

# 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 двух частей, включающих в себя 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25–27 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: 7,5 см. 3 7, 5 Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 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

7 4 1 Бланк

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: вправо 13 В П РА В О Бланк

Ответом к заданиям 19 и 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. 22 1, 4 0, 2 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, или капиллярной, или перьевой 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.

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

### Соотношение 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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150 \text{ 000 000 км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

### 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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

### Астрономические величины

средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

<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		
<b>Нормальные условия:</b> давление – 10 <sup>5</sup> Па, температура – 0 °С			
<b>Молярная масса</b>			
азота	28·10 <sup>-3</sup> кг/моль	гелия	4·10 <sup>-3</sup> кг/моль
аргона	40·10 <sup>-3</sup> кг/моль	кислорода	32·10 <sup>-3</sup> кг/моль
водорода	2·10 <sup>-3</sup> кг/моль	лития	6·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воздуха	29·10 <sup>-3</sup> кг/моль	неона	20·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воды	18·10 <sup>-3</sup> кг/моль	углекислого газа	44·10 <sup>-3</sup> кг/моль

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

#### Задание 1

Точечное тело начинает движение из состояния покоя и движется равноускоренно вдоль оси  $Ox$  по гладкой горизонтальной поверхности. Используя таблицу, определите значение проекции на ось  $Ox$  ускорения этого тела. (Ответ дайте в метрах в секунду в квадрате.)

Момент времени	Координата тела
$t, c$	$x, m$
0	2
3	6,5
4	10

Ответ: \_\_\_\_\_

#### Задание 2

Под действием одной силы  $F_1$  тело движется с ускорением 4 м/с<sup>2</sup>. Под действием другой силы  $F_2$ , направленной противоположно силе  $F_1$ , ускорение тела равно 3 м/с<sup>2</sup>. С каким ускорением тело будет двигаться при одновременном действии сил  $F_1$  и  $F_2$ ? (Ответ дайте в метрах в секундах в квадрате.)

Ответ: \_\_\_\_\_

**Задание 3**

Мальчик массой 50 кг находится на тележке массой 50 кг, движущейся слева направо по гладкой горизонтальной дороге со скоростью 1 м/с. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик прыгнет с неё в направлении первоначальной скорости тележки со скоростью 3 м/с относительно дороги? (Ответ дайте в метрах в секунду.)

Ответ: \_\_\_\_\_

**Задание 4**

Звуковой сигнал, отразившись от препятствия, вернулся обратно к источнику через 5 с после его испускания. Каково расстояние от источника до препятствия, если скорость звука в воздухе 340 м/с? (Ответ дайте в метрах.)

Ответ: \_\_\_\_\_

**Задание 5**

В эксперименте по изменению пути, пройденному телом, заполнена таблица зависимости пути от времени. Анализируя данные таблицы, выберите из приведённых ниже утверждений три правильных и укажите их номера.

$t, \text{ с}$	$s, \text{ м}$
0	0
1	10
2	20
3	30
4	40

- 1) За каждый из четырёх интервалов времени пройденный телом путь увеличивался на 10 м.
- 2) Движение тела равномерное.
- 3) Движение тела равноускоренное.
- 4) Ускорение тела было постоянным и равным  $10 \text{ м/с}^2$ .
- 5) Скорость тела была постоянной и равной 10 м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 6

Искусственный спутник движется по эллиптической орбите вокруг Земли. Изменяются ли перечисленные в первом столбце физические величины во время его приближения к Земле и если изменяются, то как? Установите соответствие между физическими величинами, перечисленными в первом столбце, и возможными видами их изменений, перечисленными во втором столбце. Запишите в ответ выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Скорость
- Б) Ускорение
- В) Кинетическая энергия
- Г) Потенциальная энергия
- Д) Полная механическая энергия

#### ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- 1) Не изменяется
- 2) Только увеличивается по величине
- 3) Только уменьшается по величине
- 4) Увеличивается по величине и изменяется по направлению
- 5) Уменьшается по величине и изменяется по направлению
- 6) Увеличивается по величине, не изменяется по направлению
- 7) уменьшается по величине, не изменяется по направлению

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 7

Шарик висит на нити. В нем застревает пуля, летящая горизонтально, в результате чего нить отклоняется на некоторый угол. Как изменятся при увеличении массы шарика следующие три величины: импульс, полученный шариком в результате попадания в него пули; скорость, которая будет у шарика тотчас после удара; угол отклонения нити? Пуля застревает очень быстро. 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.

Импульс, полученный шариком в результате попадания в него пули	Скорость, которая будет у шарика тотчас после удара	Угол отклонения нити

**Пояснение.** Для выполнения этого задания надо знать два закона сохранения — импульса и механической энергии. В процессе застревания система «шарик + пуля» является в горизонтальном направлении изолированной, а значит, ее импульс сохраняется при этом неизменным и равным импульсу летящей пули. Это дает возможность установить, каким образом влияет масса шарика на импульс всей системы тотчас после застревания. Что же касается угла отклонения нити, то он тем больше, чем больше скорость системы — в соответствии с законом сохранения механической энергии.

Ответ: \_\_\_\_\_

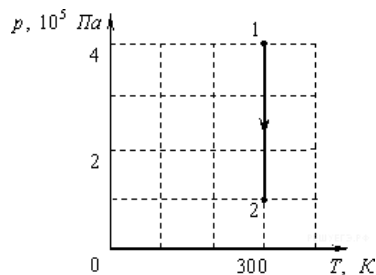
### Задание 8

Во сколько раз изменится давление молекул газа на стенки сосуда при уменьшении объёма в 3 раза при неизменной температуре?

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 9

На рисунке показан график процесса для постоянной массы идеального одноатомного газа. В этом процессе газ совершает работу, равную 3 кДж. Каково количество теплоты, полученное газом? (Ответ дайте в кДж.)



Ответ: \_\_\_\_\_

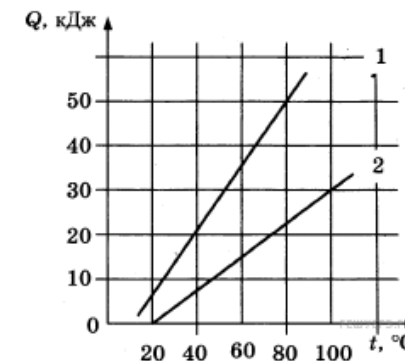
### Задание 10

Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 50 %. Воздух изотермически сжали, уменьшив его объем в 3 раза. Какова стала относительная влажность воздуха? (Ответ дать в процентах.)

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 11

На графике представлены результаты измерения количества теплоты  $Q$ , затраченного на нагревание 1 кг вещества 1 и 1 кг вещества 2, при различных значениях температуры  $t$  этих веществ. Выберите два утверждения, соответствующие результатам этих измерений.



1) Теплоёмкости первого вещества равна 0,75 кДж/(кг·°C).

2) Теплоёмкости второго вещества равна 0,75 кДж/(кг·°C).

3) Для изменения температуры 1 кг вещества 1 на 40° необходимо количество теплоты 15000 Дж.

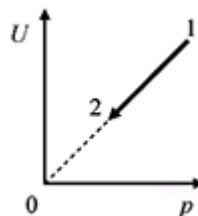
4) Для изменения температуры 1 кг вещества 2 на 20° необходимо количество теплоты 7500 Дж.

5) Начальные температуры обоих веществ равны 0 °C.

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 12

На рисунке показан процесс изменения состояния одного моля одноатомного идеального газа ( $U$  — внутренняя энергия газа;  $p$  — его давление). Как изменяются в ходе этого процесса абсолютная температура, объём и теплоёмкость газа?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 13

Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает с поверхности пластинки электрон, который попадает в электрическое поле с напряженностью 125 В/м. Найти расстояние, которое он пролетит прежде, чем разгонится до скорости, равной 1% от скорости света. Ответ выразите в см и округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 14

Напряжённость поля между пластинами плоского воздушного конденсатора равна по модулю 50 В/м, расстояние между пластинами 12 мм, заряд конденсатора 15 мкКл. Определите ёмкость этого конденсатора. Ответ выразите в мкФ.

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 15

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, пододвинуть его ближе к источнику на 0,3 м? (Ответ дать в метрах.)

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 16

Исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

$q$ , мКл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
$U$ , В	0	0,04	0,12	0,16	0,22	0,24

Погрешности измерений величин  $q$  и  $U$  равнялась соответственно 0,005 мКл и 0,01 В.

Выберите два утверждения, соответствующие результатам этих измерений.

- 1) Ёмкость конденсатора примерно равна 5 мФ.
- 2) Ёмкость конденсатора примерно равна 200 мкФ.
- 3) С увеличением заряда напряжение увеличивается.
- 4) Для заряда 0,06 мКл напряжение на конденсаторе составит 0,5 В.
- 5) Напряжение на конденсаторе не зависит от заряда.

Ответ: \_\_\_\_\_

**Задание 17**

Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы между фокусным и двойным фокусным расстоянием от неё. Предмет начинают приближать к фокусу линзы. Как меняются при этом размер изображения и оптическая сила линзы?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Размер изображения	Оптическая сила линзы

Ответ: \_\_\_\_\_

**Задание 18**

Установите соответствие между физическими явлениями и их природой. К каждой позиции первого столбца подберите нужную позицию второго и запишите в ответ выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Звук
- Б) Свет

ИХ ПРИРОДА

- 1) Электрические колебания
- 2) Электромагнитные колебания
- 3) Механические колебания
- 4) Электромеханические колебания

Ответ: \_\_\_\_\_

**Задание 19**

Определите число протонов и нейтронов в атомном ядре неизвестного элемента X, участвующего в ядерной реакции  ${}^A_ZX + {}^1_1H \rightarrow {}^3_2He + {}^4_2He$ . В ответе запишите число протонов и число нейтронов слитно без знаков препинания между ними.

Ответ: \_\_\_\_\_

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

**Задание 20**

Какая доля от большого количества радиоактивных ядер остаётся нераспавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада? (Ответ дать в процентах.)

Ответ: \_\_\_\_\_



### Задание 21

Установите соответствие между физическими явлениями и приборами, в которых используются или наблюдаются эти явления. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в ответ выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) ионизация газа
- Б) фотоэффект

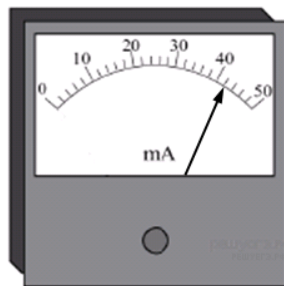
#### ПРИБОРЫ

- 1) вакуумный фотоэлемент
- 2) дифракционная решетка
- 3) счетчик Гейгера
- 4) стеклянная призма

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 22

При помощи миллиамперметра измеряется ток в некоторой электрической цепи. Миллиамперметр изображён на рисунке. Чему равен ток в цепи, если погрешность прямого измерения тока составляет половину цены деления миллиамперметра? Ответ приведите в миллиамперах. В ответе запишите значение и погрешность слитно без пробела.

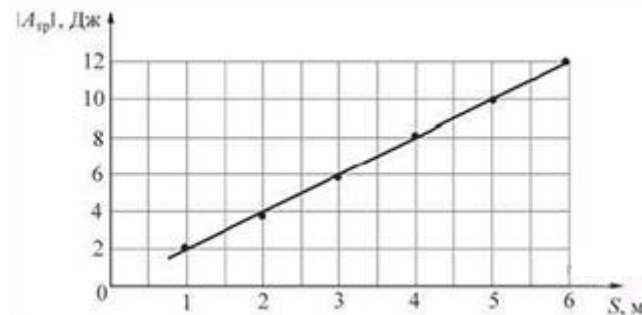


Ответ: \_\_\_\_\_

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

### Задание 23

Брусok тащат по горизонтальной поверхности, прикладывая к нему горизонтально направленную силу. Коэффициент трения бруска о поверхность равен 0,5. На графике приведена зависимость  $|A_{тр}|$  силы сухого трения, действующей на брусok, от пройденного пути  $S$ . Чему равна масса бруска? Ответ выразите в кг с точностью до десятых.



Ответ: \_\_\_\_\_



### Задание 24

Вам даны элементы орбит некоторых астероидов.

№	Название	Большая полуось, а. е.	Эксцентриситет	Наклонение орбиты, °
1	1999 XS35	18	0,95	19
2	2004 YH32	8,2	0,56	79
3	Диоретса	24	0,9	160
4	Атира	0,74	0,32	26
5	Флора	2,2	0,16	5,9
6	Гектор	5,2	0,022	18
7	Иксион	40	0,24	20

Выберите два утверждения, которые соответствуют приведённым астероидам.

- 1) 2004 YH32 принадлежит поясу Койпера.
- 2) В этом списке только у одного астероида период обращения вокруг Солнца больше 100 лет.
- 3) Атира ближе всех подходит к Солнцу.
- 4) 1999 XS35 выше всех поднимается над плоскостью эклиптики.
- 5) Диоретса обращается вокруг Солнца по ретроградной орбите (в сторону, противоположную движению Земли).

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.*

### Задание 25

Подвешенный на нити грузик совершает гармонические колебания. В таблице представлены координаты грузика через одинаковые промежутки времени. Какова примерно максимальная скорость грузика? Ответ укажите в м/с с точностью до двух знаков после запятой.

$t, c$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$x, cm$	4	2	0	2	4	2	0	2

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 26

Кусок льда, имеющий температуру 0 °С, помещён в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лёд в воду температурой 20 °С, требуется количество теплоты 100 кДж. Какая температура установится внутри калориметра, если лёд получит от нагревателя количество теплоты 75 кДж? Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_

### Задание 27

Поток фотонов выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых 10 эВ. Энергия фотонов в 3 раза больше работы выхода. Какова работа выхода? Ответ приведите в эВ.

Ответ: \_\_\_\_\_

*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.*

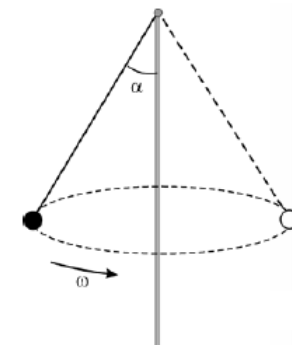
### Задание 28

В эксперименте установлено, что при температуре воздуха в комнате 29°C на стенке стакана с холодной водой начинается конденсация паров воды из воздуха, если снизить температуру стакана до 25°C. По результатам этих экспериментов определите относительную влажность воздуха. Для решения задачи воспользуйтесь таблицей. Изменится ли относительная влажность при повышении температуры воздуха в комнате, если конденсация паров воды из воздуха будет начинается при той же температуре стакана 25°C? Давление и плотность насыщенного водяного пара при различной температуре показано в таблице:

$t, ^\circ\text{C}$	7	9	11	12	13	14	15	16	19	21	23	25	27	29	40	60
$p, \text{гПа}$	1,0	11	13	14	15	16	17	18	22	25	28	32	36	40	74	200
$\rho, \text{г/м}^3$	7,7	8,8	10,0	10,7	11,4	12,11	12,8	13,6	16,3	18,4	20,6	23,0	25,8	28,7	51,2	130,5

### Задание 29

К концу вертикального стержня привязана лёгкая нерастяжимая нить с маленьким грузиком на конце. Грузик раскрутили на нити так, что она отклонилась от вертикали на угол  $\alpha = 30^\circ$  (см. рисунок). Как и во сколько раз надо изменить угловую скорость  $\omega$  вращения грузика вокруг стержня для того, чтобы этот угол стал равным  $\beta = 45^\circ$ ?



### Задание 30

Один моль одноатомного идеального газа переводят из состояния 1 в состояние 2 таким образом, что в ходе процесса давление газа возрастает прямо пропорционально его объёму. В результате плотность газа уменьшается в  $\alpha = 2$  раза. Газ в ходе процесса получает количество теплоты  $Q = 20$  кДж. Какова температура газа в состоянии 1?

### Задание 31

Проводник движется равноускоренно в однородном вертикальном магнитном поле. Направление скорости перпендикулярно проводнику. Длина проводника — 2 м. Индукция перпендикулярна проводнику и скорости его движения. Проводник перемещается на 3 м за некоторое время. При этом начальная скорость проводника равна нулю, а ускорение  $5 \text{ м/с}^2$ . Найдите индукцию магнитного поля, зная, что ЭДС индукции на концах проводника в конце движения равна 2 В.

### Задание 32

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

**Система оценивания экзаменационной работы по физике**

**Задания 1–27**

За правильный ответ на каждое из заданий 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22, 23, 25–27 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Каждое из заданий 5–7, 11, 12, 16–18 и 21, 24 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

№ задания	Ответ
1	1
2	1
3	1
4	850
5	125
6	44231
7	122
8	3
9	3
10	100
11	14
12	233
13	20
14	25
15	0,6
16	23
17	13
18	32
19	33
20	25
21	31
22	421
23	0,4
24	35
25	0,31
26	0
27	5

**Часть 2**

28.

Содержание этапа решения
Водяной пар в воздухе становится насыщенным при температуре 25°C. Следовательно, давление $p$ водяного пара в воздухе равно давлению насыщенного пара при температуре 25°C, из таблицы 32 гПа. Давление $p_0$ насыщенного водяного пара при температуре 29°C равно 40 гПа.
Относительной влажностью воздуха $\varphi$ называется отношение: $\varphi = \frac{32 \text{ гПа}}{40 \text{ гПа}} = 0,8 = 80\%$ .
Относительная влажность при повышении температуры воздуха в комнате уменьшится, так как давление $p$ водяного пара в воздухе остается неизменным, а давление $p_0$ насыщенного водяного пара при повышении температуры воздуха увеличивается.

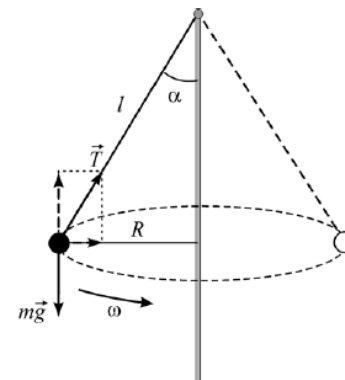
29. 1. Обозначим силу натяжения нити  $T$ , массу грузика  $m$ , длину нити  $l$ , радиус окружности, по которой вращается грузик,  $R$ , и изобразим систему на рисунке (см. рисунок).

2. Запишем уравнение движения грузика по окружности вокруг стержня в проекциях на вертикальную ось и на радиус окружности  $R = l \sin \alpha$  с учётом выражения для центростремительного ускорения грузика:  $T \cos \alpha = mg$ ,  $m \omega^2 R = T \sin \alpha$ .

3. Из написанных соотношений следует, что  $\cos \alpha = g / (\omega^2 l)$ , а  $\omega^2 = g / (l \cos \alpha)$ .

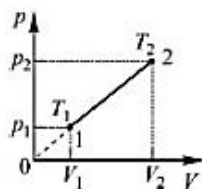
4. Для того, чтобы угол отклонения нити стал равным  $\beta$ , угловая скорость

вращения грузика должна увеличиться в  $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \sqrt{\frac{\cos \alpha}{\cos \beta}} = \sqrt{\frac{\sqrt{3}/2}{\sqrt{2}/2}} = \sqrt[4]{1,5} = 1,1$



30.

1. Изобразим процесс на  $pV$ -диаграмме и обозначим давления и объёмы газа в состояниях 1 и 2 через  $(p_1, V_1)$  и  $(p_2, V_2)$  соответственно. Температуру газа в состоянии 1 обозначим через  $T_1$ , а в состоянии 2 – через  $T_2$ .



2. Из первого закона термодинамики следует, что полученное газом количество теплоты идёт на увеличение внутренней энергии газа и на совершение им работы:  $Q = \Delta U_{12} + A_{12}$ .

3. Используем термодинамическую модель одноатомного идеального газа:

$$\begin{cases} pV = \nu RT, \\ U = \frac{3}{2} \nu RT. \end{cases}$$

Изменение его внутренней энергии равно

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1).$$

4. Совершённая газом работа численно равна площади трапеции под графиком процесса на  $pV$ -диаграмме, т.е. разности площадей треугольников:

$$A_{12} = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1).$$

5. С учётом этого получаем  $Q = \Delta U_{12} + A_{12} = 2(p_2 V_2 - p_1 V_1)$ . Из графика процесса следует, что  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$ . Поэтому  $\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$  и выражение для количества теплоты приобретает вид

$$Q = 2p_1 V_1 \left( \frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right) = 2\nu R T_1 \left( \frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right).$$

6. Заметим, что искомое отношение плотностей газа массой  $m$  в состояниях 1 и 2 равно  $\alpha = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{m/V_1}{m/V_2} = \frac{V_2}{V_1}$ .

Поэтому  $Q = 2\nu R T_1 \left( \frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right) = 2\nu R T_1 (\alpha^2 - 1)$ , откуда  $T_1 = \frac{Q}{2\nu R (\alpha^2 - 1)}$ .

Подставляя в полученную формулу числовые данные, находим  $T_1$ .

Ответ:  $T_1 \approx 400$  К.

31. При движении проводника в магнитном поле на электроны в проводнике действует сила Лоренца. Сила Лоренца равна  $F_{\text{Л}} = eBv \sin \alpha$ . Напряжённость

поля внутри проводника можно рассчитать по формуле:  $E = \frac{F_{\text{Л}}}{e} = vB \sin \alpha$ .

Напряжение на концах проводника равно  $U = El = vBl$ . Движение равноускоренное, поэтому путь, пройденный проводником рассчитывается

по формуле  $S = \frac{at^2}{2}$ ,

откуда  $t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$ .

Следовательно,  $U = vBl = atBl = a\sqrt{\frac{2S}{a}}Bl = \sqrt{2Sa}Bl$ , откуда

$$B = \frac{U}{\sqrt{2Sa}l} = \frac{2 \text{ В}}{\sqrt{2 \cdot 3 \text{ м} \cdot 5 \text{ м/c}^2} \cdot 2 \text{ м}} \approx 0,18 \text{ Тл}.$$

32. При движении стержней в магнитном поле происходит изменение магнитного потока, пронизывающего образованный ими контур, вследствие чего возникает ЭДС индукции:

$$\varepsilon_i = BVl \sin \alpha = BVl,$$

где  $V = V_1 - V_2$  — относительная скорость стержней (скорость изменения площади контура).

По закону Ома в контуре возникает ток:

$$\varepsilon_i = IR_{\text{к}} = 2IR \Rightarrow I = \frac{\varepsilon_i}{2R} = \frac{BVl}{2R}.$$

Так как стержни движутся равномерно, то по второму закону Ньютона:

$$F_{\text{тр}} = F_A \Leftrightarrow \mu mg = lBl = \frac{BVl}{2R} Bl.$$

Найдем отсюда скорость:

$$V = \frac{2\mu mgR}{B^2 l^2} = 2 \text{ м/c}.$$

РЕШЕНИЕ

РЕШЕНИЕ