

**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 (A1–A21). К каждому заданию даётся четыре варианта ответа, из которых только один правильный.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), на которые надо дать краткий ответ в виде последовательности цифр.

Часть 3 содержит 10 задач: A22–A25 с выбором одного верного ответа и C1–C6, 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**

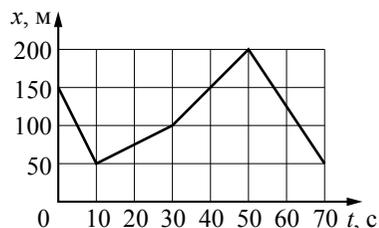
Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10 <sup>9</sup>	санти	с	10 <sup>-2</sup>
мега	М	10 <sup>6</sup>	милли	м	10 <sup>-3</sup>
кило	к	10 <sup>3</sup>	микро	мк	10 <sup>-6</sup>
гекто	г	10 <sup>2</sup>	нано	н	10 <sup>-9</sup>
деци	д	10 <sup>-1</sup>	пико	п	10 <sup>-12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

<b>Константы</b>		$\pi = 3,14$	
число $\pi$		$g = 10 \text{ м/с}^2$	
ускорение свободного падения на Земле		$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$	
гравитационная постоянная		$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$	
универсальная газовая постоянная		$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$	
постоянная Больцмана		$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$	
постоянная Авогадро		$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	
скорость света в вакууме		$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$	
коэффициент пропорциональности в законе Кулона		$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)		$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$	
постоянная Планка			
<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  $t$ . Определите по графику интервал времени после начала движения, когда проекция скорости велосипедиста на ось  $Ox$  равна  $2,5$  м/с.



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

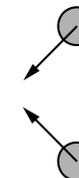
**A2** Спутник движется по круговой орбите радиусом  $6,6 \cdot 10^6$  м, имея скорость  $7,8$  км/с. Центробежное ускорение спутника равно

- 1)  $5$  м/с<sup>2</sup>
- 2)  $20$  м/с<sup>2</sup>
- 3)  $18,8$  м/с<sup>2</sup>
- 4)  $9,2$  м/с<sup>2</sup>

**A3** Тело массой  $m$  висит на пружине жёсткости  $k$ . Если на пружину с вдвое меньшей жёсткостью подвесить груз 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** Одинаковые шары движутся с одинаковыми по модулю скоростями в направлениях, указанных стрелками на рисунке, и абсолютно упруго соударяются. Как будет направлен суммарный импульс шаров после их столкновения?



- 1) ↓
- 2) ←
- 3) ↙
- 4) ↖

**A5** Два груза одинаковой массы подняли с одинаковой исходной высоты в верхнюю точку наклонной плоскости: один груз – вталкивая вверх вдоль наклонной плоскости, а другой – поднимая вертикально. При этом модуль работы силы тяжести, действующей на грузы,

- 1) больше при подъёме груза вертикально вверх
- 2) для первого груза зависит от угла наклона плоскости
- 3) больше при подъёме груза вдоль наклонной плоскости
- 4) одинаковый для обоих грузов

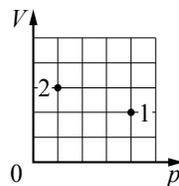
**A6** Как надо изменить массу груза пружинного маятника, чтобы уменьшить частоту его колебаний в 2 раза?

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

**A7** Частицы вещества находятся, в среднем, на таких больших расстояниях друг от друга, при которых силы взаимодействия между ними незначительны. В этом агрегатном состоянии вещество

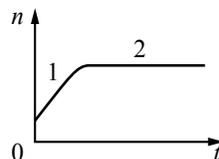
- 1) хорошо сжимается
- 2) сохраняет и форму, и начальный объём
- 3) сохраняет начальный объём
- 4) сохраняет свою начальную форму

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



- 1)  $T_2 = \frac{8}{3}T_1$
- 2)  $T_2 = 3T_1$
- 3)  $T_2 = \frac{3}{8}T_1$
- 4)  $T_2 = T_1$

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



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

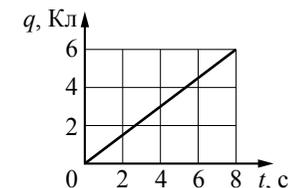
**A10** Алюминиевому и железному цилиндрам одинаковой массы сообщили одинаковое количество теплоты. Воспользовавшись таблицами, приведёнными на стр. 2, определите примерное отношение изменения температур этих цилиндров  $\frac{\Delta t_{Al}}{\Delta t_{Fe}}$ .

- 1) 1
- 2) 0,5
- 3) 0,7
- 4) 1,4

**A11** В однородном электрическом поле, вектор напряжённости которого направлен горизонтально, на шелковых нитях одинаковой длины подвешены два шарика, заряды которых одинаковы. Масса первого шарика меньше массы второго. Какое из утверждений правильно?

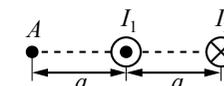
- 1) Угол отклонения первого шарика больше угла отклонения второго.
- 2) Углы отклонения шариков равны.
- 3) Шарик будут висеть вертикально.
- 4) Угол отклонения первого шарика меньше угла отклонения второго.

**A12** По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, проходящего через проводник, возрастает с течением времени согласно графику (см. рисунок). Сила тока в проводнике равна



- 1) 24 А
- 2) 1,33 А
- 3) 48 А
- 4) 0,75 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:

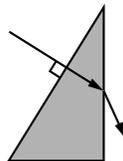


- 1)  $\vec{B}_1$  – вверх;  $\vec{B}_2$  – вверх
- 2)  $\vec{B}_1$  – вниз;  $\vec{B}_2$  – вверх
- 3)  $\vec{B}_1$  – вниз;  $\vec{B}_2$  – вниз
- 4)  $\vec{B}_1$  – вверх;  $\vec{B}_2$  – вниз

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

- 1) 1,6 Тл
- 2) 0,8 Тл
- 3) 0,2 Тл
- 4) 0,4 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 воздуха в стекло
- 2) правильно изобразил ход луча на обеих границах
- 3) ошибся при изображении хода луча на обеих границах
- 4) ошибся при изображении хода луча только при переходе из стекла в воздух

**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 случае правильно указана возможная последовательность цветов монохроматического света, которым освещалась решётка?

- |                |                |               |                |
|----------------|----------------|---------------|----------------|
| 1) 1 – красный | 2) 1 – зелёный | 3) 1 – жёлтый | 4) 1 – красный |
| 2 – жёлтый     | 2 – жёлтый     | 2 – красный   | 2 – зелёный    |
| 3 – зелёный    | 3 – красный    | 3 – зелёный   | 3 – жёлтый     |

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

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

Укажите число электронов в атоме алюминия Al.

- 1) 13
- 2) 8
- 3) 3
- 4) 27

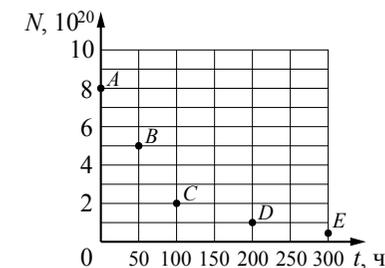
**A18** В таблице приведены значения энергии для третьего и четвёртого энергетических уровней атома водорода.

Номер уровня	Энергия, $10^{-19}$ Дж
3	-2,42
4	-1,36

Какова энергия фотона, излучаемого атомом при переходе электрона с четвёртого уровня на третий?

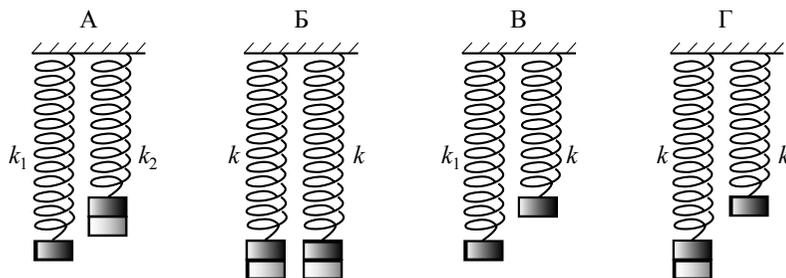
- 1)  $2,42 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 2)  $1,06 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 3)  $1,36 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 4)  $3,78 \cdot 10^{-19}$  Дж

**A19** Ядра эрбия  $^{172}_{68}\text{Er}$  испытывают  $\beta^-$ -распад с периодом полураспада 50 часов. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер эрбия. Через какую из точек, кроме точки A, пройдёт график зависимости от времени числа ядер радиоактивного эрбия в образце?



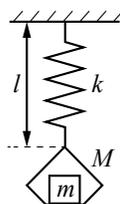
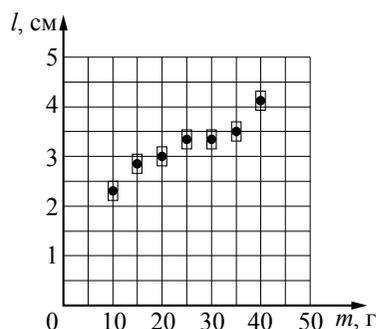
- 1) D
- 2) B
- 3) E
- 4) C

**A20** Необходимо экспериментально обнаружить зависимость периода колебаний пружинного маятника от массы груза. Какую пару маятников нужно использовать для этой цели?



- 1) А и Г
- 2) только Б
- 3) только В
- 4) только Г

**A21** На графике представлены результаты измерения длины пружины при различных значениях массы грузов, лежащих в чашке пружинных весов (см. рисунок).



С учётом погрешностей измерений ( $\Delta m = \pm 1$  г;  $\Delta l = \pm 0,2$  см) найдите длину пружины, когда на чашке весов лежит груз массой 50 г.

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

**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, поступательно движущееся в инерциальной системе отсчёта, действовала постоянная равнодействующая сила  $\vec{F}$  в течение времени  $\Delta t$ . Если время  $\Delta t$  действия силы уменьшится, то как изменятся модуль импульса силы, модуль ускорения тела и модуль изменения импульса тела? 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 тока и внешнего сопротивления. Как изменятся при уменьшении внутреннего сопротивления источника тока следующие величины: сила тока во внешней цепи, напряжение на внешнем сопротивлении, общее сопротивление цепи? 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	Напряжение на внешнем сопротивлении	Общее сопротивление цепи

**В3** Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна  $T_1$ , а температура холодильника равна  $T_2$ . За цикл двигатель получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1$ . 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 холодильнику
- Б) КПД двигателя

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $1 - \frac{T_2}{T_1}$
- 2)  $\frac{Q_1(T_1 - T_2)}{T_1}$
- 3)  $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$
- 4)  $\frac{Q_1 T_2}{T_1}$

Ответ:

А	Б

**В4** В первой экспериментальной установке положительно заряженная частица влетает в однородное магнитное поле так, что вектор  $\vec{v}_0$  перпендикулярен индукции магнитного поля (рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор  $\vec{v}_0$  той же частицы параллелен напряжённости электрического поля (рис. 2).

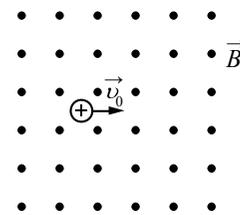


Рис. 1

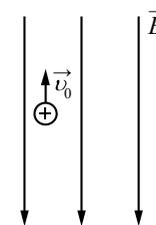


Рис. 2

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.

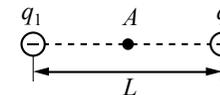
**A22** Камень, брошенный почти вертикально вверх с поверхности земли, через 3 с после броска упал на крышу дома высотой 15 м. Найдите начальную скорость камня. Сопротивление воздуха не учитывать.

- 1) 20 м/с
- 2) 30 м/с
- 3) 10 м/с
- 4) 5 м/с

**A23** В закрытом сосуде находится 6 г водяного пара под давлением 25 кПа и при температуре 100 °С. Не изменяя температуры, объём сосуда уменьшили в 8 раз. Найдите массу пара, оставшегося после этого в сосуде.

- 1) 0,5 г
- 2) 1,5 г
- 3) 3 г
- 4) 4,5 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) 160 Н/Кл
- 2) 320 Н/Кл
- 3) 640 Н/Кл
- 4) 125 Н/Кл

**A25** Металлический фотокатод освещён светом длиной волны  $\lambda = 0,42$  мкм. Максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих с поверхности фотокатода,  $v = 580$  км/с. Какова длина волны красной границы фотоэффекта для этого металла?

- 1) 0,62 мкм
- 2) 0,82 мкм
- 3) 1,24 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. 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.

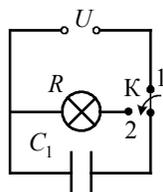


Рис. а

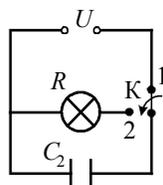
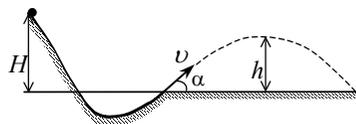


Рис. б

**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.**

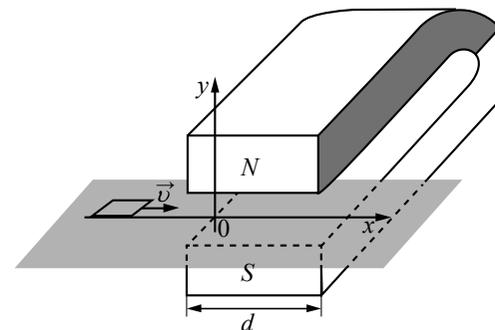
**C2** При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по гладкому трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с высоты  $H$  (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Пролетев по воздуху, он приземляется на горизонтальный стол, находящийся на той же высоте, что и край трамплина. Какова максимально возможная высота полёта гонщика?



**C3** Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является  $\nu$  молей идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на  $\Delta T$ , а КПД тепловой машины равен  $\eta$ . Определите работу, совершённую газом в изотермическом процессе.

**C4** Определите силу тока, протекающего через однородный цилиндрический алюминиевый проводник сечением  $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ , если за 15 с его температура повысилась 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  $v = 1 \text{ м/с}$ . 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  $Ox$ . Чему равна суммарная работа внешней силы за время движения рамки? Ширина полюсов магнита  $d = 20 \text{ см}$ , магнитное поле имеет резкую границу, однородно между полюсами, а его индукция  $B = 1 \text{ Тл}$ .



**C6** Мощность излучения лазерной указки с длиной волны  $\lambda = 500 \text{ нм}$  равна 1 мВт. Определите время, за которое лазерная указка излучает  $N = 5 \cdot 10^{15}$  фотонов.