

**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**

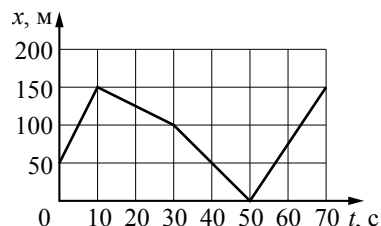
Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10 <sup>9</sup>	санти	с	10 <sup>-2</sup>
мега	М	10 <sup>6</sup>	милли	м	10 <sup>-3</sup>
кило	к	10 <sup>3</sup>	микро	мк	10 <sup>-6</sup>
гекто	г	10 <sup>2</sup>	нано	н	10 <sup>-9</sup>
деци	д	10 <sup>-1</sup>	пико	п	10 <sup>-12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

<b>Константы</b>			
число π	π = 3,14		
ускорение свободного падения на Земле	g = 10 м/с <sup>2</sup>		
гравитационная постоянная	G = 6,7·10 <sup>-11</sup> Н·м <sup>2</sup> /кг <sup>2</sup>		
универсальная газовая постоянная	R = 8,31 Дж/(моль·К)		
постоянная Больцмана	k = 1,38·10 <sup>-23</sup> Дж/К		
постоянная Авогадро	N <sub>А</sub> = 6·10 <sup>23</sup> моль <sup>-1</sup>		
скорость света в вакууме	c = 3·10 <sup>8</sup> 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 <sup>-19</sup> Кл		
постоянная Планка	h = 6,6·10 <sup>-34</sup> Дж·с		
<b>Соотношение между различными единицами</b>			
температура	0 К = -273 °С		
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66·10 <sup>-27</sup> кг		
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ		
1 электронвольт	1 эВ = 1,6·10 <sup>-19</sup> Дж		
<b>Масса частиц</b>			
электрона	9,1·10 <sup>-31</sup> кг ≈ 5,5·10 <sup>-4</sup> а.е.м.		
протона	1,673·10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,007 а.е.м.		
нейтрона	1,675·10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,008 а.е.м.		
<b>Плотность</b>			
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
		ртути	13 600 кг/м <sup>3</sup>
<b>Удельная теплоёмкость</b>			
воды	4,2·10 <sup>3</sup> Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	2,1·10 <sup>3</sup> Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		
<b>Удельная теплота</b>			
парообразования воды	2,3·10 <sup>6</sup> Дж/кг		
плавления свинца	2,5·10 <sup>4</sup> Дж/кг		
плавления льда	3,3·10 <sup>5</sup> Дж/кг		
<b>Нормальные условия:</b> давление 10 <sup>5</sup> Па, температура 0 °С			
<b>Молярная масса</b>			
азота	28·10 <sup>-3</sup> кг/моль	гелия	4·10 <sup>-3</sup> кг/моль
аргона	40·10 <sup>-3</sup> кг/моль	кислорода	32·10 <sup>-3</sup> кг/моль
водорода	2·10 <sup>-3</sup> кг/моль	лития	6·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воздуха	29·10 <sup>-3</sup> кг/моль	неона	20·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воды	18·10 <sup>-3</sup> кг/моль	углекислого газа	44·10 <sup>-3</sup> кг/моль

**Часть 1**

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  $Ox$   $v_x = -2,5$  м/с?



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

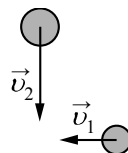
**A2** Автомобиль движется по окружности радиусом 100 м со скоростью 10 м/с. Центробежное ускорение автомобиля равно

- 1) 1 м/с<sup>2</sup>
- 2) 5 м/с<sup>2</sup>
- 3) 0,1 м/с<sup>2</sup>
- 4) 10 м/с<sup>2</sup>

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

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



- 1) ↗
- 2) ↘
- 3) ↓
- 4) ←

**A5** Лыжник поднимается на подъёмнике на вершину горы, затем скатывается по склону горы вниз и вновь подъезжает к подъёмнику по горизонтальной лыжне. При этом суммарная работа силы тяжести, действующей на лыжника на всей траектории его движения,

- 1) равна работе, которую совершает сила трения при движении по горизонтальному участку
- 2) равна работе, которую совершает сила тяжести при движении на подъёмнике
- 3) равна работе, которую совершает сила тяжести при движении по склону горы
- 4) равна нулю

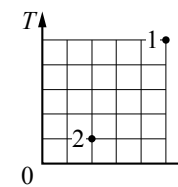
**A6** Как надо изменить жёсткость пружины маятника, чтобы увеличить частоту его колебаний в 2 раза?

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

**A7** Плотность воды при температуре 100 °С равна 950 кг/м<sup>3</sup>, а наибольшая плотность водяного пара при 100 °С равна 0,59 кг/м<sup>3</sup>. Такое различие плотностей связано с тем, что

- 1) молекулы жидкости и пара движутся с разными скоростями
- 2) при переходе молекул из жидкости в пар уменьшается энергия их взаимодействия
- 3) число молекул в 1 м<sup>3</sup> пара меньше чем в 1 м<sup>3</sup> воды
- 4) молекулы жидкости и пара имеют разные массы

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



- 1)  $V_2 = 0,5V_1$
- 2)  $V_2 = V_1$
- 3)  $V_2 = 2V_1$
- 4)  $V_2 = 0,2V_1$

**A9** В сосуд налили жидкого аммиака и закрыли его. Аммиак постепенно испарялся. На рисунке показан график изменения со временем концентрации  $n$  молекул паров аммиака внутри сосуда. Температура в сосуде в течение всего времени проведения опыта оставалась постоянной. В конце опыта в сосуде ещё оставался жидкий аммиак. 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

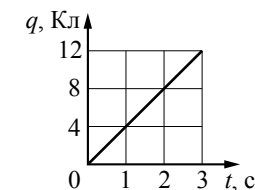
**A10** Алюминиевому и железному цилиндрам сообщили одинаковое количество теплоты, что привело к увеличению температуры цилиндров, причём увеличение температуры алюминиевого цилиндра оказалось в 2 раза больше, чем железного:  $\Delta t_{Al} = 2\Delta t_{Fe}$ . Воспользовавшись таблицами, приведёнными на стр. 2, определите отношение масс этих цилиндров  $\frac{m_{Al}}{m_{Fe}}$ .

- 1) 1
- 2) 0,26
- 3) 0,34
- 4) 4,9

**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 меньше заряда второго. Какое из утверждений правильно?

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

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



- 1) 4 А
- 2) 0,25 А
- 3) 36 А
- 4) 12 А

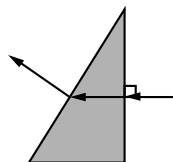
**A13** Два параллельных длинных проводника с токами  $I_1$  и  $I_2$  расположены перпендикулярно плоскости чертежа (см. рисунок). Векторы  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  индукции магнитных полей, создаваемых этими проводниками в точке  $A$ , направлены в плоскости чертежа следующим образом:

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

**A14** Линии индукции однородного магнитного поля пронизывают рамку площадью  $0,25 \text{ м}^2$  под углом  $30^\circ$  к её поверхности, создавая магнитный поток, равный  $0,1 \text{ Вб}$ . Чему равен модуль вектора индукции магнитного поля?

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

**A15** Ученик выполнил задание: «Нарисовать ход луча, падающего из воздуха на одну из граней стеклянной призмы треугольного сечения» (см. рисунок). При построении он



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

**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 возможная последовательность цветов монохроматического света, которым освещалась решётка?

- 1) 1 – жёлтый    2) 1 – фиолетовый    3) 1 – зелёный    4) 1 – жёлтый  
 2 – зелёный    2 – зелёный    2 – жёлтый    2 – фиолетовый  
 3 – фиолетовый    3 – жёлтый    3 – фиолетовый    3 – зелёный

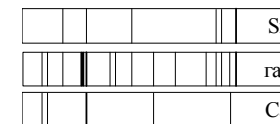
**A17** На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева.

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

Укажите число электронов в атоме натрия Na.

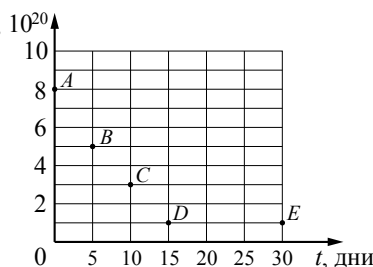
- 1) 8
- 2) 12
- 3) 23
- 4) 11

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



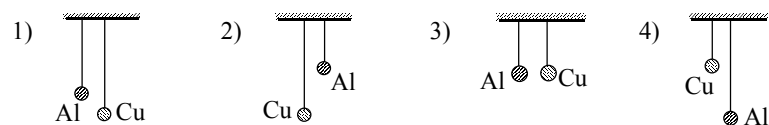
- 1) только стронция (Sr)
- 2) стронция (Sr), кальция (Ca) и другого вещества
- 3) только стронция (Sr) и кальция (Ca)
- 4) только кальция (Ca)

**A19** Ядра висмута  $^{210}_{83}\text{Bi}$  испытывают  $\beta^-$ -распад с периодом полураспада 5 дней. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер висмута. Через какую из точек, кроме точки A, пройдёт график зависимости от времени числа ядер радиоактивного висмута в образце?

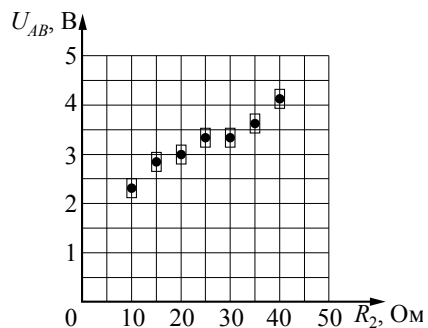
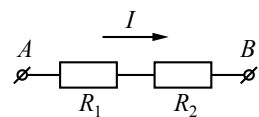


- 1) C
- 2) E
- 3) B
- 4) D

**A20** Необходимо экспериментально выяснить зависимость периода малых колебаний математического маятника от вещества, из которого изготовлен груз. Какую пару маятников можно взять для этой цели? Грузы маятников – полые шарики из меди и алюминия одинаковой массы и одинакового внешнего диаметра.



**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 ( $\Delta R = \pm 1 \text{ Ом}$ ;  $\Delta U = \pm 0,2 \text{ В}$ ) найдите сопротивление резистора  $R_2$ , при котором напряжение на концах участка цепи  $AB$  равно 4,5 В.



- 1) 50 Ом
- 2) 80 Ом
- 3) 65 Ом
- 4) 40 Ом

**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  $\Delta t$ . Если действующая на тело сила уменьшится, то как изменится модуль импульса силы, модуль ускорения тела и модуль изменения импульса тела в течение того же промежутка времени  $\Delta t$ ?  
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 увеличении внутреннего сопротивления источника следующие величины: общее сопротивление 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.

Общее сопротивление 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) количество теплоты, отдаваемое двигателем за цикл  
 Б) КПД двигателя

**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 отрицательно заряженная частица влетает в однородное электрическое поле так, что вектор  $\vec{v}_0$  перпендикулярен напряжённости электрического поля  $\vec{E}$  (рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор  $\vec{v}_0$  той же частицы параллелен индукции магнитного поля  $\vec{B}$  (рис. 2).

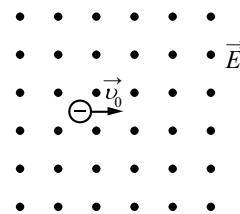


Рис. 1

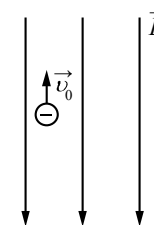


Рис. 2

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.

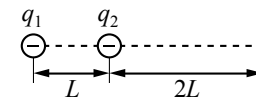
**A22** Камень, брошенный почти вертикально вверх с крыши дома высотой 15 м, упал на землю со скоростью 20 м/с. Сколько времени летел камень? Сопротивление воздуха не учитывать.

- 1) 1 с
- 2) 1,33 с
- 3) 3 с
- 4) 5 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 пара в сосуде после изменения объёма.

- 1) 2,5 г
- 2) 2 г
- 3) 3 г
- 4) 4 г

**A24** Два точечных отрицательных заряда:  $q_1 = -30$  нКл и  $q_2 = -10$  нКл находятся в вакууме на расстоянии  $L = 0,5$  м друг от друга. Определите величину напряжённости электрического поля этих зарядов в точке  $A$ , расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии  $2L$  от второго заряда (см. рисунок).



- 1) 105 Н/Кл
- 2) 420 Н/Кл
- 3) 210 Н/Кл
- 4) 375 Н/Кл

**A25** Красная граница фотоэффекта для калия  $\lambda = 0,62$  мкм. Какова максимальная скорость фотоэлектронов при облучении калиевого фотокатода светом частотой  $\nu = 8 \cdot 10^{14}$  Гц?

- 1) 680 км/с
- 2) 16 км/с
- 3) 160 км/с
- 4) 68 км/с

*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 одинаковому источнику постоянного напряжения и одинаковым лампам, как показано на рисунках а и б. Пластины конденсаторов имеют разную площадь, но расстояние между пластинами в конденсаторах одинаковое (см. рисунок). 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.

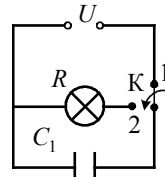


Рис. а

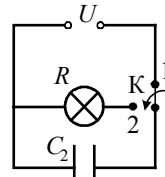
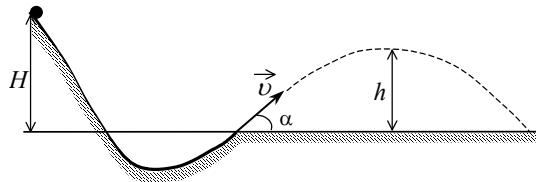


Рис. б

**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.**

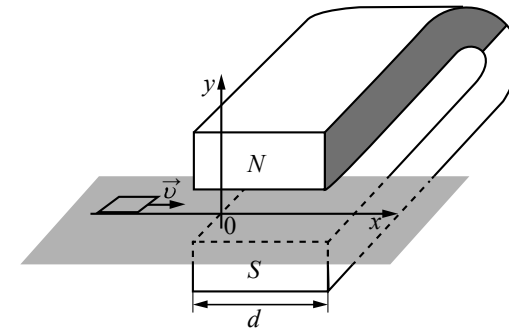
- C2** При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по гладкому трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с некоторой высоты (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Пролетев по воздуху, он приземляется на горизонтальный стол, поднявшись в полёте на высоту  $h$  над краем трамплина. С какой высоты  $H$  начинал движение гонщик?



- C3** Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является  $\nu$  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  $\eta$ . Максимальная температура в этом цикле равна  $T_0$ . Определите минимальную температуру  $T$  в этом циклическом процессе.

- C4** По однородному цилиндрическому алюминиевому проводнику сечением  $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$  пропустили ток 10 А. Определите промежуток времени, в течение которого температура проводника повысится на 10 К. 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  $v$ . Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка успевает пройти между полюсами магнита и оказаться в области, где магнитное поле отсутствует. Ширина полюсов магнита  $d = 20 \text{ см}$ , магнитное поле имеет резкую границу и однородно между полюсами, а его индукция  $B = 1 \text{ Тл}$ . Возникающие в рамке индукционные токи нагревают проволоку. Чему равна скорость движения рамки, если за время движения в ней выделяется количество теплоты  $Q = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ ?



- C6** Число фотонов, излучаемых лазерной указкой мощностью  $P = 2 \text{ мВт}$  за 1 с, равно  $4 \cdot 10^{15}$ . Определите длину волны  $\lambda$  излучения лазерной указки.