

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**Вариант № 101****Инструкция по выполнению работы**

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 5 заданий (B1–B5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий B1 и B2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий B3–B5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 задач (C1–C6), для которых требуется дать развернутые решения.

При выполнении заданий B3–B5 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При 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.

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санتي	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	$\pi = 3,14$
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	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
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 К = – 273°C
атомная единица массы	1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 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	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота

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

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

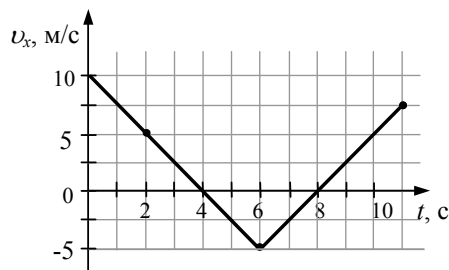
Молярная масса

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

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1

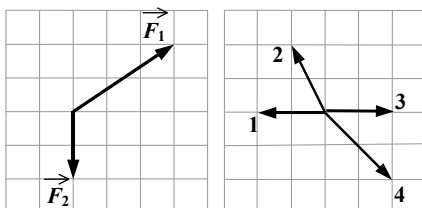


Тело движется по оси x . По графику зависимости проекции скорости тела v_x от времени t установите, какой путь прошло тело за время от $t_1 = 0$ до $t_2 = 6$ с.

- 1) 10 м 2) 15 м 3) 25 м 4) 45 м

A2

На тело в инерциальной системе отсчета действуют две силы. Какой из векторов, изображенных на правом рисунке, правильно указывает направление ускорения тела в этой системе отсчета?



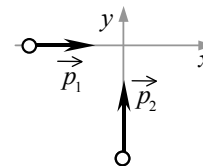
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A3

Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. У первой из них радиус орбиты вдвое больше, чем у второй. Каково отношение $\frac{F_1}{F_2}$ сил притяжения к звезде первой и второй планет?

- 1) $\frac{1}{2}$ 2) 2 3) $\frac{1}{4}$ 4) 4

A4



Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела $p_1 = 3$ кг·м/с, а второго тела $p_2 = 4$ кг·м/с. Чему равен модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?

- 1) 1 кг·м/с 2) 5 кг·м/с 3) 4 кг·м/с 4) 7 кг·м/с

A5

Ящик тянут по земле за веревку по горизонтальной окружности длиной $L = 40$ м с постоянной по модулю скоростью. Работа силы тяги за один оборот по окружности $A = 2,4$ кДж. Чему равен модуль силы трения, действующей на ящик со стороны земли?

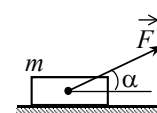
- 1) 0 2) 19 Н 3) 60 Н 4) 190 Н

A6

Период колебаний потенциальной энергии пружинного маятника 1 с. Каким будет период ее колебаний, если массу груза маятника и жесткость пружины увеличить в 4 раза?

- 1) 1 с 2) 2 с 3) 4 с 4) 0,5 с

A7



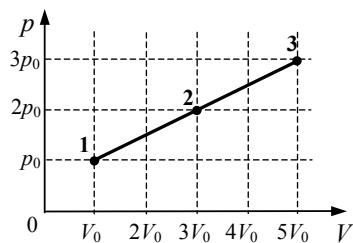
Брусok массой $m = 2$ кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок). Модуль этой силы $F = 12$ Н. Коэффициент трения между бруском и плоскостью $\mu = 0,2$. Чему равен модуль силы трения $F_{\text{тр}}$, действующей на брусok?

- 1) 2,8 Н 2) 4,0 Н 3) 6,0 Н 4) 10,4 Н

A8

В комнате в одном сосуде находится водород, а в другом – азот. Средние значения кинетической энергии поступательного теплового движения молекул водорода и молекул азота одинаковы в том случае, если у этих газов одинаковы значения

- 1) давления
2) количества вещества
3) плотности
4) температуры

A9

На рисунке показан график процесса, проведенного над 1 моле идеального газа. Найдите отношение температур $\frac{T_3}{T_1}$.

- 1) 6 2) 5 3) 3 4) 15

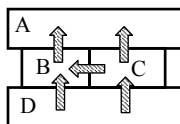
A10

Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 70%. Воздух изотермически сжали, уменьшив его объем в два раза. Относительная влажность воздуха стала

- 1) 35% 2) 70% 3) 100% 4) 140%

A11

Четыре металлических бруска положили вплотную друг к другу, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи от бруска к бруску. Температуры брусков в данный момент 100°C , 80°C , 60°C , 40°C . Температуру 100°C имеет брусок



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

A12

В процессе эксперимента внутренняя энергия газа уменьшилась на 13 кДж, и он получил от нагревателя количество теплоты, равное 3 кДж. Следовательно, газ

- 1) сжали, совершив работу 10 кДж
2) расширился, совершив работу 16 кДж
3) расширился, совершив работу 10 кДж
4) сжали, совершив работу 16 кДж

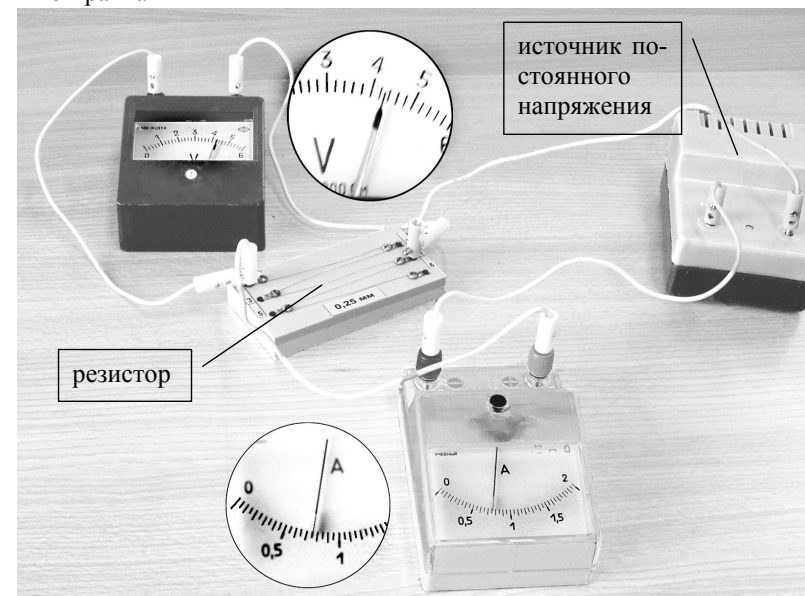
A13

Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами уменьшили в 3 раза, величину одного из зарядов также уменьшили в 3 раза. Сила электрического взаимодействия между ними

- 1) увеличилась в 3 раза
2) уменьшилась в 3 раза
3) уменьшилась в 27 раз
4) не изменилась

A14

На рисунке приведена фотография электрической цепи, собранной учеником для исследования зависимости силы тока, проходящего через резистор, от напряжения на нем. При напряжении на резисторе 6 В сила тока в нем равна



- 1) 1,0 А 2) 3,4 А 3) 0,8 А 4) 1,7 А

A15

Два прямолинейных проводника помещены в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции $\vec{B}$. Длина первого проводника L , по нему протекает ток I . Длина второго проводника $2L$, по нему протекает ток $\frac{1}{4}I$. Чему равно отношение $\frac{F_2}{F_1}$ модулей сил Ампера, действующих на проводники?

- 1) 1 2) 2 3) $\frac{1}{4}$ 4) $\frac{1}{2}$

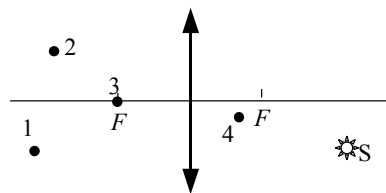
A16

В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора изменяется по закону $U_C = U_0 \cos \omega t$, где $U_0 = 4$ В, $\omega = 2\pi \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$. В какой из указанных ниже моментов времени энергия электрического поля конденсатора достигает максимума?



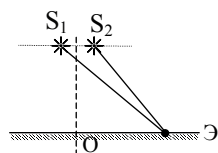
- 1) 0,25 мкс 2) 0,5 мкс 3) 0,75 мкс 4) 1,25 мкс

- A17** Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, является изображением точки S в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием F ?



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

A18

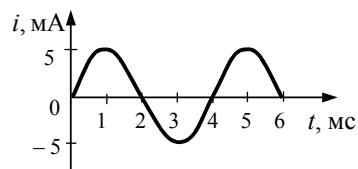


Два точечных источника света S_1 и S_2 находятся близко друг от друга и создают на удаленном экране $\mathcal{E}$ устойчивую интерференционную картину (см. рисунок). Это возможно, если S_1 и S_2 — малые отверстия в непрозрачном экране, освещенные

- 1) каждое своей лампочкой накаливания
2) каждое своей горящей свечой
3) каждое своим солнечным зайчиком от зеркал в руках человека
4) светом от одного и того же точечного источника

A19

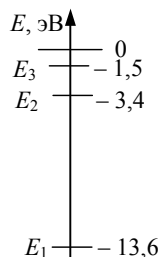
На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре с последовательно включенными конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна $0,2$ Гн. Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно



- 1) $2,5 \cdot 10^{-6}$ Дж 2) $5 \cdot 10^{-6}$ Дж 3) $5 \cdot 10^{-4}$ Дж 4) 10^{-3} Дж

A20

На рисунке представлены несколько самых нижних уровней энергии атома водорода. Может ли атом, находящийся в состоянии E_1 , поглотить фотон с энергией $1,5$ эВ?



- 1) да, при этом атом переходит в состояние E_2
2) да, при этом атом переходит в состояние E_3
3) да, при этом атом ионизируется, распадаясь на протон и электрон
4) нет, энергии фотона недостаточно для перехода атома в возбужденное состояние

A21

Какая доля радиоактивных атомов распадается через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

- 1) 100% 2) 75% 3) 50% 4) 25%

A22

Ядро висмута $^{211}_{83}\text{Bi}$ после одного α -распада и одного электронного β -распада превращается в ядро

- 1) таллия $^{209}_{81}\text{Tl}$
2) свинца $^{207}_{82}\text{Pb}$
3) золота $^{203}_{79}\text{Au}$
4) ртути $^{203}_{80}\text{Hg}$

A23

В таблице представлены результаты измерений максимальной энергии фотоэлектронов при двух разных значениях длины волны падающего монохроматического света ($\lambda_{\text{кр}}$ — длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта).

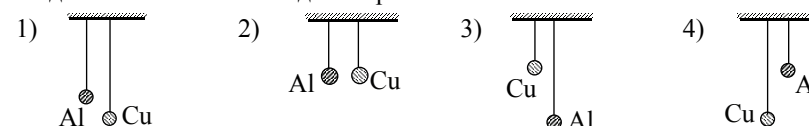
Длина волны падающего света λ	$0,5\lambda_{\text{кр}}$	$0,25\lambda_{\text{кр}}$
Максимальная энергия фотоэлектронов $E_{\text{макс}}$	E_0	—

Какое значение энергии пропущено в таблице?

- 1) E_0 2) $2E_0$ 3) $3E_0$ 4) $4E_0$

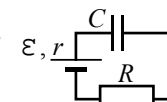
A24

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



A25

Конденсатор подключен к источнику тока последовательно с резистором $R = 10$ кОм (см. рисунок). Результаты измерений напряжения между обкладками конденсатора представлены в таблице. Точность измерения напряжения $\Delta U = \pm 0,1$ В.



$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$U, \text{В}$	0	3,8	5,2	5,7	5,9	6,0	6,0	6,0

Оцените силу тока в цепи в момент $t = 1$ с. Сопротивлением проводов и внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

- 1) 220 мкА 2) 80 мкА 3) 30 мкА 4) 10 мкА

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и других символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

- В1** В результате перехода с одной круговой орбиты на другую центростремительное ускорение спутника Земли увеличивается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника, скорость его движения по орбите и период обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Радиус орбиты	Скорость движения по орбите	Период обращения вокруг Земли

- В2** Установите соответствие между физическими процессами в идеальном газе неизменной массы и формулами, которыми эти процессы можно описать (N – число частиц, p – давление, V – объем, T – абсолютная температура). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

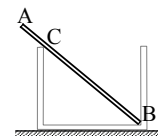
ПРОЦЕССЫ

ФОРМУЛЫ

- | | |
|---|---|
| <p>А) Изобарный процесс при $N = \text{const}$</p> <p>Б) Изохорный процесс при $N = \text{const}$</p> | <p>1) $\frac{p}{T} = \text{const}$</p> <p>2) $\frac{V}{T} = \text{const}$</p> <p>3) $pV = \text{const}$</p> <p>4) $VT = \text{const}$</p> |
|---|---|

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

В3

Однородный стержень АВ массой $m = 100$ г покоится, упираясь в стык дна и стенки банки концом В и опираясь на край банки в точке С (см. рисунок). Вертикальная составляющая силы, с которой стержень давит на сосуд в точке В, равна по модулю $0,6$ Н, а ее горизонтальная составляющая равна по модулю $0,3$ Н. Чему равен модуль силы, с которой стержень давит на стенку сосуда в точке С? Трением пренебречь.

В4

Две частицы, имеющие отношение зарядов $\frac{q_1}{q_2} = 2$ и отношение масс

$\frac{m_1}{m_2} = 1$, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно его линиям индукции и движутся по окружностям. Определите отношение периодов обращения этих частиц $\frac{T_1}{T_2}$.

В5

К потолку комнаты высотой 4 м прикреплена лампа накаливания. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 2 м. Центр лампы и центр диска лежат на одной вертикали. Каков диаметр тени диска на полу?

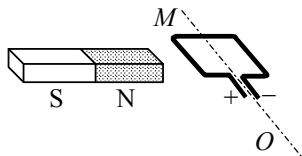
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания C1–C6 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 (C1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

C1

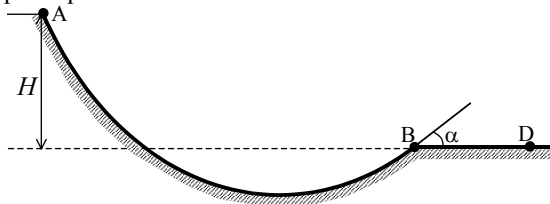
Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси MO , если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха.



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, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

C2

Шайба массой $m = 100$ г начинает движение по желобу AB из точки A из состояния покоя. Точка A расположена выше точки B на высоте $H = 6$ м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на $\Delta E = 2$ Дж. В точке B шайба вылетает из желоба под углом $\alpha = 15^\circ$ к горизонту и падает на землю в точке D , находящейся на одной горизонтали с точкой B (см. рисунок). Найдите BD . Сопротивлением воздуха пренебречь.

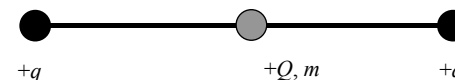


C3

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па. Расстояние от дна сосуда до поршня $L = 30$ см. Площадь поперечного сечения поршня $S = 25$ см². В результате медленного нагревания газа поршень сдвинулся на расстояние $x = 10$ см. При движении поршня на него со стороны стенок сосуда действует сила трения величиной $F_{\text{тр}} = 3 \cdot 10^3$ Н. Какое количество теплоты получил газ в этом процессе? Считать, что сосуд находится в вакууме.

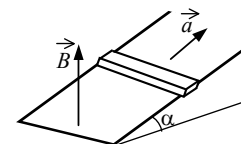
C4

По гладкой горизонтальной направляющей длины $2l$ свободно скользит бусинка с положительным зарядом $Q > 0$ и массой m . На концах направляющей находятся положительные заряды $q > 0$ (см. рисунок). Бусинка совершает малые колебания относительно положения равновесия, период которых равен T .



Чему будет равен период колебаний бусинки, если заряды на концах направляющей увеличить в 2 раза?

C5



Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (см. рисунок). По стержню протекает ток $I = 4$ А. Угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$. Отношение массы стержня к его длине $\frac{m}{L} = 0,1$ кг/м. Модуль индукции магнитного поля $B = 0,2$ Тл. Чему равно ускорение стержня?

Отношение массы стержня к его длине $\frac{m}{L} = 0,1$ кг/м. Модуль индукции магнитного поля $B = 0,2$ Тл. Чему равно ускорение стержня?

C6

Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем с напряженностью $E = 5 \cdot 10^4$ В/м. Какой должна быть длина пути электрона S в электрическом поле, чтобы он разогнался до скорости, составляющей 10% от скорости света в вакууме? Релятивистские эффекты не учитывать.