

**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 31 задание.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 24–26 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 5–7, 11, 12, 16–18, 21 и 23 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, 40, 2 Бланк

Ответ к заданиям 27–32 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 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 π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
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	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
(элементарный электрический заряд)	
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$



Соотношение между различными единицами

температура	0 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66·10 ⁻²⁷ кг
1 атомная единица массы эквивалента	931 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Дж

Масса частиц

электрона	9,1 · 10 ⁻³¹ кг ≈ 5,5 · 10 ⁻⁴ а. е. м.
протона	1,673 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,007 а. е. м.
нейтрона	1,675 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,008 а. е. м.

Плотность

		подсолнечного масла	900 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	ртути	13600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость

воды	4,2·10 ³ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	2,1·10 ³ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	800 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота

парообразования воды	2,3·10 ⁶ Дж/К
плавления свинца	2,5·10 ⁴ Дж/К
плавления льда	3,3·10 ⁵ Дж/К

Нормальные условия: давление - 10⁵ Па, температура – 0 °С

Молярная масса

азота	28·10 ⁻³ кг/моль	гелия	4·10 ⁻³ кг/моль
аргона	40·10 ⁻³ кг/моль	кислорода	32·10 ⁻³ кг/моль
водорода	2·10 ⁻³ кг/моль	лития	6·10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29·10 ⁻³ кг/моль	неона	20·10 ⁻³ кг/моль
воды	2,1·10 ³ Дж/(кг·К)	углекислого газа	44·10 ⁻³ кг/моль

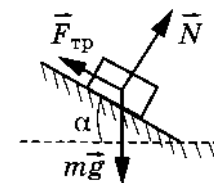
Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 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 пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1 Зависимость проекции скорости от времени движения тела имеет вид $V_x = -10 + 3t$. Найдите координату тела через 15 с от начала движения, если $x_0 = 0$.

Ответ: _____ м.

2 Брусок лежит на шероховатой наклонной опоре (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести $mg = 30$ Н, сила реакции опоры $N = 15$ Н и сила трения $F_{тр} = 15$ Н. Угол альфа равен 60° . Чему равен модуль равнодействующей сил N и $F_{тр}$, если брусок покоится?



Ответ: _____ Н.

3 Расстояние между центрами двух шаров равно 1 м, масса каждого шара 1 кг. Силы тяготения между ними примерно равны по модулю

Ответ: _____ *10⁻¹⁰ Н

4 Какое значение получил для ускорения свободного падения ученик при выполнении лабораторной работы, если маятник длиной 80 см совершил за 3 мин 100 колебаний? Ответ округлите до десятых.

Ответ: _____ м/с²





5 Брусок движется равномерно вверх по наклонной плоскости. Выберите два верных утверждения:

- 1) Сила тяги по модулю равна силе трения скольжения
- 2) Модуль вектора силы трения пропорционален силе нормального давления
- 3) Равнодействующая всех сил зависит от угла наклонной плоскости
- 4) Модуль вектора силы трения не зависит от площади поверхности бруска
- 5) Модуль вектора силы трения обратно пропорционален площади поверхности бруска

Ответ:

6 Шарик массой m , брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью V_0 , за время полета пролетел в горизонтальном направлении расстояние S . В другом опыте уже бросают горизонтально с высоты H мячик массой $2m$ с начальной скоростью $V_0/2$. Что произойдет с дальностью полета и ускорением шарика?

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

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

Дальность полета	Ускорение шарика

Ответ: _____

7 Тело бросили под углом 30^0 к горизонту с начальной скоростью V_0 . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) скорость V тела в проекции на ось U при движении вверх	1) $(V_{0y})^2/2g$
Б) максимальная высота подъема	2) $(V_0 \cdot \cos 30^0)^2/2g$
	3) $V_{0y} - gt$
	4) $V_{0y} + gt$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

8 Чтобы нагреть 96 г молибдена на 1 К, нужно передать ему количество теплоты, равное 24 Дж. Чему равна удельная теплоемкость этого вещества?

Ответ: _____ Дж/(кг*К)

9 При изобарном нагревании одноатомного газа в количестве 2 моль его температура изменилась на 50 К. Какое количество теплоты получил газ в процессе теплообмена?

Ответ: _____ Дж.

10 Идеальный газ изобарно сжимается при давлении 300 кПа от объема 3 л до объема 1 л. Какую работу совершил газ в этом процессе?

Ответ: _____ кДж

11 Давление идеального газа при постоянной концентрации его молекул уменьшилось в 2 раза. Выберите два верных утверждения.

- 1) Температура газа увеличилась в 2 раза.
- 2) Объем газа остается неизменным
- 3) Температура газа уменьшилась в 2 раза.
- 4) Объем газа увеличился в 2 раза.
- 5) Количество молекул газа увеличилось в 2 раза

Ответ:

12 Температуру нагревателя тепловой машины понизили, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и количество теплоты, полученное газом за цикл от нагревателя?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Количество теплоты, полученное газом за цикл от нагревателя

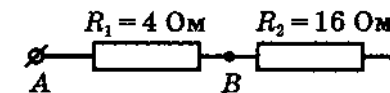
13 Отрицательно заряженное тело отталкивает подвешенный на нити легкий шарик из алюминиевой фольги. Заряд шарика

- А) положителен
- Б) отрицателен
- В) равен нулю

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) только В
- 4) А или В

Ответ: _____

14 Чему равно напряжение, которое покажет идеальный вольтметр, подсоединенный к резистору R_2 , если известно, что между точками A и B напряжение составляет 8 В?



Ответ: _____ В

15 Расстояние между пластинами квадратного плоского воздушного конденсатора со стороной 10 см равно 1 мм. Какова разность потенциалов между пластинами, если заряд конденсатора равен 1 нКл? Ответ округлить до десятых.

Ответ: _____ В

16 Поверхность металла освещают светом частотой ν . При этом наблюдается фотоэффект. При увеличении частоты падающего света в 2 раза:

- 1) фотоэффект не будет происходить
- 2) количество фотоэлектронов увеличится в 2 раза
- 3) длина световой волны уменьшится в 2 раза
- 4) максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона увеличится более чем в 2 раза
- 5) максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона увеличится в 2 раза

Выберите два верных утверждения.

Ответ:



17 По проволочному резистору течет ток. Как изменятся при уменьшении длины проволоки в 4 раза и увеличении силы тока вдвое тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, и его электрическое сопротивление?

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

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

	Электрическое сопротивление резистора
Тепловая мощность	

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) радиус окружности при движении заряженной частицы в перпендикулярном магнитном поле
- Б) период обращения по окружности заряженной частицы в перпендикулярном магнитном поле

ФОРМУЛЫ

- 1) mV/qB
- 2) $2\pi m/qB$
- 3) qB/mV
- 4) $2\pi R/qB$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б

19 Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре ${}_{92}^{238}\text{U}$

Число протонов	Число нейтронов

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

20 Период полураспада радиоактивного изотопа кальция составляет 164 суток. Если изначально было $4 \cdot 10^{24}$ атомов, то через сколько суток их будет $1 \cdot 10^{24}$?

Ответ: _____ сут

21 Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов. Как ведут себя перечисленные ниже характеристики атомного ядра при захвате ядром электрона: число нейтронов в ядре, заряд ядра?

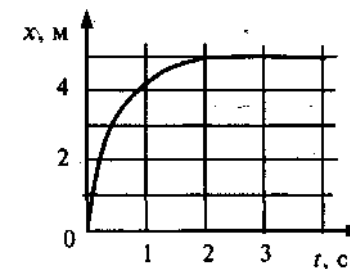
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Число нейтронов в ядре	Заряд ядра

22 Шарик катится по желобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчета показано на графике. На основании этого графика можно уверенно утверждать, что

- 1) скорость шарика постоянно увеличивалась
- 2) первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной
- 3) первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился
- 4) на шарик действовала все увеличивающаяся сила



Ответ: _____



23 Ученик решил посчитать скорость испарения молекул воды из стакана в своей комнате. Результаты измерений каких величин дадут ему возможность рассчитать ее? Выберите 2 верных утверждения.

- 1) Массы воды и времени испарения воды
- 2) Массы воды, времени испарения воды и влажности в комнате
- 3) Объема воды и времени испарения воды
- 4) Массы воды, времени испарения воды и влажности в комнате
- 5) Массы воды, времени испарения воды и объема комнаты

Ответ:

24 Какие утверждения о звездах являются верными? В ответе укажите номера двух утверждений.

- 1) Красные звёзды – самые горячие.
- 2) Звёзды продолжают формироваться в нашей Галактике и в настоящее время.
- 3) В декабре Солнце удаляется на максимальное расстояние от Земли.
- 4) При одинаковой светимости горячая звезда имеет меньший размер, нежели холодная.
- 5) Диапазон значений масс существующих звёзд намного шире, чем диапазон светимостей.

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 Ракета стартует с поверхности Земли и в течение 10 с движется с постоянным ускорением 5 м/с^2 . Затем двигатели ракеты выключаются. Найдите максимальную высоту, на которую поднимется ракета над поверхностью Земли?

Ответ: _____ м

26 Объем кислорода массой 160 г, температура которого 27°C , при изобарном нагревании увеличился вдвое. Найдите количество теплоты, которое пошло на нагревание кислорода?

Ответ: _____ кДж

27 Между зарядами $+6.4 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ и $-6.4 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ расстояние равно 12 см. Найдите напряженность поля в точке, удаленной на 8 см от обоих зарядов? Ответ округлить до десятых.

Ответ: _____ $\cdot 10^7 \text{ В/м}$

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

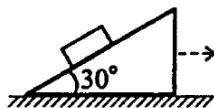
Для записи ответов на задания 28–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.



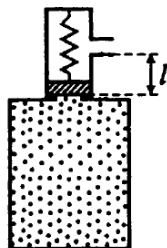
- 28** Имеется два сосуда с водой. В первом сосуде плавает кусок льда, внутри которого находится кусочек свинца, а во втором — кусок льда, внутри которого находятся пузырьки воздуха. Как изменится уровень воды в каждом из сосудов, когда лёд растает? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности были использованы.

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 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** На наклонной плоскости с углом наклона 30° неподвижно лежит тело. Коэффициент трения между телом и плоскостью $0,6$. Наклонная плоскость начинает двигаться по столу вправо (см. рисунок) с ускорением a . При каком наибольшем значении ускорения a тело будет оставаться неподвижным относительно наклонной плоскости?

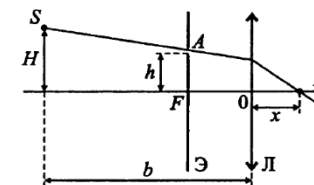


- 30** В цилиндре объёмом V , заполненном газом, имеется предохранительный клапан в виде маленького цилиндрика с поршнем. Поршень упирается в дно цилиндра через пружину жёсткостью k (см. рисунок). При температуре T_1 поршень находится на расстоянии l от отверстия, через которое газ выпускается в атмосферу. До какой температуры T_2 должен нагреться газ в цилиндре для того, чтобы клапан выпустил часть газа в атмосферу? Площадь поперечного сечения поршня S , масса газа m , его молярная масса M . Объёмом цилиндрика пренебречь.



- 31** В однородном магнитном поле с индукцией 100 мкТл по винтовой линии движется электрон. Определите скорость электрона, если радиус винтовой линии 5 см , а шаг винта 20 см .

- 32** На расстоянии b от собирающей линзы на высоте $H = 5 \text{ см}$ от главной оптической оси находится источник света S . В фокусе линзы установлен непрозрачный экран с маленьким отверстием A , которое находится на высоте $h = 4 \text{ см}$ от главной оптической оси. Луч SA , пройдя через линзу, преломляется и пересекает ось в 16 см от оптического центра линзы. Найдите b , если фокусное расстояние линзы $F = 20 \text{ см}$.



О проекте «Пробный ЕГЭ каждую неделю»
 Данный ким составлен командой всероссийского волонтерского проекта «ЕГЭ 100 баллов» <https://vk.com/ege100ballov> и безвозмездно распространяется для любых некоммерческих образовательных целей.

Нашли ошибку в варианте?
Напишите нам, пожалуйста, и мы обязательно её исправим!
 Для замечаний и пожеланий: https://vk.com/topic-10175642_39008096
 (также доступны другие варианты для скачивания)





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, 26 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	№ задания	Ответ
1	187.5	15	11.3
2	30	16	34
3	0.67	17	32
4	9.7	18	12
5	24	19	92146
6	23	20	328
7	31	21	12
8	250	22	3
9	2077,5	23	13
10	-0,6	24	24
11	23	25	375
12	22	26	43,6
13	2	27	1.4
14	32		

Задания 28-32

28

Имеется два сосуда с водой. В первом сосуде плавает кусок льда, внутри которого находится кусочек свинца, а во втором — кусок льда, внутри которого находятся пузырьки воздуха. Как изменится уровень воды в каждом из сосудов, когда лёд растает? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности были использованы.

Так как кусок льда со свинцом имеет массу, большую, чем кусок чистого льда того же объёма, то он глубже погружён в воду, чем чистый кусок льда, и вытесняет больший объём воды, чем тот, который займёт вода, образовавшаяся при таянии льда. Поэтому, когда лёд растает, уровень воды понизится (кусок свинца при этом упадёт на дно, но его объём остаётся прежним, и он непосредственно уровня воды не изменяет).

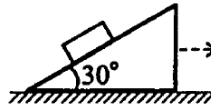
При наличии пузырьков воздуха лёд имеет массу, меньшую, чем сплошной кусок льда того же объёма, и, следовательно, погружён на меньшую глубину, чем сплошной кусок льда того же объёма. Однако поскольку массой воздуха можно пренебречь (по сравнению с массой льда), то кусок льда по-прежнему вытесняет воду, масса которой равна массе льда, и когда лёд растает, уровень жидкости не изменится (когда лёд растает, пузырьки поднимутся вверх и уйдут из воды).

Ответ: в 1-ом — уменьшится, во 2-ом — не изменится.

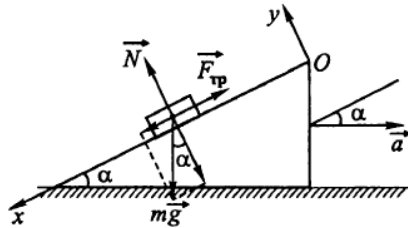
29

На наклонной плоскости с углом наклона 30° неподвижно лежит тело. Коэффициент трения между телом и плоскостью 0,6. Наклонная плоскость

начинает двигаться по столу вправо (см. рисунок) с ускорением a . При каком наибольшем значении ускорения a тело будет оставаться неподвижным относительно наклонной плоскости?



Выберем систему координат xOy так, как показано на рисунке. На тело действуют три силы: $m\vec{g}$ – сила тяжести, $\vec{F}_{\text{тр}}$ – сила трения и \vec{N} – реакция опоры.



Т.к. по условию задачи тело неподвижно относительно плоскости, то оно движется с тем ускорением, которое сообщают наклонной плоскости.

Согласно второму закону Ньютона: $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$.

В проекциях на координатные оси это уравнение запишется следующим образом:

$$Ox: mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = -ma \cos \alpha \quad (1).$$

$$Oy: N - mg \cos \alpha = -ma \sin \alpha \quad (2).$$

Из уравнения (1): $F_{\text{тр}} = mg \cdot \sin \alpha + ma \cdot \cos \alpha$.

Из уравнения (2): $N = mg \cdot \cos \alpha - ma \cdot \sin \alpha$.

Максимальная сила трения: $F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$. Тогда:

$$\mu(mg \cdot \cos \alpha - ma \cdot \sin \alpha) = mg \cdot \sin \alpha + ma \cdot \cos \alpha,$$

$$\mu g \cos \alpha - \mu a \sin \alpha = g \sin \alpha + a \cos \alpha,$$

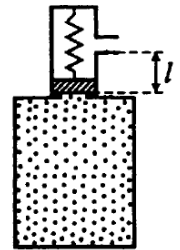
$$a(\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) = g(\mu \cdot \cos \alpha - \sin \alpha), \quad a = \frac{g(\mu \cdot \cos \alpha - \sin \alpha)}{\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha},$$

$$a = \frac{g(\mu - \text{tg } \alpha)}{1 + \mu \cdot \text{tg } \alpha}, \quad a = \frac{10 \cdot (0,6 - 0,58)}{1 + 0,6 \cdot 0,58} = 0,17 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Ответ: 0,17 м/с².

30

В цилиндре объёмом V , заполненном газом, имеется предохранительный клапан в виде маленького цилиндрика с поршнем. Поршень упирается в дно цилиндра через пружину жёсткостью k (см. рисунок). При температуре T_1 поршень находится на расстоянии l от отверстия, через которое газ выпускается в атмосферу. До какой температуры T_2 должен нагреться газ в цилиндре для того, чтобы клапан выпустил часть газа в атмосферу? Площадь поперечного сечения поршня S , масса газа m , его молярная масса M . Объёмом цилиндрика пренебречь.



1. Для того, чтобы поршень поднялся, сжав пружину на l , сила давления на него должна увеличиться на $\Delta F = kl$, а давление:

$$\Delta p = \frac{\Delta F}{S} = \frac{kl}{S} \quad (1).$$

2. Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для газа при температурах T_1 и T_2 : $p_1 V = \frac{m}{M} RT_1$, $p_2(V + Sl) = \frac{m}{M} RT_2$. Откуда: $p_1 = \frac{mRT_1}{M \cdot V}$; $p_2 = \frac{mRT_2}{M(V + Sl)}$. Тогда: $\Delta p = p_2 - p_1 = \frac{mRT_2}{M(V + Sl)} - \frac{mRT_1}{M \cdot V}$.

$$\text{Но } Sl \ll V, \text{ поэтому: } \Delta p = \frac{mRT_2}{M \cdot V} - \frac{mRT_1}{M \cdot V} \quad (2).$$

3. Приравняв правые части уравнений (1) и (2), получаем:

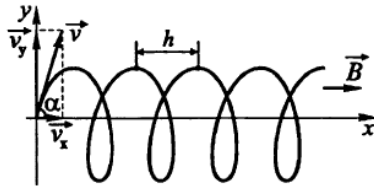
$$\frac{mRT_2}{M \cdot V} - \frac{mRT_1}{M \cdot V} = \frac{kl}{S}, \quad \frac{mRT_2}{M \cdot V} = \frac{kl}{S} + \frac{mRT_1}{M \cdot V}, \quad T_2 = T_1 + \frac{klMV}{mRS}.$$

$$\text{Ответ: } T_1 + \frac{klMV}{mRS}$$



31

В однородном магнитном поле с индукцией 100 мкТл по винтовой линии движется электрон. Определите скорость электрона, если радиус винтовой линии 5 см, а шаг винта 20 см.



1. По условию задачи электрон движется по винтовой траектории. Такая траектория будет наблюдаться в том случае, когда скорость частицы \vec{v} образует с направлением магнитного поля угол α , отличный от прямого. Проекции скорости \vec{v} на оси координат равны:

$$v_x = v \cdot \cos \alpha, \quad v_y = v \cdot \sin \alpha.$$

2. Сила Лоренца, действующая на электрон: $F = evB \cdot \sin \alpha$, где e – заряд электрона. По второму закону Ньютона:

$$F = \frac{mv_y^2}{R}, \quad evB \cdot \sin \alpha = \frac{mv_y^2}{R}, \quad evB \cdot \sin \alpha = \frac{mv^2 \sin^2 \alpha}{R},$$

$$\sin \alpha = \frac{eBR}{mv} \quad (1), \quad R = \frac{mv \sin \alpha}{eB} \quad (2), \quad \text{где } m \text{ – масса электрона.}$$

3. Шаг винта – это расстояние, на которое сместится электрон вдоль силовой линии поля за время, равное периоду T , т.е. $h = v_x \cdot T = v \cos \alpha \cdot T$,

$$T = \frac{2\pi R}{v_y} = \frac{2\pi}{v \sin \alpha} \cdot \frac{mv \sin \alpha}{eB} = \frac{2\pi m}{eB}. \quad \text{Тогда: } h = v \cos \alpha \cdot \frac{2\pi m}{eB},$$

$$\cos \alpha = \frac{eBh}{2\pi mv} \quad (3).$$

4. Используя основное тригонометрическое тождество

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1,$$

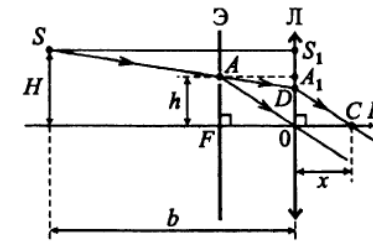
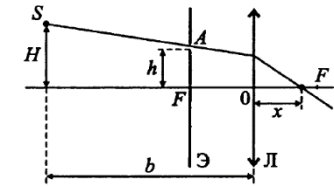
а также формулы (1) и (3), получаем: $\frac{e^2 B^2 R^2}{m^2 v^2} + \frac{e^2 B^2 h^2}{4\pi^2 m^2 v^2} = 1.$

Отсюда: $v = \frac{eB}{m} \cdot \sqrt{R^2 + \frac{h^2}{4\pi^2}}, \quad v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-4}}{9,1 \cdot 10^{-31}} \cdot \sqrt{25 \cdot 10^{-4} + \frac{0,04}{4\pi^2}} = 10^6 \text{ (м/с)}.$

Ответ: 10^6 м/с.

32

На расстоянии b от собирающей линзы на высоте $H = 5$ см от главной оптической оси находится источник света S . В фокусе линзы установлен непрозрачный экран с маленьким отверстием A , которое находится на высоте $h = 4$ см от главной оптической оси. Луч SA , пройдя через линзу, преломляется и пересекает ось в 16 см от оптического центра линзы. Найдите b , если фокусное расстояние линзы $F = 20$ см.



1. SA – падающий луч, DC – преломлённый луч.

Пучок лучей, параллельный любой побочной оптической оси, даёт изображение в фокальной плоскости собирающей линзы. Поэтому $AO \parallel CD$.

Отсюда: $\frac{AF}{FO} = \frac{OD}{OC}$ или $\frac{h}{F} = \frac{OD}{x}, \quad OD = \frac{h \cdot x}{F} \quad (1).$

2. Из подобия треугольников SS_1D и AA_1D :

$$\frac{SS_1}{S_1D} = \frac{AA_1}{A_1D}, \quad \frac{b}{H - OD} = \frac{F}{h - OD}, \quad b = \frac{F(H - OD)}{h - OD} \quad (2).$$

С учётом (1) равенство (2) принимает вид:

$$b = \frac{F \cdot (H - \frac{hx}{F})}{h - \frac{hx}{F}} = \frac{FH - hx}{hF - hx} \cdot F = \frac{H - \frac{x}{F}}{1 - \frac{x}{F}} \cdot F.$$

Отсюда: $b = \frac{5 - \frac{16}{20}}{1 - \frac{16}{20}} \cdot 20 = \frac{1,25 - 0,8}{1 - 0,8} \cdot 20 = \frac{0,45 \cdot 20}{0,2} = 45 \text{ (см)}.$

Ответ: 45 см.

