

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

Соотношения между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

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

Плотности

		подсолнечное масло	900 кг/м^3
вода	1000 кг/м^3	алюминий	2700 кг/м^3
древесина (сосна)	400 кг/м^3	железо	7800 кг/м^3
керосин	800 кг/м^3	ртуть	13600 кг/м^3

Удельные теплоёмкости

		свинец	$130 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
вода	$4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	алюминий	$900 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
лёд	$2100 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	медь	$380 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
железо	$460 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	чугун	$500 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$

Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$

Нормальные условия: давление — 10^5 Па , температура — 0°С

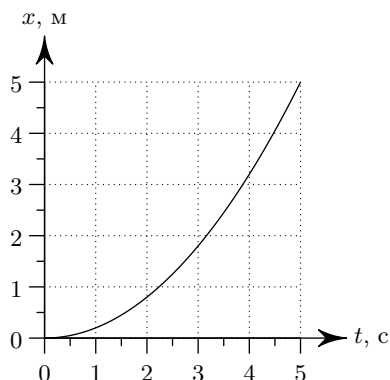
Молярные массы

азот	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	гелий	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргон	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислород	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водород	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	литий	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздух	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неон	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
вода	$18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислый газ	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Часть 1

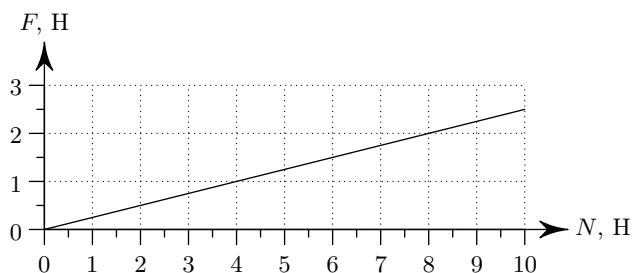
Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ №1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке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

- 1** Точечное тело начинается равноускоренно двигаться вдоль оси OX без начальной скорости. На рисунке представлен график зависимости координаты тела от времени t . Чему равна проекция скорости тела v_x в момент времени $t = 3$ с? Ответ выразите в м/с.



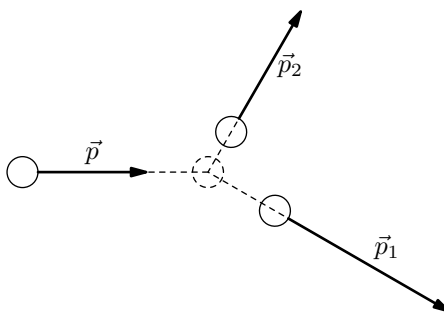
Ответ: _____ м/с.

- 2** На графике приведена зависимость модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления для деревянного бруска при движении по шероховатой поверхности стола. Вычислив коэффициент трения, определите, какая сила трения скольжения будет действовать на этот брусок массой 2 кг при движении по горизонтальному столу? Ответ выразите в ньютонах.



Ответ: _____ Н.

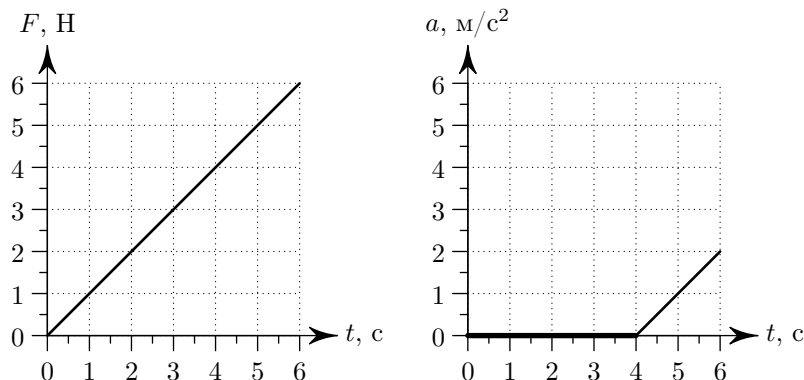
- 3** На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. Налетевший шар имел до удара импульс $p = 0,5$ кг·м/с. После удара шары разлетелись под углом 90° так, что импульс одного шаров $p_1 = 0,4$ кг·м/с. Каков импульс другого шара после соударения? Ответ дайте в кг·м/с.



Ответ: _____ кг·м/с.

4

На покоящееся тело, находящееся на шероховатой горизонтальной плоскости, начинает действовать горизонтально направленная сила \vec{F} . Зависимость модуля этой силы F от времени t показана на рисунке слева. На рисунке справа показана соответствующая зависимость модуля ускорения a этого тела от времени t .



Выберите **все** верные утверждения на основании анализа представленных графиков.

- 1) В момент времени $t = 5$ с модуль силы трения меньше модуля силы F .
- 2) В момент времени $t = 2$ с сила трения равна 0.
- 3) В интервале времени $(0 \text{ с}) \leq t \leq (4 \text{ с})$ тело двигалось с отличной от нуля постоянной скоростью.
- 4) В интервале времени $(0 \text{ с}) \leq t \leq (4 \text{ с})$ внешняя сила F не совершает работу.
- 5) В интервале времени $(0 \text{ с}) \leq t \leq (4 \text{ с})$ сила трения совершает отрицательную работу.

Ответ: _____ .

5

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой m . Как изменятся время движения коробочки и модуль работы силы трения, если с той же наклонной плоскости будет скользить та же коробочка с грузом вдвое большей массы?

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.

время движения	модуль работы силы трения

6

Автобус массой m , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью v , совершает торможение до полной остановки. При торможении колёса автобуса не вращаются. Коэффициент трения между колёсами и дорогой равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль работы силы трения, действующей на автобус
- Б) время, необходимое для полной остановки автобуса

ФОРМУЛЫ

- 1) $\mu g v$
- 2) $\frac{mv^2}{2\mu g}$
- 3) $\frac{v}{\mu g}$
- 4) $\frac{mv^2}{2}$

Ответ:

А	В

7 Идеальный газ находится в закрытом сосуде при нормальном атмосферном давлении. При неизменной концентрации молекул средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул уменьшается на 2%. Определите конечное давление газа. Ответ выразите в кПа.

Ответ: _____ кПа.

8 В сосуде объёмом 3 л при температуре 70° находится смесь воздуха с водяными парами. Давление в сосуде равно 99,2 кПа, относительная влажность воздуха 50%. Давление насыщенного водяного пара при данной температуре равно 31,1 кПа. Какое количество воздуха находится в сосуде? Ответ выразите в миллимолях и округлите до целого числа.

Ответ: _____ ммоль.

9 В вертикальном цилиндре под тяжёлым горизонтальным поршнем площадью $0,1 \text{ м}^2$ находится идеальный газ. Атмосферное давление нормальное, а под поршнем — на 30% выше атмосферного. Газ медленно нагревают, в результате чего поршень поднимается на высоту 20 см. Какую работу при этом совершает газ? Ответ выразите в джоулях.

Ответ: _____ Дж.

10 Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В начальный момент времени в левой части сосуда содержится 4 моль гелия, в правой — 40 г аргона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул аргона. Температура газов одинаковая и остаётся постоянной.

Выберите **все** верные утверждения, описывающие состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Концентрация гелия в правой части сосуда в 2 раза меньше, чем аргона.
- 2) Отношение давления газа в правой части сосуда к давлению газа в левой части равно 1,5.
- 3) В правой части сосуда общее число молекул газа меньше, чем в левой части.
- 4) Внутренняя энергия гелия и аргона одинакова.
- 5) В результате установления равновесия давление в правой части сосуда увеличилось в 3 раза.

Ответ: _____ .

11 Кусок льда аккуратно опускают в калориметр с тёплой водой и отмечают уровень воды. Затем лёд полностью тает. Удельная теплоёмкость калориметра пренебрежимо мала, теплообмен с окружающей средой отсутствует. Как изменяются в ходе этого процесса внутренняя энергия содержимого калориметра и уровень воды в калориметре по сравнению с отмеченным?

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.

внутренняя энергия содержимого калориметра	уровень воды в калориметре

12 Определите внутреннее сопротивление аккумулятора, если известно, что при замыкании его на внешнее сопротивление $R_1 = 1 \text{ Ом}$ напряжение на зажимах аккумулятора $U_1 = 2 \text{ В}$, а при замыкании на сопротивление $R_2 = 2 \text{ В}$, напряжение на зажимах $U_2 = 2,4 \text{ В}$. Ответ выразите в омах.

Ответ: _____ Ом.

13 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 40 \text{ мТл}$ находится плоский контур в виде кольца радиусом $r = 5 \text{ см}$, изготовленный из тонкой проволоки. Сначала контур располагается так, что линии индукции магнитного поля перпендикулярны плоскости кольца. Затем кольцо поворачивают вокруг его диаметра на угол 120° . Найдите модуль изменения потока вектора магнитной индукции через кольцо при таком повороте. Ответ выразите в мкВб и округлите до целого числа.

Ответ: _____ мкВб.

14 В наборе радиодеталей для изготовления свободного колебательного контура имеются две катушки с индуктивностями $L_1 = 1 \text{ мкГн}$ и $L_2 = 2 \text{ мкГн}$, а также два конденсатора, ёмкости которых $C_1 = 30 \text{ пФ}$ и $C_2 = 40 \text{ пФ}$. Какую наименьшую собственную частоту колебаний будет иметь колебательный контур, составленный из двух элементов этого набора? Ответ выразите в мегагерцах и округлите до целого числа.

Ответ: _____ МГц.

15

Точечный источник света находится в ёмкости с жидкостью и опускается вертикально вниз от поверхности жидкости. При этом на поверхности жидкости возникает пятно, в пределах которого лучи света от источника выходят из жидкости в воздух. Глубина погружения источника (расстояние от поверхности жидкости до источника света), измеренная через равные промежутки времени, а также соответствующий радиус светлого пятна представлены в таблице. Погрешность измерения глубины погружения и радиуса пятна составила 1 см.

Глубина погружения, см	10	20	30	40	50	60	70
Радиус пятна, см	12	24	36	48	60	72	84

Выберите **все** верные утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

- 1) Образование упомянутого пятна на поверхности обусловлено дисперсией света в жидкости.
- 2) Предельный угол полного внутреннего отражения меньше 45° .
- 3) Показатель преломления жидкости меньше 1,5.
- 4) Образование пятна на поверхности обусловлено явлением полного внутреннего отражения.
- 5) Граница пятна движется с ускорением.

Ответ: _____ .

16

В учебной лаборатории изучается движение заряженных частиц по окружности в магнитном поле. В первом опыте рассматривается движение протона, а во втором — α -частицы. Кинетические энергии частиц в обоих опытах одинаковые. Как изменяются радиус окружности и период вращения при переходе от первого опыта ко второму?

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 окружности	период вращения

17

Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью $0,2 \text{ мкФ}$, заряженного до напряжения 10 В, катушки индуктивностью 2 мГн и разомкнутого ключа. После замыкания ключа, которое произошло в момент времени $t = 0$, в контуре возникли собственные электромагнитные колебания. Установите соответствие между зависимостями, полученными при исследовании этих колебаний, и формулами, выражающими эти зависимости. Коэффициенты в формулах выражены в соответствующих единицах СИ.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) зависимость напряжения на конденсаторе от времени
- Б) зависимость силы тока, текущего через катушку, от времени

ФОРМУЛЫ

- 1) $10 \sin(5 \cdot 10^4 \cdot t)$
- 2) $10 \cos(5 \cdot 10^4 \cdot t)$
- 3) $0,1 \sin(5 \cdot 10^4 \cdot t)$
- 4) $0,1 \cos(5 \cdot 10^4 \cdot t)$

Ответ:

А	Б

18

Неизвестная частица движется в ускорителе со скоростью, близкой к скорости света. Кинетическая энергия частицы $E_k = 15 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$. Чему равна скорость движения частицы, если её энергия покоя $E_0 = 5 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$? Ответ выразите в м/с, разделите на 10^8 и округлив до десятых.

Ответ: _____ 10^8 м/с .

19

Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов из электронной оболочки атома. Как изменяются масса ядра и число протонов в ядре при захвате ядром электрона?

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.

масса ядра	число протонов в ядре

20

Выберите **все** верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях.

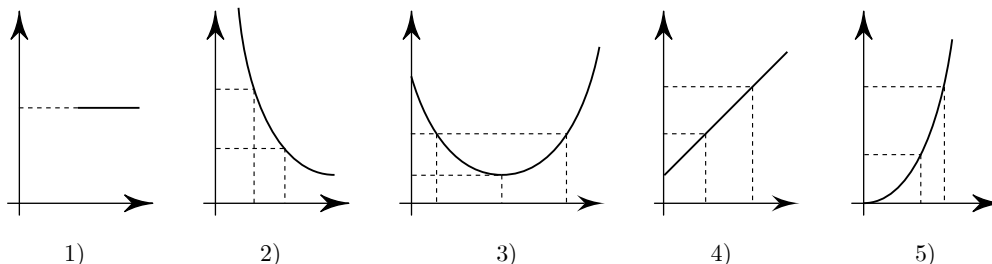
- 1) Если при движении материальной точки вектор её скорости всегда остаётся перпендикулярным радиус-вектору, то точка движется по окружности.
- 2) Явление полного внутреннего отражения может наблюдаться при переходе из оптически более плотной среды в оптически менее плотную, если угол падения больше предельного угла.
- 3) В процессе альфа-распада происходит испускание радиоактивным элементом медленных нейтронов.
- 4) Для данных температур холодильника и нагревателя наибольший КПД имеет тепловая машина Карно.
- 5) Сила Лоренца всегда направлена перпендикулярно скорости движения заряда и перпендикулярно вектору магнитной индукции.

Ответ: _____ .

21

Даны следующие зависимости величин:

- A) зависимость координаты тела от времени при прямолинейном равномерном движении;
- 2) зависимость энергии магнитного поля катушки с током от силы тока в ней;
- 3) зависимость давления идеального газа от температуры при изобарном процессе.



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

Ответ:

A	B	C

22

Чтобы определить объём канцелярской скрепки, в мензурку погружают $N = 20$ таких скрепок. Измерение показывает, что объём воды изменился относительно первоначального уровня на $V = 50 \pm 2 \text{ см}^3$. Чему равен объём одной скрепки? Ответ выразите в см^3 и укажите погрешность.

Ответ: (_____ \pm _____) см^3 .

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

23

Ученику требуется определить зависимость периода свободных колебаний пружинного маятника от коэффициента жёсткости пружины. Для этого он приготовил штатив с муфтой и лапкой, линейку с миллиметровой шкалой, груз известной массы.

Какие **два** предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента? В ответ запишите номера выбранных предметов.

- 1) деревянная рейка;
- 2) мензурка с водой;
- 3) набор грузов с неизвестными массами;
- 4) набор пружин;
- 5) секундомер.

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** Деревянный брусок массой $m = 100$ г лежит на шероховатой наклонной плоскости, угол который можно изменять. Постройте график зависимости силы трения, действующей на брусок от угла наклона α ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$). Коэффициент трения бруска о наклонную плоскость $\mu = 0,2$. При каком угле наклона сила трения будет достигать наибольшего значения? Вычислите наибольшее значение силы трения.

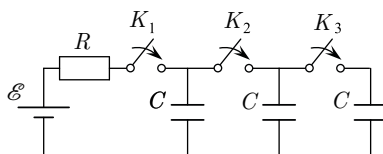
Полное правильное решение каждой из задач 25–30 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 25** При изготовлении дроби расплавленный свинец при температуре плавления выливают в воду, объём которой 2,6 л. Какое количество дроби было изготовлено, если вода нагрелась при этом от 27°C до 47°C , потери тепла составили 25%. Температура плавления свинца равна 327°C .

- 26** Электрон, имеющий импульс $p = 3 \cdot 10^{-24}$ кг, сталкивается с покоящимся протоном, образуя атом водорода в состоянии с энергией E_2 . Уровни энергии атома водорода рассчитываются по формуле $E_n = -13,6 \text{ эВ}/n^2$, где $n = 1, 2, 3, \dots$. В процессе образования атома излучается фотон. Найдите длину волны λ этого фотона, пренебрегая кинетической энергией атома.

- 27** В горизонтально расположенной трубке с одним закрытым концом с помощью столбика ртути длиной $d = 75$ мм заперт воздух при температуре $t = 27^\circ\text{C}$. Затем трубку переворачивают вертикально открытым концом вверх и нагревают, в результате чего объём запертого воздуха становится в 2 раза больше, чем был в горизонтальном положении. Ртуть при этом не выливается из трубки. Насколько изменилась температура внутри колбы, если атмосферное давление равно $p_0 = 750$ мм. рт. ст.?

- 28** Электрическая цепь состоит из источника тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением, трёх одинаковых конденсаторов $C = 1$ мкФ, резистора $R = 1$ кОм, и трёх ключей. В начальный момент все ключи разомкнуты. Затем по очереди замыкают ключи K_1 , K_2 и K_3 , выжидая каждый раз достаточно длительное время до окончания процессов зарядки конденсаторов. Какое количество теплоты выделится в резисторе R после замыкания ключа K_3 ? До его замыкания все остальные ключи уже были замкнуты. ЭДС источника тока $\mathcal{E} = 60$ В.



- 29** На тонкую собирающую линзу с оптической силой $D_1 = 4$ дптр параллельно главной оптической оси падет пучок солнечных лучей. За собирающей линзой на расстоянии $l = 7$ см установлена тонкая рассеивающая линза с оптической силой $D_2 = -2$ дптр. Плоскости линз параллельны друг другу, а их главные оптические оси совпадают. Свет, пройдя через систему из двух линз, даёт изображение Солнца на экране, находящимся за второй линзой. Найдите расстояние от рассеивающей линзы до экрана. Сделайте рисунок с указанием хода лучей.

- 30** Снаряд, движущийся со скоростью $v_0 = 200$ м/с, разрывается на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая — в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счёт энергии взрыва на величину $\Delta E = 500$ кДж. Скорость осколка, движущегося вперёд по направлению движения снаряда, равна $v_1 = 600$ м/с. Найдите массу одного из осколков. Какие законы Вы используете для решения задачи? Обоснуйте их применение к данному случаю.

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

Ответы

1. 1,2
2. 5
3. 0,3
4. 14
5. 31
6. 43
7. 98
8. 88
9. 2600
10. 25
11. 33
12. 0,5
13. 471
14. 18
15. 34
16. 31
17. 23
18. 2,8
19. 12
20. 245
21. 451
22. 2,50,1
23. 45
24. максимальное значение силы трения $F_{\max} \approx 0,96$ Н соответствует углу $\alpha \approx 11,3^\circ$
25. $m \approx 4,74$ кг
26. $\lambda = 36$ нм
27. $\Delta T = 360$ К
28. $Q = 0,6$ мДж
29. $f = 28,125$ см
30. $m = 3,125$ кг