

## Вариант 1

### Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 30 заданий.

В заданиях 1–3, 7–9, 12–14 и 18 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ 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: -2,5 м/с<sup>2</sup>.

-	2	,	5																
---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Бланк

Ответом к заданиям 4–6, 10, 11, 15–17, 20, 21 и 23 является последовательность 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

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

Бланк

Ответом к заданию 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.

1	,	4	0	,	2														
---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Бланк

Ответ к заданиям 24–30 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 или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. **Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.**

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

После завершения работы проверьте, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был записан под правильным номером.

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

#### Соотношения между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

#### 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	$1000 \text{ кг/м}^3$	подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
		ртути	$13\ 600 \text{ кг/м}^3$

#### Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

#### Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
----------------------	--------------------------------

плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

**Нормальные условия:** давление –  $10^5$  Па, температура –  $0^\circ\text{C}$

**Молярная масса**

азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите 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.

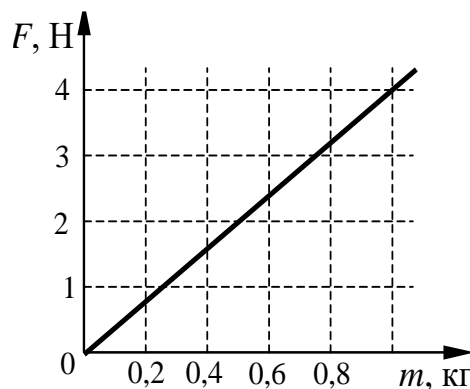
- 1 Автомобиль движется по прямой улице, совпадающей с осью  $Ox$ . На графике представлена зависимость проекции его скорости от времени.



Определите проекцию ускорения автомобиля  $a_x$  в интервале времени от 20 с до 30 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>

- 2 На графике показана зависимость силы тяжести от массы тела для некоторой планеты. Определите ускорение свободного падения на этой планете.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 3 Смещение груза пружинного маятника меняется с течением времени по закону  $x = A \sin \frac{2\pi}{T} t$ , где период  $T = 1$  с. Через какое минимальное время, начиная с момента  $t = 0$ , потенциальная энергия пружины маятника примет максимальное значение?

Ответ: через \_\_\_\_\_ с.

- 4 В таблице представлены данные о положении шарика, колеблющегося на пружине вдоль горизонтальной оси  $Ox$ , в различные моменты времени.

$t, c$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x, мм$	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	-5	-9	-12	-14	-15	-14

Из приведённого ниже списка выберите **все** верные утверждения относительно движения шарика.

- 1) Период колебаний шарика равен 2,0 с.
- 2) Потенциальная энергия пружины в момент времени 3,0 с максимальна.
- 3) Кинетическая энергия шарика в момент времени 1,0 с минимальна.
- 4) Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.
- 5) Полная механическая энергия маятника из шарика и пружины остаётся неизменной.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 5 В результате перехода межпланетного летательного аппарата с одной круговой орбиты вокруг Марса на другую центростремительное ускорение аппарата увеличивается. Как изменяются в результате этого перехода скорость движения аппарата по орбите и период его обращения вокруг Марса?  
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

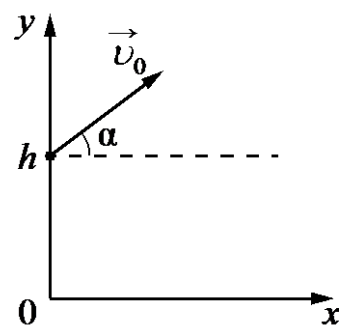
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Скорость движения аппарата по орбите	Период обращения аппарата вокруг Марса

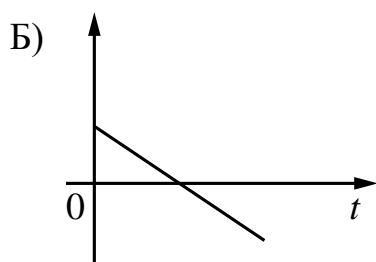
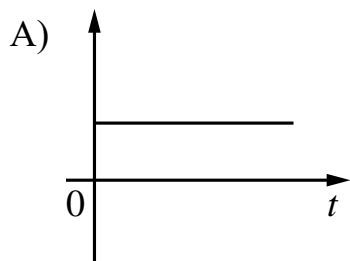
6

Мячик бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени  $t$ . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня  $y = 0$ .



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

## ГРАФИКИ



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата  $x$  мячика
- 2) проекция импульса мячика на ось  $x$
- 3) проекция скорости мячика на ось  $y$
- 4) потенциальная энергия мячика

Ответ:

А	Б

7

С идеальным газом происходит изохорный процесс, в котором в результате уменьшения абсолютной температуры газа в 2 раза его давление упало на 90 кПа. Масса газа постоянна. Каково было первоначальное давление газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

8

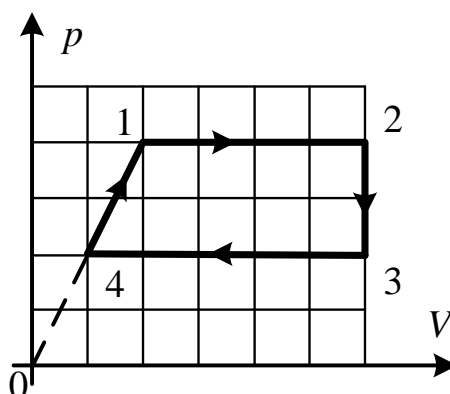
Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде равна 60%. Какой будет относительная влажность воздуха в сосуде, если при неизменной температуре уменьшить объём сосуда в 2,5 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 9 Рабочее тело теплового двигателя за цикл совершает работу, равную 15 кДж, и получает от нагревателя количество теплоты, равное 75 кДж. Какое количество теплоты рабочее тело отдаёт холодильнику за цикл?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 10 Один моль идеального одноатомного газа совершает циклический процесс 1–2–3–4–1, график которого показан на рисунке в координатах  $p$ - $V$ . Из предложенного перечня выберите *все* верные утверждения.



- 1) В процессе 1–2 газ совершает отрицательную работу;
- 2) В процессе 2–3 газу сообщают положительное количество теплоты;
- 3) В процессе 3–4 газ отдаёт положительное количество теплоты в окружающую среду;
- 4) В процессе 4–1 внутренняя энергия газа остаётся неизменной;
- 5) Работа, совершённая газом в процессе 1–2, в 1,6 раза больше работы, совершённой над газом в процессе 3–4.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**11** 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**

**ФОРМУЛЫ**

А) количество теплоты, отдаваемое двигателем за цикл холодильнику

1)  $1 - \frac{T_2}{T_1}$

Б) КПД двигателя

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

**12** Во сколько раз уменьшится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +6$  нКл и  $q_2 = -2$  нКл, если шарики привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**13** Прямолинейный проводник длиной  $L$ , по которому протекает ток  $I$ , помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции  $\vec{B}$ . Во сколько раз уменьшится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину увеличить в 2 раза, индукцию магнитного поля уменьшить в 4 раза, а силу тока в проводнике поддерживать прежней?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).



На шахматной доске на расстоянии шести клеток от вертикального плоского зеркала стоит ладья. На сколько уменьшится расстояние между ладьей и ее изображением, если ее на три клетки придвинуть к зеркалу?

Ответ: на \_\_\_\_\_ клеток(ки).

15

В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Изменение заряда конденсатора в колебательном контуре с течением времени показано в таблице.

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$q, 10^{-9} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Выберите **все** верные утверждения о процессе, происходящем в контуре.

- 1) Период колебаний равен  $16 \cdot 10^{-6} \text{ с}$ .
- 2) Частота колебаний равна 25 кГц.
- 3) В момент  $t = 8 \cdot 10^{-6} \text{ с}$  энергия электрического поля конденсатора максимальна.
- 4) В момент  $t = 12 \cdot 10^{-6} \text{ с}$  энергия магнитного поля катушки индуктивности минимальна.
- 5) В момент  $t = 4 \cdot 10^{-6} \text{ с}$  сила тока в контуре равна 0.

Ответ: \_\_\_\_\_.

16

Плоский конденсатор с воздушным зазором между обкладками подключён к источнику постоянного напряжения. Как изменятся электроёмкость конденсатора и напряжение между его обкладками в результате заполнения зазора между обкладками диэлектриком?

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.

Электроёмкость конденсатора	Напряжение между обкладками конденсатора

**17**

Пучок монохроматического света переходит из воздуха в воду. Частота световой волны –  $\nu$ ; скорость света в воздухе –  $c$ ; показатель преломления воды относительно воздуха –  $n$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) длина волны света в воде  
 Б) длина волны света в воздухе

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{c}{\nu}$   
 2)  $\frac{n \cdot c}{\nu}$   
 3)  $\frac{c}{n \cdot \nu}$   
 4)  $\frac{c \cdot \nu}{n}$

Ответ:

А	Б

**18**

Период полураспада изотопа магния  ${}_{12}^{28}\text{Mg}$  составляет 21 ч. Во сколько раз уменьшится первоначальное большое число атомов этого изотопа за 42 часа от начала наблюдения?

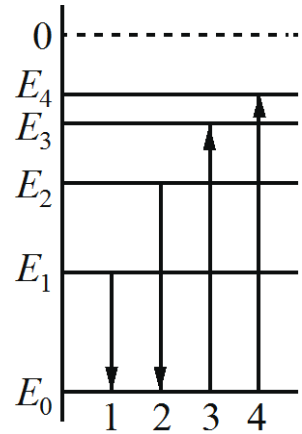
Ответ: \_\_\_\_\_ раз(а).

19

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с излучением света с наименьшей энергией и поглощением света с наибольшей длиной волны?

Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергетическими переходами атома, указанными стрелками.

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



## ПРОЦЕССЫ

- А) излучение света с наименьшей энергией  
 Б) поглощение света с наибольшей длиной волны

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

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

Ответ:

А	Б

20

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

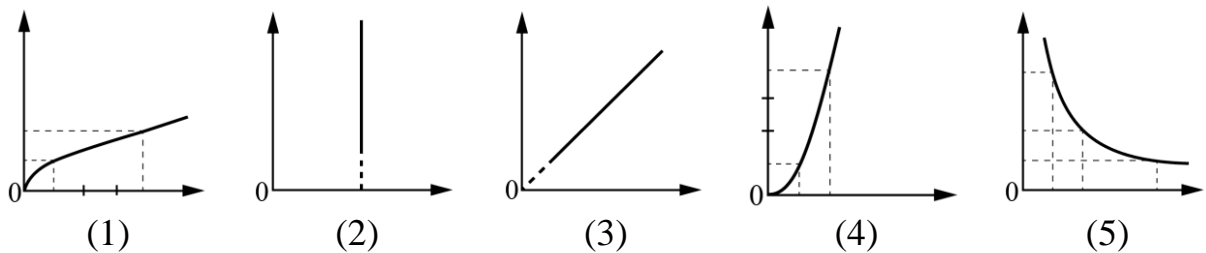
- 1) При совпадении частоты вынуждающей силы и собственной частоты колебательной системы наблюдается явление резонанса.
- 2) Процесс передачи количества теплоты от более нагретого тела к менее нагретому является обратимым.
- 3) В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц всегда равна нулю.
- 4) Дифракция волн хорошо наблюдается в тех случаях, когда размеры препятствий меньше длины волны или сравнимы с ней.
- 5) В планетарной модели атома в центре атома находится положительно заряженное ядро.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**21** Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость периода свободных колебаний пружинного маятника с жёсткостью пружины  $k$  от массы груза;
- Б) зависимость объёма постоянной массы идеального газа от абсолютной температуры в изотермическом процессе;
- В) зависимость сопротивления цилиндрического медного проводника длиной  $l$  от площади его поперечного сечения.

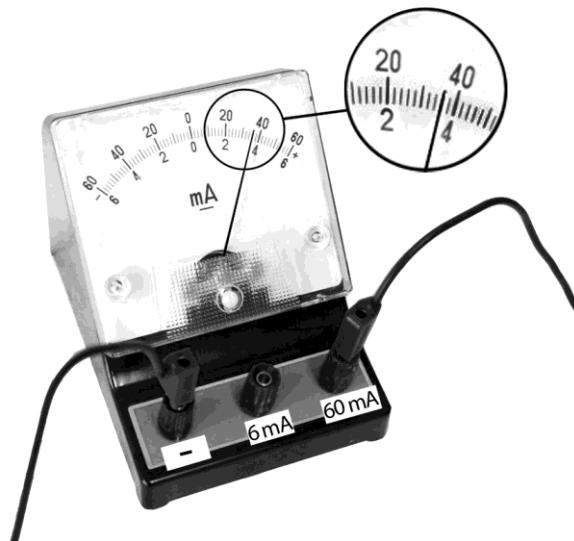
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



Ответ:

А	Б	В

**22** Определите показания миллиамперметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления миллиамперметра.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) мА.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**23**

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от температуры газа. У него имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температуре и давлении (см. таблицу). Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	300	35	5
2	350	20	9
3	350	20	8
4	280	35	8
5	300	25	5

В ответ запишите номера выбранных сосудов.

Ответ:

<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------



***Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.***

## Часть 2

**Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 24** В опыте по изучению фотоэффекта катод освещается жёлтым светом, в результате чего в цепи возникает ток (рис. 1). Зависимость показаний амперметра  $I$  от напряжения  $U$  между анодом и катодом приведена на рис. 2. Используя законы фотоэффекта и предполагая, что отношение числа фотоэлектронов к числу поглощённых фотонов не зависит от частоты света, объясните, как изменится представленная зависимость  $I(U)$ , если освещать катод зелёным светом, оставив мощность поглощённого катодом света неизменной.

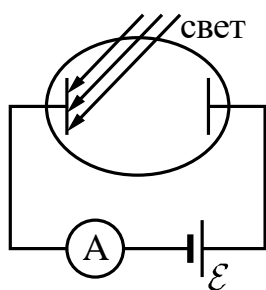


Рис. 1

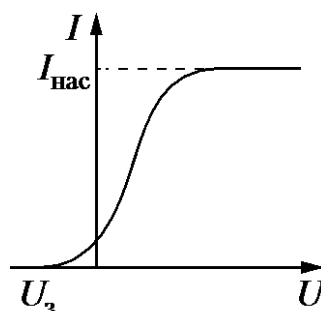


Рис. 2

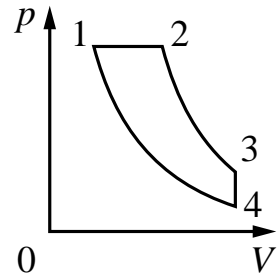
**Полное правильное решение каждой из задач 25–30 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 25** Определите время прохождения поездом последнего километра пути перед остановкой, если изменение его скорости на этом пути составило 10 м/с. Ускорение поезда считать постоянным.

- 26** Предмет находится на расстоянии 25 см от тонкой собирающей линзы с оптической силой 5 дптр. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета? Постройте изображение предмета в линзе.

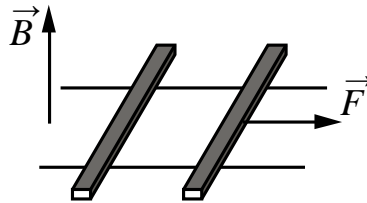
27

Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображён на  $pV$ -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла  $\eta = 15\%$ , а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе  $t_{\min} = 37^\circ\text{C}$  и  $t_{\max} = 302^\circ\text{C}$ , определите количество теплоты, получаемое газом за цикл.



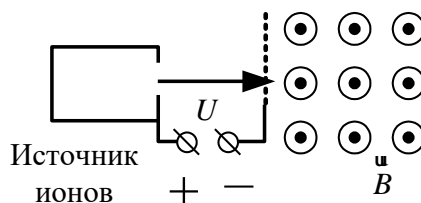
28

По горизонтально расположенным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня массой  $m = 100$  г и сопротивлением  $R = 0,1$  Ом каждый. Расстояние между рельсами  $l = 10$  см, а коэффициент трения между стержнями и рельсами  $\mu = 0,1$ . Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельс, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Какова скорость движения первого стержня относительно второго? Самоиндукцией контура пренебречь.



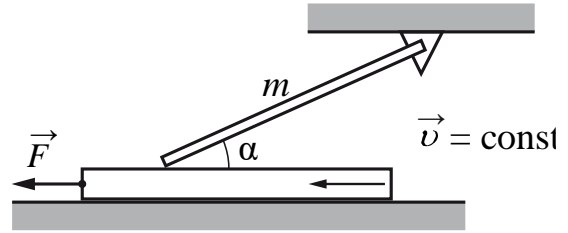
29

Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов  $U = 10$  кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции  $\vec{B}$  (см. рис.). Радиус траектории движения иона в магнитном поле  $R = 0,2$  м, отношение массы иона к его электрическому заряду  $\frac{m}{q} = 5 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл. Определите значение модуля индукции магнитного поля. Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.



30

Однородный тонкий стержень массой  $m = 1$  кг одним концом шарнирно прикреплён к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол  $\alpha = 30^\circ$ . Под действием горизонтальной силы  $\vec{F}$  доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен. Найдите  $F$ , если коэффициент трения стержня по доске  $\mu = 0,2$ . Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**



### Ответы к заданиям

№ задания	Ответ
1	0
2	4
3	0,25
4	235
5	12
6	23
7	180
8	100
9	60
10	35
11	41
12	3
13	2
14	6
15	13
16	13
17	31
18	4
19	13
20	145
21	125
22	362
23	<u>15</u>

## Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

24

В опыте по изучению фотоэффекта катод освещается жёлтым светом, в результате чего в цепи возникает ток (рис. 1). Зависимость показаний амперметра  $I$  от напряжения  $U$  между анодом и катодом приведена на рис. 2. Используя законы фотоэффекта и предполагая, что отношение числа фотоэлектронов к числу поглощённых фотонов не зависит от частоты света, объясните, как изменится представленная зависимость  $I(U)$ , если освещать катод зелёным светом, оставив мощность поглощённого катодом света неизменной.

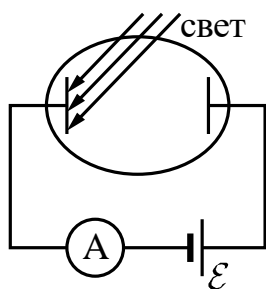


Рис. 1

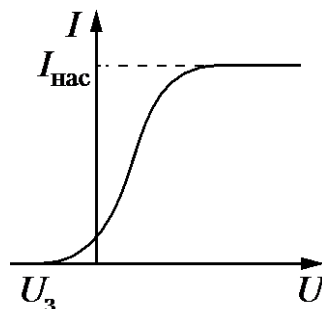


Рис. 2

### Возможное решение

1. При изменении света с жёлтого на зелёный его длина волны уменьшится, частота увеличится ( $\nu_з > \nu_ж$ ).
  2. Работа выхода электронов из материала не зависит от частоты падающего света, поэтому в соответствии с уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{max}}$  – увеличится максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов  $E_{\text{max}}$ . Так как  $E_{\text{max}} = e|U_{\text{з}}$ , то увеличится и модуль запирающего напряжения  $U_з$ .
  3. Мощность поглощённого света связана с частотой волны  $\nu$  соотношением  $P = N_{\text{ф}} E_{\text{ф}} = N_{\text{ф}} h\nu$ , где  $N_{\text{ф}}$  – число фотонов, падающих на катод за 1 с,  $E_{\text{ф}} = h\nu$  – энергия одного фотона (соотношение Планка). Так как мощность света не изменилась, а энергия фотонов  $E_{\text{ф}}$  увеличилась, то уменьшится число фотонов, падающих на катод за 1 с.
  4. Сила тока насыщения  $I_{\text{нас}}$  определяется числом выбитых светом за 1 с электронов  $N_e$ , которое пропорционально числу падающих на катод за 1 с фотонов, поэтому сила тока насыщения уменьшится.
- Ответ: точка отрыва графика от горизонтальной оси  $U$  сдвинется влево, горизонтальная асимптота графика  $I_{\text{нас}}$  сдвинется вниз

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>изменение вида графика зависимости <math>I(U)</math></i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>зависимость</i>	3

<p><i>цвета от частоты световой волны, соотношение Планка, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, связь запирающего напряжения с максимальной кинетической энергией фотоэлектронов, связь силы тока насыщения с числом фотоэлектронов, связь мощности поглощённого света с числом падающих за единицу времени фотонов)</i></p>	
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

Определите время прохождения поездом последнего километра пути перед остановкой, если изменение его скорости на этом пути составило 10 м/с. Ускорение поезда считать постоянным.

Возможное решение	
<p>1. Модуль ускорения поезда на всём пути является постоянной величиной и равен</p> $a = \frac{v^2}{2s}, \quad (1)$ <p>где <math>v</math> – скорость поезда в начале последнего километра пути, а <math>s = 1</math> км – длина этого участка пути.</p> <p>2. Модуль изменения скорости на этом участке пути равен</p> $\Delta v = v = at. \quad (2)$ <p>3. Решая уравнения (1) и (2), получим выражение для времени прохождения поездом последнего километра пути:</p> $t = \frac{2s}{v} = \frac{2 \cdot 1000}{10} = 200 \text{ с.}$ <p>Ответ: <math>t = 200</math> с</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>кинематические формулы для ускорения поезда при его равноускоренном движении и изменения скорости на последнем километре пути</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p>	1

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

26

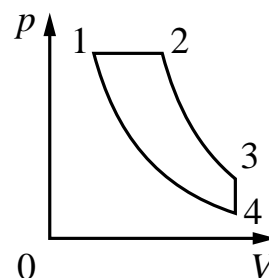
Предмет находится на расстоянии 25 см от тонкой собирающей линзы с оптической силой 5 дптр. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета? Постройте изображение предмета в линзе.

Возможное решение	
<p>Построим изображение предмета в линзе, используя свойства луча, проходящего через главный оптический центр линзы и луча, параллельного главной оптической оси.</p> <p>В соответствии с формулой для собирающей линзы <math>\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}</math>, где <math>d</math> – расстояние от предмета до линзы, <math>f</math> – расстояние от линзы до изображения.</p> <p>Оптическая сила линзы <math>D = \frac{1}{F}</math></p> <p>Проведя преобразования, для расстояния от линзы до предмета получим:</p> $f = \frac{d}{Dd-1} = \frac{0,25}{5 \cdot 0,25 - 1} = 1 \text{ м}$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула линзы, формула оптической силы линзы</i>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок, на котором построено изображение предмета в линзе;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант,</i></p>	2

<p>указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

27

Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображён на  $pV$ -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла  $\eta = 15\%$ , а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе  $t_{\min} = 37^\circ\text{C}$  и  $t_{\max} = 302^\circ\text{C}$ , определите количество теплоты, получаемое газом за цикл.



### Возможное решение

При изобарном расширении на участке 1–2 газ получает от нагревателя количество теплоты  $Q_{12}$ , а на участке 3–4 отдаёт холодильнику в изохорном процессе количество теплоты  $Q_{34}$ . На других участках теплообмен отсутствует. В соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл  $A$  равна разности количества теплоты, полученной от нагревателя и отданной холодильнику:  $A = Q_{12} - Q_{34}$ .

По определению КПД теплового двигателя  $\eta = \frac{A}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}}$ , что позволяет

найти теплоту, полученную от нагревателя:  $Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta}$ , если известно  $Q_{34}$ .

Количество теплоты  $Q_{34}$ , отданное при изохорном охлаждении на участке 3–4, равно уменьшению внутренней энергии газа этом участке:  $Q_{34} = |\Delta U_{34}|$ . Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна абсолютной температуре, и для 1 моль одноатомного газа  $U = \frac{3}{2}RT$ , а модуль её изменения на участке 3–4

$$|\Delta U_{34}| = \frac{3}{2}R(T_3 - T_4) = \frac{3}{2}R(t_3 - t_4).$$

В итоге получим:

$$Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta} = \frac{3}{2} \frac{R(t_{\max} - t_{\min})}{1 - \eta},$$

Подставляя значения физических величин, получим:

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,31 \cdot 265}{0,85} \approx 3886 \text{ Дж.}$$

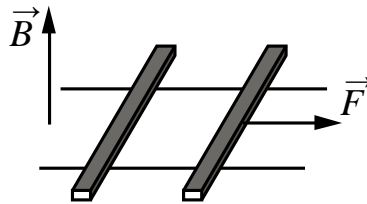
Ответ:  $Q_{12} \approx 3886 \text{ Дж}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>КПД теплового двигателя, первый закон термодинамики и выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p>	3

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0



По горизонтально расположенным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня массой  $m = 100$  г и сопротивлением  $R = 0,1$  Ом каждый. Расстояние между рельсами  $l = 10$  см, а коэффициент трения между стержнями и рельсами  $\mu = 0,1$ . Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельс, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Какова скорость движения первого стержня относительно второго? Самоиндукцией контура пренебречь.



#### Возможное решение

При движении стержней с разными скоростями изменение потока вектора магнитной индукции, пронизывающего контур, за промежуток времени  $\Delta t$  определяется по формуле  $\Delta\Phi = Bl(v_1 - v_2)\Delta t = Blv_{\text{отн}}\Delta t$ , что приводит к возникновению в контуре ЭДС индукции.

Согласно закону Фарадея  $E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -Blv_{\text{отн}}$ .

Здесь мы пренебрегли самоиндукцией контура.

В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре появился ток

$$I = \frac{|E|}{2R} = \frac{Blv_{\text{отн}}}{2R}.$$

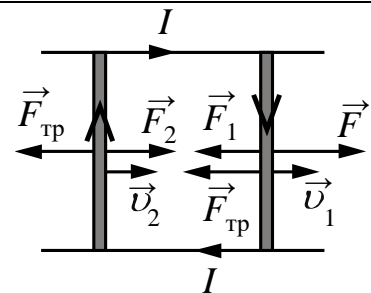
На проводники с током в магнитном поле действуют силы Ампера  $F_1$  и  $F_2$ ,  $F_1 = F_2 = IBl$ , как показано на рисунке. Кроме этих сил, на каждый стержень действует тормозящая сила трения,  $F_{\text{тр}} = \mu mg$ .

Так как стержни движутся равномерно, сумма сил, приложенных к каждому стержню, равна нулю. На второй стержень действуют только сила Ампера

$F_2$  и сила трения, поэтому  $\frac{(Bl)^2 v_{\text{отн}}}{2R} = \mu mg$ . Отсюда: относительная скорость

$$v_{\text{отн}} = \frac{2\mu mgR}{(Bl)^2} = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 0,1}{(1 \cdot 0,1)^2} = 2 \text{ м/с}.$$

Ответ:  $v_{\text{отн}} = 2$  м/с



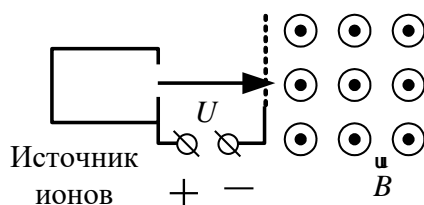
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы:	3

<p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражение для изменения магнитного потока, закон электромагнитной индукции, закон Ома для полной цепи, выражение для силы Ампера, условие равномерного движения стержней, формула для силы трения</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1

ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	<i>3</i>

29

Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов  $U = 10$  кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции  $\vec{B}$  (см. рис.). Радиус траектории движения иона в магнитном поле  $R = 0,2$  м, отношение массы иона к его электрическому заряду  $\frac{m}{q} = 5 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл. Определите значение модуля индукции магнитного поля. Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.



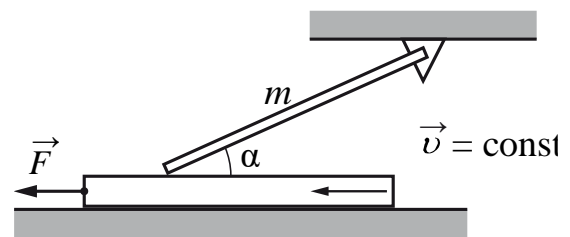
Возможное решение	
<p>Кинетическая энергия иона при входе в магнитное поле <math>\frac{mv^2}{2} = qU</math>, (1)</p> <p>где <math>m</math>, <math>v</math> и <math>q</math> — соответственно масса, скорость и заряд иона.</p> <p>В магнитном поле на ион действует сила Лоренца, перпендикулярная скорости иона и вектору магнитной индукции <math>F_L = qvB</math>, придающая ему центростремительное ускорение <math>a = \frac{v^2}{R}</math>.</p> <p>Получаем: <math>qvB = m \frac{v^2}{R}</math>. (2)</p> <p>Решая систему уравнений (1) и (2), находим:</p> $B = \frac{1}{R} \sqrt{2U \frac{m}{q}} = \frac{1}{0,2} \sqrt{2 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = 0,5 \text{ Тл.}$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения	3

<p>задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, формула для силы Лоренца, формула для центростремительного ускорения, равенство кинетической энергии иона работе электрического поля</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p>	1

В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

30

Однородный тонкий стержень массой  $m = 1$  кг одним концом шарнирно прикреплен к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол  $\alpha = 30^\circ$ . Под действием горизонтальной силы  $\vec{F}$  доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен. Найдите  $F$ , если коэффициент трения стержня по доске  $\mu = 0,2$ . Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи



Возможное решение

**Обоснование**

1. Выберем систему отсчёта, неподвижно связанную с Землёй, и будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
  2. Стержень будем считать твёрдым телом с осью вращения, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку А.
  3. Сумма сил, приложенных к стержню, равна нулю, так как он не движется поступательно.
  4. Условие равновесия относительно вращательного движения – равенство нулю суммы моментов сил, приложенных к телу, относительно оси, проходящей через шарнир.
3. Доска движется с постоянной скоростью, следовательно сила, с которой действуют на доску равна по модулю силе трения между доской и стержнем.

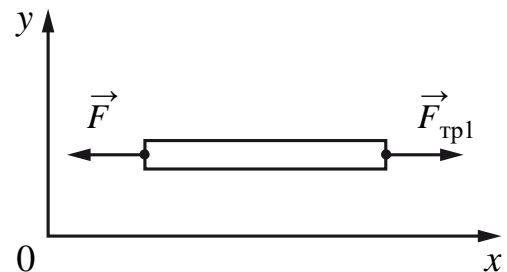


Рис. а

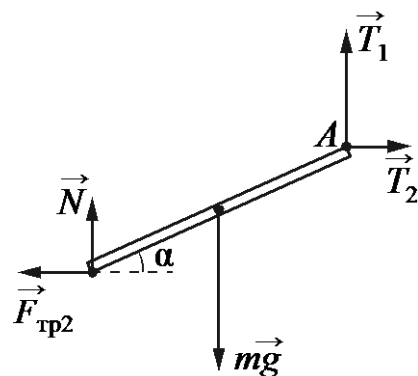


Рис. б

**Решение**

1. В инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, доска движется поступательно с постоянной скоростью. Поэтому сумма проекций на ось  $Ox$  всех сил, приложенных к доске, равна нулю (рис. *a*):

$$F_{\delta\delta 1} - F = 0.$$

2. На рис. *б* показаны все силы, приложенные к стержню. Силы реакции шарнира и доски представлены горизонтальными и вертикальными составляющими:  $\vec{T} = \vec{T}_1 + \vec{T}_2$  и  $\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}_{\delta\delta}$  соответственно. По третьему закону Ньютона  $\vec{F}_{\delta\delta 2} = -\vec{F}_{\delta\delta 1}$ , поэтому

$$F_{\delta\delta 2} = F_{\delta\delta 1} = F. \quad (1)$$

3. По условию задачи стержень покоится, поэтому сумма моментов сил относительно оси шарнира  $A$  равна нулю. Обозначив длину стержня через  $L$ , запишем это условие:

$$mg \frac{L}{2} \cos \alpha - F_{\delta\delta 2} L \sin \alpha - NL \cos \alpha = 0. \quad (2)$$

4. Доска движется относительно стержня, поэтому сила трения является силой трения скольжения

$$F_{\delta\delta 2} = \mu N. \quad (3)$$

5. Подставив (3) в (2), получим уравнение

$$mg \cos \alpha - 2\mu N \sin \alpha - 2N \cos \alpha = 0,$$

позволяющее найти нормальную составляющую силы реакции доски

$$N = \frac{mg}{2(1 + \mu \operatorname{tg} \alpha)}.$$

$$\text{Отсюда: } F = F_{\delta\delta 2} = \mu N = \frac{\mu mg}{2(1 + \mu \operatorname{tg} \alpha)} = \frac{0,2 \cdot 1 \cdot 10}{2 \left( 1 + 0,2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \right)} \approx 0,9 \text{ Н.}$$

Ответ:  $F \approx 0,9 \text{ Н}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<b>Критерий 1</b>	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: выбор инерциальной системы отсчёта, модель твёрдого тела, особенности применимости условий равновесия	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
<b>Критерий 2</b>	
1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения	3

<p>задачи выбранным способом (в данном случае: <i>условия равновесия, формула для силы трения</i>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием сил, действующих на тела;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1

<p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	4