

Олимпиада «Курчатов» по физике

2016–17 учебный год

Отборочный тур, Интернет-этап

Автоматическая проверка по ответам с погрешностью $\pm 10\%$

Единицы измерения в ответе указывать не нужно! Десятичным разделителем является запятая.

7 класс

Задача 1

Пароход движется вдоль берега реки со скоростью 1,8 км/ч. С какой наименьшей скоростью должен идти по палубе пассажир, чтобы относительно берега быть неподвижным? Ответ дайте в м/с, округлив до одного знака после запятой.

Ответ

0,5

Решение

Пассажир должен идти по палубе со скоростью, равной скорости парохода по модулю, но противоположно направленной:

$$v = 1,8 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{1800 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Задача 2

Поезд проехал прямой участок пути длиной 7 км за 6 минут. Вначале поезд двигался со скоростью 50 км/ч, затем начал разгоняться, и к концу участка скорость поезда составила 27 м/с. Чему равна средняя скорость движения поезда на данном участке пути? Ответ выразите в км/ч и округлите до целого.

Ответ

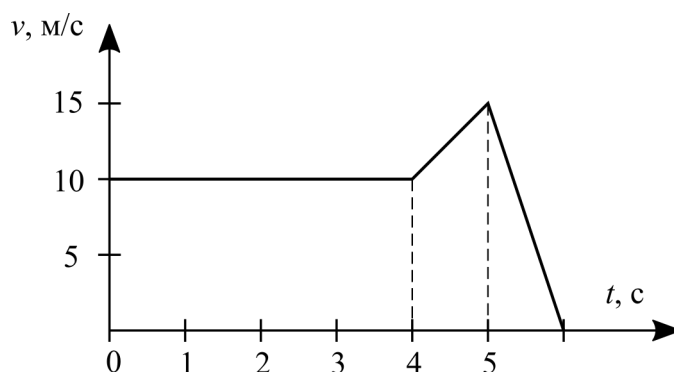
70

Решение

$$v_{\text{ср}} = \frac{7 \text{ км}}{6 \text{ мин}} = \frac{7 \text{ км}}{0,1 \text{ ч}} = 70 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Задача 3

На рисунке приведён график зависимости скорости прямолинейно движущегося тела от времени. Найдите путь, пройденный телом с момента времени $t_1 = 1$ с до момента времени $t_2 = 4$ с. Ответ выразите в м, округлив до целого.



Ответ

30

Решение

На рассматриваемом временном промежутке тело двигалось с постоянной скоростью 10 м/с. Значит, пройденный им путь равен $(10 \text{ м/с}) \cdot 3 \text{ с} = 30 \text{ м}$.

Задача 4

Два сплошных шарика одинаковой массы положили на весы. Показания весов составили 108 г. Один шарик изготовлен из меди, другой — из алюминия. Плотность меди $8,9 \text{ г/см}^3$, плотность алюминия $2,7 \text{ г/см}^3$. Определите объём алюминиевого шарика. Ответ выразите в см^3 , округлите до целого.

Ответ

20

Решение

Поскольку массы шариков одинаковы, масса одного шарика равна 54 г. Объём шарика $V = \frac{54 \text{ г}}{2,7 \text{ г/см}^3} = 20 \text{ см}^3$.

Задача 5

Тело находится в состоянии покоя под действием трёх сил, направленных вдоль одной прямой. Силы величиной 15 Н и 25 Н направлены в противоположные стороны. Найдите модуль третьей силы. Ответ выразите в ньютонах, округлив до целого.

Ответ

10

Решение

Модуль равнодействующих двух первых сил равен 10 Н. Поскольку тело находится в покое, то равнодействующая всех трёх сил должна быть равна нулю. Значит, модуль третьей силы 10 Н.

Задача 6

На вертикальной пружине жёсткостью 100 Н/м подвесили груз массой 200 г. При этом длина пружины составила 12 см. Найдите длину пружины в недеформированном состоянии. Ответ выразите в см, округлив до целого. Ускорение свободного падения примите равным 10 Н/кг.

Ответ

10

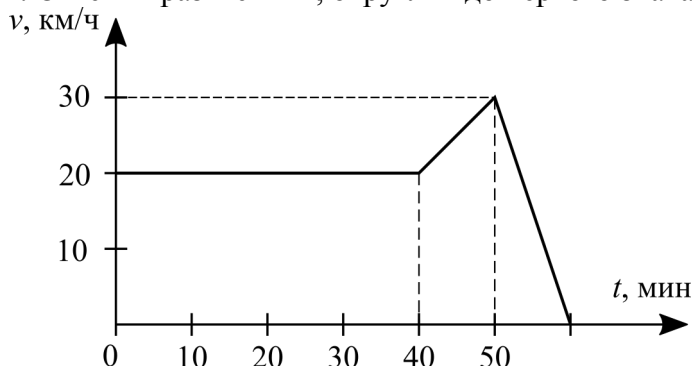
Решение

Удлинение пружины $\left(0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}\right) : \left(100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}\right) = 2 \text{ см}$. Значит, длина пружины в недеформированном состоянии $12 \text{ см} - 2 \text{ см} = 10 \text{ см}$.

8 класс

Задача 1

На рисунке приведён график зависимости скорости прямолинейно движущегося тела от времени. Найдите путь, пройденный телом с момента времени $t_1 = 15$ мин до момента времени $t_2 = 50$ мин. Ответ выразите в км, округлив до первого знака после запятой.



Ответ

12,5

Решение

Пройденный путь равен площади под соответствующим участком графика:

$$s = (40 \text{ мин} - 15 \text{ мин}) \cdot 20 \frac{\text{км}}{\text{ч}} + (50 \text{ мин} - 40 \text{ мин}) \cdot \frac{20 + 30}{2} \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 12,5 \text{ км}.$$

Задача 2

Из пункта A в пункт B выехал автомобиль, двигавшийся с постоянной скоростью 60 км/ч. Через час после этого из пункта A выехал второй автомобиль, который по той же дороге поехал в пункт B с постоянной скоростью и спустя ещё два часа догнал первый автомобиль (который к тому моменту ещё не доехал до пункта B). Найдите скорость второго автомобиля. Ответ выразите в км/ч.

Ответ

90

Решение

Скорость сближения в два раза меньше скорости первого автомобиля, следовательно, она равна 30 км/ч. Значит, скорость второго автомобиля равна 90 км/ч.

Задача 3

Два сплошных шарика одинаковых размеров положили на весы. Показания весов составили 191 г. Один шарик изготовлен из свинца, другой — из стали. Плотность свинца $11,3 \text{ г/см}^3$, плотность стали $7,8 \text{ г/см}^3$. Определите массу стального шарика. Ответ выразите в граммах, округлите до целого.

Ответ

78

Решение

Пусть объём каждого из шариков равен V , тогда $11,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot V + 7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot V = 191 \text{ г}$, откуда $V = 10 \text{ см}^3$, значит, масса стального шарика 78 г.

Задача 4

Деревянный брусок движется равномерно и прямолинейно по горизонтальной поверхности стола, когда его тянут за горизонтальную нить с силой 2 Н. На брусок сверху кладут ещё один такой же брусок. С какой силой теперь нужно тянуть за горизонтальную нить, чтобы сдвинуть брусок с места? Ответ выразите в Ньютонах.

Ответ

4

Решение

Вес бруска увеличился в два раза, значит, в два раза увеличилась и действующая на него сила трения.

Задача 5

Груз массой $m_1 = 200$ г подвешен к левому краю лёгкого рычага, а груз массой $m_2 = 300$ г – к правому. Рычаг находится в равновесии. Затем грузы поменяли местами, и чтобы вновь уравновесить рычаг, точку опоры передвинули на 10 см. Найдите общую длину рычага. Ответ выразите в см.

Ответ

50

Решение

Пусть вначале левое плечо равно $3x$, тогда правое равно $2x$. После того, как грузы поменяли друг с другом, длины плеч тоже должны были «поменяться местами». Значит, точку опоры сместили на x . Полная длина рычага $5x = 50$ см.

Задача 6

Какое количество теплоты выделится при полном сгорании 5 м^3 древесины (сосны), если плотность сосны 520 кг/м^3 , а удельная теплота сгорания древесины 10 МДж/кг ? Ответ выразите в ГДж.

Ответ

26

Решение

$$5 \text{ м}^3 \cdot 520 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 26 \text{ ГДж.}$$

9 класс

Задача 1

Жук ползёт с постоянной по модулю скоростью из одного угла прямоугольного стола в соседний угол, расстояние до которого равно 120 см, затем разворачивается и ползёт обратно. Весь путь занимает у жука 2 минуты. Жук всё время ползёт по прямой вдоль края стола. Найдите модуль смещения жука (от начального положения) через 100 секунд после начала движения. Ответ выразите в см.

Ответ

40

Решение

Модуль скорости жука равен 2 см/с. Через 100 секунд после начала движения жук уже возвращается обратно, но до точки старта ему остаётся ползти ещё 20 с, за это время он пройдёт ещё 40 см, значит, в рассматриваемый момент жук находился на расстоянии 40 см от точки старта.

Задача 2

Два сплошных кубика одинаковых размеров положили на весы. Показания весов составили 130,4 г. Один кубик изготовлен из латуни, другой — из чугуна. Плотность латуни 8,5 г/см³, плотность чугуна 7,8 г/см³. Определите длину ребра чугунного кубика. Ответ выразите в мм, округлите до целого.

Ответ

20

Решение

Пусть объём каждого из шариков равен V , тогда $8,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot V + 7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot V = 130,4 \text{ г}$, откуда $V = 8 \text{ см}^3$, значит, длина ребра куба 20 мм.

Задача 3

Две материальные точки движутся вдоль оси x . Закон движения первой точки: $x_1 = 2 + 6t - t^2$, закон движения второй точки: $x_2 = 17 - 12t + 2t^2$ (все величины в СИ). Найдите координату места встречи этих точек. Ответ выразите в единицах СИ.

Ответ

7

Решение

Приравняем координаты первой и второй точки и получим квадратное уравнение на время встречи: $3t^2 - 18t + 15 = 0$. Это уравнение имеет два корня: $t_1 = 1$ и $t_2 = 5$, однако $x_1(t_1) = x_2(t_1) = x_1(t_2) = x_2(t_2) = 7$, значит, ответ на вопрос задачи – 7.

Задача 4

Найдите силу тока, идущего через резистор, если за 30 мин через резистор протёк заряд 18 Кл. Ответ дайте в мА.

Ответ

10

Решение

$$I = \frac{q}{t} = \frac{18000 \text{ мКл}}{30 \cdot 60 \text{ с}} = 10 \text{ мА}.$$

Задача 5

Площадь поперечного сечения соснового бревна равна 400 см^2 , а длина бревна — 4 м. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании этого бревна, если плотность сосны 520 кг/м^3 , а удельная теплота сгорания 10 МДж/кг ? Ответ выразите в МДж.

Ответ

832

Решение

$$0,04 \text{ м}^2 \cdot 4 \text{ м} \cdot 520 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 832 \text{ МДж.}$$

Задача 6

Два последовательно соединённых резистора с сопротивлениями $R_1 = 2,2 \text{ кОм}$ и $R_2 = 6,6 \text{ кОм}$ подключили на некоторое время к источнику постоянного напряжения $U = 4,5 \text{ В}$. За это время через источник прошёл заряд 40 Кл . Найдите количество теплоты, выделившееся за это время на резисторе сопротивлением R_1 . Ответ выразите в Дж.

Ответ

45

Решение

Поскольку резисторы соединены последовательно, силы тока через каждый из них одинаковы, а падение напряжения пропорционально величине сопротивления, то есть на резисторе с сопротивлением R_1 падает в 3 раза меньшее напряжение, чем на другом резисторе, а значит и мощность выделяющегося тепла на нём в 3 раза меньше, чем на другом резисторе, то есть на первом резисторе выделится четверть всего количества теплоты. Полное же количество теплоты равно работе источника по перемещению заряда. Искомое количество теплоты:

$$Q_1 = \frac{4,5 \text{ В} \cdot 40 \text{ Кл}}{4} = 45 \text{ Дж.}$$

10 класс

Задача 1

Две материальные точки движутся вдоль оси x . Закон движения первой точки:

$x_1 = -14 + 16t - 2t^2$, закон движения второй точки: $x_2 = 22 - 8t + t^2$ (все величины в СИ). Найдите координату места встречи этих точек. Ответ выразите в единицах СИ.

Ответ

10

Решение

Приравняем координаты первой и второй точки и получим квадратное уравнение на время встречи: $3t^2 - 24t + 36 = 0$. Это уравнение имеет два корня: $t_1 = 2$ и $t_2 = 6$, однако $x_1(t_1) = x_2(t_1) = x_1(t_2) = x_2(t_2) = 10$, значит, ответ на вопрос задачи – 10.

Задача 2

Площадь поперечного сечения соснового бревна равна 500 см^2 , а длина бревна – 5 м. Какой массой угля можно заменить это бревно (для получения такого же количества теплоты), если плотность сосны 520 кг/м^3 , удельная теплота сгорания древесины 10 МДж/кг , угля – 27 МДж/кг ? Ответ выразите в кг и округлите до целого.

Ответ

48

Решение

$$0,05 \text{ м}^2 \cdot 5 \text{ м} \cdot 520 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} : 27 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 48 \text{ кг}.$$

Задача 3

Два параллельно соединённых резистора с сопротивлениями $R_1 = 12 \text{ кОм}$ и $R_2 = 48 \text{ кОм}$ подключили на некоторое время к источнику постоянного напряжения $U = 12 \text{ В}$. За это время через источник прошёл заряд 50 Кл . Найдите количество теплоты, выделившееся за это время на резисторе сопротивлением R_2 . Ответ выразите в Дж.

Ответ

120

Решение

Источник совершил работу по перемещению заряда $A = 12 \text{ В} \cdot 50 \text{ Кл}$. Эта работа перешла в тепло, выделившееся на резисторах: $A = Q_1 + Q_2$. По закону Джоуля-Ленца $Q = \frac{U^2}{R} t$, где U — напряжение на резисторе (для обоих резисторов одинаково, поскольку они соединены параллельно), R — сопротивление, t — время. Получается, что

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow Q_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} A = \frac{12 \text{ В} \cdot 50 \text{ Кл}}{5} = 120 \text{ Дж}.$$

Задача 4

Скорость первого автомобиля относительно земли 60 км/ч , а относительно второго автомобиля 35 м/с . Найдите скорость второго автомобиля относительно земли. Оба автомобиля движутся по одной прямой дороге с ограничением скорости 90 км/ч и не нарушают ПДД. Ответ дайте в км/ч.

Ответ

66

Решение

Относительная скорость равна 126 км/ч , значит, второй автомобиль едет в противоположную первую сторону (иначе бы он превышал). Скорость второго автомобиля относительно земли равна $126 \text{ км/ч} - 60 \text{ км/ч} = 66 \text{ км/ч}$.

Задача 5

Мячик массой 150 г, летящий со скоростью 8 м/с, упруго ударяется о стену под углом 30° к поверхности стены. Найдите импульс, переданный стене при ударе. Ответ дайте в единицах СИ, округлив до одного знака после запятой.

Ответ

1,2

Решение

Переданный стене импульс по модулю равен изменению импульса мячика. При упругом ударе параллельная стене составляющая импульса мячика не меняется, а перпендикулярная меняется на противоположную. Значит, модуль изменения импульса мячика равен $2 \cdot 0,15 \text{ кг} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sin 30^\circ = 1,2 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Задача 6

Какую минимальную работу необходимо совершить, чтобы поднять брусок массой 5 кг на высоту 2 м по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту 30° , если коэффициент трения между бруском и плоскостью равен 0,2. Ответ дайте в Дж, округлив до целого. Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 .

Ответ

135

Решение

Минимальная необходимая работа есть изменение потенциальной энергии бруска в поле силы тяжести и работа против сил трения. Изменение потенциальной энергии $5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2 \text{ м} = 100 \text{ Дж}$, модуль силы трения $0,2 \cdot 5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot \cos 30^\circ \approx 8,66 \text{ Н}$, перемещение бруска равно $2 \text{ м} / \sin 30^\circ = 4 \text{ м}$, работа силы трения $-8,66 \text{ Н} \cdot 4 \text{ м} \approx -35 \text{ Дж}$.

Значит, необходимо совершить работу 135 Дж.

11 класс

Задача 1

Найдите КПД при подъеме тела по наклонной плоскости, составляющей угол 45° с горизонтом, если величина коэффициента трения между плоскостью и поднимаемым телом равна 0,25. Ответ дайте в процентах, округлив до целого.

Ответ

80

Решение

Полезная работа — это увеличение потенциальной энергии, равное по модулю работе силы тяжести. В затраченную работу входит ещё работа против силы трения. Если тело массы m без ускорения поднимают по наклонной плоскости, составляющей угол 45° с горизонтом, проекция силы тяжести на направление движения равна $-mg \sin 45^\circ$, а проекция силы трения на направление движения равна $-0,25 mg \cos 45^\circ$. КПД наклонной плоскости:

$$\frac{mg \sin 45^\circ}{mg \sin 45^\circ + 0,25 mg \cos 45^\circ} = \frac{1}{1 + 0,25} = 0,8 = 80\%.$$

Задача 2

Тело массой 250 г, подвешенное на нерастяжимой нити длиной 50 см, совершает колебания в вертикальной плоскости. Когда угол нити с вертикалью составляет 60° , скорость тела равна 2 м/с. Найдите силу натяжения нити в этот момент. Ответ выразите в Ньютонах, округлив до одного знака после запятой. Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 .

Ответ

3,3

Решение

Проекция силы тяжести на ось, сонаправленную с нитью, равна $0,25 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot \cos 60^\circ = 1,25 \text{ Н}$. Центробежное ускорение тела равно $(2 \text{ м/с})^2 / 0,5 \text{ м} = 8 \text{ м/с}^2$. Значит, сила натяжения нити равна $1,25 \text{ Н} + 0,25 \text{ кг} \cdot 8 \text{ м/с}^2 \approx 3,3 \text{ Н}$.

Задача 3

Подвес математического маятника удлин timer на 20 см, после чего период колебаний увеличился на 41% (то есть отношение нового периода к старому равно 1,41). Найдите новую частоту колебаний маятника. Ускорение свободного падения примите равным $9,8 \text{ м/с}^2$. Ответ дайте в Гц, округлив до второго знака после запятой.

Ответ

0,79

Решение

Отношение новой длины подвеса к старой равно $1,41^2 = 2,00$, значит, старая длина равна 20 см, а новая — 40 см. По формуле математического маятника

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{9,8 \text{ м/с}^2}{0,4 \text{ м}}} = 0,79 \text{ Гц}.$$

Задача 4

После того, как температуру холодильника уменьшили на 10%, КПД цикла Карно увеличился на 10% (температура нагревателя оставалась неизменной). Найдите конечное значение КПД. Ответ дайте в процентах, округлив до целого.

Ответ

55

Решение

Для цикла Карно $\eta = 1 - \frac{T_x}{T_n}$, где η , T_x и T_n — КПД, температура холодильника и нагревателя соответственно. Значит, для конечной ситуации

$$1,1\eta = 1 - \frac{0,9T_x}{T_n} = 1 - 0,9(1 - \eta) = 0,1 - 0,9\eta \Rightarrow 0,2\eta = 0,1 \Rightarrow \eta = 50\%.$$

Конечное значение КПД равно $1,1 \cdot 50\% = 55\%$.

Задача 5

Плоский конденсатор заряжен до напряжения 50 В, при этом заряд конденсатора равен 4,4 нКл. Площадь обкладок конденсатора равна 100 см^2 . Найдите напряжённость электрического поля внутри конденсатора. Ответ дайте в кВ/м, округлив до целого. Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

Ответ

50

Решение

Ёмкость конденсатора равна $4,4 \text{ нКл}/50 \text{ В} = 88 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$. Значит, расстояние между обкладками конденсатора равно

$$\frac{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot 0,01 \text{ м}^2}{88 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}} = 1,01 \text{ мм}.$$

Напряжённость электрического поля внутри конденсатора равна $50 \text{ В}/1,01 \text{ мм} = 50 \text{ кВ/м}$.

Задача 6

Расстояние между предметом и экраном 30 см. Линзу какой оптической силы нужно взять, чтобы получить на экране чёткое изображение предмета, увеличенное в 2 раза? Ответ дайте в диоптриях, округлив до целого.

Ответ

15

Решение

Чтобы увеличение было равно 2, расстояние от линзы до экрана должно быть в 2 раза больше расстояния от линзы до предмета. Значит, расстояние от предмета до линзы должно быть равно 10 см, а расстояние от линзы до экрана — 20 см. По формуле тонкой линзы её оптическая сила:

$$D = \frac{1}{10 \text{ см}} + \frac{1}{20 \text{ см}} = 15 \text{ дптр}.$$