

**Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

**Инструкция по выполнению работы**

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из 2 частей, включающих в себя 32 задания.

Ответы к заданиям 1, 2, 8, 9, 13, 14, 19, 20 и 23 записываются по приведённому ниже образцу в виде одной цифры, которая соответствует номеру правильного ответа. Эту цифру запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: 

4
---

2	4																		
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

В заданиях 3–5, 10, 15, 16, 21, 25–27 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ Ответ: 7,5 см.      

3	7	,	5																
---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

Ответом к заданиям 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 является последовательность двух цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: 

А	Б
---	---

4	1																		
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

Ответ к заданиям 28–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.

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 $\pi$	$\pi = 3,14$
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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

<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>		подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 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

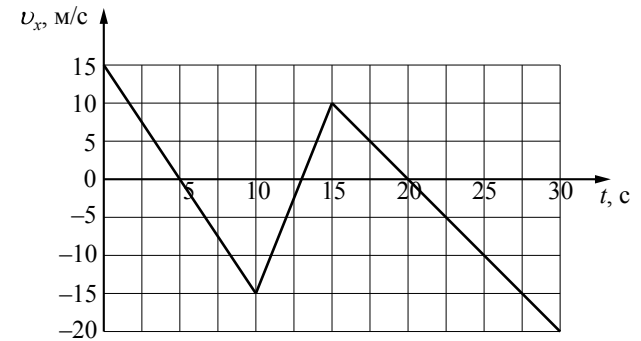
**Нормальные условия:** давление 10<sup>5</sup> Па, температура 0 °С

<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

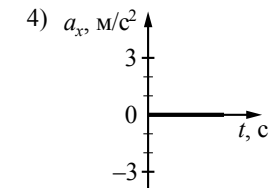
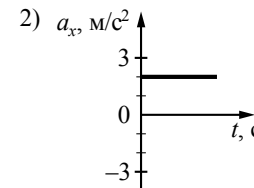
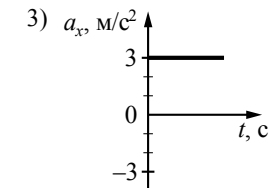
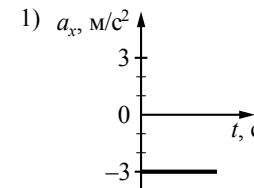
**Часть 1**

*Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**1** На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени.

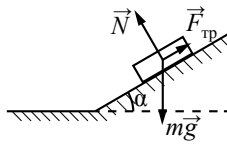


Какой из указанных ниже графиков совпадёт с графиком зависимости от времени проекции ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 0 до 10 с?



Ответ:

2) Брусок лежит на шероховатой наклонной опоре (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила нормальной реакции опоры  $\vec{N}$  и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ . Чему равен модуль равнодействующей сил  $\vec{F}_{\text{тр}}$  и  $\vec{N}$ , если брусок движется равномерно вниз по прямой?



- 1)  $F_{\text{тр}} + N$
- 2)  $N \cos \alpha$
- 3)  $F_{\text{тр}} \sin \alpha$
- 4)  $mg$

Ответ:

3) Сила притяжения Земли к Солнцу в 22,5 раза больше, чем сила притяжения Марса к Солнцу. Во сколько раз расстояние между Марсом и Солнцем больше расстояния между Землёй и Солнцем, если масса Земли в 10 раз больше массы Марса?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

4) Под действием постоянной силы за 10 с импульс тела, движущегося по прямой в одном направлении, изменился на 50 кг · м/с. Чему равен модуль силы?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

5) Саксофон (бас) издаёт звуки в диапазоне от  $\nu_1 = 80$  Гц до  $\nu_2 = 8000$  Гц. Каково отношение граничных длин звуковых волн  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  этого диапазона?

Ответ: \_\_\_\_\_.

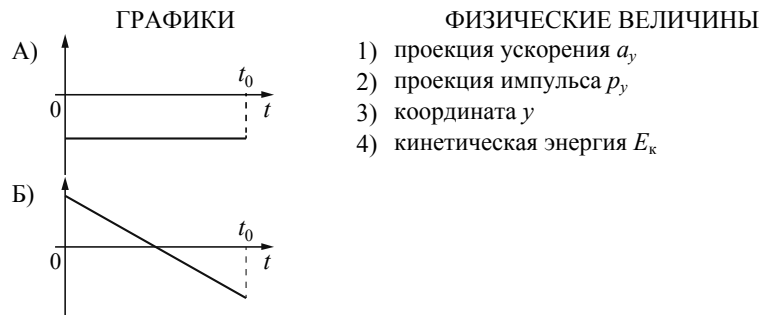
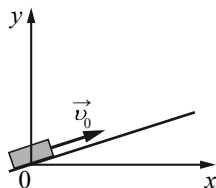
6) Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как изменяются кинетическая энергия груза и его потенциальная энергия в поле тяжести, когда груз движется вниз от положения равновесия? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Кинетическая энергия груза	Потенциальная энергия груза в поле тяжести

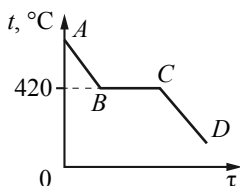
7 После удара в момент времени  $t=0$  шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.  $t_0$  – время движения шайбы по наклонной плоскости. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Ответ:

А	Б
---	---

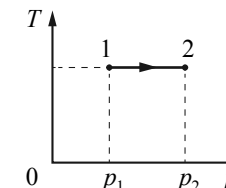
8 На рисунке изображён график зависимости температуры некоторой массы цинка от времени его охлаждения. Температура плавления (кристаллизации) цинка  $420^\circ\text{C}$ . Каким участкам графика соответствуют процессы, в которых цинк выделяет энергию?



- 1) только  $AB$  и  $CD$
- 2) только  $BC$  и  $CD$
- 3) только  $AB$  и  $BC$
- 4)  $AB$ ,  $BC$  и  $CD$

Ответ:

9 На  $Tr$ -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдал  $50$  кДж теплоты. Масса газа не меняется. Выберите верное утверждение, характеризующее этот процесс.



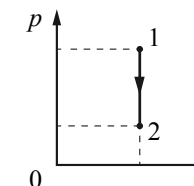
- 1) Внешние силы совершили работу, равную  $25$  кДж.
- 2) Внешние силы работу не совершали.
- 3) Внешние силы совершали работу, равную  $50$  кДж.
- 4) Работа газа положительна и равна  $50$  кДж.

Ответ:

10 Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна  $40\%$ . Определите относительную влажность, если объём сосуда за счёт движения поршня при неизменной температуре уменьшить в  $3$  раза.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

11 Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как изменяются при этом объём газа и его внутренняя энергия? 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.

Объём газа	Внутренняя энергия газа

- 12** В цилиндре под поршнем находится идеальный одноатомный газ. Формулы А и Б ( $p$  – давление;  $V$  – объём;  $\nu$  – количество вещества;  $T$  – абсолютная температура) позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих состояние газа. Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФОРМУЛЫ

- А)  $\frac{\nu RT}{V}$   
 Б)  $\frac{\nu RT}{p}$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) давление  
 2) объём  
 3) молярная масса газа  
 4) масса газа

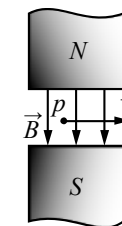
Ответ:

А	Б

- 13** К шару отрицательно заряженного электромметра поднесли, не касаясь его, пластмассовую палочку. Стрелка электромметра повернулась так, что угол между ней и стержнем электромметра увеличился. Такой эффект может наблюдаться, если палочка
- 1) заряжена положительно
  - 2) заряжена отрицательно
  - 3) не заряжена
  - 4) имеет заряд любого знака

Ответ:

- 14** Протон  $p$  влетает в зазор между полюсами электромагнита с горизонтальной скоростью  $\vec{v}$ , лежащей в плоскости рисунка. Вектор индукции  $\vec{B}$  магнитного поля направлен вертикально. Куда направлена действующая на протон сила Лоренца?
- 1) от наблюдателя за плоскость рисунка  $\otimes$
  - 2) к наблюдателю из-за плоскости рисунка  $\odot$
  - 3) горизонтально вправо в плоскости рисунка  $\rightarrow$
  - 4) горизонтально влево в плоскости рисунка  $\leftarrow$



Ответ:

- 15** На корпусе электропечи-ростера имеется надпись: «220 В, 660 Вт». Найдите силу тока, потребляемого ростером.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 16** Точечный источник света находится на расстоянии 1,2 м от плоского зеркала. На сколько уменьшится расстояние между источником и его изображением, если, не поворачивая зеркала, подвинуть его ближе к источнику на 0,3 м?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

**17** Плоский конденсатор с воздушным зазором между обкладками подключён к источнику постоянного напряжения. Как изменятся величина заряда конденсатора и разность потенциалов между его обкладками при увеличении зазора между ними?

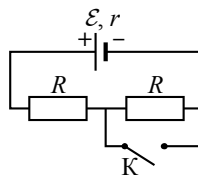
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Величина заряда конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

**18** На рисунке показана цепь постоянного тока. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\mathcal{E}$  – ЭДС источника напряжения;  $r$  – внутреннее сопротивление источника;  $R$  – сопротивление резистора).



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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) напряжение на источнике при замкнутом ключе К
- Б) сила тока через источник при разомкнутом ключе К

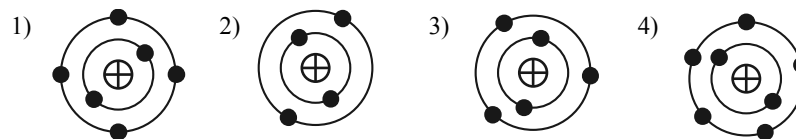
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{\mathcal{E}R}{R+r}$
- 2)  $\frac{2\mathcal{E}r}{2R+r}$
- 3)  $\frac{\mathcal{E}}{2R+r}$
- 4)  $\frac{\mathcal{E}}{R+r}$

Ответ:

А	Б

**19** На рисунке изображены модели четырёх нейтральных атомов. Чёрными кружочками обозначены электроны. Атому  $^{12}_6\text{C}$  соответствует модель



Ответ:

**20** При бомбардировке изотопа бора  $^{10}_5\text{B}$   $\alpha$ -частицами  $^4_2\text{He}$  образуются изотоп азота  $^{13}_7\text{N}$  и

- 1) позитрон  $^0_{+1}e$
- 2) протон  $^1_1\text{H}$
- 3) нейтрон  $^1_0n$
- 4) электрон  $^0_{-1}e$

Ответ:

**21** Период полураспада изотопа  $^{227}_{89}\text{Ac}$  составляет 10 дней. Образец изначально содержит большое число ядер этого изотопа. Через сколько дней число ядер этого изотопа в образце уменьшится в 4 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ дней.

22 Интенсивность монохроматического светового пучка плавно уменьшают, не меняя частоту света. Как изменяются при этом концентрация фотонов в световом пучке и скорость каждого фотона?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

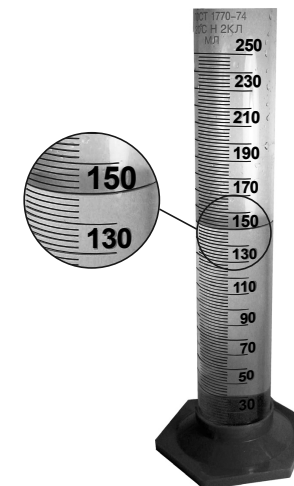
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Концентрация фотонов	Скорость фотона

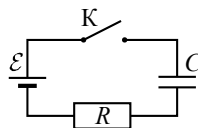
23 Для проведения опыта ученик налил воду в мензурку. Шкала мензурки проградуирована в миллилитрах (мл). Погрешность измерений объёма равна цене деления шкалы мензурки. Чему равен объём налитой учеником воды?

- 1)  $(150 \pm 1)$  мл
- 2)  $(150 \pm 2)$  мл
- 3)  $(150,0 \pm 0,2)$  мл
- 4)  $(150 \pm 5)$  мл

Ответ:



24 Конденсатор подключён к источнику тока последовательно с резистором  $R = 20$  кОм (см. рисунок). В момент времени  $t = 0$  ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи представлены в таблице.



$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{ мкА}$	300	110	40	15	5	2	1

Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь. Выберите **два** верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

- 1) В момент времени  $t = 3$  с напряжение на резисторе равно 0,6 В.
- 2) Через 6 с после замыкания ключа конденсатор полностью зарядился.
- 3) ЭДС источника тока составляет 6 В.
- 4) В момент времени  $t = 3$  с напряжение на конденсаторе равно 5,7 В.
- 5) Ток через резистор в процессе наблюдения увеличивается.

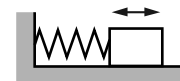
Ответ:

--	--

**Часть 2**

*Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25 Груз, прикрепленный к пружине жёсткости 200 Н/м, совершает гармонические колебания (см. рисунок). Максимальная кинетическая энергия груза при этом равна 1 Дж. Какова амплитуда колебаний груза?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

26 Цилиндрический сосуд разделён неподвижной теплоизолирующей перегородкой. В одной части сосуда находится кислород, в другой – водород, концентрации газов одинаковы. Давление кислорода в 2 раза больше давления водорода. Чему равно отношение средней кинетической энергии молекул кислорода к средней кинетической энергии молекул водорода?

Ответ: \_\_\_\_\_.

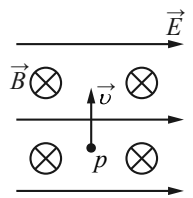
27 Чему равна сила Ампера, действующая на стальной прямой проводник с током длиной 10 см и площадью поперечного сечения  $2 \cdot 10^{-2}$  мм<sup>2</sup>, если напряжение на нём 2,4 В, а модуль вектора магнитной индукции 1 Тл? Вектор магнитной индукции перпендикулярен проводнику. Удельное сопротивление стали 0,12 Ом · мм<sup>2</sup>/м.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

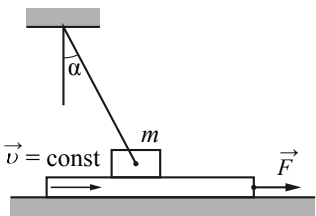
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*



Для записи ответов на задания (28–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

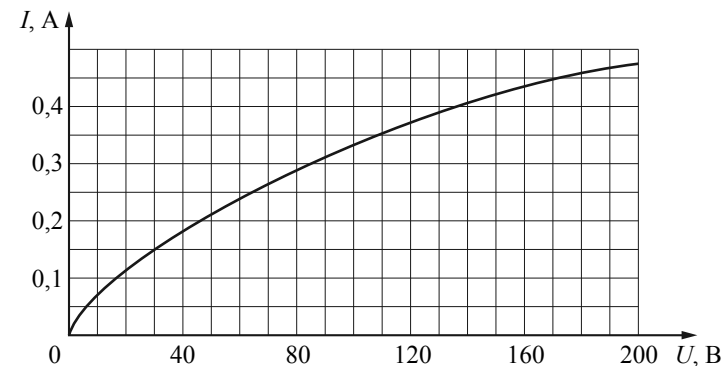
- 28 В камере, из которой откачан воздух, создали электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$  и магнитное поле индукцией  $\vec{B}$ . Поля однородные,  $\vec{E} \perp \vec{B}$ . В камеру влетает протон  $p$ , вектор скорости которого перпендикулярен  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , как показано на рисунке. Модули напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Как изменится начальный участок траектории протона, если его скорость увеличить? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.
- 

Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать 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.

- 29 Брусок массой  $m=1$  кг, привязанный к потолку лёгкой нитью, опирается на массивную горизонтальную доску. Под действием горизонтальной силы  $\vec{F}$  доска движется поступательно вправо с постоянной скоростью (см. рисунок). Брусок при этом неподвижен, а нить образует с вертикалью угол  $\alpha=30^\circ$  (см. рисунок). Найдите  $F$ , если коэффициент трения бруска по доске  $\mu=0,2$ . Трением доски по опоре пренебречь.
- 

- 30 Два сосуда объёмами 20 л и 30 л, соединённые трубкой с краном, содержат влажный воздух при комнатной температуре. Относительная влажность в сосудах равна соответственно 30% и 40%. Если кран открыть, то какой будет относительная влажность воздуха в сосудах после установления теплового равновесия, считая температуру постоянной?

- 31 На рисунке изображена зависимость силы тока через лампу накаливания от приложенного к ней напряжения. При последовательном соединении двух таких ламп и источника сила тока в цепи оказалась равной 0,35 А. Каково напряжение на клеммах источника? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



- 32 Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой:  $E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$ . При переходах с верхних уровней энергии на нижние атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с  $n = 1$  образуют серию Лаймана, на уровень с  $n = 2$  – серию Бальмера и т. д. Найдите отношение  $\gamma$  максимальной длины волны фотона в серии Бальмера к максимальной длине волны фотона в серии Лаймана.