

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 30 заданий.

В заданиях 3–5, 9–11, 14–16 и 20 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/с².

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

Бланк

Ответом к заданиям 1, 2, 6–8, 12, 13, 17–19, 21, 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 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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

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

		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	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	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	чугуна	500	$\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	130			

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

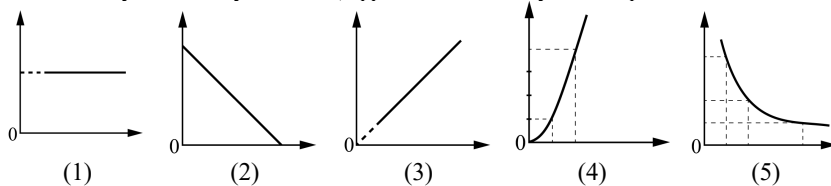
- 1) Работа силы тяжести по перемещению тела между двумя заданными точками зависит от соединяющей их траектории.
- 2) В ходе процесса кипения жидкости её температура не меняется, а внутренняя энергия системы «жидкость и её пар» уменьшается.
- 3) Модуль сил взаимодействия двух неподвижных точечных заряженных тел в вакууме прямо пропорционален модулю каждого из зарядов.
- 4) Энергия магнитного поля катушки индуктивностью L увеличивается прямо пропорционально увеличению силы тока в катушке.
- 5) Атом излучает свет при переходе из стационарного состояния с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергией.

Ответ: _____.

2 Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля скорости тела, брошенного вертикально вверх, от времени от начала движения до верхней точки траектории;
- Б) зависимость количества теплоты, необходимого для плавления вещества, от его массы;
- В) зависимость сопротивления цилиндрического медного проводника площадью поперечного сечения S от его длины.

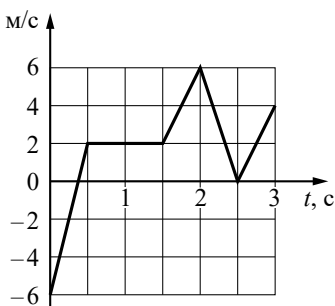
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



Ответ:

А	Б	В

- 3 На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . Какова проекция a_x ускорения этого тела в интервале времени от 1,5 до 2 с?



Ответ: _____ м/с².

- 4 Тело движется в инерциальной системе отсчёта по прямой в одном направлении. Результирующая всех сил, действующих на тело, постоянна и равна по модулю 1,5 Н. Каков модуль изменения импульса тела за 8 с?

Ответ: _____ кг·м/с.

- 5 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 $t = 0$, кинетическая энергия маятника достигнет минимального значения?

Ответ: _____ с.

- 6 В лаборатории исследовали прямолинейное движение тела массой $m = 300$ г из состояния покоя. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость пути, пройденного телом, от времени. Выберите все верные утверждения, соответствующие результатам эксперимента.

$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$L, \text{м}$	0	1	4	9	16	25	36	49

- 1) Тело двигалось равноускоренно.
- 2) Скорость тела в момент времени 4 с равнялась 8 м/с.
- 3) Кинетическая энергия тела в момент времени 5 с равна 25 Дж.
- 4) Равнодействующая сил, действующих на тело, всё время возрастала.
- 5) За первые 3 с работа равнодействующей сил, действующих на тело, была равна 5,4 Дж.

Ответ: _____.

7

В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую скорость его движения по орбите увеличилась. Как изменились в результате этого перехода радиус орбиты спутника и его период обращения вокруг Земли?

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.

Радиус орбиты спутника	Период обращения спутника вокруг Земли

8

Материальная точка движется по окружности радиусом R с постоянной угловой скоростью ω .

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение материальной точки, 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) период обращения
- Б) линейная скорость

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{2\pi}{\omega}$
- 2) $\omega^2 R$
- 3) $\frac{\omega}{2\pi}$
- 4) ωR

Ответ:

А	Б

9

При уменьшении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа уменьшилась в 2 раза. Конечная температура газа равна 250 К. Какова была начальная температура газа?

Ответ: _____ К.

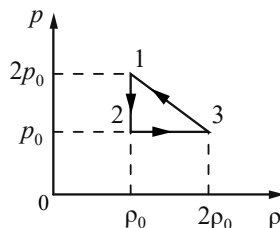
- 10 Из металлического баллона, в котором находилось 3 моль идеального газа под давлением $3 \cdot 10^5$ Па, медленно, без изменения температуры выпустили 0,6 моль газа. Определите давление газа в конечном состоянии.

Ответ: _____ кПа.

- 11 В процессе сжатия над газом совершили работу 12 кДж. При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 16 кДж. Какое количество теплоты сообщили газу в этом процессе?

Ответ: _____ кДж.

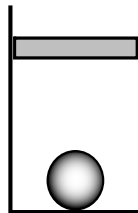
- 12 1 моль одноатомного идеального газа совершает цикл 1–2–3–1, при котором давление p газа изменяется с изменением плотности ρ газа так, как показано на рисунке. Значения плотности и давления в вершинах цикла представлены на графике. Выберите из предложенного перечня все верные утверждения.



- 1) Работа газа в процессе 1–2 равна нулю.
- 2) Внутренняя энергия газа в процессе 2–3 увеличивается.
- 3) При переходе газа из 3 в 1 внутренняя энергия не меняется.
- 4) В процессе 3–1 газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 5) Температура газа в состоянии 3 минимальна.

Ответ: _____.

- 13** В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень не закреплён и может перемещаться в сосуде без трения. На дне сосуда лежит стальной шарик (см. рисунок). Газ нагревают. Как изменятся в результате этого давление газа и действующая на шарик сила Архимеда? Атмосферное давление неизменно.
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

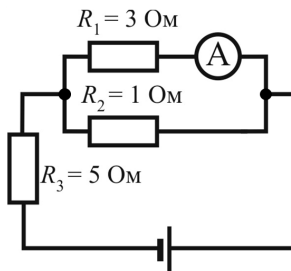


- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Давление газа	Сила Архимеда

- 14** В цепи, изображённой на рисунке, амперметр показывает 1 А. Найдите напряжение на R_2 . Амперметр считать идеальным.



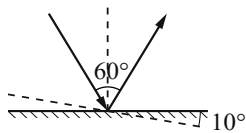
Ответ: _____ В.

- 15** Определите энергию магнитного поля катушки индуктивностью 0,4 Гн при силе тока 5 А.

Ответ: _____ Дж.

16

Луч света падает на горизонтально расположенное плоское зеркало. Угол между падающим и отражённым лучами равен 60° . Каким станет угол между этими лучами, если, не меняя положения источника света, повернуть зеркало на 10° , как показано на рисунке?



Ответ: _____ градусов.

17

Две параллельные металлические пластины больших размеров расположены на малом расстоянии d друг от друга и подключены к источнику постоянного напряжения (рис. 1). Пластины закрепили на изолирующих подставках и спустя длительное время отключили от источника (рис. 2).

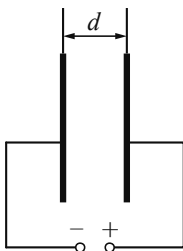


Рис. 1

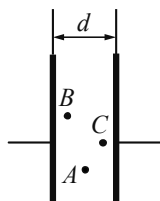


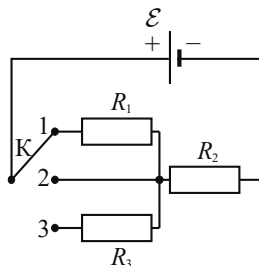
Рис. 2

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Если после отключения источника увеличить расстояние d между пластинами, то напряжённость электрического поля в точке B уменьшится.
- 2) Если после отключения источника уменьшить расстояние d между пластинами, то заряд левой пластины не изменится.
- 3) Если после отключения источника пластины полностью погрузить в керосин, не меняя их взаимного расположения, то энергия электрического поля системы пластин увеличится.
- 4) Потенциал электрического поля в точке A выше, чем в точке C .
- 5) Напряжённость электрического поля в точках A , B и C одинакова.

Ответ: _____.

- 18** На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник постоянного напряжения с ЭДС $\mathcal{E}$ и три резистора: R_1 , R_2 и R_3 . Как изменятся сила тока в цепи и суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи, если ключ K перевести из положения 1 в положение 2? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.



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.

Сила тока в цепи	Суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи

- 19** Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью 50 мкФ и катушки индуктивности. Заряд на одной из пластин конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой $q(t) = 4 \cdot 10^{-4} \cdot \sin(2000t)$ (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимость от времени в условиях данной задачи.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) напряжение $u(t)$ на обкладках конденсатора
 Б) энергия $W_C(t)$ электрического поля конденсатора

ФОРМУЛЫ

- 1) $1,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sin^2(2000t)$
- 2) $8 \cdot \sin(2000t)$
- 3) $0,8 \cdot \sin(2000t - \frac{\pi}{2})$
- 4) $1,6 \cdot 10^{-3} \cdot \cos^2(2000t)$

Ответ:

А	Б

20

Образец радиоактивного полония ${}_{84}^{218}\text{Po}$ находится в закрытом сосуде, из которого откачан воздух. Ядра полония испытывают α -распад с периодом полураспада 3 мин. Определите число моль полония-218 в сосуде через 9 мин., если образец в момент его помещения в сосуд имел в своём составе $2,4 \cdot 10^{23}$ атомов полония-218.

Ответ: _____ моль.

21

Монохроматический свет с энергией фотонов $E_{\text{ф}}$ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При изменении энергии падающих фотонов увеличился модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$. Как изменились при этом максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов и длина волны $\lambda_{\text{кр}}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта?

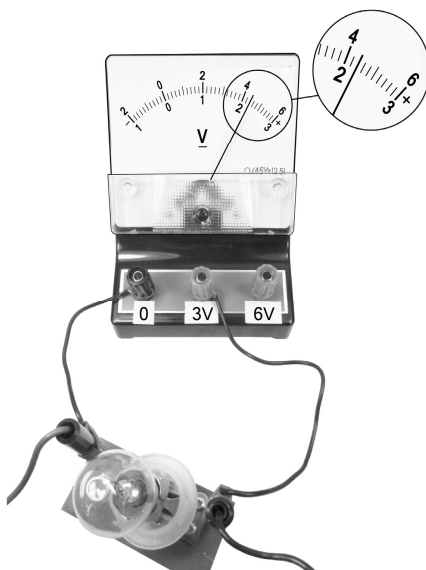
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов	«Красная граница» фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}}$

- 22 Определите напряжение на лампочке (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра.



Ответ: (_____ $\pm$ _____) В.

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

23

При помощи нитяного маятника необходимо экспериментально определить ускорение свободного падения. Для этого школьник взял штатив с муфтой и лапкой, нить и стальной шарик. Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) электронные весы
- 2) мензурка
- 3) линейка
- 4) динамометр
- 5) секундомер

В ответе запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

--	--



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

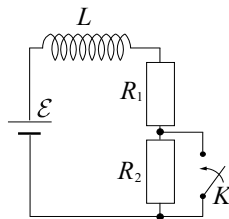
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

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

24

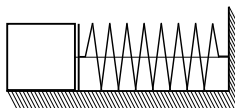
Катушка, обладающая индуктивностью L , соединена последовательно с источником постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E}$ и резисторами R_1 и R_2 , имеющими одинаковое сопротивление $R_1 = R_2 = R$, как показано на рисунке. В начальный момент ключ в цепи разомкнут. Как изменятся сила тока в цепи и напряжение на участке цепи, содержащем резистор R_1 , после замыкания ключа? Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики. Внутренним сопротивлением источника тока и сопротивлением катушки пренебречь.



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.

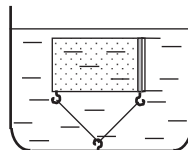
25

Нить, удерживающая лёгкую пружину в сжатом состоянии, внезапно оборвалась (см. рисунок). На сколько сантиметров была сжата пружина жёсткостью 20 кН/м , если она сообщила бруску массой 20 г максимальную скорость 10 м/с ? Трением бруска о поверхность и массой пружины пренебречь.

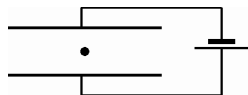


- 26 Детектор полностью поглощает падающий на него свет частотой $\nu = 6 \cdot 10^{14}$ Гц. За время $t = 5$ с детектор поглощает $N = 3 \cdot 10^5$ фотонов. Какова мощность излучения, поглощаемая детектором?

- 27 Сосуд с воздухом, отделённым от атмосферы поршнем, поместили в сосуд с водой и прикрепили ко дну кастрюли нитью, не дающей сосуда всплыть на поверхность. Начальная температура воздуха в сосуде и воды в кастрюле $t_1 = 18$ °С. Кастрюлю помещают в холодильник. Ниже какой температуры t_2 должна охладиться вода, чтобы сосуд опустился на дно кастрюли? Начальный объём воздуха в сосуде $V_1 = 2$ дм³. Масса сосуда с поршнем $m = 2,2$ кг. Сосуд и поршень изготовлены из стали, плотность которой $\rho = 7800$ кг/м³. Поршень может скользить без трения со стенками сосуда. Считать массу воздуха в сосуде намного меньшей, чем масса сосуда с поршнем.

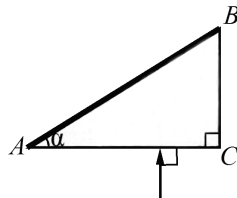


- 28 Плоский конденсатор с длинными широкими горизонтальными пластинами подключён к источнику постоянного тока так, как показано на рисунке. Установка располагается в вакууме. Между пластинами находится положительно заряженная пылинка, которая движется вниз, разгоняясь, с ускорением $g/2$. Каким будет ускорение пылинки, если, не отключая конденсатор от источника, увеличить расстояние между пластинами в 2 раза?



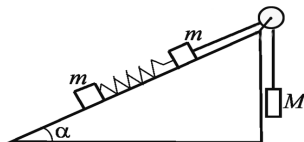
29

Верхняя грань AB прозрачного клина посеребрена и представляет собой плоское зеркало. Угол при вершине клина $\alpha = 30^\circ$. Луч света падает из воздуха на клин перпендикулярно грани AC , преломляется и выходит в воздух через другую грань под углом $\gamma = 45^\circ$ к её нормали. Определите показатель преломления материала клина. Сделайте рисунок, поясняющий ход луча в клине.



30

По неподвижной гладкой наклонной плоскости с углом $\alpha = 30^\circ$ движутся два одинаковых бруска массой $m = 0,25$ кг каждый, скреплённые между собой лёгкой пружиной с жёсткостью $k = 100$ Н/м. Верхний брусок соединён невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через идеальный блок, с грузом массой $M = 2$ кг (см. рисунок). Чему равна длина пружины l в нерастянутом состоянии, если при движении брусков её длина постоянна и равна $L = 15$ см? 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.