

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 (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 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150\,000\,000 \text{ км}$
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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

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	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

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

Удельная теплота	
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

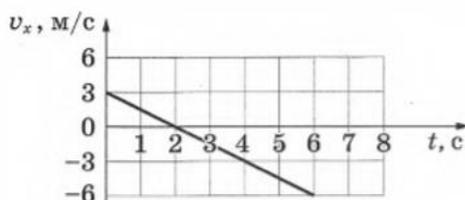
Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0°C

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

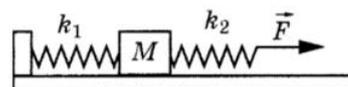
Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции скорости v_x от времени t для тела, движущегося прямолинейно по оси x . Определите проекцию ускорения тела a_x .



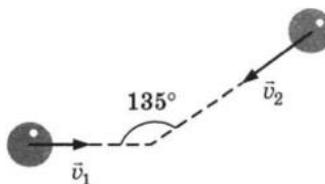
Ответ: _____ м/с².

- 2 К системе из кубика массой $M = 1$ кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила \vec{F} величиной 12 Н (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоится. Жёсткость первой пружины $k_1 = 600$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 300$ Н/м. Каково удлинение второй пружины?



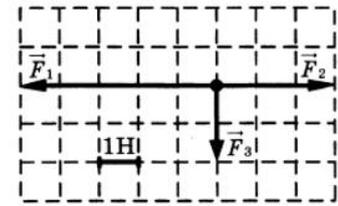
Ответ: _____ см.

- 3 Одинаковые шары массой 1 кг каждый движутся со скоростями, направления которых показаны на рисунке, и сталкиваются. Чему будет равен суммарный импульс шаров после столкновения, если $v_1 = 7$ м/с, а $v_2 = v_1 \cdot \sqrt{2}$?



Ответ: _____ кг · м/с.

4 На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на небольшой шарик массой $m = 400$ г. В начальный момент времени шарик удерживали неподвижным. Выберите из перечисленных ниже **все** верные утверждения о движении шарика, после того как он был отпущен и никаких других сил на него не действовало. В ответе укажите их номера.



- 1) После того как шарик отпустили, он остался неподвижным.
- 2) Модуль ускорения шарика равен примерно 7 м/с^2 .
- 3) Через две секунды после отпущения скорость шарика равна $8,4 \text{ м/с}$.
- 4) Шарик движется прямолинейно.
- 5) Модуль импульса шарика за 3 с после отпущения изменился на $6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

Ответ: _____.

5 На поверхности пресной воды плавает деревянный брусок. Как изменится глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда, если этот брусок будет плавать на поверхности спирта плотностью 800 кг/м^3 ?

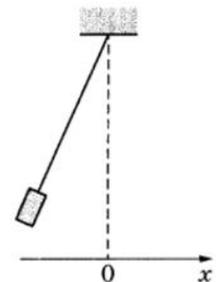
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

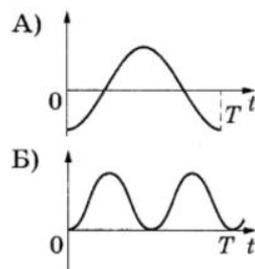
6 Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент $t = 0$ отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих движение груза после этого (T — период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Потенциальную энергию принять равной нулю в положении равновесия груза. Трением пренебречь.

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

ГРАФИКИ



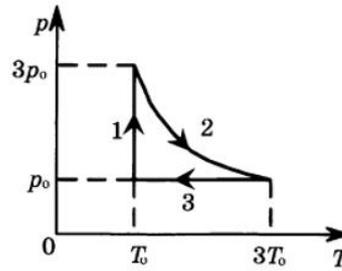
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости v_x
- 2) координата x
- 3) кинетическая энергия E_k
- 4) потенциальная энергия E_p

Ответ:

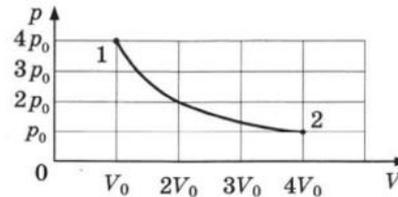
А	Б

- 7 На p - T -диаграмме отображена последовательность трех процессов ($1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$) изменения состояния 2 моль идеального газа. При давлении p_0 и температуре T_0 газ занимает объем 6 л. Какой объем занимает газ в конце процесса 1?



Ответ: _____ л.

- 8 На графике показана зависимость давления одноатомного идеального газа от его объема. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершил работу, равную 5 кДж. Чему равно количество теплоты, полученное газом при этом переходе? Количество газа неизменно.



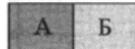
Ответ: _____ кДж.

- 9 В кубическом метре воздуха в помещении при температуре 18°C находится $1,155 \cdot 10^{-2}$ кг водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха.

$t^\circ\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho_{\text{ян}}, 10^{-2} \text{ кг/м}^3$	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: _____ %.

- 10 При изучении явления теплообмена герметичный теплоизолированный сосуд с идеальным газом разделили неподвижной перегородкой, способной проводить тепло, на две одинаковые части (см. рисунок). После этого газ в разных частях сосуда нагрели до разных температур. Температура газа в части А равна 283 K , а в части Б равна 40°C . Количество газа одинаково в обеих частях. Считая, что теплоемкость сосуда пренебрежимо мала, выберите **все** утверждения из предложенных, которые верно отражают изменения, происходящие с газами после окончания теплообмена. В ответ запишите их номера.



- Температура газа в части Б повысилась.
- Внутренняя энергия газа в части А не изменилась.
- При теплообмене газ в части Б отдавал теплоту, а газ в части А ее получал.
- Через достаточно большой промежуток времени температуры газов в обеих частях стали одинаковыми и равными 25°C .
- В результате теплообмена газ в части Б совершил работу.

Ответ: _____.

11 В ходе адиабатического процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его давление?

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.

Температура гелия	Давление гелия

12 Чему равна разность потенциалов между двумя точками электрического поля, если при перемещении пылинки, имеющей заряд 4 мкКл, между этими точками силы электрического поля совершают работу 20 мкДж?

Ответ: _____ В.

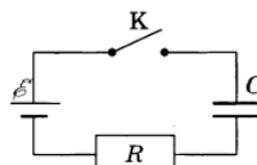
13 При вращении квадратной рамки в однородном магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, максимальная величина которой равна 2 мВ. Какой будет максимальная ЭДС индукции, если сторону рамки увеличить в 2 раза, а угловую скорость вращения в 2 раза уменьшить? Ориентация рамки относительно линий индукции магнитного поля не изменилась.

Ответ: _____ мВ.

14 Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и зеркалом равен 30°. Определите угол между падающим и отраженным лучами.

Ответ: _____ °

15 Конденсатор подключен к батарейке последовательно с резистором $R = 20 \text{ кОм}$ (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью $\pm 1 \text{ мкА}$, представлены в таблице.



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

Внутренним сопротивлением батарейки и сопротивлением проводов пренебречь.

Выберите **все** верные утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте. В ответе запишите их номера.

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

Ответ: _____.

16 Два небольших металлических шарика одинакового диаметра имеют заряды $q_1 = +5$ нКл и $q_2 = -3$ нКл и находятся на некотором расстоянии друг от друга (см. рисунок). Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Как изменятся при этом модуль силы взаимодействия шариков и модуль напряженности электрического поля в точке А?



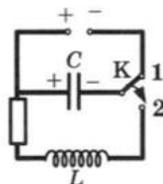
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

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

Модуль силы взаимодействия шариков	Модуль напряженности электрического поля в точке А

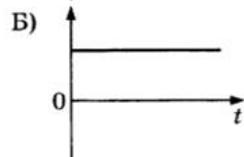
17 Конденсатор колебательного контура подключен к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А) и Б) представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

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

ГРАФИКИ



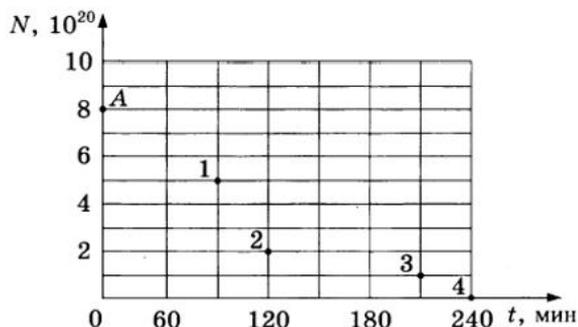
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) заряд левой обкладки конденсатора
- 2) сила тока в катушке
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) индуктивность катушки

Ответ:

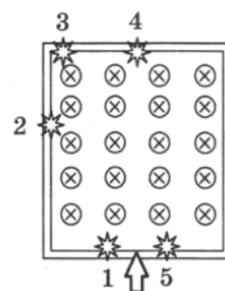
А	Б

- 18** Ядра нептуния ${}^{240}_{93}\text{Np}$ испытывают β^- -распад с периодом полураспада 60 мин. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер нептуния. Через какую из точек, кроме точки А, пройдет график зависимости от времени числа ядер радиоактивного нептуния в образце?



Ответ: через точку _____.

- 19** В камере прибора создано магнитное поле (см. рисунок), направленное перпендикулярно плоскости рисунка от нас. В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами различных ядерных реакций (электроны, позитроны, протоны, нейтроны и α -частицы). Установите соответствие между вспышками на экране и частицей, попавшей в данное место экрана.



ЧАСТИЦА	ВСПЫШКА
А) позитрон	1) 1
Б) протон	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.

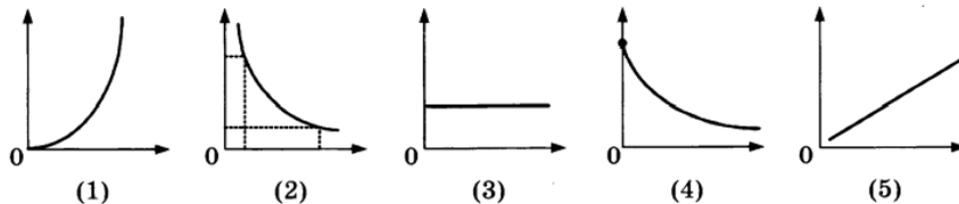
- 1) Если модуль скорости тела уменьшается, а направление скорости не меняется, то вектор ускорения тела сонаправлен вектору скорости.
- 2) В изотермическом процессе конденсации вещества из пара в жидкость внутренняя энергия вещества увеличивается.
- 3) В цепи постоянного тока на всех параллельно соединённых резисторах напряжение одинаково.
- 4) Электромагнитные волны видимого света имеют большую частоту, чем ультрафиолетовое излучение.
- 5) Заряд ядра в единицах элементарного электрического заряда (зарядовое число ядра) равняется числу протонов в ядре.

Ответ: _____.

21 Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость силы трения скольжения от скорости;
- Б) зависимость плотности газа от давления в изотермическом процессе;
- В) зависимость количества нераспавшихся частиц от времени при α -распаде.

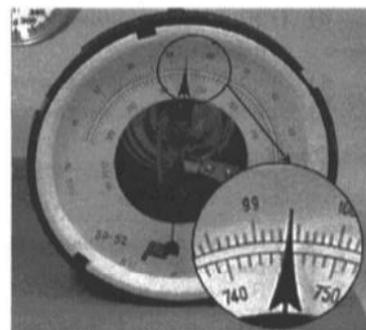
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Ответ:

А	Б	В

22 С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в килопаскалях (кПа), а нижняя шкала — в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.). Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы барометра. Чему равно атмосферное давление по результатам этих измерений, измеренное в мм рт. ст.?



Запишите в ответ показания барометра с учетом погрешности измерений.

Ответ: (____ ± ____) мм рт. ст.

23 Необходимо собрать экспериментальную установку и определить с ее помощью мощность электрического тока, потребляемую резистором. Для этого школьник взял соединительные провода, реостат, ключ, аккумулятор и резистор. Какие **два** предмета из приведенного ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) лампочка
- 2) катушка индуктивности
- 3) конденсатор
- 4) амперметр
- 5) вольтметр

В ответе запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

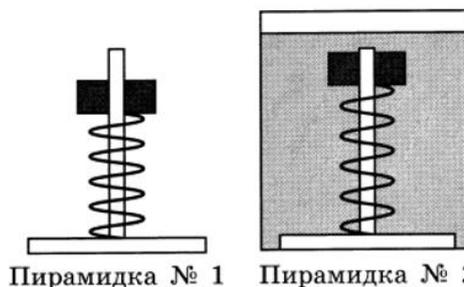
Не забудьте перенести все ответы заданий 1–23 в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

24

Два деревянных кольца детских пирамидок № 1 и № 2, способных без трения скользить по оси, соединили с основаниями этих пирамидок двумя одинаковыми лёгкими пружинками (см. рисунок). Пирамидку № 2 поместили в прочный сосуд с водой, прикрепив основание к его дну. Обе пирамидки покоятся относительно Земли. Как изменится по сравнению с этим случаем (увеличится, уменьшится или останется прежней) длина пружин пирамидок № 1 и № 2 во время свободного падения с балкона высокого дома? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



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

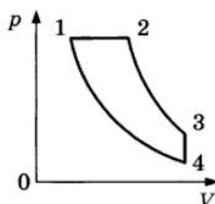
В калориметр с водой опущена трубка. По трубке в воду впускают водяной пар при температуре $100\text{ }^\circ\text{C}$. В некоторый момент масса воды перестаёт увеличиваться, хотя пар по-прежнему пропускают. Первоначальная масса воды 460 г , а температура $0\text{ }^\circ\text{C}$. Определите массу сконденсировавшегося пара. Тепловыми потерями пренебречь.

26

В тонкой рассеивающей линзе получено уменьшенное в 4 раза изображение предмета. Определите модуль фокусного расстояния линзы, если изображение предмета находится на расстоянии $f = 9\text{ см}$ от линзы.

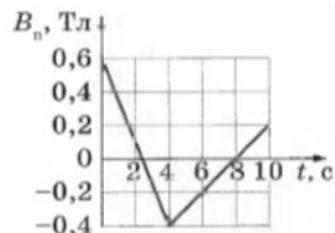
27

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



28

Квадратная проволочная рамка со стороной $l = 10$ см находится в однородном магнитном поле. На рисунке изображена зависимость проекции вектора магнитной индукции B_n на перпендикуляр к плоскости рамки от времени t . За время $t = 10$ с в рамке выделилось количество теплоты $Q = 16$ мкДж. Определите сопротивление рамки.

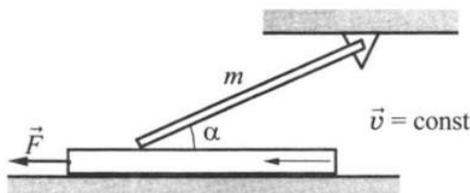


29

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

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 доску и стержень. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.



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