

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 235 минут. Работа состоит из 3 частей, включающих в себя 35 заданий.

Часть 1 содержит 21 задание (А1–А21). К каждому заданию даётся четыре варианта ответа, из которых только один правильный.

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), на которые надо дать краткий ответ в виде последовательности цифр.

Часть 3 содержит 10 задач: А22–А25 с выбором одного верного ответа и С1–С6, для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек.

При выполнении заданий Вы можете пользоваться черновиком. Обращаем Ваше внимание на то, что записи в черновике не будут учитываться при оценивании работы.

Советуем выполнять задания в том порядке, в котором они даны. Для экономии времени пропускайте задание, которое не удаётся выполнить сразу, и переходите к следующему. Если после выполнения всей работы у Вас останется время, Вы сможете вернуться к пропущенным заданиям.

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

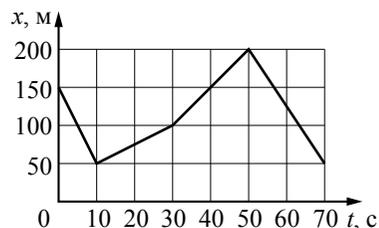
Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10 ⁹	санти	с	10 ⁻²
мега	М	10 ⁶	милли	м	10 ⁻³
кило	к	10 ³	микро	мк	10 ⁻⁶
гекто	г	10 ²	нано	н	10 ⁻⁹
деци	д	10 ⁻¹	пико	п	10 ⁻¹²

Константы			
число π	π = 3,14		
ускорение свободного падения на Земле	g = 10 м/с ²		
гравитационная постоянная	G = 6,7·10 ⁻¹¹ Н·м ² /кг ²		
универсальная газовая постоянная	R = 8,31 Дж/(моль·К)		
постоянная Больцмана	k = 1,38·10 ⁻²³ Дж/К		
постоянная Авогадро	N _А = 6·10 ²³ моль ⁻¹		
скорость света в вакууме	c = 3·10 ⁸ 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 = 1,6·10 ⁻¹⁹ Кл		
постоянная Планка	h = 6,6·10 ⁻³⁴ Дж·с		
Соотношение между различными единицами			
температура	0 К = -273 °С		
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66·10 ⁻²⁷ кг		
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ		
1 электронвольт	1 эВ = 1,6·10 ⁻¹⁹ Дж		
Масса частиц			
электрона	9,1·10 ⁻³¹ кг ≈ 5,5·10 ⁻⁴ а.е.м.		
протона	1,673·10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,007 а.е.м.		
нейтрона	1,675·10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,008 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	13 600 кг/м ³
Удельная теплоёмкость			
воды	4,2·10 ³ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	2,1·10 ³ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		
Удельная теплота			
парообразования воды	2,3·10 ⁶ Дж/кг		
плавления свинца	2,5·10 ⁴ Дж/кг		
плавления льда	3,3·10 ⁵ Дж/кг		
Нормальные условия: давление 10 ⁵ Па, температура 0 °С			
Молярная масса			
азота	28·10 ⁻³ кг/моль	гелия	4·10 ⁻³ кг/моль
аргона	40·10 ⁻³ кг/моль	кислорода	32·10 ⁻³ кг/моль
водорода	2·10 ⁻³ кг/моль	лития	6·10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29·10 ⁻³ кг/моль	неона	20·10 ⁻³ кг/моль
воды	18·10 ⁻³ кг/моль	углекислого газа	44·10 ⁻³ кг/моль

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания (A1–A21) поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

A1 На рисунке представлен график зависимости координаты x велосипедиста от времени t . На каком интервале времени проекция скорости велосипедиста на ось Ox $v_x = 5$ м/с?



- 1) от 10 до 30 с
- 2) от 50 до 70 с
- 3) от 30 до 50 с
- 4) от 0 до 10 с

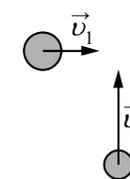
A2 Груз, подвешенный на нити длиной 2 м, отведён в сторону и отпущен. Нижнюю точку траектории он проходит со скоростью 1,4 м/с. Центробежное ускорение груза в нижней точке траектории примерно равно

- 1) 1 м/с²
- 2) 2 м/с²
- 3) 3 м/с²
- 4) 4 м/с²

A3 Тело массой m висит на пружине жёсткости k . Если на пружину с вдвое большей жёсткостью подвесить тело с вдвое меньшей массой, то деформация второй пружины будет

- 1) в 4 раза больше, чем у первой пружины
- 2) в 4 раза меньше, чем у первой пружины
- 3) такой же, как у первой пружины
- 4) в 2 раза меньше, чем у первой пружины

A4 Шары движутся со скоростями, показанными на рисунке, и сталкиваются. Как будет направлен суммарный импульс шаров после столкновения, если удар абсолютно упругий?



- 1) →
- 2) ↗
- 3) ↘
- 4) ↑

A5 Лыжник поднимается на подъёмнике на вершину горы и затем скатывается по склону горы вниз. При этом модуль работы силы тяжести, действующей на лыжника,

- 1) одинаковый на обоих участках пути
- 2) больше при движении на подъёмнике
- 3) зависит от угла крутизны склона
- 4) больше при движении по склону горы

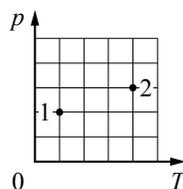
A6 Как надо изменить жёсткость пружины маятника, чтобы уменьшить период его колебаний в 2 раза?

- 1) увеличить в 4 раза
- 2) увеличить в 2 раза
- 3) уменьшить в 4 раза
- 4) уменьшить в 2 раза

A7 В процессе нагревания кристаллического тела при температурах, далёких от температуры его плавления, почти вся поступающая энергия идёт на

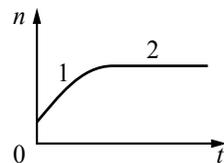
- 1) расширение атомов вещества
- 2) постепенное разрушение кристаллической решётки
- 3) постепенное расширение вещества
- 4) увеличение энергии движения атомов в узлах кристаллической решётки

A8 В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Как изменится объём газа, если он перейдёт из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



- 1) $V_2 = \frac{8}{3}V_1$
- 2) $V_2 = 8V_1$
- 3) $V_2 = V_1$
- 4) $V_2 = \frac{4}{3}V_1$

A9 В сосуде под поршнем находятся только пары воды. Поршень медленно опускают, уменьшая объём сосуда. Температура в сосуде поддерживается постоянной. На рисунке показан график изменения со временем концентрации n молекул паров воды внутри сосуда. Какое утверждение можно считать правильным?



- 1) на участке 1 пар насыщенный, а на участке 2 ненасыщенный
- 2) на обоих участках пар ненасыщенный
- 3) на участке 1 пар ненасыщенный, а на участке 2 насыщенный
- 4) на обоих участках пар насыщенный

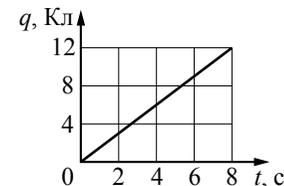
A10 Алюминиевому и железному цилиндрам одинаковой массы сообщили одинаковое количество теплоты. Воспользовавшись таблицами, приведёнными на стр. 2, определите примерное отношение изменений температур этих цилиндров $\frac{\Delta t_{Fe}}{\Delta t_{Al}}$.

- 1) 0,5
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 0,15

A11 На двух одинаковых по длине шёлковых нитях, закреплённых в одной точке, подвешены два одинаковых шарика, заряженных одноимённым зарядом. Заряд первого шарика в 2 раза больше заряда второго. Какое из утверждений правильно?

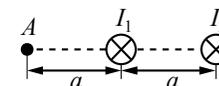
- 1) Угол отклонения нити первого шарика в 2 раза меньше угла отклонения второго.
- 2) Угол отклонения нити первого шарика в 2 раза больше угла отклонения второго.
- 3) Угол отклонения нити первого шарика в 4 раза больше угла отклонения второго.
- 4) Углы отклонения нитей шариков одинаковы.

A12 По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, проходящего через проводник, растёт с течением времени согласно графику, представленному на рисунке. Сила тока в проводнике равна



- 1) 0,67 A
- 2) 96 A
- 3) 1,5 A
- 4) 48 A

A13 Два параллельных длинных проводника с токами I_1 и I_2 расположены перпендикулярно плоскости чертежа (см. рисунок). Векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 индукции магнитных полей, создаваемых этими проводниками в точке A, направлены в плоскости чертежа следующим образом:

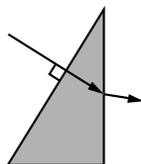


- 1) \vec{B}_1 – вниз; \vec{B}_2 – вниз
- 2) \vec{B}_1 – вверх; \vec{B}_2 – вниз
- 3) \vec{B}_1 – вниз; \vec{B}_2 – вверх
- 4) \vec{B}_1 – вверх; \vec{B}_2 – вверх

A14 Линии индукции однородного магнитного поля пронизывают рамку площадью $0,6 \text{ м}^2$ под углом 30° к её поверхности, создавая магнитный поток, равный $0,3 \text{ Вб}$. Чему равен модуль вектора индукции магнитного поля?

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

A15 Ученик выполнил задание «Нарисовать ход луча, падающего из воздуха перпендикулярно поверхности стеклянной призмы треугольного сечения» (см. рисунок). При построении он



- 1) ошибся при изображении хода луча только при переходе из стекла в воздух
- 2) правильно изобразил ход луча на обоих гранях призмы
- 3) ошибся при изображении хода луча только при переходе из воздуха в стекло
- 4) ошибся при изображении хода луча на обеих гранях призмы

A16 При освещении одной и той же дифракционной решётки монохроматическим светом на экране, установленном за ней, возникает дифракционная картина, состоящая из светлых линий на тёмном фоне.

В первом опыте расстояние между светлыми линиями оказалось больше, чем во втором, а во втором – больше, чем в третьем.

В каком из ответов правильно указана последовательность цветов монохроматического света, которым освещалась решётка?

- 1) 1 – жёлтый 2) 1 – красный 3) 1 – красный 4) 1 – синий
 2 – синий 2 – синий 2 – жёлтый 2 – жёлтый
 3 – красный 3 – жёлтый 3 – синий 3 – красный

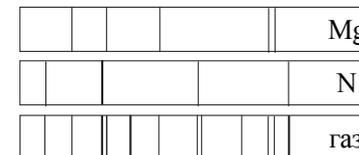
A17 На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева.

	I	II	III
1	1 H 1,00797 Водород		
2	3 Li 6,939 Литий $\frac{1}{2}$	4 Be 9,0122 Бериллий $\frac{2}{2}$	5 B 10,811 Бор $\frac{3}{2}$
3	11 Na 22,9898 1 8 Натрий 2	12 Mg 24,312 2 8 Магний 2	13 Al 26,9815 3 8 Алюминий 2

Укажите число электронов в атоме Mg.

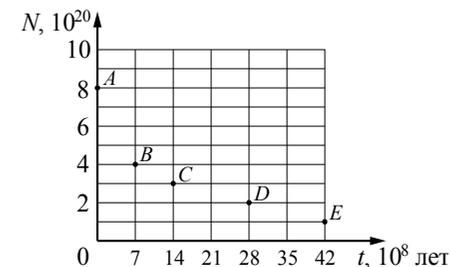
- 1) 12
- 2) 2
- 3) 8
- 4) 24

A18 На рисунке приведены спектр поглощения неизвестного газа и спектры поглощения атомарных паров известных элементов. По виду спектров можно утверждать, что неизвестный газ содержит атомы



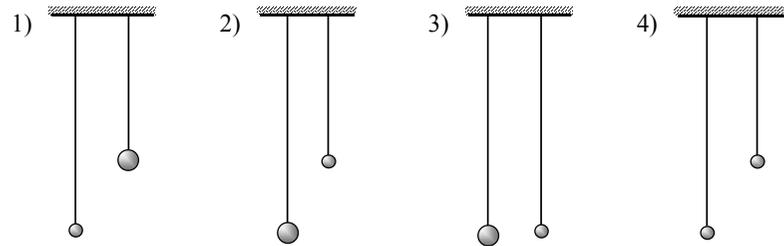
- 1) только азота (N)
- 2) азота (N), магния (Mg) и другого неизвестного вещества
- 3) только магния (Mg)
- 4) только магния (Mg) и азота (N)

A19 Ядра урана $^{235}_{92}\text{U}$ испытывают α -распад с периодом полураспада $7 \cdot 10^8$ лет. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер урана. Через какую из точек, кроме точки A, пройдёт график зависимости от времени числа ядер радиоактивного урана в образце?

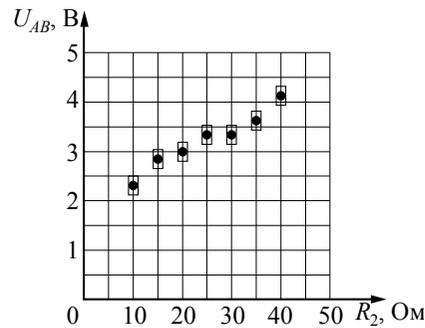
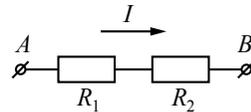


- 1) B
- 2) C
- 3) E
- 4) D

A20 Необходимо экспериментально обнаружить зависимость периода малых колебаний маятника от массы, подвешенного к нити груза. Какую пару маятников нужно использовать для такой проверки?



A21 На графике представлены результаты измерения напряжения на концах участка AB цепи постоянного тока, состоящего из двух последовательно соединённых резисторов, при различных значениях сопротивления резистора R_2 и неизменной силе тока I (см. рисунок). С учётом погрешностей измерений ($\Delta R = \pm 1$ Ом; $\Delta U = \pm 0,2$ В) найдите силу тока в цепи.



- 1) 120 мА
- 2) 20 мА
- 3) 35 мА
- 4) 50 мА

Часть 2

Ответом к заданиям этой части (B1–B4) 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 запятых, пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

B1 На тело массой m , поступательно движущееся в инерциальной системе отсчёта, действует постоянная равнодействующая сила \vec{F} в течение времени Δt . Если действующая на тело сила увеличится, то как изменятся модуль импульса силы, модуль ускорения тела и модуль изменения импульса тела в течение того же промежутка времени Δt ?

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.

Модуль импульса равнодействующей силы	Модуль ускорения тела	Модуль изменения импульса тела

B2 Неразветвлённая электрическая цепь состоит из источника постоянного напряжения и внешнего сопротивления. Как изменятся при уменьшении внутреннего сопротивления источника следующие величины: сила тока во внешней цепи; мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении, и электродвижущая сила источника?

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.

Сила тока во внешней цепи	Мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении	Электродвижущая сила источника

В3 Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна T_1 , а температура холодильника равна T_2 . За цикл двигатель совершает работу, равную A . 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) КПД двигателя
- Б) количество теплоты, получаемое двигателем за цикл от нагревателя

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$
- 2) $1 - \frac{T_2}{T_1}$
- 3) $\frac{AT_1}{T_1 - T_2}$
- 4) $\frac{AT_2}{T_1 - T_2}$

Ответ:

	А	Б

В4 В первой экспериментальной установке положительно заряженная частица влетает в однородное электрическое поле так, что вектор скорости \vec{v}_0 перпендикулярен вектору напряжённости поля \vec{E} (рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор скорости \vec{v}_0 такой же частицы перпендикулярен индукции магнитного поля \vec{B} (рис. 2).

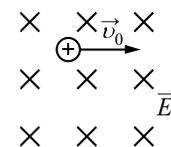


Рис. 1

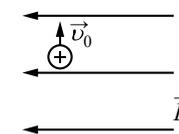


Рис. 2

Установите соответствие между экспериментальной установкой и траекторией движения частицы в ней.

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

ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ

- А) в первой установке
- Б) во второй установке

ТРАЕКТОРИЯ

- 1) прямая линия
- 2) окружность
- 3) спираль
- 4) парабола

Ответ:

	А	Б

Часть 3

Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий (A22–A25) в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

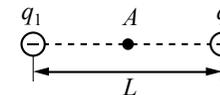
A22 Камень, брошенный с поверхности земли почти вертикально вверх, упал со скоростью 15 м/с на крышу дома, находящуюся на высоте 20 м. Найдите время полёта камня. Сопротивление воздуха не учитывать.

- 1) 1 с
- 2) 2 с
- 3) 1,33 с
- 4) 4 с

A23 В сосуде под поршнем при температуре 100 °С находится 2 г водяного пара и такое же количество воды. Не изменяя температуры, объём сосуда увеличили в 3 раза. Определите массу воды, перешедшей при этом в пар.

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

A24 Два точечных отрицательных заряда: $q_1 = -20$ нКл и $q_2 = -40$ нКл находятся в вакууме на расстоянии $L = 1,5$ м друг от друга. Определите величину напряжённости электрического поля этих зарядов в точке A , расположенной на прямой, соединяющей заряды, на одинаковом расстоянии от обоих зарядов.



- 1) 125 Н/Кл
- 2) 320 Н/Кл
- 3) 160 Н/Кл
- 4) 640 Н/Кл

A25 Красная граница фотоэффекта для калия $\lambda = 0,62$ мкм. Какова длина волны света, падающего на калиевый фотокатод, если максимальная скорость фотоэлектронов $v = 580$ км/с?

- 1) 0,51 мкм
- 2) 0,33 мкм
- 3) 0,62 мкм
- 4) 0,42 мкм

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач C1–C6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1, C2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- C1** Два плоских воздушных конденсатора подключены к одинаковым источникам постоянного напряжения и одинаковым лампам, как показано на рисунках а и б. Конденсаторы имеют одинаковую площадь пластин, но различаются расстоянием между пластинами. В некоторый момент времени ключи К в обеих схемах переводят из положения 1 в положение 2. Опираясь на законы электродинамики, объясните, в каком из приведённых опытов при переключении ключа лампа вспыхнет ярче. Сопротивлением соединяющих проводов пренебречь.

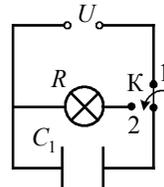


Рис. а

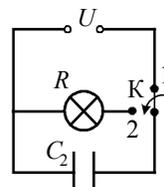
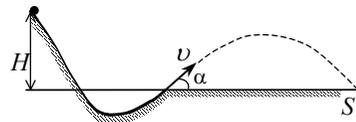


Рис. б

Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно включать 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.

- C2** При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по гладкому трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с некоторой высоты (см. рисунок).

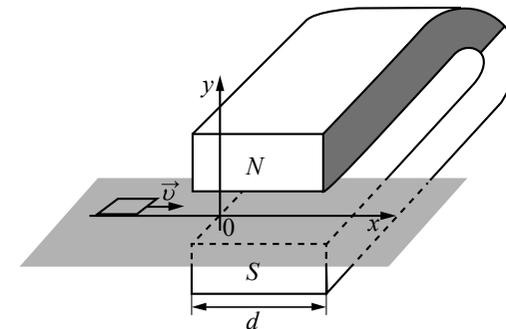


На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Пролетев по воздуху, он приземлился на горизонтальный стол на той же высоте, что и край трамплина. Дальность полёта гонщика равна S . На какой высоте H над краем трамплина находится стартовая точка?

- C3** Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является ν молей идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. Работа, совершённая газом в изотермическом процессе, равна A , а КПД тепловой машины равен η . Определите модуль изменения температуры $|\Delta T|$ в изохорном процессе.

- C4** По однородному цилиндрическому алюминиевому проводнику сечением $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ пропустили ток 10 А. Определите изменение его температуры за 15 с. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление алюминия $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.)

- C5** Квадратную рамку из медной проволоки со стороной $b = 5 \text{ см}$ и сопротивлением $R = 0,1 \text{ Ом}$ перемещают вдоль оси Ox по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью $v = 1 \text{ м/с}$. Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка успевает пройти между полюсами магнита и оказаться в области, где магнитное поле отсутствует. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу F , направленную вдоль оси Ox . Ширина полюсов магнита $d = 20 \text{ см}$, магнитное поле имеет резкую границу и однородно между полюсами. Чему равна индукция B магнитного поля между полюсами, если суммарная работа внешней силы за время движения рамки $A = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$?



- C6** Число фотонов, излучаемых лазерной указкой за $t = 5 \text{ с}$, $N = 6 \cdot 10^{16}$. Длина волны излучения указки равна $\lambda = 600 \text{ нм}$. Определите мощность P излучения указки.