

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
политехнический колледж филиала федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»
в поселке Яблоновском

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ
для студентов СПО

П. Яблоновский, 2020

УДК 53(07)
ББК 22.3
М-54

Одобрено предметной (цикловой) цикловой комиссией
естественнонаучных и технических дисциплин
Протокол №8 от 27 июня 2018г
Председатель предметной (цикловой) комиссии
Схашок Н.Ю.

Разработчик: Схашок Н.Ю.– преподаватель политехнического колледжа филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Майкопский государственный технологический университет» в п. Яблоновском

В методических рекомендациях, составленных в соответствии с учебной программой, рассматривается решение задач по разделу «Механическое движение, Динамика, Законы сохранения в механике» что расширит и закрепит теоретические знания по дисциплине Физика. В методических рекомендациях четко сформулированы задачи самостоятельной работы, порядок их выполнения.

В данных рекомендациях представлен материал в помощь преподавателю физики в повседневной работе по обучению студентов самостоятельному поиску решения задач, самостоятельному овладению знаниями и умению их применять.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Раздел. Механика	7
1. Кинематика материальной точки	7
2. Динамика материальной точки	26
3. Законы сохранения в механике	43
Литература	54

Введение

Изучая физику, студенты постигают различные физические законы, одни из которых относятся только к определенному кругу явлений, например, механических, электрических, оптических, другие же являются фундаментальными, общими для физических явлений.

Процесс решения задачи похож на небольшое исследование. И заранее далеко не всегда ясно, какой должна быть последовательность действий для получения результата. И никаких универсальных рецептов не существует. Необходимое умение приходит только в результате упорного труда по мере накопления опыта.

В начале каждой главы даны краткие теоретические сведения, позволяющие вспомнить основные понятия и законы курса физики, приведены формулы, которые используются при решении задач. Далее следуют методические указания по решению задач и примеры их решения. Каждая глава заканчивается задачами для самостоятельного решения

Цели методических указаний:

- совершенствовать практические навыки и умения в применении полученных знаний для решения стандартных и нестандартных задач;

- углубить знания студентов по физике;

- расширить кругозор студента;

- оказать помощь студентам при подготовке к зачету.

Задачи методических указаний:

- закрепить, углубить и расширить знания студентов;

- овладеть основными методами решения задач;

- выработать умения формулировать суждения и выводы, чтобы логически последовательно их излагать;

- овладеть навыками самостоятельной работы;

- развить интерес к занятиям по физике и другим техническим дисциплинам;

- усвоить общие алгоритмы решения задач.

Методические указания состоит из раздела: «Механика»

В начале каждой главы даны краткие теоретические сведения, позволяющие вспомнить основные понятия и законы курса физики,

приведены формулы, которые используются при решении задач. Далее следуют методические указания по решению задач и примеры их решения. Каждая глава заканчивается задачами для самостоятельного решения

Раздел Механика.

1. Кинематика.

Основные понятия, законы, формулы.

Механическое движение - это изменение положения тела относительно других тел в пространстве с течением времени. В любом механическом движении всегда участвуют не менее двух тел. Одно из них условно принимают за неподвижное тело отсчета и по отношению к нему определяют механическое состояние всех остальных тел.

Материальная точка – тело, размеры и форму которого можно не учитывать при описании его движения и массу которого можно считать сосредоточенной в точке.

Тело отсчета - тело, относительно которого определяется положение данного тела. Движение материальной точки характеризуют траекторией, длиной пути, перемещением, скоростью, ускорением.

Траектория – это линия, вдоль которой движется тело в данной системе отсчета.

Путь – скалярная величина, равная длине участка траектории между начальным и конечным положением тела.

Перемещение – это вектор, соединяющий начальное и конечное положение движущейся точки.

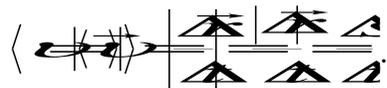
Положение материальной точки в декартовой системе координат определяется кинематическими уравнениями движения:

$$\text{системой скалярных уравнений} \begin{cases} x = x(t), \\ y = y(t), \\ z = z(t), \end{cases}$$

или эквивалентным ей векторным уравнением $\vec{r} = \vec{r}(t)$

Поступательное движение тела – движение, при котором любая прямая, жестко связанная с движущимся телом и проведенная через две произвольные точки данного тела, остается параллельной самой себе.

Скорость – векторная величина, определяющая быстроту движения и его направление в данный момент времени. Средняя скорость – векторная величина, определяемая отношением приращения радиус-вектора Δr точки к промежутку времени Δt , в течение которого это приращение произошло



Мгновенная скорость – векторная величина, определяемая первой производной радиус-вектора

движущейся точки по времени $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

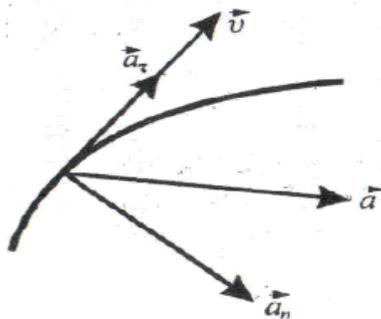
Ускорение – характеристика неравномерного движения, определяющая быстроту изменения скорости по модулю и направлению. Среднее ускорение – векторная величина, равная отношению изменения скорости Δv к интервалу времени Δt , в течение которого это изменение произошло $\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$. Мгновенное ускорение

определяется первой производной скорости по времени

$$\langle \vec{a} \rangle = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Тангенциальное ускорение характеризует быстроту изменения скорости по модулю, направлена по касательной к траектории $a_t = \frac{\partial v}{\partial t}$. **Нормальное ускорение** характеризует

изменение скорости по направлению, направлено к центру окружности $a_n = \frac{v^2}{R}$.



Полное ускорение при криволинейном движении определяется геометрической суммой тангенциальной и нормальной составляющих ускорения.

Равномерное движение - движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит равные расстояния.

Равномерное прямолинейное движение $v = \text{const}$ $v = \frac{s}{t}$

$$a=0 \quad x = x_0 + v \cdot t$$

Равнопеременное движение - движение, при котором скорость за одинаковые промежутки времени изменяется на одну и ту же величину.

$$v_0 = 0$$

$$v_0 \neq 0$$

$$v_x = a \cdot t$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

$$a_x = \frac{v_x}{t}$$

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$$

$$x = x_0 + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$x = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

Свободное падение тел - движение, которое совершало бы тело только под действием силы тяжести без учета сопротивления воздуха.

$$v_0 = 0$$

$$v_0 \neq 0$$

$$v = g \cdot t$$

$$v = v_0 + g \cdot t$$

$$a_y = g$$

$$y = y_0 + \frac{gt^2}{2}$$

$$y = y_0 + v_0 \cdot t + \frac{gt^2}{2}$$

Вращательное движение тела – движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой, называемой осью вращения.

Быстрота вращения тела характеризуется угловой скоростью, которая равна производной от угла поворота радиус-вектора по

времени: $\omega = \frac{\partial \phi}{\partial t}$.

Угловое ускорение - это производная от угловой скорости по

времени: $\varepsilon = \frac{\partial \omega}{\partial t}$. Вектор углового ускорения совпадает по

направлению с вектором угловой скорости: при ускоренном вращении угловое ускорение направлено так же, как и угловая скорость, при замедленном – противоположно ей.

Тангенциальная составляющая ускорения

$$a_t = R \frac{d\omega}{dt} = R \varepsilon$$

Нормальная составляющая ускорения

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

Связь между линейными (длина пути S , пройденного точкой по окружности радиуса R , линейная скорость v , тангенциальное

ускорение a_t , нормальное ускорение a_n) и угловыми величинами (угол поворота φ , угловая скорость ω , угловое ускорение ε) выражается следующими формулами:

$$S = R\varphi, \quad v = R\omega, \quad a_t = R\varepsilon, \quad a_n = \omega^2 R.$$

Основные формулы кинематики вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси:

уравнение равномерного вращательного движения
 $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 \cdot t;$

уравнение равнопеременного вращательного движения
 $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2};$ зависимость угловой скорости от времени при

равнопеременном движении $\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot t.$ Эти формулы сопоставляются с аналогичными зависимостями для поступательного движения.

Как решать задачи по кинематике?

Не существует универсального метода решения задач по физике, но существует универсальный подход к решению задач. Во – первых необходимо выделить три больших этапа:

1. Постановка задачи;
2. Решение задачи;
3. Анализ решения.

Постановка задачи – наиболее важный, а в наших задачах, и наиболее трудный этап. Мы должны понять физику явления, сформулировать физическую модель, а затем перевести ее в математическую. Конечным результатом этого этапа должна быть система уравнений и неравенств.

При решении задач по кинематике этот этап разбивается на четыре ступени:

1. Внимательно, не торопясь, прочитайте условие задачи. Подумайте, о каком физическом явлении идет речь. Какие физические величины известны, а какие надо найти?

2. Изобразите на рисунке (схематически) рассматриваемые тела, изобразите их движения.

3. Выберите систему координат. Удобно для решения одну из осей направлять по движению тела, т.е. она должна совпадать с направлением скорости.

Для описания прямолинейного движения достаточно одна координатная ось, совмещенная с траекторией движения. Если движение происходит в одной плоскости, то потребуются две оси, для 3-х мерного движения необходима 3^х мерная система координат.

Выбор системы отсчета произволен и не влияет на конечный результат решения задачи. Но удачный выбор системы отсчета упрощает решение задачи.

4. Назовите вид движения тел. Запишите кинематические уравнения для каждого тела. Число уравнений должно быть равно числу неизвестных величин. Получится система уравнений.

Решите систему уравнений в общем виде. Затем найдите искомые величины в буквенном виде.

Подставьте в буквенный ответ числовые значения заданных физических величин с наименованием их единиц. Предварительно надо выразить все числовые значения в «С.И.». Выполните вычисления и получите ответ.

Проанализируйте ответ, чтобы исключить ошибку в полученном результате.

Примеры решения задач

Задача 1

Тело движется равномерно вдоль оси X. Со скоростью $v = 2$ м/с противоположно положительному направлению оси X. Найдите положение тела в момент времени $t_1 = 10$ с после начала движения, если начальная координата $x_0 = 5$ м. Чему равен путь, пройденный телом?

Дано:

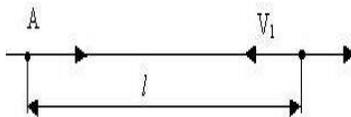
$$v = 2 \text{ м/с}$$

$$t_1 = 10 \text{ с}$$

$$x_0 = 5 \text{ м}$$

$$x(t_1) = ? \quad s(t_1) = ?$$

Решение



Из условия задачи видно, что физической моделью задачи является материальная точка, движущаяся по прямой с постоянной скоростью. Математической моделью такого процесса является математическое уравнение для координат материальной точки: $x = x_0 + v \cdot t$.

По условию задачи $v_x = -v$ и формула для координаты принимает вид: $x = x_0 - v \cdot t$

Пройденный телом путь равен $s = v \cdot t$.

В этих уравнениях t – параметр, переменная величина. Уравнения показывают, как изменяется координата материальной точки и пройденный ею путь со временем t . Можно для большей ясности писать $x(t)$ и $s(t)$. Смотрим в условие задачи, что нам нужно найти.

Координату и пройденный путь в момент времени t_1 . Надо подставить вместо t ее численное значение t_1 и подсчитать численный ответ.

Обратите внимание, t - переменная величина, а t_1 – число.

Итак, мы имеем: $x(t_1) = x_0 - v \cdot t_1 = 5 \text{ м} - 2 \text{ м/с} \cdot 10 \text{ с} = -5 \text{ м}$.

Пройденный телом путь равен $s(t_1) = v \cdot t_1 = 2 \text{ м/с} \cdot 10 \text{ с} = 20 \text{ м}$.

Ответ: $x(t_1) = -5 \text{ м}$.

Задача 2

Из пунктов А и В, расстояние между которыми $l=55$ км, одновременно начали двигаться с постоянными скоростями навстречу друг другу по прямому шоссе два автомобиля. Скорость первого автомобиля $v_1=50$ км/ч, а второго $v_2=60$ км/ч. Через сколько времени после начала движения автомобили встретятся? Найдите пути, пройденные каждым автомобилем за это время.

Дано:

$$l=55 \text{ км}$$

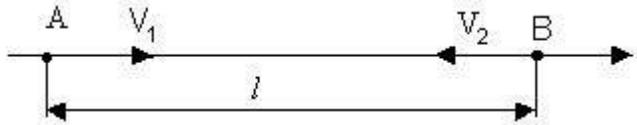
$$v_1=50$$

км/ч

$$v_2=60 \text{ км/ч}$$

$$t_1-?$$

$$s_1-?$$



Решение.

Представим движение автомобилей как движение материальных точек. Примем пункт А за начало координат и направим координатную ось X в сторону пункта В (см.рис.). Движение автомобилей будет описываться уравнениями:

$$x_1(t)=x_{01} + v_1 t,$$

$$x_2(t)=x_{02} + v_2 t.$$

$$\text{Начальные условия: } x_{01}=0, x_{02}=l.$$

Так как вектор скорости первого автомобиля направлен в положительном направлении, а второго – в отрицательном, то $v_{1x}=v_1$, $v_{2x}=-v_2$.

Поэтому первые два уравнения перепишем в виде:

$$x_1(t)=v_1 t,$$

$$x_2(t)=l - v_2 t.$$

Когда в момент времени t_1 автомобили встретятся, они будут иметь равные координаты:

$$x_1(t_1)=x_2(t_1), \quad \text{или} \quad v_1 t_1=l - v_2 t_1.$$

Откуда

$$t_1=l/(v_1 + v_2)=0,5 \text{ ч.}$$

Пройденные пути равны

$$s_1 = v_1 t_1 = 25 \text{ км}, \quad s_2 = v_2 t_1 = 30 \text{ км}.$$

Ответ: $t_1 = 0,5 \text{ ч}$. $s_1 = 25 \text{ км}$, $s_2 = 30 \text{ км}$

Задача 3

Движение точки на плоскости описывается уравнениями

$$x = 6 \text{ м} + 3 \text{ м/с} \cdot t,$$

$$y = 4 \text{ м/с} \cdot t.$$

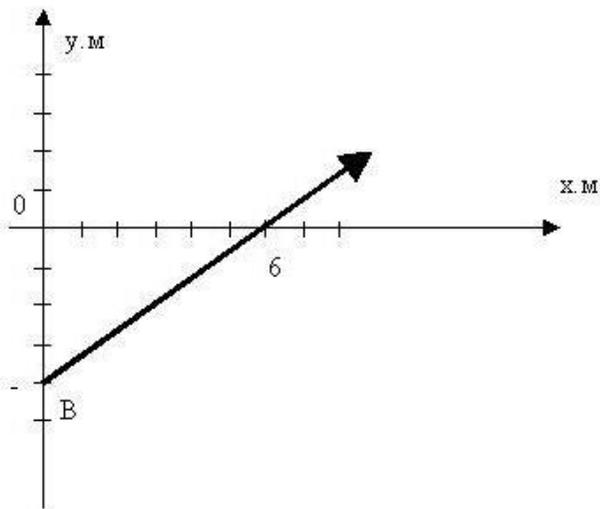
Определить траекторию движения точки и построить ее на плоскости XOY .

Решение.

Исключим из обоих уравнений параметр t . Для этого выразим время из первого уравнения и подставим во второе, получим: $y = 4x/3 - 8 \text{ м}$.

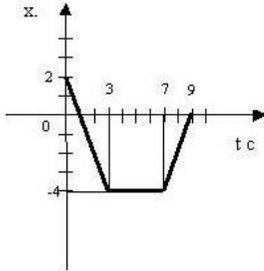
Это уравнение прямой линии с угловым коэффициентом $4/3$ и пересекающая ось OY в точке -8 . Можно построить ее по точкам, при $x=0$ $y=-8 \text{ м}$, а при $y=0$ $x=6 \text{ м}$.

Направление скорости движения точки укажем стрелкой.



Задача 4

На рисунке изображен график зависимости координаты точки, движущейся вдоль оси X, от времени. Как двигалась точка? Постройте графики модуля v и проекции v_x скорости, а также пути в зависимости от времени.



Решение.

В течение первых 3 с координаты точки изменялись от 2 м до -4 м, следовательно, точка двигалась противоположно положительному направлению оси OX.

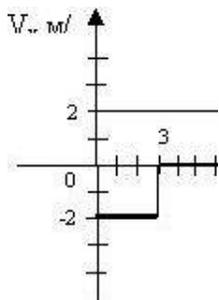
Проекция скорости равна $v_{1x} = (-4 - 2) / 3 = -2$ м/с,

А модуль скорости равен $v_1 = 2$ м/с.

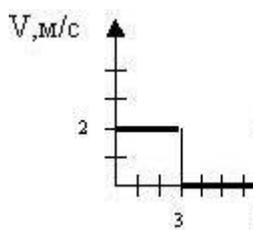
Следующие 4 с точка не двигалась. Ее координаты не изменялись, $v_{2x} = v_2 = 0$. Потом в течение 2 с точка двигалась в положительном направлении оси OX и пришла в начало координат ($x=0$). Проекция и модуль скорости соответственно равны:

$$v_{3x} = v_3 = (0 - (-4)) / 2 = 2 \text{ м/с.}$$

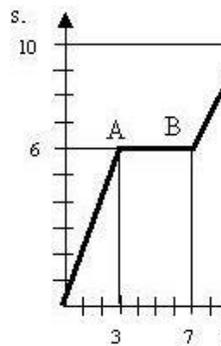
На рисунке «а» изобразим график проекции скорости. На рисунке «б» – график модуля скорости, а на рисунке «в» - график пути. При построении графика пути не забывайте, что путь не может быть отрицательным и при движении не убывает.



a)



б)



в)

Задача 5

С подводной лодки, погружающейся равномерно, испускаются звуковые импульсы длительностью $t_1=30,1$ с. Длительность импульса, принятого на лодке после его отражения от дна, равна $t_2=29,9$ с. Определите скорость погружения лодки v . Скорость звука в воде $c=1500$ м/с.

Дано

$$t_1=30,1 \text{ с}$$

$$t_2=29,9 \text{ с}$$

$$c=1500 \text{ м/с}$$

v -?

Решение.

Звуковой импульс не является материальной частицей, однако уравнения движения звукового импульса такие же, как и у материальной точки, поэтому можно применять законы кинематики материальной точки.

За время t_1 лодка переместится на расстояние vt_1 , поэтому расстояние

$$L=ct_1 - v t_1.$$

Такая длина сигнала сохранится и после отражения от дна. Прием импульса закончится в тот момент, когда лодка встретится с задним концом импульса. Поскольку скорость их сближения равна $c + v$, то продолжительность приема будет равна $t_2=L/(c + v)$.

Решая эти уравнения совместно, получим:

$$L=ct_1 - v t_1 = t_1(c - v) \quad L= t_2 \cdot (c + v),$$

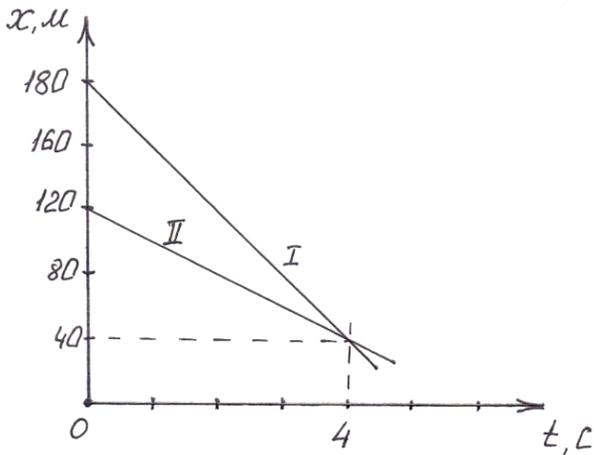
следовательно, $t_1(c - v) = (c + v) t_2$.

Выполнив математические преобразования получим v
 $= c (t_1 - t_2) / t_1 + t_2$
 $= 1500(30,1 - 29,9)/30,1 + 29,9 = 300/60 = 5 \text{ м/с}$

Ответ: $v = 5$ м/с.

Задача №6

Опишите, как движутся автобусы, если их движение описывается графиками, изображенными на рисунке. Найдите начальные координаты, модули скоростей, напишите уравнения зависимости $x(t)$, найдите место и время встречи.



Определим вид движения каждого тела.

Первое и второе тела движутся прямолинейно равномерно в соответствии с функцией

$$x = x_0 - v_x \cdot t$$

$$x_{0I} = 180 \text{ м}$$

$$x = 20 \text{ м}$$

$$v_x = \frac{S_x}{t}$$

$$S_x = x - x_0$$

$$t = 5 \text{ с}$$

$$v_{xI} = \frac{|20 \text{ м} - 180 \text{ м}|}{5 \text{ с}} = 32 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$x_I = 180 - 32 \cdot t$$

$$x_{0II} = 120 \text{ м}$$

$$x_{II} = 20 \text{ м}$$

$$t = 5 \text{ с}$$

$$v_{xII} = \frac{|20 \text{ м} - 120 \text{ м}|}{5 \text{ с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$x_{II} = 120 - 20 \cdot t$$

Найдем место встречи и время встречи тел. $x = 40 \text{ м} = 4 \text{ с}$

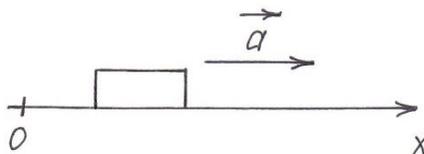
Ответ: $x_{0I} = 180 \text{ м}$, $v_{xI} = 32 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $x_{0II} = 120 \text{ м}$, $v_{xII} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $x = 40 \text{ м}$, $t = 4 \text{ с}$

Задача 7.

За какое время автомобиль, двигаясь из состояния покоя с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, пройдет путь 100 м ?

Дано:
$v_{0x} = 0$
$a_x = 0,5$
$S_x =$
100 м
$t = ?$

Решение:



Движение прямолинейное равноускоренное

$$S_x = v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}; \quad S_x = \frac{a_x \cdot t^2}{2}, \text{ т.к. } v_{0x} =$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a_x}}; \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \text{ м}}{0,5 \text{ м/с}^2}} = 20 \text{ с}$$

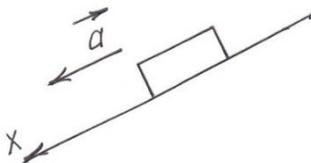
Ответ: $t = 20 \text{ с}$

Задача 8.

Скорость поезда, движущегося под уклон, возросла с 15 м/с до 19 м/с . Поезд прошел при этом путь 340 м . С каким ускорением двигался поезд, и сколько времени продолжалось движение под уклон?

Дано:
$v_{0x} = 15 \text{ м/с}$
$v_x = 19 \text{ м/с}$
$S_x = 340 \text{ м}$
$a_x = ? , t = ?$

Решение:



$$S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

$$a_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2 \cdot S_x}$$

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t} \quad t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$$

$$a_x = \frac{(19 \text{ м/с})^2 - (15 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 340 \text{ м}}$$

$$= 0,2 \text{ м/с}^2$$

$$t = \frac{19 \text{ м/с} - 15 \text{ м/с}}{0,2 \text{ м/с}^2} = 20 \text{ с}$$

Ответ: $a_x = 0,2 \text{ м/с}^2$, $t = 20 \text{ с}$

Задача 9.

Камень свободно падает с высоты 80 м, какова скорость камня в момент падения на землю? Сколько времени продолжалось свободное падение?

Дано:

$$v_{0y} = 0$$

$$h = 80 \text{ м}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

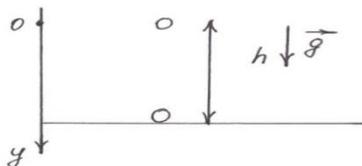
$$\approx 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_y = ?, t$$

Решение

При решении задач на свободное падение удобно за начало системы координат взять связанную с Землей точку, из которой началось падение, тогда при любой высоте падения начальная координата известна: $y_0 = h_0 = 0$.

I способ.



$$h = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g_y}$$

$$h = \frac{v_y^2}{2g_y}, \text{ т. к. } v_{0y} = 0$$

$$v_y = \sqrt{2g_y \cdot h}$$

$$t = \frac{v_y}{g}$$

II способ.

$$v_y = \sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 80\text{М}} \approx 40 \text{ М/с}$$

$$t = \frac{40 \text{ М/с}}{9,8 \text{ М/с}^2} \approx 4 \text{ с}$$

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

$$v_y = g_y \cdot t$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 80 \text{ М}}{9,8 \text{ М/с}^2}} \approx 4 \text{ с}$$

$$v_y = 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 4 \text{ с} \approx 40 \text{ М/с}$$

Ответ: $v_y = 40 \text{ м/с}$; $t = 4 \text{ с}$

Задача 10.

Тело падает с некоторой высоты и проходит последние 196 м пути за 4 с. С какой высоты и сколько времени падало это тело?

Дано:

$$h_2 = 196 \text{ м}$$

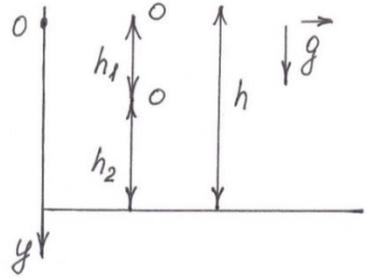
$$t_2 = 4 \text{ с}$$

$$v_{0y} = 0$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$$

$$h - ?, t - ?$$

Решение



$$h_2 = v_{01y} \cdot t_2 + \frac{g_y \cdot t_2^2}{2}$$

$$v_{01y} = \frac{h_2}{t_2} - \frac{g_y \cdot t_2}{2}$$

v_{01y} - конечная скорость для первого участка

$$h_1 = \frac{v_{01y}^2 - v_{0y}^2}{2g_y}; \quad h_1 = \frac{v_{01y}^2}{2g_y}$$

$$h = h_1 + h_2$$

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

$$v_{01y} = \frac{196 \text{ м}}{4 \text{ с}} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 4 \text{ с}}{2} = 29 \text{ м/с}$$

$$h_1 = \frac{(29 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 42 \text{ м}$$

$$h = 42 \text{ м} + 196 \text{ м} = 238 \text{ м}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 238 \text{ м}}{10 \text{ м/с}^2}} = \sqrt{47,6 \text{ с}^2} = 6,9 \text{ с}$$

Ответ: $h = 238 \text{ м}$; $t = 6,9 \text{ с}$

Задачи для самостоятельного решения.

1. Сколько времени длится разгон автомобиля, если он, двигаясь с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, увеличил свою скорость от 10 м/с до 20 м/с ?

2. Тело переместилось из точки с координатами $X_1 = 1 \text{ м}$, $Y_1 = 3 \text{ м}$ в точку с координатами $X_2 = 4 \text{ м}$, $Y_2 = -1 \text{ м}$. Сделать чертеж, определить перемещение тела и его проекции на оси.

3. Движение двух велосипедистов заданы уравнениями: $X_1 = 4t + 0,4t^2$ (м) и $X_2 = 160 - 8t$ (м). Как двигались велосипедисты? Найти время и место встречи.

4. Движение точки на плоскости описывается уравнениями: $X =$

$8+4t(\text{м})$, $Y=2t(\text{м})$. Определить траекторию движения точки и построить ее на плоскости ХОУ.

5. Координаты точки при равномерном прямолинейном движении на плоскости ХОУ за время $t=2\text{с}$ изменилось от начальных значений $X_0=6\text{м}$ и $y_0=8\text{м}$ до значений $X=-2\text{м}$, $Y=2\text{м}$. Определить скорость движения точки. Изобразить вектор скорости.

6. При свободном падении тело достигает поверхности земли через 5 с. Какова скорость тела в момент падения, и с какой высоты оно падало, если начальная скорость тела равна нулю?

7. Тело свободно падает из состояния покоя с высоты 80 м. Каково его перемещение в первую и последнюю секунду падения?

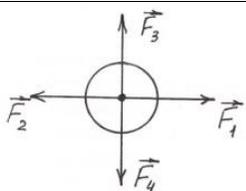
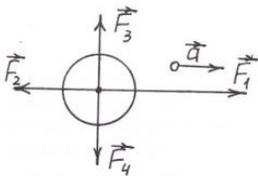
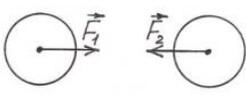
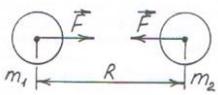
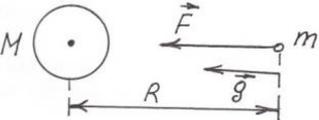
8. Трамвай, двигаясь равномерно со скоростью 15 м/с , начинает торможение. Чему равен тормозной путь трамвая, если он остановился через 10с?

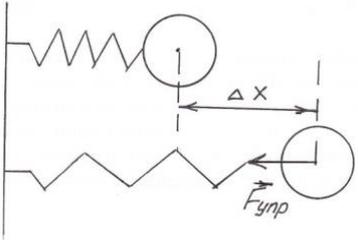
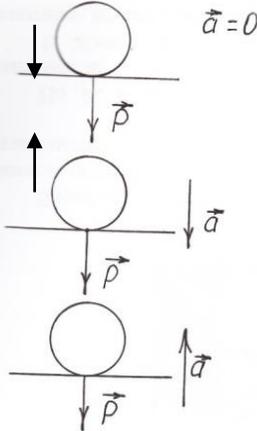
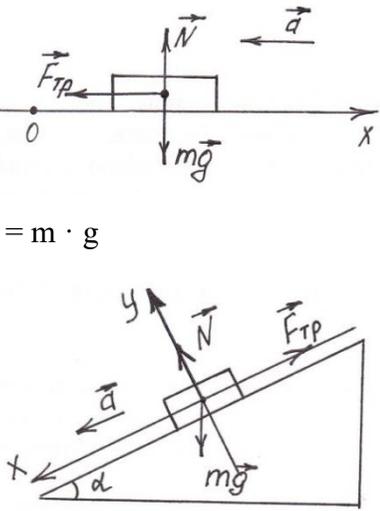
9. Тело, двигаясь без начальной скорости, прошло за первую секунду 1 м, за вторую – 2м, за третью – 3м, за четвертую -4 м и т.д. Можно ли считать такое движение равноускоренным?

10. Наименьшее время разгона легковых автомобилей с места ($v_0=0$) до скорости $v=100\text{км/ч}$ (с переключением передач) составляет для ВАЗ – 2101 $t_{01} = 20\text{с}$, для ВАЗ – 2107; $t_{07} = 15\text{с}$. Определите ускорения, с которыми движутся автомобили, и путь, проходимый каждым автомобилем при разгоне до скорости 100км/ч.

2. Динамика.

Основные понятия, законы, формулы.

Основной закон динамики	закон	Вопрос, на который отвечает закон	Формула	Рисунок
Первый Ньютона	закон	Когда тело движется без ускорения?	$\vec{a} = 0$ при $\vec{F} = 0$	
Второй Ньютона	закон	От чего зависит ускорение?	$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$	
Третий Ньютона	закон	Как тела действуют друг на друга?	$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$	
Сила		Формула	Поясняющий рисунок	
Всемирного тяготения		$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$		
Тяжести		$F = m \cdot g$, где $g = G \frac{M_3}{R_3^2}$		

Упругости	$F_{\text{упр}} = -k\Delta X,$	
Вес тела	$P =$ mg при $\vec{a} =$ $P =$ $m(g - a)$ при \vec{a} P $= m(g$ $+ a)$ при \vec{a}	
Трения	$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$	 <p>$N = m \cdot g$</p> <p>$N \neq m \cdot g$</p>

Как решать задачи на применение законов Ньютона?

1. Внимательно прочитайте условие задачи. Выясните, какие силы действуют на тела, движением которых мы интересуемся. Все известные силы, ускорение надо изобразить на рисунке. При этом надо отчетливо представлять себе, со стороны каких тел действуют рассматриваемые силы. Не следует забывать, что действие одного тела на другое является взаимным. Следует говорить не о действии тел, а о взаимодействии их, подчиняющемся третьему закону Ньютона.

Важно помнить, что вектор ускорения в ускоренном прямолинейном движении направлен так же, как и скорость. В замедленном – противоположно ей, но всегда направлен так же, как и вектор изменения скорости. В движении по окружности с постоянной по модулю скоростью – по радиусу к центру окружности;

2. Выберите систему отсчета, относительно которой будете рассматривать движение тел. Для каждого тела записывается второй закон Ньютона в векторной форме. После этого второй закон Ньютона переписывается для проекций ускорений и сил на оси выбранной системы координат:



3. Решите совместно систему полученных уравнений.

Если уравнений недостаточно для получения требуемого результата, то необходимо записать дополнительные уравнения (в соответствии с видом движения).

4 Получите результат. Сделайте анализ решения. Прежде всего, необходимо проверить размерность. Такая проверка поможет обнаружить возможную ошибку в расчетах .

5 Запишите ответ.

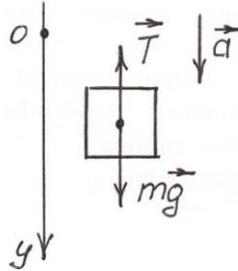
Примеры решения задач

Задача 1

Шахтная клеть в покое весит 2500Н. С каким ускорением опускается клеть, если ее вес уменьшается до 2000Н?

Дано:
СИ:
$P = 2500 \text{ Н}$
$P_1 = 2000 \text{ Н}$
$a = ?$

Решение:



Запишем II-ой закон Ньютона в векторном виде: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

Запишем II-ой закон Ньютона в проекциях на векторную ось.

$mg - T = ma$, где $P = mg$ - в покое

$T = P_1$ - при движении клетки

$$P - P_1 = ma$$

$$a = \frac{P - P_1}{m}$$

$$m = \frac{P}{g}$$

$$a = \frac{(P - P_1)g}{P}$$

$$a = \frac{(2500\text{Н} - 2000\text{Н}) \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{2500\text{Н}} = 2 \text{ м/с}^2$$

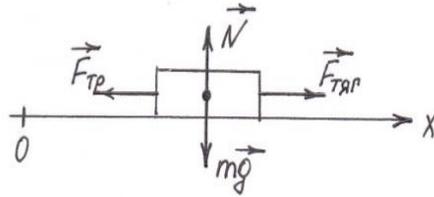
Ответ: $a = 2 \text{ м/с}^2$

Задача 2

Брусек массой 400 г движется горизонтально под действием силы 1,4 Н. Коэффициент трения 0,2. В некоторой точке скорость бруска 4 м/с. Какой будет его скорость на расстоянии 3 м от этой точки?

Дано:	
СИ:	
$m = 400$	г
$0,4$	кг
$F_{\text{тяги}} = 1,4$	Н
$\mu = 0,2$	
$v_0 = 4$	м/с
$S = 3$	м
$v - ?$	

Решение:



Запишем II-ой закон Ньютона в векторном виде: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тяги}} + \vec{F}_{\text{тр}} = m \cdot \vec{a}$$

Найдем проекции всех векторов на ось OX.

$$F_{\text{тяги}x} - F_{\text{тр}x} = m \cdot a_x$$

На горизонтальной поверхности сила трения вычисляется по формуле:

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot m \cdot g$$

Заменим

$$F_{\text{тяги}x} - \mu \cdot m \cdot g = m \cdot a_x$$

$$a_x = \frac{F_{\text{тяги}x} - \mu \cdot m \cdot g}{m}$$

Запишем дополнительную формулу для перемещения без времени

$$S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

Выразим из этой формулы конечную скорость

$$v_x = \sqrt{2a_x S_x + v_{0x}^2}$$

Сначала найдем ускорение

$$a_x = \frac{1,4 \text{ Н} - 0,2 \cdot 0,4 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{0,4 \text{ кг}} = 1,5 \text{ м/с}^2$$

Вычисляем скорость

$$v_x = \sqrt{2 \cdot 1,5 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м} + (4 \text{ м/с})^2} = \sqrt{25 \text{ м}^2/\text{с}^2} = 5 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_x = 5 \text{ м/с}$

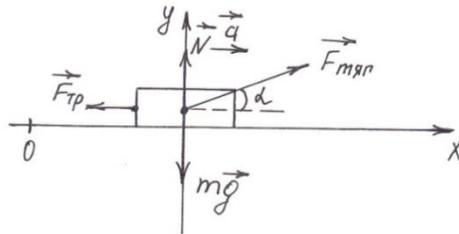
Задача 3

Груз массой 45 кг перемещается по горизонтальной плоскости под действием силы тяги 294 Н, направленной под углом 30° к горизонту. Коэффициент трения груза о плоскости 0,1. Определите ускорение движения груза.

Дано:
 СИ:
 $m = 45 \text{ кг}$
 $F_{\text{тяги}} = 294 \text{ Н}$
 $\angle \alpha = 30^\circ$
 $\mu = 0,1$

 $a = ?$

Решение:



Запишем II-ой закон Ньютона в векторном виде: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тяги}} + \vec{F}_{\text{тр}} = m \cdot \vec{a}$$

Найдем проекции всех векторов на ось OX.

$$F_{\text{тяги}} \cdot \cos \alpha - F_{\text{тр}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{тяги}} \cdot \cos \alpha - \mu \cdot N = m \cdot a$$

Получилось уравнение с двумя неизвестными. Поэтому находим проекции всех векторов на ось OY.

$$N - m \cdot g + F_{\text{тяги}} \cdot \sin \alpha = 0$$

Решим систему из двух уравнений

$$\begin{cases} F_{\text{тяги}} \cdot \cos \alpha - \mu \cdot N = m \cdot a \\ N - m \cdot g + F_{\text{тяги}} \cdot \sin \alpha = 0 \\ N = m \cdot g - F_{\text{тяги}} \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

Подставим в первое уравнение

$$F_{\text{ТЯГ}} \cdot \cos \alpha - \mu(mg - F_{\text{ТЯГ}} \cdot \sin \alpha) = m \cdot a$$

$$a = \frac{F_{\text{ТЯГ}} \cdot \cos \alpha - \mu(m \cdot g - F_{\text{ТЯГ}} \cdot \sin \alpha)}{m}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{294 \text{ Н} \cdot \cos 30^\circ - 0,1(45 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 - 294 \text{ Н} \cdot \sin 30^\circ)}{45 \text{ кг}} \\ &= \frac{294 \text{ Н} \cdot 0,87 - 0,1(45 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 - 294 \text{ Н} \cdot 0,5)}{45 \text{ кг}} \\ &\approx 5,9 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

Ответ: $a = 5,9 \text{ м/с}^2$

Задача 4

Тело скользит равномерно по наклонной плоскости с углом наклона 40° . Определить коэффициент трения тела о плоскость.

Дано:

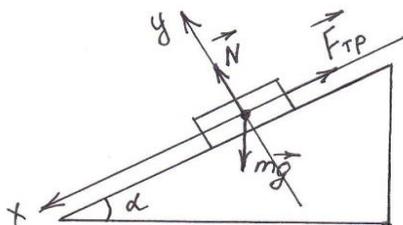
СИ:

$$\angle \alpha = 40^\circ$$

$$a = 0$$

$$\mu = ?$$

Решение:



Запишем II-ой закон Ньютона в векторном виде: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m \cdot \vec{a}$$

Найдем проекции векторов на ось OX.

$$mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0$$

$$mg \cdot \sin \alpha - \mu \cdot N = 0$$

Найдем проекции векторов на ось OY.

$$-mg \cdot \cos \alpha + N = 0$$

Решим систему двух уравнений

$$\begin{cases} mg \cdot \sin \alpha - \mu \cdot N = 0 \\ -mg \cdot \cos \alpha + N = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} N &= mg \cos \alpha \\ mg \cdot \sin \alpha - \mu \cdot mg \cos \alpha &= 0 \\ \mu mg \cos \alpha &= mg \sin \alpha \\ \mu &= \frac{mg \sin \alpha}{mg \cos \alpha} \\ \mu &= \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha \\ \mu &= \operatorname{tg} 40^\circ \approx 0,84 \end{aligned}$$

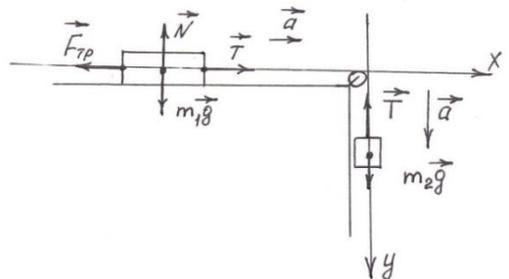
Ответ: $\mu = 0,84$

Задача 5

Брусок массой 2 кг скользит по горизонтальной поверхности под действием груза массой 0,5 кг, прикрепленного к концу нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок. Коэффициент трения бруска о поверхность 0,1. Найти ускорение движения тела и силу натяжения нити. Массами блока и нити, а также трением в блоке пренебречь.

Дано:	
СИ:	
	$m_1 = 2 \text{ кг}$
	$m_2 = 0,5 \text{ кг}$
	$\mu = 0,1$
<hr/>	
	$a - ? \quad T - ?$

Решение:



Запишем II-ой закон Ньютона в векторном виде: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

В задачах на связанные тела рассматриваются оба тела отдельно.

Возьмем проекции векторов на ось OX.

$$T - F_{\text{тр}} = m_1 \cdot a$$

$$T - \mu m_1 g = m_1 \cdot a$$

Возьмем проекции векторов на ось ОУ.

$$m_2 g - T = m_2 \cdot a$$

Решим систему из полученных уравнений.

$$\begin{cases} T - \mu m_1 g = m_1 \cdot a \\ m_2 g - T = m_2 \cdot a \end{cases}$$

$$m_2 g - m_2 a - \mu m_1 g = m_1 \cdot a$$

$$m_1 \cdot a + m_2 \cdot a = m_2 g - \mu m_1 g$$

$$a(m_1 + m_2) = m_2 g - \mu m_1 g$$

$$a = \frac{m_2 g - \mu \cdot m_1 \cdot g}{m_1 + m_2} = \frac{g(m_2 - \mu \cdot m_1)}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{10 \text{ м/с}^2 (0,5 \text{ кг} - 0,1 \cdot 2 \text{ кг})}{0,5 \text{ кг} + 2 \text{ кг}} = 1,2 \text{ м/с}^2$$

$$T = m_2 g - m_2 a = m_2 (g - a)$$

$$T = 0,5 \text{ кг} (10 \text{ м/с}^2 - 1,2 \text{ м/с}^2) = 4,3 \text{ Н}$$

Ответ: $a = 1,2 \text{ м/с}^2$; $T = 4,3 \text{ Н}$

Задача 6

Груз массой 5 кг, связанный нерастяжимой нитью, перекинутой через неподвижный блок, с другим грузом массой 2 кг, движется вниз по наклонной плоскости. Найти силу натяжения нити и ускорение грузов, если коэффициент трения между первым грузом и плоскостью 0,1. Угол наклона плоскости к горизонту 36° . Массами нитей, а также трением в блоке пренебречь.

Дано:

$$m_1 = 5 \text{ кг}$$

$$m_2 = 2 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,1$$

$$\angle \alpha = 36^\circ$$

$$T = ? \quad a = ?$$

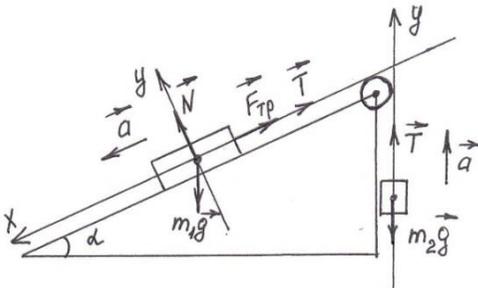
СИ:

Решение:

Рассмотрим движение каждого тела отдельно $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

Возьмем проекции векторов для первого тела на оси ОХ и ОУ.

$$\begin{aligned} \text{ОХ: } m_1 g \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр}} - \\ T = m_1 \cdot a \end{aligned}$$



$$m_1 g \cdot \sin \alpha - \mu \cdot N - T = m_1 \cdot a$$

ОУ:

$$-m_1 g \cos \alpha + N = 0$$

Составим систему уравнений

$$\begin{cases} m_1 g \cdot \sin \alpha - \mu \cdot N - T = m_1 \cdot a \\ -m_1 g \cos \alpha + N = 0 \\ N = m_1 g \cos \alpha \\ m_1 g \cdot \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha - T = m_1 \cdot a \end{cases}$$

Возьмем проекции векторов для второго тела на ось ОУ.

ОУ: $-m_2 g + T = m_2 \cdot a$

Составим систему уравнений

$$\begin{cases} m_1 g \cdot \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha - T = m_1 \cdot a \\ -m_2 g + T = m_2 \cdot a \\ T = m_2 a + m_2 g \end{cases}$$

$$m_1 g \cdot \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha - m_2 a - m_2 g = m_1 a$$

$$a(m_1 + m_2) = m_1 g \cdot \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha - m_2 g$$

$$a = \frac{m_1 g \cdot \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha - m_2 g}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{m_1 g (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha) - m_2 g}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{5 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 (\sin 36^\circ - 0,1 \cos 36^\circ) - 2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{5 \text{ кг} + 2 \text{ кг}} = 0,77 \text{ м/с}^2$$

$$T = m_2 (g + a)$$

$$T = 2 \text{ кг} (9,8 \text{ м/с}^2 + 0,77 \text{ м/с}^2) = 21 \text{ Н}$$

Ответ: $a = 0,77 \text{ м/с}^2$, $T = 21$

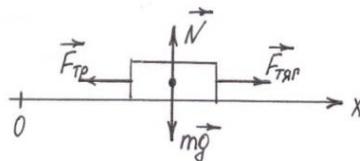
Задача 7

Трактор массой 10 т проходит по мосту со скоростью 10 м/с. Какова сила давления трактора на середину моста, если мост: 1)

плоский; 2) выпуклый с радиусом кривизны 200 м; 3) вогнутый с таким же радиусом кривизны.

Дано:	
СИ:	
$m = 10$	m
10000 кг	
$v = 10 \text{ м/с}$	
$R = 200 \text{ м}$	
<hr/>	
$P_1 - ? P_2 - ? P_3 - ?$	

Решение:

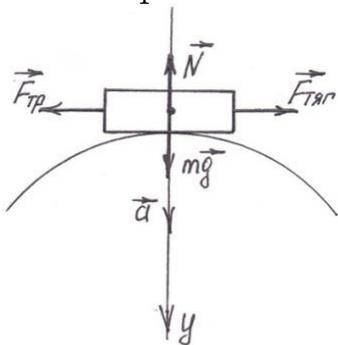


Т.к. $v = const$, то по первому закону Ньютона силы компенсируют друг друга.

По третьему закону Ньютона

$$N = mg = P_1$$

$$P_1 = 10000 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 98000 \text{ Н}$$



$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось ОУ

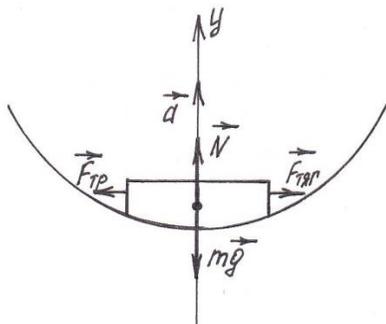
$$mg - N = ma$$

$$N = P_2$$

$$P_2 = m(g - a)$$

$$P_2 = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right), \text{ т.к. движение криволинейное}$$

$$P_2 = 10000 \text{ кг} \left(9,8 \text{ м/с}^2 - \frac{(10 \text{ м/с})^2}{200 \text{ м}} \right) = 93000 \text{ Н}$$



$$P_3 = m \left(g + \frac{v^2}{R} \right)$$

$$P_3 = 10000 \text{ кг} \left(9,8 \text{ м/с}^2 + \frac{(10 \text{ м/с})^2}{200 \text{ м}} \right) = 103000 \text{ Н}$$

Ответ: $P_1 = 98000 \text{ Н}$, $P_2 = 93000 \text{ Н}$, $P_3 = 103000 \text{ Н}$

Задача №8

Трамвай движется со скоростью 27 км/ч. В течение какого времени произойдет полная остановка трамвая, если сила сопротивления составляет 0,5 его веса? Найти тормозной путь.

Дано:

$$v_0 = 27 \text{ км/ч}$$

$$F_{\text{сопр}} = 0,5P$$

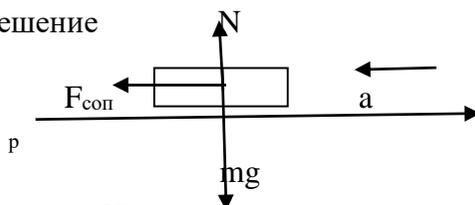
$$v = 0$$

$$t, S - ?$$

СИ

$$7,5 \text{ м/с}$$

Решение



Согласно второму закону Ньютона, равнодействующая сила сообщает

$$\text{трамваю ускорение, т.е. } m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{comp}} = m \cdot \vec{a}$$

В проекциях на оси

$$\text{ось X: } F_{\text{comp}} = ma$$

$$\text{ось Y: } N - mg = 0, \text{ следовательно } N = mg.$$

$$\text{Т. к. } F_{\text{comp}} = 0,5P, \text{ то } m = P/g, a = v_0/t, \text{ то } F_{\text{comp}} = ma. 0,5P = \frac{P \cdot v_0}{g \cdot t}.$$

$$t = \frac{v_0}{0,5g} = 1,5c. \text{ Тормозной путь определим по формуле:}$$

$$S = v_0 t - \frac{at^2}{2} = v_0 t - \frac{v_0 t^2}{2t} = \frac{v_0 t}{2} = \frac{7,5 \cdot 1,5}{2} = 5,6m$$

$$\text{Ответ: } t = 1,5c, S = 5,6m.$$

Задача № 9.

Найдите натяжения T_1 и T_2 нитей $abcd$ и se в устройстве с подвижным блоком, изображенном на рис . Массы тел соответственно равны $m_1 = 3$ кг и $m_2 = 2$ кг.

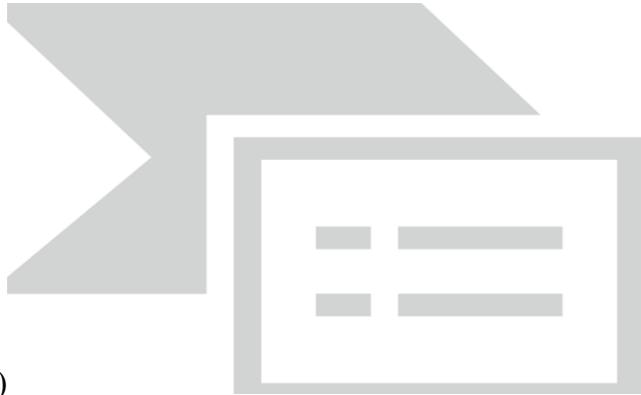


рис а)

Дано

$$m_1 = 3 \text{ кг}$$

$$m_2 = 2 \text{ кг}$$

$$T_1 - ?$$

$$T_2 - ?$$

Решение

Так как массой нитей и блоков можно пренебречь, то натяжение нитей одинаково во всех сечениях. Нить $abcd$, огибающая блоки, действует на тело m_1 и на левую и правую стороны подвижного блока с одинаковой силой T_1 (рис б). Нить se ,

соединяющая тело массой m_2 с подвижным блоком, действует на них с одинаковыми по модулю силами T . Координатную ось Y направим вверх. Учитывая, что

получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} T - m_1 g = m_1 a_1 \\ T - m_2 g = m_2 a_2 \\ a_1 = -a_2 \end{cases}$$

Последнее уравнение написано для подвижного блока с учетом того, что его масса равна нулю.

Система трех уравнений содержит четыре неизвестных:

Необходимо добавить уравнение кинематической связи

$$a_1 = -a_2$$

Мы получили систему из четырех уравнений для четырех неизвестных. Решаем эту систему уравнений и получаем:

$$\begin{cases} T - m_1 g = m_1 a_1 \\ T - m_2 g = m_2 a_2 \\ a_1 = -a_2 \\ m_1 a_1 = m_2 a_2 \end{cases}$$

Учитывая, что $T = 25,2$ Н. Так как то ускорение a_2 направлено вверх.

Проекция ускорения первого тела a_1 показывает, что ускорение первого тела направлено противоположно оси Y , т.е. вниз.

Ответ: $T_1 = 12,6$ Н; $T_2 = 25,2$ Н

Задача №10

Определить изменение веса тела массой m на полюсе Земли по сравнению с его весом на экваторе.

Дано:

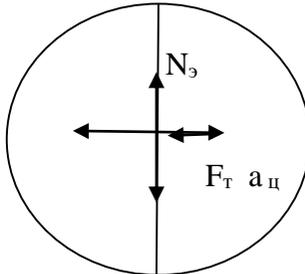
M

R

T

$\Delta P - ?$

Решение



Вес mg направляем по оси Y к центру Земли.

Сила трения и центростремительное ускорение направим по оси x к центру Земли.

Вес тела равен реакции опоры: $P = N$. На полюсе $N_p = mg$, на экваторе:

$F_m - N_э = ma_ц$, следовательно $N_э = F_m - ma_ц$, или тогда

$$\Delta P = \Delta N = N_p - N_э = mg - mg + m\omega^2 R$$

$$\Delta P = m\omega^2 R, \text{ так как } \omega = 2\frac{\pi}{T}, \Delta P = m\frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Ответ: $\Delta P = m\frac{4\pi^2 R}{T^2}$

Задачи для самостоятельного решения

1. С какой силой давит на дно шахтной клетки груз массой 100 кг , если клеть поднимается вертикально вверх с ускорением $24,5 \text{ см/с}^2$?

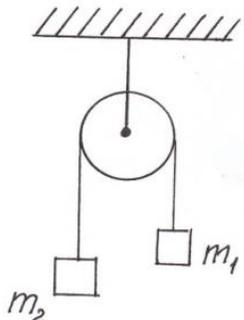
2. С какой скоростью двигались аэросани, если после выключения двигателя они прошли до остановки путь 250 м ? Коэффициент трения равен $0,02$.

3. Рассчитайте силу торможения, действующую на поезд массой 400 т . Тормозной путь поезда равен 200 м , а его скорость в начале торможения равна $39,6 \text{ км/ч}$.

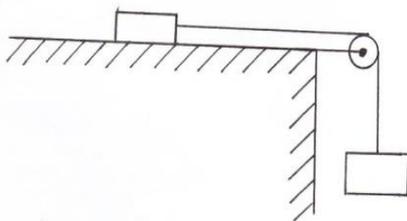
4. Вагонетка массой 200 кг движется с ускорением 4 м/с^2 . С какой силой рабочий толкает вагонетку, если коэффициент трения равен $0,6$?

5. На каком расстоянии от перекрестка должен начать тормозить шофер при красном свете светофора, если автомобиль движется в гору с углом наклона 30° со скоростью 60 км/ч ? Коэффициент трения между шинами и дорогой $0,1$.

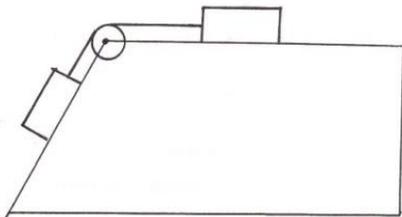
6. Найти ускорение и силу натяжения нити, если массы грузов $m_1 = 8 \text{ кг}$ и $m_2 = 12 \text{ кг}$



7. Брусок массой 400 г под действием груза массой 100 г проходит из состояния покоя путь 80 см за 2 с . Найдите коэффициент трения.



8. Наклонная доска, составляющая с горизонтом угол 60° , приставлена к горизонтальному столу. Два груза массой по 1 кг каждый соединены легкой нитью, перекинутой через неподвижный невесомый блок, и могут перемещаться соответственно по доске и столу. Найти силу натяжения нити и ускорение системы, если коэффициент трения тел о поверхность доски и стола одинаков и равен $0,3$.



9. Автомобиль с двумя парами ведущих колес движется по мосту, имеющему форму дуги окружности радиусом $R = 40\text{ м}$, обращенной своей выпуклостью вверх. Какое максимальное ускорение в горизонтальном направлении может развивать автомобиль на вершине моста, если скорость его в этой точке равна $v = 54\text{ км/ч}$? Коэффициент трения колес автомобиля о мост равен $\mu = 0,6$

10. Хоккейная шайба, имея начальную скорость 20 м/с и двигаясь по поверхности льда, остановилась через 40 с . Определите коэффициент трения шайбы о лед.

3. Законы сохранения в механике.

Основные понятия, законы, формулы.

Законы сохранения в механике включают в себя следующие темы:

Импульс тела и импульс силы. Закон сохранения импульса. Работа силы. Мощность. Простые механизмы. КПД механизмов. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.

Энергия E - скалярная физическая величина, характеризующая способность тела или системы тел совершать работу.

Изменение энергии. Мерой изменения энергии системы тел ΔE является работа A , совершаемая системой тел. ($\Delta E = A$).

Кинетическая энергия - является мерой механического

движения тел и зависит от скорости их движения в данной инерциальной системе $E_k = \frac{mv^2}{2}$; $E_k = \frac{p^2}{2m}$.

Теорема о кинетической энергии. Изменение кинетической энергии тела ΔE_k при переходе из одного положения в другое равно работе всех сил, действующих на тело:

$$\Delta E_k = \Delta A$$

Потенциальная энергия. Энергия, которая зависит от взаимного расположения тел или частей одного и того же тела. $E_p = \frac{kx^2}{2}$; $E_p = mgh$.

Полная механическая энергия. Равна сумме кинетической и потенциальной энергий:

$$E = E_p + E_k = \text{const.}$$

Абсолютно неупругий удар тела M , имеющего скорость v_1 и , тела m , имеющего скорость v_2 :

$$\text{Скорость системы после удара } U = \frac{Mv_1 + mv_2}{M+m};$$

Изменение кинетической энергии системы после удара $\Delta E_k = -\frac{Mm}{2(M+m)} (v_1 - v_2)^2$

Знак «минус» свидетельствует об уменьшении кинетической энергии.

Абсолютно упругий удар тел m_1 и m_2 , имеющих скорости v_1 и v_2 :

Скорость тела m_1 после удара

$$U_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}$$

Скорость тела m_2 после удара

$$U_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1 \cdot v_1}{m_1 + m_2}$$

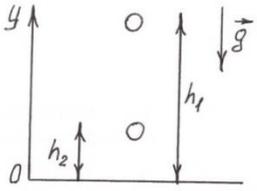
Как решать задачи на применение закона сохранения в механике?

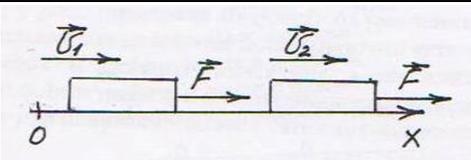
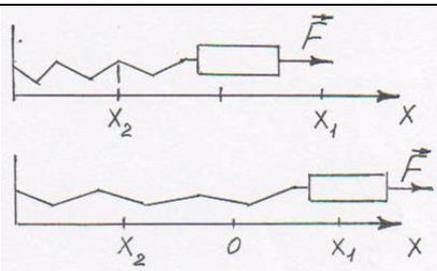
Студенты должны уметь, рассчитывать работу сил, значения потенциальной и кинетической энергии. Для расчета работы сил

необходимо усвоить, что работа совершается только, когда на тело действует сила и под действием этой силы тело перемещается

1. Внимательно, не торопясь, прочитайте условие задачи.
2. Выберите систему отсчета.
3. Выделите систему взаимодействующих тел.
4. Сделайте рисунок. Определите импульсы всех тел системы до и после взаимодействия.
5. Запишите закон сохранения импульса в векторной форме.
6. Избавьтесь от векторов, взяв их проекции на координатные оси.
7. Запишите закон сохранения импульса в скалярном виде.
8. Выразите требуемую величину.
9. Выполните вычисления.

Основные понятия, законы, формулы.

Импульс. Энергия. Работа. Законы сохранения	
Импульс тела	$p = m \cdot \vec{v}$
Закон сохранения импульса тела	$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$
Работа постоянной силы	$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$ $\angle \alpha$ между направлением силы и перемещения
Мощность	$N = \frac{A}{t}$
Работа силы тяжести	 $A = -(mgh_2 - mgh_1)$ $A = -\Delta E_{\text{п}}$

Потенциальная энергия тела поднятого на некоторую высоту	$E_{\text{п}} = mgh$
Теорема о кинетической энергии	 $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}; A = \Delta E_{\text{к}}$
Кинетическая энергия	$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}$
Работа силы упругости	 $A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right); A = -\Delta E_{\text{п}}$
Потенциальная энергия упругих деформаций	$E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$
Закон сохранения энергии	$E_{\text{к1}} + E_{\text{п1}} = E_{\text{к2}} + E_{\text{п2}}$

Примеры решения задач

Задача 1

Пуля массой 10 г летит горизонтально со скоростью 200 м/с, ударяется о преграду и останавливается. Чему равен импульс пули до удара о преграду? Какой импульс получила пуля от преграды?

Дано:

$$m = 10 \text{ г } 0,01 \text{ кг}$$

$$v_1 = 200 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 0$$

$$p_1 - ? \Delta p - ?$$

Решение:

Импульс тела равен произведению массы тела на его скорость, поэтому

$$p_1 = m \cdot v_1$$

$$p_1 = 0,01 \text{ кг} \cdot 200 \text{ м/с} = 2 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Изменения импульса пули равно импульсу, который пуля получила от преграды:

$$\Delta p = m v_2 - m v_1$$

$$\Delta p = -m v_1, \quad \text{т.к.} \quad v_2 = 0$$

$$\Delta p = -0,01 \text{ кг} \cdot 200 \text{ м/с} = -2 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Знак «минус» показывает, что импульс, переданный пуле преградой, направлен против движения пули.

$$\text{Ответ: } p_1 = 2 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}, \quad \Delta p = -2 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Задача 2

Два кубика массами 1 кг и 3 кг скользят навстречу друг другу со скоростями 3 м/с и 2 м/с соответственно. Каков суммарный импульс кубиков после их абсолютно неупругого удара?

Дано:

$$m_1 = 1 \text{ кг}$$

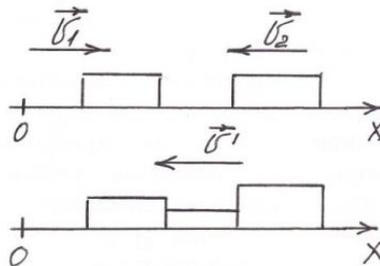
$$m_2 = 3 \text{ кг}$$

$$v_1 = 3 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 2 \text{ м/с}$$

$$P' - ?$$

Решение:



после взаимодействия

Запишем закон сохранения импульса в векторном виде

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

Запишем закон сохранения импульса в скалярном виде

$$m_1 v_{1x} - m_2 v_{2x} = -(m_1 + m_2) v'_x,$$

т.к. удар абсолютно неупругий

Ответ: $a = 1,2 \text{ м/с}^2$; $T = 4,3 \text{ Н}$

Задача 3

Граната, летевшая горизонтально со скоростью 10 м/с , разорвалась на два осколка массами 1 кг и $1,5 \text{ кг}$. Большой осколок после взрыва летит в том же направлении и его скорость 25 м/с . Определите направление движения и скорость меньшего осколка.

Дано:

$$m_1 = 1 \text{ кг}$$

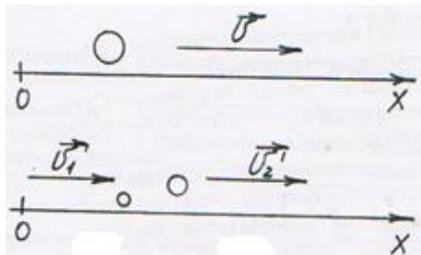
$$m_2 = 1,5 \text{ кг}$$

$$v = 10 \text{ м/с}$$

$$v'_2 = 2,5 \text{ м/с}$$

$$v'_1 = ?$$

Решение:



$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

Ох: $m \cdot v_x = m_1 v'_{1x} + m_2 v'_{2x}$,

$m = m_1 + m_2$, масса граната

$$m_1 v'_{1x} = m_2 v'_{2x} - (m_1 + m_2) v_x$$

$$v'_{1x} = \frac{m_2 v'_{2x} - (m_1 + m_2) v_x}{m_1} =$$

$$= \frac{1,5 \text{ кг} \cdot 25 \text{ м/с} - (1 \text{ кг} + 1,5 \text{ кг}) 10 \text{ м/с}}{1 \text{ кг}} = -12,5 \text{ м/с}$$

Знак «минус» показывает, что скорость малого осколка направлена противоположно оси ОХ, т.е. противоположно первоначальному направлению движения гранаты.

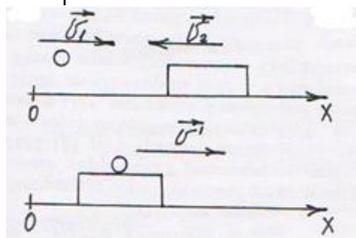
Ответ: $v'_1 = -12,5$ м/с

Задача 4

Снаряд массой 100 кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком массой 10 т и застревает в нем. Найти скорость вагона, если он двигался со скоростью 36 км/ч навстречу снаряду.

СИ
 Дано: $m_1 = 100$ кг
 10000 кг
 $m_2 = 10$ т
 $v_1 = 500$ м/с
 $v_2 = 36$ км/ч
 10 м/с

Решение:



до

взаимодействия

после

$v'_x = ?$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

$$\text{Ох: } m_1 v_{1x} - m_2 v_{2x} = (m_1 + m_2) v'_x,$$

т. к. удар абсолютно неупругий

$$v'_x = \frac{m_1 v_{1x} - m_2 v_{2x}}{m_1 + m_2}$$

$$v'_x = \frac{100 \text{ кг} \cdot 500 \text{ м/с} - 10000 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}}{100 \text{ кг} + 10000 \text{ кг}} = -5 \text{ м/с}$$

Знак «минус» указывает на то, что после взаимодействия скорость движения вагона не изменилась.

Ответ: $v'_x = -5$ м/с.

Задача 5

Мальчик массой 20 кг, стоя на коньках, горизонтально бросает камень со скоростью 5 м/с. Чему равна скорость, с которой после броска поедет мальчик, если масса камня 1 кг?

Дано:

$$m_1 = 20 \text{ кг}$$

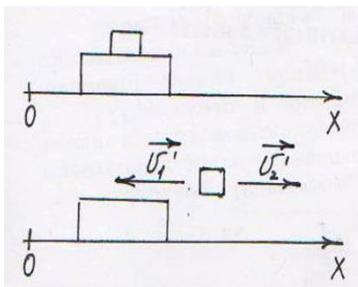
$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$v = 0$$

$$v'_2 = 5 \text{ м/с}$$

$$v'_1 = ?$$

Решение:



до взаимодействия
после

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

$$0 = -m_1 v'_{1x} + m_2 v'_{2x}, \text{ т.к.}$$

до взаимодействия система тел покоилась

$$m_1 v'_{1x} = m_2 v'_{2x}$$

$$v'_{1x} = \frac{m_2 v'_{2x}}{m_1}$$

$$v'_{1x} = \frac{1 \text{ кг} \cdot 5 \text{ м/с}}{20 \text{ кг}} = 0,25 \text{ м/с}$$

Ответ: $v'_{1x} = 0,25 \text{ м/с}$

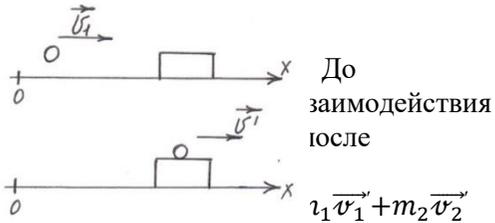
Задача 6

Снаряд массой 20 кг, летящий горизонтально со скоростью 500 м/с, попадает в платформу с песком массой 10 т и застревает в нем. Определить скорость, которую получила платформа от толчка.

Дано:
 $m_1 = 20 \text{ кг}$
 $m_2 = 10 \text{ т}$
 $= 10000 \text{ кг}$
 $v_1 = 500 \text{ м/с}$
 $v_2 = 0$

$v'_x - ?$

Решение:



До
 взаимодействия
 после

$m_1 v_{1x} = (m_1 + m_2) v'_x$,
 т. к. удар абсолютно неупругий

$$v'_x = \frac{m_1 v_{1x}}{m_1 + m_2}$$

$$v'_x = \frac{20 \text{ кг} \cdot 500 \text{ м/с}}{20 \text{ кг} + 10000 \text{ кг}} = 0,99 \text{ м/с}$$

Ответ: $v'_x = 0,99 \text{ м/с}$.

Задача 9.

Два товарных вагона движутся на встречу друг другу со скоростями $v_1 = 0,4 \text{ м/с}$ и

$v_2 = 0,1 \text{ м/с}$. Массы вагонов соответственно равны $m_1 = 12 \text{ т}$, $m_2 = 48 \text{ т}$. Определите, с какой скоростью и в каком направлении будут двигаться вагоны после столкновения. Удар считать неупругим.

Дано:

$$v_1 = 0,4 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 0,1 \text{ м/с}$$

$$m_1 = 12 \text{ т} = 12 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$m_2 = 48 \text{ т} = 48 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$v'_x - ?$

Решение

По закону сохранения импульса на ось OX направление OX совпадает с направлением движения первого вагона) имеем:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}'_x$$

$$m_1 v_{1x} - m_2 v_{2x} = (m_1 + m_2) v'_x$$

$$\text{Откуда } v'_x = \frac{m_1 v_{1x} - m_2 v_{2x}}{m_1 + m_2};$$

$$= (12 \cdot 10^3 \cdot 0,4 - 48 \cdot 10^3 \cdot 0,1) / (12 \cdot 10^3 + 48 \cdot 10^3) = 0$$

Т.к. скорость равна нулю, следовательно, вагоны после столкновения останавливаются

. Ответ: $v'_x = 0$.

Задача 10

Определите максимальное значение скорости автомобиля при

движении на повороте по дуге окружности радиусом 50 м, если максимальное значение коэффициента трения покоя шин на шоссе равно 0,4

Дано:

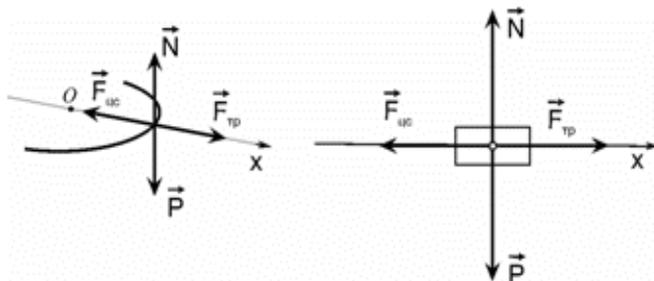
$$R = 50 \text{ м}$$

$$\mu = 0,4$$

$$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$V = ?$$

Решение



Условие удержания автомобиля в точке, принадлежащей окружности

$$\vec{F}_{\text{цс}} + \vec{N} + \vec{P} + \vec{F}_{\text{тр}} = 0$$

Или в проекциях на выбранную ось OX:

$$-F_{\text{цс}} + N + P + F_{\text{тр}} = 0$$

Таким образом, автомобиль движется по окружности под действием двух сил: центростремительной и трения.

$$F_{\text{цс}} = F_{\text{тр}}, \quad a_{\text{цс}} = \frac{V^2}{R}, \quad m \cdot \frac{V^2}{R} = \mu \cdot m \cdot g.$$

$$V = \sqrt{\mu \cdot g \cdot R}.$$

$$V = \sqrt{0,4 \cdot 9,8 \cdot 50} = 14 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: $V=14 \text{ м/с}$.

Задачи для самостоятельного решения

1. Шар массой 100 г движется со скоростью 5 м/с. После удара о стенку он стал двигаться в противоположном направлении со скоростью 4 м/с. Чему равно изменение импульса шара в результате удара о стенку?

2. Из лодки, приближающейся к берегу со скоростью 0,5 м/с, на берег прыгнул человек со скоростью 2 м/с относительно берега. С какой скоростью будет двигаться лодка после прыжка человека, если

масса человека 80 кг, а масса лодки 120 кг?

3. Пуля вылетает из винтовки со скоростью 800 м/с. Какова скорость винтовки при отдаче, если ее масса в 400 раз больше массы пули?

4. Граната, летящая со скоростью 15 м/с, разорвалась на два осколка массами 6 и 14 кг. Скорость большего осколка возросла до 24 м/с по направлению движения. Найти скорость и направление движения меньшего осколка.

5. Какую скорость получит неподвижная лодка, имеющая вместе с грузом массу 200 кг, если находящийся в ней пассажир выстрелит в горизонтальном направлении? Масса пули 10 г, ее скорость 800 м/с.

6. Два шарика массами m_1 и m_2 подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины L . Шарик массой m_1 отводится на угол α и отпускается. На какую высоту поднимутся шарики, если удар неупругий?

7. Два шарика массами 2 кг и 3 кг движутся навстречу друг другу со скоростями 3 м/с и 5 м/с соответственно. Определить изменение внутренней энергии шаров после их неупругого столкновения.

8. Неподвижная молекула распадается на два движущихся в противоположные стороны атома массами m_1 и m_2 . Во сколько раз суммарная кинетическая энергия двух атомов больше кинетической энергии атома массой m_1 ?

9. Тело массой 2 кг движется со скоростью 6 м/с и сталкивается с телом массой 1 кг, движущимся ему навстречу со скоростью 4 м/с. Каково изменение кинетической энергии тел, если столкновение абсолютно неупругое?

10. Тело массой 2 кг, движущееся со скоростью 8 м/с, сталкивается с телом массой 3 кг, движущимся навстречу ему со скоростью 4 м/с. Каково изменение кинетической энергии второго тела в результате столкновения, если столкновение абсолютно неупругое?

Литература

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник. – М.: «Академия» 2016-344с.
2. Дмитриева В.Ф. Задачи по физике: учеб.пособие. – М.: «Академия» 2016-335с
3. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 10-11 классов.
М.: «Дрофа» 2015-188с
4. Марон А.Е., Марон Е.А. Контрольные работы по физике 10-11 кл.:
М.: «Просвещение» 2016.-110с
5. Шевцов В.П. Задачи и вопросы по физике с решениями и ответами Ростов – на- Дону «Феникс» 2016-476с