

Единый государственный экзамен ПО ФИЗИКЕ

Вариант 9

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 40 заданий.

Часть 1 содержит 30 заданий (A1 – A30). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1 – B4), на которые следует дать краткий ответ в численном виде.

Часть 3 состоит из 6 заданий (C1 – C6), на которые требуется дать развернутый ответ. Необходимо записать законы физики, из которых выводятся требуемые для решения задачи соотношения.

При выполнении заданий части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочтите каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполните задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

| Наименование | Обозначение | Множитель | Наименование | Обозначение | Множитель |
|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|------------|
| гига | Г | 10^9 | санти | с | 10^{-2} |
| мега | М | 10^6 | милли | м | 10^{-3} |
| кило | к | 10^3 | микро | мк | 10^{-6} |
| гекто | г | 10^2 | нано | н | 10^{-9} |
| дека | 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 | $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ |
| газовая постоянная | $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ |
| 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 | $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$ |
| заряд электрона | $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| постоянная Планка | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |

Соотношение между различными единицами

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

Масса частиц

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

| | | | |
|-------------------|-----------------------|----------|------------------------|
| Плотность | | | |
| воды | 1000 кг/м^3 | парафина | 900 кг/м^3 |
| древесины (сосна) | 400 кг/м^3 | алюминия | 2700 кг/м^3 |
| керосина | 800 кг/м^3 | железа | 7800 кг/м^3 |
| | | рутин | 13600 кг/м^3 |

Удельная теплоемкость

| | | | |
|--------|---|----------|--------------------------------------|
| воды | $4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ | алюминия | $900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ |
| железа | $640 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ | меди | $380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ |
| свинца | $130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ | чугуна | $500 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ |

Удельная теплота

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

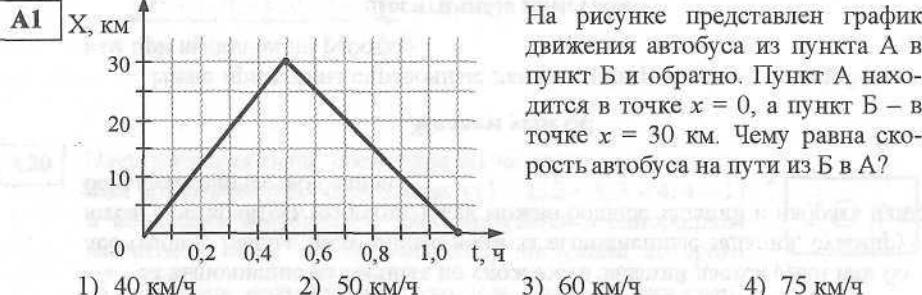
Нормальные условия давление 10^5 Па , температура 0°C

Молярная масса

| | | | |
|----------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| азота | $28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | кислорода | $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |
| аргона | $40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | лития | $6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |
| водорода | $2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | молибдена | $96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |
| воздуха | $29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | неона | $20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |
| гелия | $4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ | углекислого газа | $44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ |

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1 – A30) поставьте знак «Х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.



A2 Отец везет сына на санках с некоторой постоянной скоростью, прикладывая силу 30 Н. Веревка санок составляет с горизонталью угол 30° . Санки переместились на 100 м. Определите механическую работу, совершенную отцом.

- 1) $3000\sqrt{3}$ Дж 2) 3000 Дж 3) $1500\sqrt{3}$ Дж 4) 1500 Дж

A3

На рисунке приведены условные изображения Земли, летающей тарелки и вектора \vec{F}_t силы притяжения тарелки Землей. Масса летающей тарелки примерно в 10^{18} раз меньше массы Земли, и она удаляется от Земли. Вдоль какой стрелки (1 или 2) направлена и чему равна по модулю сила, действующая на Землю со стороны летающей тарелки?

- 1) вдоль 1, равна F_t
2) вдоль 2, равна F_t
3) вдоль 1, в 10^{18} раз меньше F_t
4) вдоль 2, в 10^{18} раз больше F_t

A4

При исследовании зависимости силы трения скольжения F_{tr} от силы нормального давления F_d были получены следующие данные:

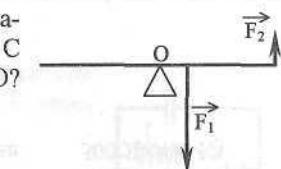
| | | | | |
|--------------|-----|-----|-----|-----|
| F_{tr} , Н | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| F_d , Н | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 |

Из результатов исследования можно заключить, что коэффициент трения скольжения равен

- 1) 0,2 2) 2 3) 0,5 4) 5

A5

На тонкий рычаг действуют силы так, как показано на рисунке. Сила $F_1 = 10$ Н, сила $F_2 = 2,5$ Н. С какой силой рычаг давит на опору в точке О? Массой рычага пренебречь.



- 1) 12,5 Н 2) 10 Н 3) 7,5 Н 4) 2,5 Н

A6

Шарики движутся со скоростями, показанными на рисунке, и при столкновении слипаются. Как будет направлен импульс шаров после столкновения?

**A7**

Если и длину математического маятника, и массу его груза уменьшить в 4 раза, то частота свободных гармонических колебаний маятника

- 1) увеличится в 4 раза
2) увеличится в 2 раза
3) уменьшится в 4 раза
4) уменьшится в 2 раза

A8

По горизонтальному столу из состояния покоя движется брускок массой 1,6 кг, соединенный с массивным грузом невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок (см. рисунок). Коэффициент трения бруска о поверхность стола равен 0,2. Ускорение бруска равно 2 м/с^2 . Масса груза равна

- 1) 0,4 кг 2) 0,5 кг 3) 0,8 кг 4) 1,0 кг

A9 Автомобиль, движущийся с выключенным двигателем, на горизонтальном участке дороги имеет скорость 30 м/с. Затем автомобиль стал перемещаться вверх по склону горы под углом 30° к горизонту. Какой путь он должен пройти по склону, чтобы его скорость уменьшилась до 20 м/с? Трением пренебречь.

- 1) 12,5 м
- 2) 25 м
- 3) 50 м
- 4) 100 м

A10 Газ при температуре 224 К и давлении $1,66 \cdot 10^5$ Па имеет плотность $2,5 \text{ кг}/\text{м}^3$. Что это за газ?

- 1) водород H_2
- 2) неон Ne
- 3) кислород O_2
- 4) азот N_2

A11 Как изменится давление идеального одноатомного газа, если среднюю кинетическую энергию теплового движения его молекул и их концентрацию увеличить в 2 раза?

- 1) увеличится в 4 раза
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) уменьшится в 4 раза
- 4) не изменится

A12 Газ, объем которого 8,31 л, находится в баллоне при температуре 127°C и давлении 100 кПа. Какое количество вещества содержится в газе?

- 1) 0,5 моль
- 2) 0,25 моль
- 3) 1 моль
- 4) 2 моль

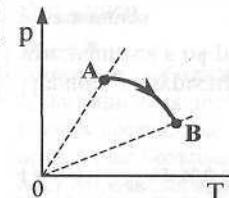
A13 Если для нагревания 5 кг вещества на 20 К необходимо 13 кДж теплоты, то удельная теплоемкость этого вещества

- 1) $130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
- 2) $0,13 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
- 3) $3,25 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
- 4) $52 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

A14 Одноатомный идеальный газ в количестве 4 моль поглощает количество теплоты 2 кДж, совершая работу, равную 1 кДж. При этом температура газа повышается на

- 1) 10 К
- 2) 15 К
- 3) 20 К
- 4) 30 К

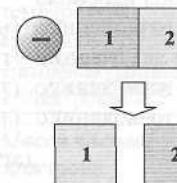
A15



В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. Процесс изменения состояния газа показан на диаграмме (см. рисунок). Как менялся объем газа при его переходе из состояния А в состояние В?

- 1) все время увеличивался
- 2) все время уменьшался
- 3) сначала увеличивался, затем уменьшался
- 4) сначала уменьшался, затем увеличивался

A16

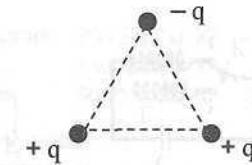


Два стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле отрицательно заряженного шара, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули, и уже потом убрали заряженный шар (нижняя часть рисунка). Какое утверждение о знаках зарядов разделенных кубиков 1 и 2 правильно?

- 1) заряды первого и второго кубиков положительны
- 2) заряды первого и второго кубиков отрицательны
- 3) заряд первого кубика положителен, заряд второго – отрицателен
- 4) заряды первого и второго кубиков равны нулю

A17

В вершинах равностороннего треугольника находятся заряды $+q$, $+q$ и $-q$ (см. рисунок). Один из зарядов создает в центре треугольника напряженность поля E_0 . Какую напряженность поля создадут в центре треугольника все три заряда?

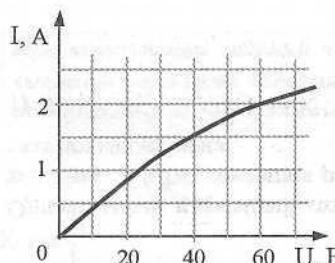


- 1) E_0
- 2) $2 E_0$
- 3) $(1 + \sqrt{3}) E_0$
- 4) 0

A18

Рассчитайте ЭДС источника тока с внутренним сопротивлением 1 Ом, если известно, что при подключении к нему резистора с сопротивлением 4 Ом сила тока в цепи равна 2 А.

- 1) 2 В
- 2) 4 В
- 3) 8 В
- 4) 10 В

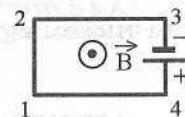
A19

На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. При силе тока 2 А ток в лампе за 3 с совершает работу

- 1) 90 Дж
- 2) 10,8 кДж
- 3) 270 Дж
- 4) 360 Дж

A20

Электрическая цепь, состоящая из четырех горизонтальных прямолинейных проводников (1 – 2, 2 – 3, 3 – 4, 4 – 1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого \vec{B} направлен вертикально вверх (см. рисунок, вид сверху). Куда направлена вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 1 – 2?



- 1) горизонтально вправо \rightarrow
- 2) горизонтально влево \leftarrow
- 3) вертикально вниз \otimes
- 4) вертикально вверх \odot

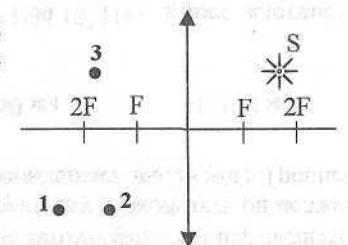
A21

Выберите среди приведенных примеров электромагнитные волны с минимальной длиной волны.

- 1) инфракрасное излучение Солнца
- 2) ультрафиолетовое излучение Солнца
- 3) излучение γ -радиоактивного препарата
- 4) излучение антенны радиопередатчика

A22

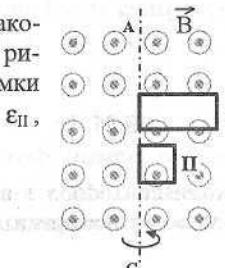
Где находится изображение точки S (см. рисунок), даваемое тонкой собирающей линзой?



- 1) в точке 1
- 2) в точке 2
- 3) в точке 3
- 4) на бесконечном расстоянии от линзы

A23

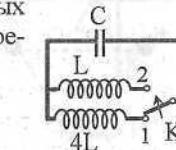
В однородном магнитном поле вокруг оси AC с одинаковой частотой врачаются две проводящие рамки (см. рисунок). Площадь рамки I в 2 раза больше площади рамки II. Отношение амплитуд колебаний ЭДС индукции $\varepsilon_I : \varepsilon_{II}$, генерируемых в рамке, равно



- 1) 1 : 4
- 2) 1 : 2
- 3) 1 : 1
- 4) 2 : 1

A24

Как изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ K перевести из положения 1 в положение 2?



- 1) уменьшится в 2 раза
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) уменьшится в 4 раза
- 4) увеличится в 4 раза

A25

Один ученый проверяет закон отражения света от зеркала в лаборатории на Земле, а другой ученый — в лаборатории на космическом корабле, летящем вдали от звезд и планет с выключенным двигателем. Если экспериментальные установки одинаковы, то в обеих лабораториях этот закон будет

- 1) одинаковым только в том случае, если скорость корабля мала
- 2) одинаковым при любой скорости корабля
- 3) разным, так как расстояния сокращаются
- 4) одинаковым или разным в зависимости от модуля и направления скорости корабля

A26

Свет, частота которого равна $2 \cdot 10^{14}$ Гц, состоит из фотонов с импульсом

- 1) $2 \cdot 10^{14}$ кг·м/с
- 2) $1,47 \cdot 10^{-36}$ кг·м/с
- 3) $3,3 \cdot 10^{-19}$ кг·м/с
- 4) $4,4 \cdot 10^{-28}$ кг·м/с

A27

Период полурастворения радона 3,8 дня. Через какое время масса радона уменьшится в 64 раза?

- 1) 19 дней
- 2) 38 дней
- 3) 3,8 дня
- 4) 22,8 дня

A28 Ядро $^{237}_{93}\text{Np}$, испытав серию α - и β -распадов, превратилось в ядро $^{209}_{83}\text{Bi}$.

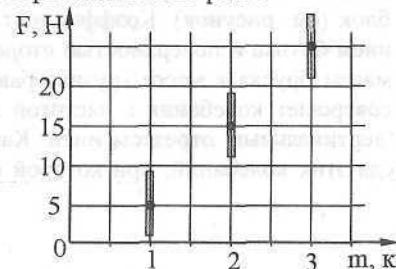
Определите суммарное число α - и β -распадов.

- 1) 6 2) 11 3) 7 4) 4

A29 В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода $5,4 \cdot 10^{-19}$ Дж и стали освещать ее светом частоты $3 \cdot 10^{15}$ Гц. Затем частоту увеличили в 2 раза, оставив неизменным число фотонов, падающих на пластину за 1 с. В результате этого максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

- 1) не изменилась, т.к. фотоэффекта не будет
 2) увеличилась более чем в 2 раза
 3) увеличилась в 2 раза
 4) увеличилась менее чем в 2 раза

A30 Космонавты исследовали зависимость силы тяжести от массы тела на посещенной ими планете. Погрешность измерения силы тяжести равна 4 Н, а массы тела – 50 г. Результаты измерений с учетом их погрешности представлены на рисунке. Согласно этим измерениям, ускорение свободного падения на планете приблизительно равно



- 1) 10 м/с^2 2) 7 м/с^2 3) 5 м/с^2 4) $2,5 \text{ м/с}^2$

Часть 2

Ответом к каждому заданию этой части будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера задания (B1 – B4), начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

B1

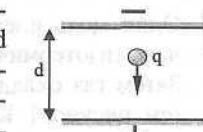
Лыжник массой 60 кг спустился с горы высотой 20 м. Какой была сила сопротивления его движению по горизонтальной лыжне после спуска, если он остановился, проехав 200 м? Считать, что по склону горы он скользил без трения.

B2

При изобарном расширении постоянной массы гелия при нормальном атмосферном давлении его объем увеличился на $0,4 \text{ м}^3$. Определите количество теплоты, сообщенной гелию. Ответ выразите в килоджоулях (кДж).

B3

Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии d друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора 5000 В. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли $4 \cdot 10^{-6}$ кг, ее заряд $q = 8 \cdot 10^{-11}$ Кл. При каком расстоянии между пластинами скорость капли будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь. Ответ выразите в сантиметрах (см).



B4

Электромагнитная волна от некоторого источника распространяется в бензole, при этом длина волны составляет 1,2 мм. Определите период колебаний источника. Показатель преломления бензола 1,5. Ответ выразите в пикосекундах (10^{-12} с).

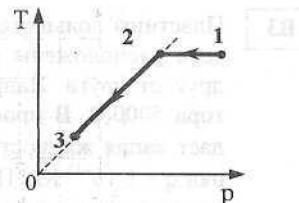
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1 – С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Полное правильное решение каждой задачи должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- C1** Пуля летит горизонтально со скоростью $v_0 = 160 \text{ м/с}$, пробивает стоящую на горизонтальной шероховатой поверхности коробку и продолжает движение в прежнем направлении со скоростью $\frac{1}{4}v_0$. Масса коробки в 12 раз больше массы пули. Коэффициент трения скольжения между коробкой и поверхностью $\mu = 0,3$. На какое расстояние S переместится коробка к моменту, когда её скорость уменьшится на 20%?

- C2** Один моль идеального одноатомного газа сначала изотермически расширился ($T_1 = 300 \text{ К}$). Затем газ охладили, понизив давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты отдал газ на участке 2 – 3?



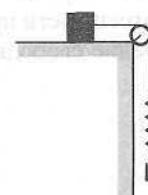
- C3** Полый металлический шарик массой 2 г подвешен на шелковой нити и помещен над положительно заряженной плоскостью, создающей однородное вертикальное электрическое поле напряженностью 10^6 В/м . Шарик имеет положительный заряд 10^{-8} Кл . Период малых колебаний шарика 1 с. Какова длина нити?

C4

Под водой находится понтон прямоугольной формы шириной 4 м, длиной 6 м и высотой 1 м. Расстояние от поверхности воды до нижней поверхности понтона 2,5 м. Небо затянуто сплошным облачным покровом, полностью рассеивающим солнечный свет. Определите глубину тени под понтоном (отсчитывая ее от нижней поверхности понтона). Рассеиванием света водой пренебречь. Показатель преломления воды относительно воздуха принять равным $\frac{4}{3}$.

C5

Электромагнитное излучение с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ используется для нагревания жидкости массой 1 кг. За время 700 с температура жидкости увеличивается на 10°C . Определите удельную теплоемкость жидкости, если источник излучает 10^{20} фотонов за 1 с. Считать, что излучение полностью поглощается жидкостью.

C6

Брускок, покоящийся на горизонтальном столе, и пружинный маятник, состоящий из грузика и легкой пружины, связаны легкой нерастяжимой нитью через идеальный блок (см. рисунок). Коэффициент трения между основанием бруска и поверхностью стола равен 0,3. Отношение массы бруска к массе грузика равно 8. Грузик маятника совершает колебания с частотой 2 Гц вдоль вертикали, совпадающей с вертикальным отрезком нити. Какова максимальная амплитуда этих колебаний, при которой они остаются гармоническими?