

Тренировочный вариант №1

ЕГЭ по ФИЗИКЕ

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (А1–А25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 6 задач (С1–С6), для которых требуется дать развернутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

Выполняйте 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.

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	сантиметры	с	10^{-2}
мега	М	10^6	миллиметры	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микрометры	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нанометры	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пикометры	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	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

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

Удельная теплоемкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

Удельная теплота

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

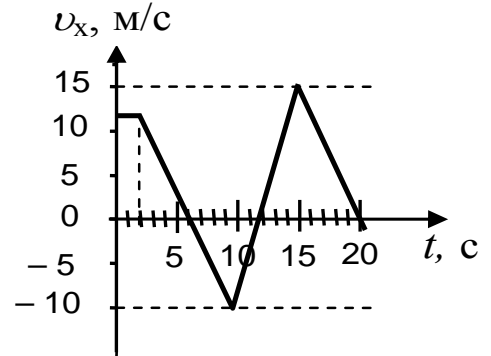
Нормальные условия: давление 10^5 Па , температура 0°С **Молярная масса**

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–A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- A1** На рисунке справа приведен график зависимости проекции скорости тела, движущегося вдоль оси Ox от времени. Чему равен модуль ускорения тела в интервале времени от 10 до 15 с?



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

- A2** Самолет летит по прямой с постоянной скоростью на высоте 9 000 м. Систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной. В этом случае

- 1) сила тяжести равна силе Архимеда, действующей на самолет
- 2) сумма всех сил, действующих на самолет, равна нулю
- 3) на самолет не действуют никакие силы
- 4) на самолет не действует сила тяжести

- A3** Мальчик массой 50 кг совершает прыжок под углом 45° к горизонту. Сила тяжести, действующая на него в верхней точке траектории, примерно равна

- 1) 500 Н 2) 50 Н 3) 5 Н 4) 0 Н

- A4** Тело массой 3 кг движется прямолинейно под действием постоянной силы, равной по модулю 5 Н. Определите модуль изменения импульса тела за 6 с.

- 1) $30 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ 2) $20 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ 3) $15 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ 4) $10 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$

- A5** Легковой автомобиль и автокран движутся по мосту, причем масса автокрана 4500 кг. Какова масса легкового автомобиля, если отношение потенциальной энергии автокрана и легкового автомобиля относительно уровня воды равно 3?

- 1) 500 кг
- 2) 1000 кг
- 3) 1500 кг
- 4) 3400 кг

A6

При деформации 2 см стальная пружина имеет потенциальную энергию упругой деформации 4 Дж. Как изменится потенциальная энергия этой пружины при уменьшении деформации на 1 см?

- 1) уменьшится на 1 Дж
- 2) уменьшится на 2 Дж
- 3) уменьшится на 3 Дж
- 4) увеличится на 4 Дж

A7

Автомобиль движется с выключенным двигателем по горизонтальному участку дороги со скоростью 20 м/с. Какое расстояние он проедет до полной остановки вверх по склону горы под углом 30° к горизонту? Трением пренебречь.

- 1) 10 м
- 2) 20 м
- 3) 80 м
- 4) 40 м

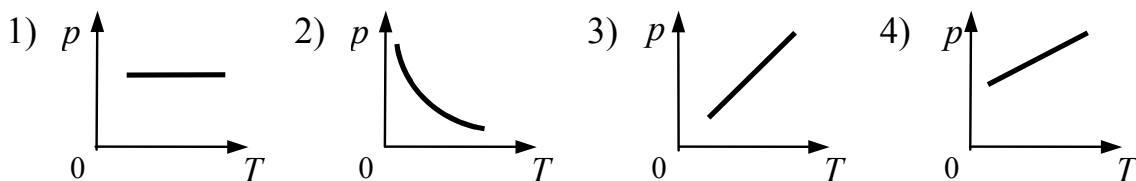
A8

Хаотичность теплового движения молекул газа приводит к тому, что

- 1) плотность газа одинакова в любой точке занимаемого им сосуда
- 2) плотность вещества в газообразном состоянии меньше плотности этого вещества в жидком состоянии
- 3) газ гораздо легче сжать, чем жидкость
- 4) при одновременном охлаждении и сжатии газ превращается в жидкость

A9

На рисунке приведены графики зависимости давления 1 моль идеального газа от абсолютной температуры для различных процессов. Изобарному процессу соответствует график

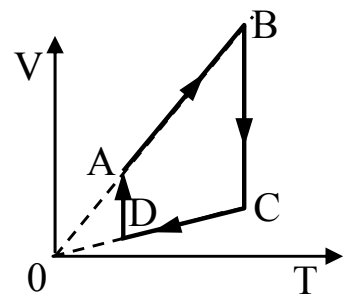
**A10**

Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 40%. Какой станет относительная влажность воздуха, если объем сосуда при неизменной температуре уменьшить в 2 раза?

- 1) 100%
- 2) 80%
- 3) 40%
- 4) 20%

A11 На рисунке показан график циклического процесса, проведенного с идеальным газом. На каком из участков внутренняя энергия газа уменьшалась?

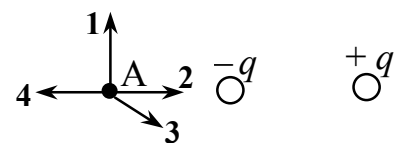
- 1) AB
- 2) DA
- 3) CD
- 4) BC



A12 При температуре 10°C и давлении 10^5 Па плотность газа равна $2,5 \text{ кг/м}^3$. Какова молярная масса газа?

- 1) 59 г/моль
- 2) 590 г/моль
- 3) 21 г/моль
- 4) 32 г/моль

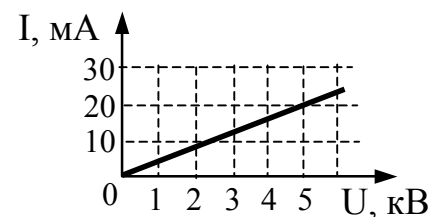
A13 На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $-q$ и $+q$. Направлению вектора напряженности электрического поля этих зарядов в точке A соответствует стрелка



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

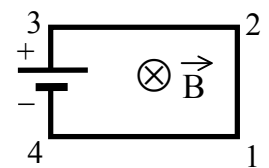
A14

На рисунке изображен график зависимости силы тока от напряжения на одной из секций телевизора. Чему равно сопротивление этой секции?



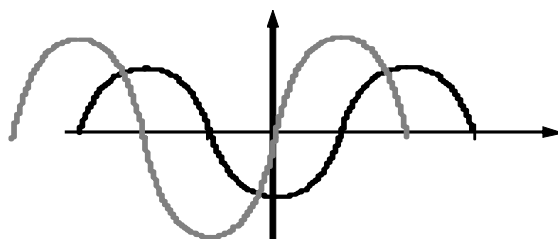
- 1) 10 кОм
- 2) 100 Ом
- 3) 0,25 Ом
- 4) 250 кОм

A15 Электрическая цепь, состоящая из четырех прямолинейных горизонтальных 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 вниз (см. рисунок, вид сверху). Куда направлена сила Ампера, действующая на проводник 1 – 2?



- 1) вертикально вверх
- 2) вертикально вниз
- 3) горизонтально вправо
- 4) горизонтально влево

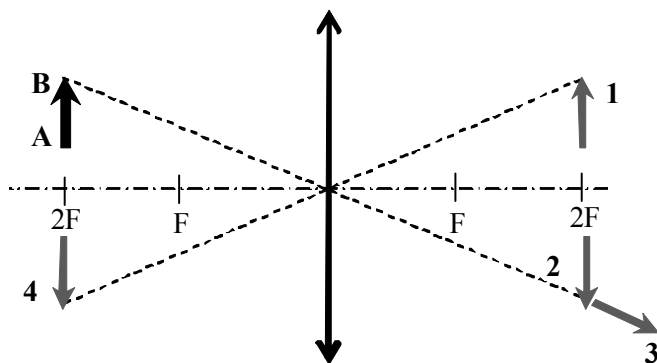
- A16** На рисунке приведены осциллограммы напряжений на двух элементах электрической цепи.



Колебания напряжений имеют

- 1) одинаковые частоты и сдвиг фаз $\pi/2$
- 2) одинаковые частоты и сдвиг фаз π
- 3) различные частоты и сдвиг фаз $\pi/2$
- 4) различные частоты и сдвиг фаз 0

A17



Какому из предметов 1 – 4 соответствует изображение АВ в тонкой линзе с фокусным расстоянием F ?

- 1) предмету 1
- 2) предмету 2
- 3) предмету 3
- 4) предмету 4

A18

Параллельный пучок монохроматического красного света падает на препятствие с узкой щелью. На экране за препятствием, кроме центральной светлой полосы, наблюдается чередование красных и темных полос. Данное явление связано с

- 1) поляризацией света
- 2) дисперсией света
- 3) дифракцией света
- 4) преломлением света

A19

Частица, имеющая заряд 2 нКл , переместилась в однородном горизонтальном электрическом поле на расстояние $0,45 \text{ м}$ по горизонтали за время 3 с . Какова масса частицы, если начальная скорость частицы равна нулю, а напряженность электрического поля 50 В/м ?

- 1) 1 мг
- 2) 2 мг
- 3) $0,5 \text{ мг}$
- 4) $4,5 \text{ мг}$

- A20** Частота красного света примерно в 2 раза меньше частоты фиолетового света. Энергия фотона красного света по отношению к энергии фотона фиолетового света
- 1) больше в 4 раза
 - 2) больше в 2 раза
 - 3) меньше в 2 раза
 - 4) меньше в 4 раза

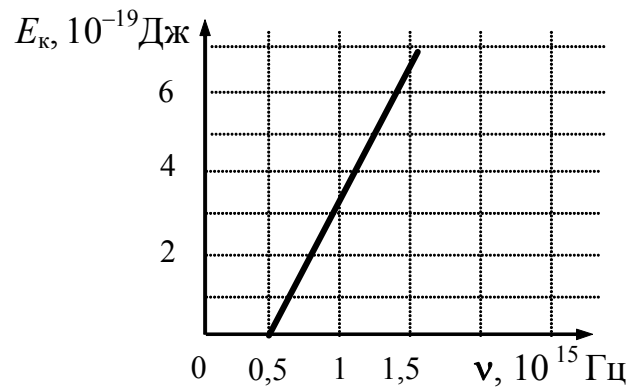
A21 Период полураспада изотопа натрия $^{22}_{11}\text{Na}$ равен 2,6 года. Если изначально было 104 мг этого изотопа, то сколько примерно его будет через 5,2 года?

- 1) 13 мг
- 2) 26 мг
- 3) 39 мг
- 4) 52 г

A22 Ядро бария $^{143}_{56}\text{Ba}$ в результате испускания нейтрона, а затем электрона превратилось в ядро

- 1) $^{145}_{56}\text{Ba}$
- 2) $^{144}_{55}\text{Cs}$
- 3) $^{143}_{58}\text{Ba}$
- 4) $^{142}_{57}\text{La}$

A23 Слой оксида кальция облучается светом и испускает электроны. На рисунке показан график изменения максимальной энергии фотоэлектронов в зависимости от частоты падающего света. Какова работа выхода фотоэлектронов из оксида кальция?



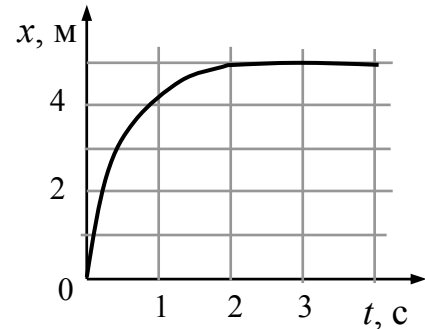
- 1) 0,7 эВ
- 2) 1,4 эВ
- 3) 2,1 эВ
- 4) 2,8 эВ

A24 Чтобы определить количество вещества неизвестного разреженного газа, достаточно знать значение универсальной газовой постоянной и измерить

- 1) массу газа и его объем
- 2) массу газа, его температуру и давление
- 3) массу газа, его температуру и объем
- 4) давление газа, его температуру и объем

A25

Шарик катится по желобу. Изменение координаты x шарика с течением времени t в инерциальной системе отсчета показано на графике. На основании этого графика можно уверенно утверждать, что



- 1) скорость шарика постоянно увеличивалась
- 2) первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной
- 3) первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился
- 4) на шарик в интервале от 0 до 4 с действовала все увеличивающаяся сила

Часть 2

Ответом к заданиям этой части (В1–В4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

В1

В первой серии опытов исследовались малые колебания груза на нити. Затем тот же груз подвесили на нити меньшей длины. Максимальные углы отклонения нити от вертикали в опытах одинаковы. Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменились период колебаний, частота и амплитуда колебаний?

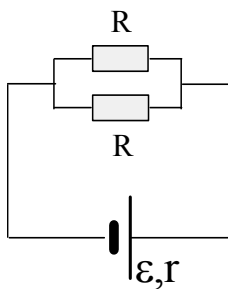
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Период колебаний	Частота колебаний	Амплитуда колебаний

B2



К источнику тока присоединены два одинаковых резистора, соединенных параллельно. Как изменятся общее сопротивление цепи, сила тока в цепи и напряжение на клеммах источника тока, если удалить один из резисторов. 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.

Общее сопротивление цепи	Сила тока с цепи	Напряжение на источнике тока

B3

Пучок света переходит из стекла в воздух. Частота световой волны – ν , скорость света в стекле – υ , показатель преломления стекла относительно воздуха – n .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

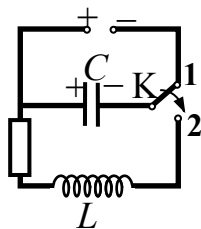
- А) длина волны света в стекле
- Б) длина волны света в воздухе

ФОРМУЛЫ

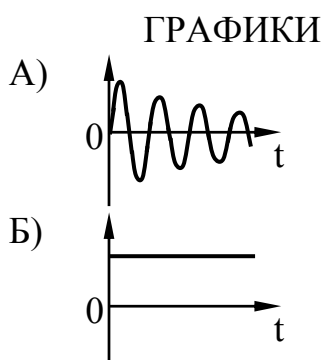
- 1) $\frac{\upsilon}{n \cdot \nu}$
- 2) $\frac{n \cdot \nu}{\upsilon}$
- 3) $\frac{n \cdot \upsilon}{\nu}$
- 4) $\frac{\upsilon}{\nu}$

А	Б

В4



Конденсатор колебательного контура подключен к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после переключения переключателя К в положение 2. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



- ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**
- 1) заряд левой обкладки конденсатора
 - 2) сила тока в катушке
 - 3) энергия электрического поля конденсатора
 - 4) индуктивность катушки

Ответ:

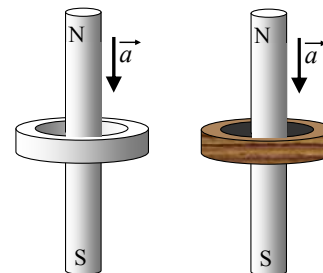
А	Б

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

С1

Сквозь металлическое и деревянное кольца, не касаясь их, падают одинаковые намагниченные стержни, как показано на рисунке. По-разному ли влияют кольца на ускорение стержней, и если да, то в чем состоит это различие?



Рассмотрите две стадии падения стержня: стержень сближается с кольцом; стержень удаляется от кольца.

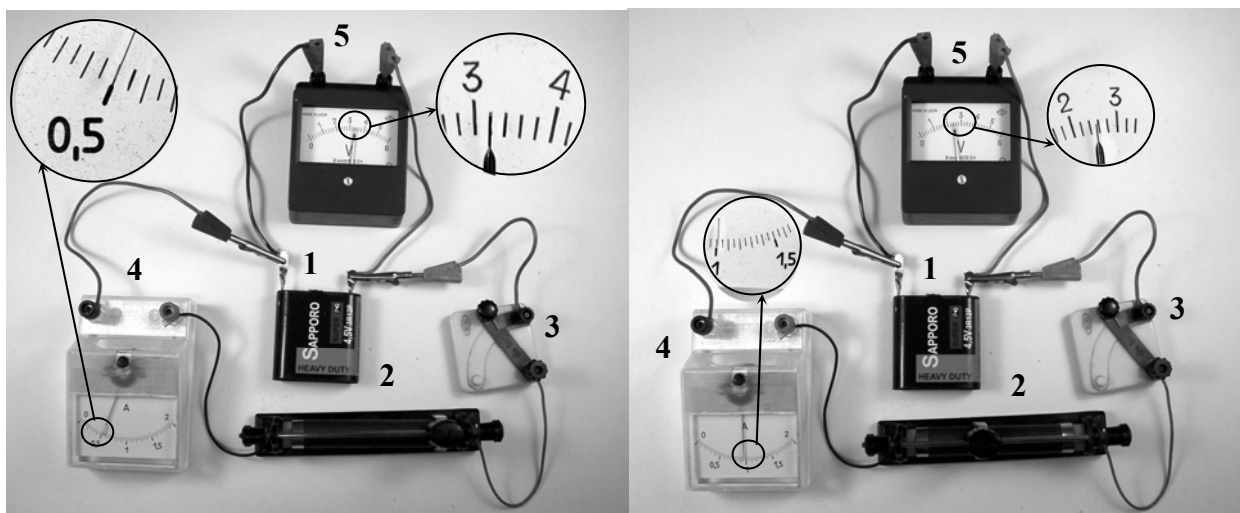
Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 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.

С2 Шарик скользит без трения по наклонному желобу, а затем движется по «мертвой петле» радиуса R . С какой силой шарик давит на желоб в нижней точке петли, если масса шарика равна 100 г , а высота, с которой его отпускают, равна $4R$?

С3 В теплоизолированном сосуде длительное время находилась вода с плавающим в ней куском льда. В воду через трубку медленно впустили порцию водяного пара, имеющего температуру 100 °C (так, чтобы пузырьки пара не достигали поверхности воды). В результате масса куска льда уменьшилась на 100 г . Определите массу впущенного пара.

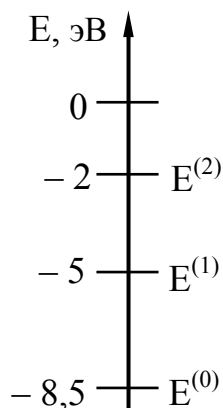
С4 Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки (1), реостата (2), ключа (3), амперметра (4) и вольтметра (5). После этого он измерил напряжение на полюсах источника тока и силу тока в цепи при различных положениях ползунка реостата (см. фотографии).



Определите сопротивление реостата, при котором выделяемая на нём мощность электрического тока максимальна.

C5 В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен 30° . Определите длину тени сваи на дне водоема. Коэффициент преломления воды $n = \frac{4}{3}$.

C6 Предположим, что схема энергетических уровней атомов некоего вещества имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, отскочил, приобретя некоторую дополнительную энергию. Кинетическая энергия электрона до столкновения равнялась $2,3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите импульс электрона после столкновения с атомом. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь, до столкновения атом считать неподвижным.



Инструкция по проверке и оценке работ учащихся по физике

Вариант 1

Часть 1

За правильный ответ на каждое задание части 1 ставится 1 балл.

Если указаны два и более ответов (в том числе правильный), неверный ответ или ответ отсутствует – 0 баллов.

Номер задания	Правильный ответ
1	3
2	2
3	1
4	1
5	3
6	3
7	4
8	1
9	1
10	2
11	3
12	1
13	2
14	4
15	3
16	1
17	2
18	3
19	1
20	3
21	2
22	4
23	3
24	4
25	3

Часть 2

Задание с кратким ответом считается выполненным верно, если в заданиях В1–В4 правильно указана последовательность цифр.

За полный правильный ответ ставится 2 балла, 1 балл – допущена одна ошибка; за неверный ответ (более одной ошибки) или его отсутствие – 0 баллов.

Номер задания	Правильный ответ
В1	212
В2	121
В3	43
В4	24

Часть 3

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

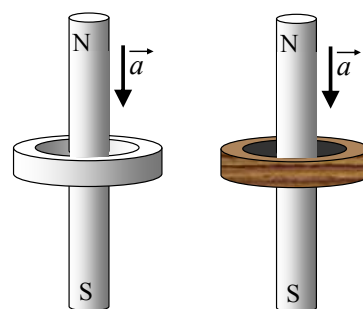
Решения заданий С1–С6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

С1

Сквозь металлическое и деревянное кольца, не касаясь их, падают одинаковые намагниченные стержни, как показано на рисунке. По-разному ли влияют кольца на ускорение стержней, и если да, то в чем состоит это различие?

Рассмотрите две стадии падения стержня: стержень сближается с кольцом; стержень удаляется от кольца.

Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



Образец возможного решения

1. На обеих стадиях падения стержня сквозь металлическое кольцо его ускорение меньше g . Деревянное же кольцо не влияет на ускорение пролетающего сквозь него стержня.
2. При приближении намагниченного стержня к кольцам магнитный

поток сквозь каждое кольцо возрастает, а при удалении от них после пролета сквозь кольца — уменьшается, и, согласно закону электромагнитной индукции, в них создается ЭДС индукции. При этом в металлическом кольце возникает индукционный ток.

3. Согласно правилу Ленца, направление этого тока таково, что своим магнитным полем он препятствует изменению магнитного потока сквозь металлическое кольцо, т.е. препятствует приближению стержня к кольцу на первом этапе и его удалению от кольца на втором этапе движения. То есть на обоих этапах сила действия индукционного тока направлена против силы тяжести, и в результате ускорение стержня должно быть меньше g .
4. В деревянном же кольце индукционного тока не возникает, не возникает и торможения стержня. В результате стержень будет свободно падать сквозь деревянное кольцо с ускорением g .

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – п.1 и 4), и полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – п.2 и п.3).	3
Дан верный ответ и приведено обоснование, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного ответа.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла. 0	0

Шарик скользит без трения по наклонному желобу, а затем движется по «мертвой петле» радиуса R . С какой силой шарик давит на желоб в нижней точке петли, если масса шарика равна 100 г , а высота, с которой его отпускают, равна $4R$?

Образец возможного решения (рисунок не обязателен)

Согласно второму закону Ньютона, в нижней точке петли: $m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$, или $N = ma + mg$, где m и N — соответственно масса шарика и сила его давления на желоб, a — центростремительное ускорение шарика. Причем $a = \frac{v^2}{R}$, где R и v — радиус петли и скорость шарика в нижней её точке.

Согласно закону сохранения механической энергии, $mgh = \frac{mv^2}{2}$, где

$$h = 4R. \text{ Следовательно, } N = mg + \frac{mv^2}{R} = mg + 8mg = 9mg = 9 \text{ (Н).}$$

Ответ: 9 Н .

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>законы сохранения энергии, второй закон Ньютона, формула для центростремительного ускорения</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения); при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка; <li style="text-align: center;">ИЛИ – необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены; <li style="text-align: center;">ИЛИ – не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде; <li style="text-align: center;">ИЛИ – решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа. 	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p>	1

<p>– представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения 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 задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С3

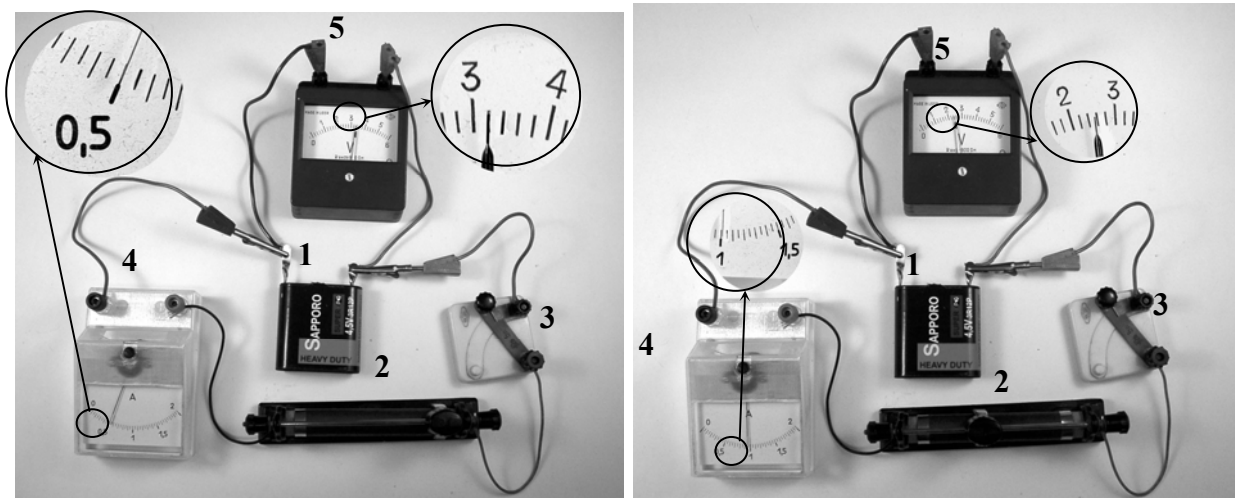
В теплоизолированном сосуде длительное время находилась вода с плавающим в ней куском льда. В воду через трубку медленно впустили порцию водяного пара, имеющего температуру 100 °С (так, чтобы пузырьки пара не достигали поверхности воды). В результате масса куска льда уменьшилась на 100 грамм. Определите массу впущенного пара.

Образец возможного решения	
<p>Длительность нахождения куска льда в воде означает, что и лёд, и вода имеют температуру 0°С. Тот факт, что к концу опыта лед растаял не весь, свидетельствует, что равновесная температура воды и льда тоже равна 0°С.</p> <p>Впускаемый в воду пар массой $m_{\text{п}}$ конденсируется, отдавая количество теплоты $Q_1 = \lambda m_{\text{п}}$ (здесь λ — удельная теплота парообразования воды). Далее конденсировавшаяся вода той же массы остывает от $t_0 = 100$ °С до 0 °С, отдавая количество теплоты $Q_2 = c m_{\text{п}} t_0$, где c — удельная теплоемкость воды. Так что в сумме пар и образовавшаяся из него вода отдали количество теплоты</p> $Q = \lambda m_{\text{п}} + c m_{\text{п}} t_0.$ <p>Поскольку сосуд теплоизолированный, а температура воды не изменилась, то это количество теплоты пошло на таяние $m_{\text{л}}$ кг льда при температуре его плавления, так что $Q = L m_{\text{л}}$, где L — удельная теплота плавления льда.</p> <p>Следовательно, $\lambda m_{\text{п}} + c m_{\text{п}} t_0 = L m_{\text{л}}$, и $m_{\text{п}} = \frac{L m_{\text{л}}}{\lambda + c t_0} \approx 12 \cdot 10^{-3}$ кг</p> <p>Ответ: $m_{\text{п}} \approx 12$ г</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы

<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>уравнение теплового баланса, формулы для расчета количества теплоты при агрегатных превращениях</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа. 	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> – представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – в ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. 	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С4

Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки (1), реостата (2), ключа (3), амперметра (4) и вольтметра (5). После этого он измерил напряжение на полюсах источника тока и силу тока в цепи при различных положениях ползунка реостата (см. фотографии).



Определите сопротивление реостата, при котором выделяемая на нём мощность электрического тока максимальна.

Образец возможного решения

1. Мощность электрического тока, выделяемая на реостате, равна $P = I^2 R$, где I – сила тока в реостате, R – сопротивление реостата.

2. Вольтметр, подключённый к клеммам батарейки, показывает напряжение на внешнем участке цепи. Поскольку сопротивление амперметра и ключа должны быть пренебрежимо малы, то падение напряжения на этих элементах практически отсутствует. Таким образом, вольтметр показывает напряжение на реостате.

3. Закон Ома для полной цепи имеет вид: $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$, где r – внутреннее сопротивление батарейки, а ε – ЭДС батарейки.

В этом случае для мощности можно записать: $P = \left(\frac{\varepsilon}{R + r} \right)^2 \cdot R$. Для определения значения R , при котором P максимальна, возьмём производную и приравняем ее нулю. Получим, что в этом случае $R = r$. Следовательно, мощность электрического тока P , выделяемая на реостате, максимальна в том случае, если сопротивление реостата R равно внутреннему сопротивлению батарейки r : $R_x = r$

4. Закон Ома для полной цепи имеет вид: $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$

Закон Ома для участка цепи с реостатом имеет вид: $I = \frac{U}{R}$

Из этих двух формул получаем: $\varepsilon = U + Ir$

Для двух положений реостата имеем систему из уравнений:
$$\begin{cases} \mathcal{E} = U_1 + I_1 r \\ \mathcal{E} = U_2 + I_2 r \end{cases}$$

Отсюда $U_1 + I_1 r = U_2 + I_2 r$ и $r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$. Следовательно $R_x = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$.

Значения напряжения и силы тока в двух экспериментах, согласно фотографиям:

$$U_1 = 3,2 \text{ В} \quad I_1 = 0,5 \text{ А.}$$

$$U_2 = 2,6 \text{ В} \quad I_2 = 1 \text{ А.}$$

$$\text{Тогда } R_x = \frac{3,2 - 2,6}{1,0 - 0,5} = \frac{0,6}{0,5} = 1,2 (\text{Ом})$$

Примечание: отклонения в записанных показаниях приборов в пределах цены деления этих приборов не считаются ошибкой; соответственно могут различаться и числовые значения ответа.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>формула мощности электрического тока, закон Ома для полной цепи, закон Ома для участка цепи</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка; <li style="text-align: center;">ИЛИ – необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены; <li style="text-align: center;">ИЛИ – не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде; <li style="text-align: center;">ИЛИ – решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа. <li style="text-align: center;">ИЛИ – при определении показаний приборов допущена ошибка превышающая цену деления прибора. 	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> – представлены только положения и формулы, выражающие 	1

<p>физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения 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 задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— допущена ошибка в определении исходных данных по фотографии (больше чем на половину цены деления), но остальное решение выполнено полно и без ошибок.</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

C5

В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен 30° . Определите длину тени сваи на дне водоема. Коэффициент преломления воды $n = \frac{4}{3}$.

Образец возможного решения

Согласно рисунку, длина тени L определяется высотой сваи h и углом γ между свай и скользящим по ее вершине лучом света: $L = h \cdot \operatorname{tg} \gamma$. Этот угол является и углом преломления солнечных лучей на поверхности воды. Согласно закону

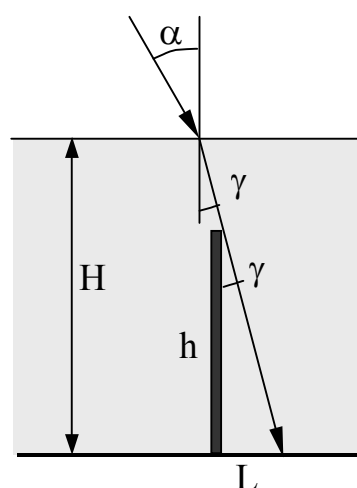
преломления, $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$,

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n} = \frac{1}{2n}, \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{\sin \gamma}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma}} = \frac{1}{\sqrt{4n^2 - 1}}.$$

Следовательно, $L = h \frac{1}{\sqrt{4n^2 - 1}} =$

$$= \frac{2}{\sqrt{4 \frac{16}{9} - 1}} = \frac{6}{\sqrt{55}} \approx 0,8(\text{м}).$$

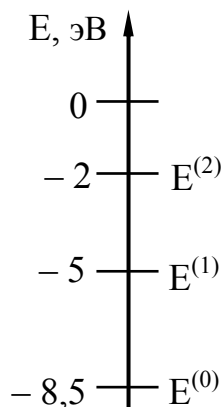
Ответ: $L \approx 0,8$ м.



Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>закон преломления света, геометрические соотношения</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа. 	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> – представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи; <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – в ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. 	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С6

Предположим, что схема энергетических уровней атомов некоего вещества имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, отскочил, приобретя некоторую дополнительную энергию. Кинетическая энергия электрона до столкновения равнялась $2,3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите импульс электрона после столкновения с атомом. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь, до столкновения атом считать неподвижным.



Образец возможного решения

Если при столкновении с атомом электрон приобрел энергию, то атом перешел в состояние $E^{(0)}$. Следовательно, после столкновения кинетическая энергия электрона стала равной $E = E_0 + 3,5$ эВ, где E_0 — энергия электрона до столкновения; отсюда: $E = 2,3 \cdot 10^{-19} + 3,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \approx 7,9 \cdot 10^{-19}$ (Дж).

Импульс p электрона связан с его кинетической энергией соотношением $p^2 = m^2 v^2 = 2mE$, где m — масса электрона. Следовательно,

$$p \approx 1,2 \cdot 10^{-24} \text{ (кг}\cdot\text{м/с)}$$

Ответ: $1,2 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>постулаты Бора, закон сохранения энергии, связь импульса тела с его кинетической энергией</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	3
Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и	2

<p>имеет один из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка; <li style="text-align: center;">ИЛИ – необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены; <li style="text-align: center;">ИЛИ – не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде; <li style="text-align: center;">ИЛИ – решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа. 	
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> – представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа; <li style="text-align: center;">ИЛИ – в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи; <li style="text-align: center;">ИЛИ – в ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. 	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0