окружающей среды;
	3.2	определения собственной позиции по отношению к экологическим проблемам и поведению в природной среде



## Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

**Спецификация**  
контрольных измерительных материалов для  
проведения в 2018 году единого государственного  
экзамена по физике

подготовлена Федеральным государственным бюджетным  
научным учреждением

«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»

### Спецификация контрольных измерительных материалов для проведения в 2018 году единого государственного экзамена по ФИЗИКЕ

#### 1. Назначение КИМ ЕГЭ

Единый государственный экзамен (далее – ЕГЭ) представляет собой форму объективной оценки качества подготовки лиц, освоивших образовательные программы среднего общего образования, с использованием заданий стандартизированной формы (контрольных измерительных материалов).

ЕГЭ проводится в соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

Контрольные измерительные материалы позволяют установить уровень освоения выпускниками Федерального компонента государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования по физике, базовый и профильный уровни.

Результаты единого государственного экзамена по физике признаются образовательными организациями высшего профессионального образования как результаты вступительных испытаний по физике.

#### 2. Документы, определяющие содержание КИМ ЕГЭ

Содержание экзаменационной работы определяется Федеральным компонентом государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования по физике, базовый и профильный уровни (приказ Минобрнауки России от 05.03.2004 № 1089).

#### 3. Подходы к отбору содержания, разработке структуры КИМ ЕГЭ

Каждый вариант экзаменационной работы включает в себя задания, проверяющие освоение контролируемых элементов содержания из всех разделов школьного курса физики, при этом для каждого раздела предлагаются задания всех таксономических уровней. Наиболее важные с точки зрения продолжения образования в высших учебных заведениях содержательные элементы контролируются в одном и том же варианте заданиями разных уровней сложности. Количество заданий по тому или иному разделу определяется его содержательным наполнением и пропорционально учебному времени, отводимому на его изучение в соответствии с примерной программой по физике. Различные планы, по которым конструируются экзаменационные варианты, строятся по принципу содержательного дополнения так, что в целом все серии вариантов обеспечивают диагностику освоения всех включенных в кодификатор содержательных элементов.

Приоритетом при конструировании КИМ является необходимость проверки предусмотренных стандартом способов деятельности (с учетом ограничений в условиях массовой письменной проверки знаний и умений обучающихся): усвоение понятийного аппарата школьного курса физики, овладение методоло-

гическими умениями, применение знаний при объяснении физических явлений и решении задач. Овладение умениями по работе с информацией физического содержания проверяется опосредованно при использовании различных способов представления информации в текстах (графики, таблицы, схемы и схематические рисунки).

Наиболее важным способом деятельности с точки зрения успешного продолжения образования в вузе является решение задач. Каждый вариант включает в себя задачи по всем разделам разного уровня сложности, позволяющие проверить умение применять физические законы и формулы как в типовых учебных ситуациях, так и в нетрадиционных ситуациях, требующих проявления достаточно высокой степени самостоятельности при комбинировании известных алгоритмов действий или создании собственного плана выполнения задания.

Объективность проверки заданий с развернутым ответом обеспечивается едиными критериями оценивания, участием двух независимых экспертов, оценивающих одну работу, возможностью назначения третьего эксперта и наличием процедуры апелляции.

Единый государственный экзамен по физике является экзаменом по выбору выпускников и предназначен для дифференциации при поступлении в высшие учебные заведения. Для этих целей в работу включены задания трех уровней сложности. Выполнение заданий базового уровня сложности позволяет оценить уровень освоения наиболее значимых содержательных элементов курса физики средней школы и овладение наиболее важными видами деятельности. Минимальное количество баллов ЕГЭ по физике, подтверждающее освоение выпускником программы среднего общего образования по физике, устанавливается исходя из требований освоения ФК ГОС базового уровня. Использование в экзаменационной работе заданий повышенного и высокого уровней сложности позволяет оценить степень подготовленности учащегося к продолжению образования в вузе.

#### 4. Структура КИМ ЕГЭ

Каждый вариант экзаменационной работы состоит из двух частей и включает в себя 32 задания, различающихся формой и уровнем сложности (таблица 1).

Часть 1 содержит 24 задания с кратким ответом. Из них 13 заданий с записью ответа в виде числа, слова или двух чисел, 11 заданий на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо записать в виде последовательности цифр.

Часть 2 содержит 8 заданий, объединенных общим видом деятельности – решение задач. Из них 3 задания с кратким ответом (25–27) и 5 заданий (28–32), для которых необходимо привести развернутый ответ.

Таблица 1. Распределение заданий экзаменационной работы по частям работы

№	Часть работы	Количество заданий	Максимальный первичный балл	Процент максимального первичного балла за задания данной части от максимального первичного балла за всю работу, равного 52	Тип заданий
1	Часть 1	24	34	65	С кратким ответом
2	Часть 2	8	18	35	С кратким ответом и развернутым ответом
Итого		32	52	100	

Всего для формирования КИМ ЕГЭ 2018 г. используется несколько планов. В части 1 для обеспечения более доступного восприятия информации задания 1–21 группируются исходя из тематической принадлежности заданий: механика, молекулярная физика, электродинамика, квантовая физика. В части 2 задания группируются в зависимости от формы представления заданий и в соответствии с тематической принадлежностью.

#### 5. Распределение заданий КИМ по содержанию, видам умений и способам действий

При разработке содержания КИМ учитывается необходимость проверки усвоения элементов знаний, представленных в разделе 1 кодификатора. В экзаменационной работе контролируются элементы содержания из следующих разделов (тем) курса физики.

1. **Механика** (кинематика, динамика, статика, законы сохранения в механике, механические колебания и волны).
2. **Молекулярная физика** (молекулярно-кинетическая теория, термодинамика).
3. **Электродинамика и основы СТО** (электрическое поле, постоянный ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны, оптика, основы СТО).
4. **Квантовая физика и элементы астрофизики** (корпускулярно-волновой дуализм, физика атома, физика атомного ядра, элементы астрофизики).

Общее количество заданий в экзаменационной работе по каждому из разделов приблизительно пропорционально его содержательному наполнению и учебному времени, отводимому на изучение данного раздела в школьном курсе физики.

В таблице 2 дано распределение заданий по разделам. Задания части 2 (задания 28–32) проверяют, как правило, комплексное использование знаний и умений из различных разделов курса физики.

Таблица 2. Распределение заданий по основным содержательным разделам (темам) курса физики

Раздел курса физики, включенный в экзаменационную работу	Количество заданий		
	Вся работа	Часть 1	Часть 2
Механика	9–11	7–9	2
Молекулярная физика	7–8	5–6	2
Электродинамика	9–11	6–8	3
Квантовая физика и элементы астрофизики	5–6	4–5	1
Итого	32	24	8

Экзаменационная работа разрабатывается исходя из необходимости проверки умений и способов действий, отраженных в разделе 2 кодификатора. В таблице 3 приведено распределение заданий по видам умений и способам действий.

Таблица 3. Распределение заданий по видам умений и способам действий

Основные умения и способы действий	Количество заданий		
	Вся работа	Часть 1	Часть 2
Требования 1.1–1.3 Знать/понимать смысл физических понятий, величин, законов, принципов, постулатов	11	11	–
Требования 2.1–2.4 Уметь описывать и объяснять физические явления и свойства тел (включая космические объекты), результаты экспериментов ... приводить примеры практического использования физических знаний	11	11	–
Требование 2.5 Отличать гипотезы от научной теории, делать выводы на основе эксперимента и т.д.	2	2	–
Требование 2.6 Уметь применять полученные знания при решении физических задач	8	–	8
Требования 3.1–3.2 Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни	0–1	0–1	–
Итого	32	24	8

**6. Распределение заданий КИМ по уровню сложности**

В экзаменационной работе представлены задания разных уровней сложности: базового, повышенного и высокого.

Задания базового уровня включены в часть 1 работы (19 заданий с кратким ответом, из которых 15 заданий с записью ответа в виде числа или слова и 4 задания на соответствие или изменение физических величин с записью ответа в виде последовательности цифр). Это простые задания, проверяющие усвоение наиболее важных физических понятий, моделей, явлений и законов, а также знаний о свойствах космических объектов.

Задания повышенного уровня распределены между частями 1 и 2 экзаменационной работы: 5 заданий с кратким ответом в части 1, 3 задания с кратким

ответом и 1 задание с развернутым ответом в части 2. Эти задания направлены на проверку умения использовать понятия и законы физики для анализа различных процессов и явлений, а также умения решать задачи на применение одного-двух законов (формул) по какой-либо из тем школьного курса физики.

4 задания части 2 являются заданиями высокого уровня сложности и проверяют умение использовать законы и теории физики в измененной или новой ситуации. Выполнение таких заданий требует применения знаний сразу из двух-трех разделов физики, т.е. высокого уровня подготовки. Включение в часть 2 работы сложных заданий разной трудности позволяет дифференцировать учащихся при отборе в вузы с различными требованиями к уровню подготовки.

В таблице 4 представлено распределение заданий по уровню сложности.

Таблица 4. Распределение заданий по уровню сложности

Уровень сложности заданий	Количество заданий	Максимальный первичный балл	Процент максимального первичного балла за задания данного уровня сложности от максимального первичного балла за всю работу, равного 52
Базовый	19	24	46
Повышенный	9	16	31
Высокий	4	12	23
Итого	32	52	100

**7. Продолжительность ЕГЭ по физике**

На выполнение всей экзаменационной работы отводится 235 минут.

Примерное время на выполнение заданий различных частей работы составляет:

- 1) для каждого задания с кратким ответом – 3–5 минут;
- 2) для каждого задания с развернутым ответом – 15–20 минут.

**8. Дополнительные материалы и оборудование**

Используется непрограммируемый калькулятор (на каждого ученика) с возможностью вычисления тригонометрических функций (cos, sin, tg) и линейка.

Перечень дополнительных устройств и материалов, использование которых разрешено на ЕГЭ, утверждается Рособрнадзором.

**9. Система оценивания выполнения отдельных заданий и экзаменационной работы в целом**

Задание с кратким ответом считается выполненным, если записанный в бланке № 1 ответ совпадает с верным ответом.

Задания 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 части 1 и задания 25–27 части 2 оцениваются 1 баллом.

Задания 5–7, 11, 12, 16–18, 21 и 24 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.

Ответы на задания с кратким ответом обрабатываются автоматически после сканирования бланков ответов № 1.

Задание с развернутым ответом оценивается двумя экспертами с учетом правильности и полноты ответа. Максимальный первичный балл за задания с развернутым ответом – 3. К каждому заданию приводится подробная инструкция для экспертов, в которой указывается, за что выставляется каждый балл – от нуля до максимального балла. В экзаменационном варианте перед каждым типом задания предлагается инструкция, в которой приведены общие требования к оформлению ответов.

Максимальный первичный балл – 52.

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минобрнауки России от 26.12.2013 № 1400 зарегистрирован Минюстом России 03.02.2014 № 31205)

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

62. 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 28–32, то третий эксперт проверяет ответы только на те задания, которые вызвали столь существенное расхождение.

Баллы для поступления в вузы подсчитываются по 100-балльной шкале на основе анализа результатов выполнения всех заданий экзаменационной работы.

**10. Изменения в КИМ ЕГЭ в 2018 году по сравнению с 2017 годом**

В кодификатор элементов содержания, проверяемых на ЕГЭ по физике, включен подраздел 5.4 «Элементы астрофизики».

В часть 1 экзаменационной работы добавлено одно задание с множественным выбором, проверяющее элементы астрофизики. Расширено содержательное наполнение линий заданий 4, 10, 13, 14 и 18. Часть 2 оставлена без изменений. Максимальный балл за выполнение всех заданий экзаменационной работы увеличился с 50 до 52 баллов.

**Обобщенный план варианта КИМ ЕГЭ 2018 года по ФИЗИКЕ**

Уровни сложности заданий: Б – базовый; П – повышенный; В – высокий.

Обозначение задания в работе	Проверяемые элементы содержания	Коды элементов содержания по кодификатору элементов содержания	Коды проверяемых умений	Уровень сложности задания	Максимальный балл за выполнение задания
<b>Часть 1</b>					
1	Равномерное прямолинейное движение, равноускоренное прямолинейное движение, движение по окружности	1.1.3–1.1.8	1, 2.1–2.4	Б	1
2	Законы Ньютона, закон всемирного тяготения, закон Гука, сила трения	1.2.1, 1.2.3–1.2.6, 1.2.8, 1.2.9	1, 2.1–2.4	Б	1
3	Закон сохранения импульса, кинетическая и потенциальные энергии, работа и мощность силы, закон сохранения механической энергии	1.4.1–1.4.8	1, 2.1–2.4	Б	1
4	Условие равновесия твердого тела, закон Паскаля, сила Архимеда, математический и пружинный маятники, механические волны, звук	1.3.1–1.3.5, 1.5.1, 1.5.2, 1.5.4, 1.5.5	1, 2.1–2.4	Б	1
5	Механика (объяснение явлений; интерпретация результатов опытов, представленных в виде таблицы или графиков)	1.1–1.5	2.4	П	2
6	Механика (изменение физических величин в процессах)	1.1–1.5	2.1	Б	2
7	Механика (установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами)	1.1–1.5	1, 2.4	Б	2
8	Связь между давлением и средней кинетической энергией, абсолютная температура, связь температуры со средней кинетической энергией, уравнение Менделеева – Клапейрона, изопроцессы	2.1.6.–2.1.10, 2.1.12	1, 2.1–2.4	Б	1
9	Работа в термодинамике, первый закон термодинамики, КПД тепловой машины	2.2.6, 2.2.7, 2.2.9, 2.2.10	1, 2.1–2.4	Б	1
10	Относительная влажность воздуха, количество теплоты	2.1.13, 2.1.14, 2.2.1–2.2.4, 2.2.5, 2.2.11	1, 2.1–2.4	Б	1
11	МКТ, термодинамика (объяснение явлений; интерпретация результатов опытов, представленных в виде таблицы или графиков)	2.1, 2.2	2.4	П	2

12	МКТ, термодинамика ( <i>изменение физических величин в процессах; установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами</i> )	2.1, 2.2	1, 2.4	Б	2
13	Принцип суперпозиции электрических полей, магнитное поле проводника с током, сила Ампера, сила Лоренца, правило Ленца ( <i>определение направления</i> )	3.1.2, 3.1.4, 3.1.6, 3.3.1, 3.3.2–3.3.4, 3.4.5	1, 2.1–2.4	Б	1
14	Закон сохранения электрического заряда, закон Кулона, конденсатор, сила тока, закон Ома для участка цепи, последовательное и параллельное соединение проводников, работа и мощность тока, закон Джоуля – Ленца	3.1.1, 3.1.2, 3.1.5, 3.1.9, 3.1.11, 3.2.1, 3.2.3, 3.2.4, 3.2.7–3.2.9	1, 2.1–2.4	Б	1
15	Поток вектора магнитной индукции, закон электромагнитной индукции Фарадея, индуктивность, энергия магнитного поля катушки с током, колебательный контур, законы отражения и преломления света, ход лучей в линзе	3.4.1, 3.4.3, 3.4.4, 3.4.6, 3.4.7, 3.5.1, 3.6.2–3.6.4, 3.6.6–3.6.8	1, 2.1–2.4	Б	1
16	Электродинамика ( <i>объяснение явлений; интерпретация результатов опытов, представленных в виде таблицы или графиков</i> )	3.1–3.6	2.4	П	2
17	Электродинамика ( <i>изменение физических величин в процессах</i> )	3.1–3.6	2.1	Б	2
18	Электродинамика и основы СТО ( <i>установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами</i> )	3.1–3.6 4.1-4.3	1, 2.4	П	2
19	Планетарная модель атома. Нуклонная модель ядра. Ядерные реакции.	5.2.1, 5.3.1, 5.3.4, 5.3.6	1.1	Б	1
20	Фотоны, линейчатые спектры, закон радиоактивного распада	5.1.2, 5.2.2, 5.2.3, 5.3.5	2.1	Б	1
21	Квантовая физика ( <i>изменение физических величин в процессах; установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами</i> )	5.1–5.3	2.1 2.4	Б	2
22	Механика – квантовая физика ( <i>методы научного познания</i> )	1.1–5.3	2.5	Б	1
23	Механика – квантовая физика ( <i>методы научного познания</i> )	1.1–5.3	2.5	Б	1
24	Элементы астрофизики: Солнечная система, звезды, галактики	5.4.1–5.4.4	2.4	П	2

Часть 2					
25	Механика, молекулярная физика ( <i>расчетная задача</i> )	1.1–1.5, 2.1, 2.2	2.6	П	1
26	Молекулярная физика, электродинамика ( <i>расчетная задача</i> )	2.1, 2.2, 3.1–3.6	2.6	П	1
27	Электродинамика, квантовая физика ( <i>расчетная задача</i> )	3.1–3.6 5.1–5.3	2.6	П	1
28	Механика – квантовая физика ( <i>качественная задача</i> )	1.1–5.3	2.6, 3	П	3
29	Механика ( <i>расчетная задача</i> )	1.1–1.5	2.6	В	3
30	Молекулярная физика ( <i>расчетная задача</i> )	2.1, 2.2	2.6	В	3
31	Электродинамика ( <i>расчетная задача</i> )	3.1–3.6	2.6	В	3
32	Электродинамика, квантовая физика ( <i>расчетная задача</i> )	3.1–3.6 5.1–5.3	2.6	В	3
Всего заданий – <b>32</b> ; из них по уровню сложности: Б – <b>19</b> ; П – <b>9</b> ; В – <b>4</b> . Максимальный первичный балл за работу – <b>52</b> . Общее время выполнения работы – <b>235 мин.</b>					