

**Единый государственный экзамен
по ФИЗИКЕ**

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25 и 26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ Ответ: 7,5 см. 3 7 , 5 Бланк

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

КИМ Ответ:

А	Б
4	1

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 РА В О Бланк

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

КИМ

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
38	94

3 8 9 4

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

Ответ к заданиям 27–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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



Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ K} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалента	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} = 150\,000\,000 \text{ км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} = 3,26 \text{ св. года}$

Масса частиц

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

Астрономические величины

средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

Плотность

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

Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия	$900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди	$380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
железа	$460 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	чугуна	$800 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
свинца	$130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$		

Удельная теплота

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

Нормальные условия: давление – 10^5 Па , температура – $0 \text{ }^\circ\text{C}$

Молярная масса

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

Часть 1

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

- Зависимость проекции скорости от времени движения тела имеет вид $V_x = -10 + 3t$. Найдите координату тела через 15 с от начала движения, если $x_0 = 0$.
 Ответ: _____ м.
- Определите силу, под действием которой пружина жёсткостью 200 Н/м имеет запас потенциальной энергии 4 Дж.
 Ответ: _____ Н.
- Расстояние между центрами двух шаров равно 1 м, масса каждого шара 1 кг. С какой силой эти шары притягиваются друг к другу?
 Ответ: _____ $\cdot 10^{-11} \text{ Н}$.
- Шарик массой 5 кг вылетает вертикально из пушки со скоростью 10 м/с. На какую максимальную высоту поднимется шарик, если в полете он потеряет 10% от начальной кинетической энергии.
 Ответ: _____ м.



5 Шар, подвешенный на нити, движется по круговой траектории в горизонтальной плоскости с постоянной по модулю скоростью. Выберите **два** верных утверждения.

- 1) ускорение шарика равно нулю
- 2) ускорение шарика направлено вертикально вниз
- 3) ускорение шарика направлено к центру окружности
- 4) равнодействующая всех сил равна ma
- 5) равнодействующая всех сил равна 0

Ответ:

--	--

6 Камень бросили с балкона вертикально вверх. Что происходит с его ускорением и полной механической энергией в процессе движения камня вверх? Сопротивление воздуха не учитывать.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

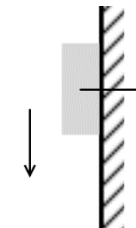
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение камня	Полная механическая энергия камня

7 На тело массой m , движущееся с ускорением вниз вдоль стенки, действует горизонтальная сила \vec{F} . Коэффициент трения тела о стенку равен μ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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 трения | 1) μmg |
| Б) ускорение тела | 2) μF |
| | 3) $g - \frac{\mu F}{m}$ |
| | 4) $\frac{F}{m}$ |

Ответ:

А	Б

8 Чтобы нагреть 96 г молибдена на 1 К, нужно передать ему количество теплоты, равное 24 Дж. Чему равна удельная теплоемкость этого вещества?

Ответ: _____ Дж / (кг · К).

9 При изобарном нагревании одноатомного газа в количестве 2 моль его температура изменилась на 50 К. Какое количество теплоты получил газ в процессе теплообмена?

Ответ: _____ Дж.

10 Идеальный газ получил количество теплоты 900 Дж. При этом внешние силы совершили работу равную 500 Дж. Насколько изменилась его внутренняя энергия?

Ответ: _____ Дж.



11 Давление идеального газа при постоянной концентрации его молекул уменьшилось в 2 раза. Масса газа в процессе постоянна. Выберите из предложенного перечня два верных утверждения, которые соответствуют описанной ситуации.

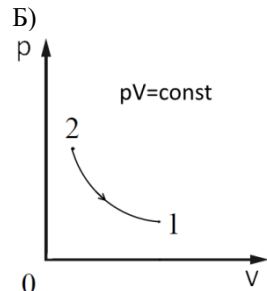
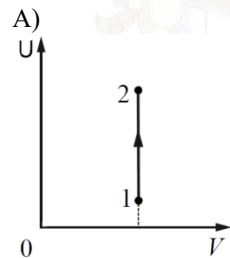
- 1) Температура газа увеличилась в 2 раза.
- 2) Объем газа остается неизменным.
- 3) Температура газа уменьшилась в 2 раза.
- 4) Объем газа увеличился в 2 раза.
- 5) Количество молекул газа увеличилось в 2 раза.

Ответ:

--	--

12 На рисунках приведены графики А и Б двух процессов, происходящих с 1 моль гелия. Графики построены в координатах $U-V$ и $p-V$, где p – давление, V – объём и U – внутренняя энергия газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



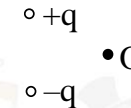
УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) Внешние силы совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Газ совершает отрицательную работу, но внутренняя энергия не изменяется
- 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу.
- 4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

А	Б

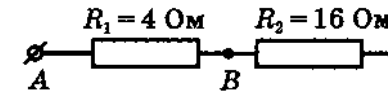
Ответ:

13 Какое направление имеет вектор напряженности электрического поля, созданного двумя одинаковыми разноименными зарядами в точке О? (*вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю, вниз, вверх*)? Ответ запишите словом(-ами).



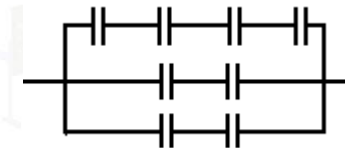
Ответ: _____.

14 Какое напряжение, которое покажет идеальный вольтметр, подсоединенный к резистору R_2 , если известно, что между точками А и В напряжение составляет 8 В?



Ответ: _____ В.

15 Ёмкость каждого конденсатора равна 100 мкФ. Чему равна ёмкость батареи конденсаторов?



Ответ: _____ мкФ.



16 Поверхность металла освещают светом, длина волны которого меньше длины волны λ , соответствующей красной границе фотоэффекта для данного вещества. Интенсивность света увеличили. Выберите две верных утверждения, которые соответствуют данной ситуации.

- 1) фотоэффект не будет происходить при любой интенсивности света
- 2) количество фотоэлектронов увеличится
- 3) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличится
- 4) количество фотоэлектронов и максимальная кинетическая энергия увеличиваются
- 5) фотоэффект будет происходить при любой интенсивности света

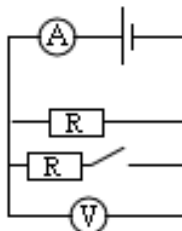
Ответ:

--	--

17 Как изменятся показания на амперметре и вольтметре, если ключ на схеме замкнуть?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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



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

Амперметр	Вольтметр

18 Установите соответствие между физическими величинами и единицами измерения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую

позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

- А) магнитный поток
- Б) индуктивность

- 1) Тесла
- 2) Генри
- 3) Вебер
- 4) Вольт

Ответ:

А	Б

19 Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре ${}_{92}^{238}\text{U}$?

Число протонов	Число нейтронов

20 Период полураспада радиоактивного изотопа кальция составляет 164 суток. Если изначально было $4 \cdot 10^{24}$ атомов, то через какое время их будет $1 \cdot 10^{24}$?

Ответ: _____ сут.

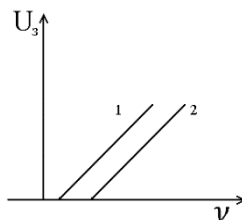
vk.com/ege100ballov

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 210308



21

В опытах по внешнему фотоэффекту изучалась зависимость запирающего напряжения от частоты падающего света. Для первого материала зависимость на графике под цифрой «1». Если заменить первоначальный материал фотокатода на другой, то зависимость будет другой – на графике под цифрой «2». Как изменилась работа выхода и максимальная длина волны, когда фотоэффект не наблюдается.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

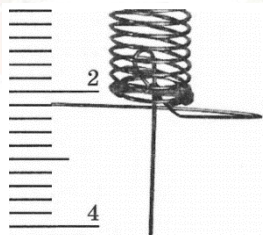
Работа выхода	«Красная граница» фотоэффекта $\lambda_{кр}$

Ответ:

--	--

22

Определите показания динамометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна половине цены деления динамометра. Шкала динамометра проградуирована в Н.



Ответ: (_____ ± _____) Н.

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

23

Ученик решил посчитать скорость испарения молекул воды из стакана в своей комнате. Результаты измерений каких величин дадут ему возможность рассчитать ее? Выберите два верных утверждения.

- 1) Массы воды и время её испарения.
- 2) Массы воды, время её испарения и влажности воздуха.
- 3) Объема воды и времени её испарения.
- 4) Массы воды, времени её испарения и объёма комнаты.
- 5) Массы воды, времени её испарения, влажности воздуха и объёма комнаты.

Ответ:

--	--

24

Какие утверждения **о звездах** являются верными? В ответе укажите номера всех утверждений.

- 1) Красные звёзды – самые горячие.
- 2) Звёзды продолжают формироваться в нашей Галактике и в настоящее время.
- 3) В декабре Солнце удаляется на максимальное расстояние от Земли.
- 4) При одинаковой светимости горячая звезда имеет меньший размер, нежели холодная.
- 5) Диапазон значений масс существующих звёзд намного шире, чем диапазон светимостей.

Ответ: _____.

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



Часть 2

Ответом к заданиям 25–26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25 Объем кислорода массой 160 г, температура которого 27⁰С, при изобарном нагревании увеличился вдвое. Найдите количество теплоты, которое пошло на нагревание кислорода. Удельная теплоёмкость кислорода при постоянном давлении 0,913 кДж / (кг · К). Ответ округлите до десятых.

Ответ: _____ кДж

26 Между зарядами +6.4 · 10⁻⁶ Кл и - 6.4 · 10⁻⁶ Кл расстояние равно 12 см. Найдите напряженность поля в точке, удаленной на 8 см от обоих зарядов? Ответ округлить до десятых.

Ответ: _____ · 10⁷ В/м.

27 Круглую рамку с постоянной скоростью вводят в прямоугольную зону магнитного неоднородного поля, направленного на нас, которое возрастает и имеет максимум в центре. Опишите направление силы тока, возникающего в рамке, и силы, действующие на нее в процессе входа в эту зону и выхода из нее.



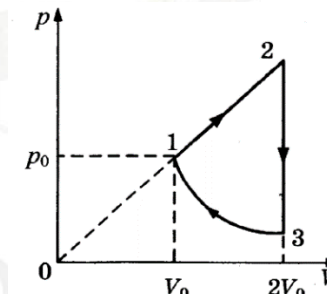
Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.

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

28 На какой высоте от поверхности планеты обращается искусственный спутник по круговой орбите со скоростью 5,7 км/с. Радиус планеты равен 5700 км. Ускорение свободного падения на поверхности планеты 6 м/с².

29 Металлическая замкнутая цепочка длиной $L=60$ сантиметров, насажена на деревянный диск. Диск раскручивают с помощью электродвигателя. Когда частота вращения диска достигает $n = 10 \text{ с}^{-1}$ цепочка соскакивает с диска. Она ведет себя как жесткий обруч: может, например, катиться по столу, пока вращения не замедлится. Какова сила T натяжения цепочки в тот момент, когда она соскакивает с диска? Масса цепочки $M = 40$ г.

30 Циклический процесс, проводимый над одноатомным идеальным газом, представлен на рисунке. На участке 1—2 газ совершает работу $A_{12} = 1000$ Дж. Участок 3—1 – адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно $|Q_{хол}| = 3370$ Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу $|A_{31}|$ внешних сил в адиабатном процессе.



31 Какой максимальный заряд может приобрести шар радиусом 10 см в результате облучения его светом с длиной волны $\lambda = 110$ нм, если работа выхода электронов с поверхности шара равна $9 \cdot 10^{-19}$ Дж?

32 Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус – скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой плёнки, которая зеркально отражает солнечный свет. Какой должна быть площадь паруса, чтобы аппарат массой 500 кг (включая массу паруса) имел ускорение 10^{-3} м/с²?

Мощность W солнечного излучения, падающего на 1 м² поверхности, перпендикулярную солнечному свету, составляет 1370 Вт/м².

О проекте «Пробный ЕГЭ каждую неделю»

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

Нашли ошибку в варианте?

Напишите нам, пожалуйста, и мы обязательно её исправим!

Для замечаний и пожеланий: https://vk.com/topic-10175642_41259310

(также доступны другие варианты для скачивания)

КОРРЕКТОРЫ ВАРИАНТА:

Татьяна Константинова

<https://vk.com/id147747748>

ЕГЭ 100 БАЛЛОВ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ШКОЛЬНЫЙ ПРОЕКТ
[VK.COM/EGE100BALLOV](https://vk.com/ege100ballov)



vk.com/ege100ballov



Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–24

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

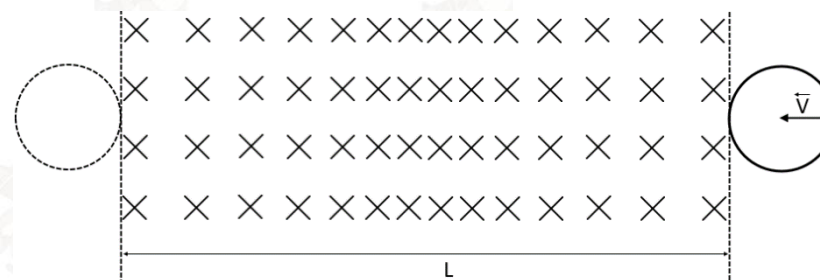
Задания 5–7, 11, 12, 16–18 и 21 части 1 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущено две ошибки. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов. Задание 24 оценивается 2 баллами, если указаны все верные элементы ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами или не записан один элемент ответа); 0 баллов, если допущено две ошибки. В заданиях 5, 11, 16 и 24 порядок записи цифр в ответе может быть различным.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	187,5	14	32
2	40	15	125
3	6,7	16	25<или>52
4	4,5	17	12
5	34<или>43	18	32
6	33	19	92146
7	23	20	328
8	250	21	12
9	2077,5	22	2,20,1
10	1400	23	13<или>31
11	23<или>32	24	24
12	43	25	44,2
13	вниз	26	1,35

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Решения заданий 27–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до 2 баллов за задание 27 и от 0 до 3 баллов за задания 28 и 29–32.

27 Круглую рамку с постоянной скоростью вводят в прямоугольную зону магнитного неоднородного поля, направленного на нас, которое возрастает и имеет максимум в центре. Опишите направление силы тока, возникающего в рамке, и силы, действующие на нее в процессе входа в эту зону и выхода из нее.



Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.

Возможное решение
<p>1. Когда рамку вводят в зону с магнитным полем, то поток через рамку возрастает, из-за чего по закону Фарадея, возникает индукционный ток. Он будет течь против часовой стрелки - по правилу Ленца ток, возникающий в рамке, должен уменьшить своим полем внешнее поле в зоне.</p> <p>Разложим силу Ампера на горизонтальные и вертикальные составляющие. Вертикальная составляющая силы Ампера будет равна нулю, из-за равенства сил, действующих на верхнюю и нижнюю полуокружность. Горизонтальные не равны нулю, и сила, действующая на левую часть полуокружности, будет больше силы действующей на правую часть. Сила Ампера будет направлена против движения.</p>



<p>2. Так будет продолжаться, пока центр окружности рамки не пройдет центр зоны. В этот момент ток будет равен нулю. И сила Ампера тоже.</p> <p>3. При дальнейшем движении рамки влево, ток будет течь по часовой стрелке, создавая поле, направленное вниз. Что и соответствует закону Фарадея и правилу Ленца – поток будет уменьшаться, а значит, ток будет направлен так, чтобы сохранить поток. Снова разложим силу Ампера на горизонтальные и вертикальные составляющие. Вертикальная также равна нулю. А горизонтальные в этом случае наоборот будут направлены. Но сила, действующая на правую часть полуокружности, будет больше силы действующей на левую часть. Сила Ампера будет направлена против движения.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>указано направление силы тока и направление силы Ампера</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>закон электромагнитной индукции, правило Ленца, правило правой руки, правило левой руки</i>)	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p>	2

<p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения.</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0



28

На какой высоте от поверхности планеты обращается искусственный спутник по круговой орбите со скоростью 5,7 км/с. Радиус планеты равен 5700 км. Ускорение свободного падения на поверхности планеты 6 м/с².

Возможное решение:

Согласно закону всемирного тяготения для спутника, вращающегося на высоте h от поверхности планеты $F = G \frac{Mm}{(R+h)^2} = ma_{ц} = \frac{mv^2}{R+h}$. Т.е.

$$v^2 = G \frac{M}{R+h}. \text{ Ускорение свободного падения на поверхности планеты}$$

$$g = G \frac{M}{R^2}.$$

Найдем отношение квадрата скорости на орбите к ускорению свободного падения на поверхности планеты

$$\frac{v^2}{g} = \frac{GM}{R+h} : \frac{GM}{R^2} = \frac{R^2}{R+h}. \text{ Выразим высоту } h = \frac{gR^2}{v^2} - R. \text{ Подставим}$$

численные значения:

$$h = \frac{6 \cdot (5,7 \cdot 10^6)^2}{(5,7 \cdot 10^3)^2} - 5,7 \cdot 10^6 = (6 - 5,7) \cdot 10^6 \text{ м} = 0,3 \cdot 10^6 \text{ м},$$

$$h = 300 \text{ км}.$$

Ответ: $h = 300 \text{ км}$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон всемирного тяготения, формула для центростремительного ускорения, для ускорения свободного падения на поверхности планеты</i>); II) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);	2

III) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но допущена ошибка в ответе или в математических преобразованиях или вычислениях. ИЛИ Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

29

Металлическая замкнутая цепочка длиной $L=60$ сантиметров? Диск раскручивают с помощью электродвигателя. Когда частота вращения диска достигает $n = 10 \text{ с}^{-1}$, цепочка соскакивает с диска. Она ведет себя как жесткий обруч: может, например, катиться по столу, пока вращения не замедлится. Какова сила T натяжения цепочки в тот момент, когда она соскакивает с диска? Масса цепочки $M = 40 \text{ г}$.

Возможное решение:

В ИСО, связанной с Землёй, цепочка вращается с постоянной угловой скоростью. На каждый малый элемент кольца будут действовать силы натяжения \vec{T}_1 и \vec{T}_2 , равные по модулю $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2|$, от соседних элементов. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, их сумма равна произведению массы этого элемента на центростремительное ускорение:



$\vec{a}m = \vec{T}_1 + \vec{T}_2$

m – масса элемента кольца
 $\frac{m}{M} = \frac{\varphi}{2\pi}$ $a = R \cdot \omega^2$ $\omega = 2\pi n$,
 R – радиус кольца,
 φ – угловой размер элемента кольца,
 n – частота вращения,
 ω – угловая скорость,
 M – масса всего кольца

При малых углах $\sin \varphi \cong \varphi$. Тогда длина элемента кольца равна $l = \varphi R$.
 Если привести подобие:

$$\frac{T}{R} = \frac{am}{\varphi R}$$

$$T = \frac{am}{\varphi} = R \cdot M \cdot \frac{\varphi}{2\pi} \cdot \frac{\omega^2}{\varphi}$$

Длина всего кольца равна: $L = 2\pi R$

$$T = \frac{L}{2\pi} \cdot M \cdot \frac{\varphi}{2\pi} \cdot \frac{\omega^2}{\varphi} = LMn^2 = 0.6 \cdot 0.04 \cdot 100 = 2.4 \text{ Н}$$

Ответ: $T = 2.4 \text{ Н}$

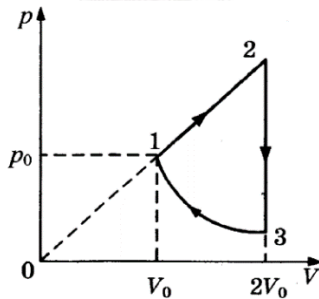
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) Записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, центростремительное ускорение, связь угловой скорости и частоты вращения, длина дуги</i>).	3

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. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт 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 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	1



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

30 Циклический процесс, проводимый над одноатомным идеальным газом, представлен на рисунке. На участке 1—2 газ совершает работу $A_{12} = 1000$ Дж. Участок 3—1 – адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно $|Q_{хол}| = 3370$ Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу $|A_{31}|$ внешних сил в адиабатном процессе.



Возможное решение:

- Работа газа на участке 1—2 равна площади под графиком:

$$A_{12} = \frac{p_2 + p_1}{2} (V_2 - V_1).$$
 Из условия задачи $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$ (давление пропорционально объему), откуда

$$p_2 = p_1 \frac{V_2}{V_1} = 2p_0. \text{ Следовательно, } A_{12} = \frac{3}{2} p_0 V_0.$$
- На участке 2—3 (изохора) рабочее тело отдает холодильнику количество теплоты $|Q_{хол}| = U_2 - U_3$, где U_2 и U_3 – внутренняя энергия газа в состояниях 2 и 3 соответственно.

На участке 3—1 (адиабата, $Q=0$) внешние силы сжимают газ, совершая работу $|A_{31}| = U_1 - U_3 = (U_2 - U_3) - (U_2 - U_1) = |Q_{хол}| - (U_2 - U_1)$.
 3) Внутренняя энергия одноатомного идеального газа равна

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV, \text{ следовательно } U_2 - U_1 = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{3}{2} (2p_0 \cdot 2V_0 - p_0 V_0) = \frac{9}{2} p_0 V_0.$$

 4) Объединяя 1)–3), получим $U_2 - U_1 = 3A_{12}$.
 Отсюда $|A_{31}| = |Q_{хол}| - 3A_{12} = 370$ Дж.
 Ответ: $|A_{31}| = 370$ Дж.

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>внутренняя энергия идеального газа, работа газа, изохорный процесс, адиабатический процесс</i>); 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	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ)	2



<p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</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 Какой максимальный заряд может приобрести шар радиусом 10 см в результате облучения его светом с длиной волны $\lambda = 110$ нм, если работа выхода электронов с поверхности шара равна $9 \cdot 10^{-19}$ Дж?

Возможное решение:	
<p>1. Запишем уравнение Эйнштейна:</p> $hv = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$ $v = \frac{c}{\lambda}$	
<p>2. Покидая поверхность шара электроны создают положительный заряд на нем. Электроны будут покидать шар до тех пор, пока их кинетической энергии не будет хватать, чтобы преодолеть энергию кулоновского притяжения шара:</p> $\varphi e \geq \frac{mv^2}{2}$	
<p>3. Потенциал шара:</p> $\varphi = \frac{kQ}{R}, \quad Q - \text{максимальный заряд шара}$	
<p>4. Тогда выражаем заряд Q шара:</p> $Q = \frac{R}{k e } \left(\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right) = 6.25 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$ <p>Ответ: $Q = 6.25 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$</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: <i>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, потенциал шара, энергия заряженного шара</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p>	3



<p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически</p>	1

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

32

Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус – скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой плёнки, которая зеркально отражает солнечный свет. Какой должна быть площадь паруса, чтобы аппарат массой 500 кг (включая массу паруса) имел ускорение 10^{-3} м/с^2 ?

Мощность W солнечного излучения, падающего на 1 м^2 поверхности, перпендикулярную солнечному свету, составляет 1370 Вт/м^2 .

Возможное решение:

Импульс фотона равен:

$$p_f = \frac{h}{\lambda},$$

где h – постоянная Планка, а λ – длина волны.

В следствии того, что фотон полностью отразится о блестящую поверхность, изменение импульса равно удвоенному первоначальному импульсу фотона:

$$\Delta p_f = 2 \frac{h}{\lambda}.$$

Изменение импульса N штук фотонов, бьющихся о поверхность равно изменению импульса аппарата с парусом. Или иными словами, система фотоны-парус замкнута. Тогда запишем второй закон Ньютона для паруса:

$$\frac{N \Delta p_f}{\Delta t} = aM$$

Мощность солнечного излучения, падающего на квадратный метр поверхности равна:



$W = \frac{E_f}{\Delta t \cdot S}, \quad \text{где } E_f \text{ – энергия фотонов}$ $E_f = N \cdot h \cdot \nu$ <p>Тогда:</p> $\frac{N}{\Delta t} \cdot 2 \frac{h}{\lambda} = aM,$ $W = \frac{N \cdot h \cdot \nu}{\Delta t \cdot S},$ $W = \frac{aM \cdot \lambda \cdot h \cdot \nu}{2 \cdot S \cdot h} = \frac{aM \cdot c}{2 \cdot S}$ $S = \frac{aMS}{2W} = 5.5 \cdot 10^4 \text{ м}^2$ <p>Ответ: $S = 5.5 \cdot 10^4 \text{ м}^2$</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>выражение для энергии фотона, импульса фотона, сохранение импульса для системы фотоны-парус, мощность</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>	3

<p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе</p>	1



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

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

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

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

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

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

ЕГЭ 100 БАЛЛОВ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ШКОЛЬНЫЙ ПРОЕКТ
VK.COM/EGE100BALLOV



vk.com/ege100ballov

