

Зачет №1

« Кинематика», «Динамика», « Законы сохранения», « Механические колебания и волны».

Тема «Кинематика», « Динамика».

Что нужно знать и уметь.

1. Основные понятия кинематики. Путь и перемещение. Ускорение. Скорость и путь при равноускоренном движении.
2. Следует знать, что такое механическое движение, траектория, скорость основные виды механических движений. Что означает выражение из учебника «движение тел является относительным; относительно и состояние покоя»? На конкретных примерах поясните, как осуществляется выбор тела отсчета. Почему движение автомобиля удобнее рассматривать относительно Земли, а не относительно Солнца?
3. Приведите примеры, поясняющие различие между путем и перемещением.
4. Следует знать формулы и графики скорости равнопеременного движения, уравнение равноускоренного движения $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$; при $v_{0x} = 0$, $S_x = \frac{a_x t^2}{2}$. Запомните, что графиком равноускоренного движения является парабола, ветви которой направлены вверх, если $a_x > 0$, или вниз, если $a_x < 0$.
5. Следует запомнить, что при свободном падении все тела, независимо от массы, движутся с одинаковым ускорением.
6. В разделе «Динамика» следует обратить внимание на следующие основные понятия: сила, масса, вес, результирующая сила. Знать первый закон Ньютона, второй закон, третий закон Ньютона, закон всемирного тяготения, принцип относительности Галилея, закон Гука.
7. Необходимо хорошо разобраться, как проявляется закон инерции на Земле в реальных условиях при наличии действия различных сил (силы трения, силы тяжести).
8. Обратите внимание, что гравитационная сила по третьему закону Ньютона действует на каждое тело. Гравитационные силы относятся к центральным силам: однородные тела сферической формы взаимодействуют так же, как и материальные точки. Поэтому, рассматривая притяжение тел к Земле, надо учитывать ее радиус $R=6400$ км. Одно из проявлений силы всемирного тяготения- сила тяжести.
9. Объясните различие между силой тяжести $F=mg$ и весом тела $P=mg$. В каком случае численное значение этих величин для одного и того же тела совпадает? Приведите примеры из техники, когда вес тела больше силы тяжести $P=m(g+a)$; меньше силы тяжести $P=(g-a)$.

Алгоритм решения задач по кинематике:

1. Прочитать условие задачи и выяснить характер движения.
2. Записать краткое условие задачи, выразив все величины в единицах СИ.
3. Сделать чертеж (при необходимости). На чертеже указать систему и начало координат. Вектор скорости и ускорения.
4. Используя основные формулы кинематики, подобрать формулы, необходимые для решения данной задачи. Уравнения записать в проекциях на оси координат.
5. Найти искомую величину в общем виде и проверить размерность.
6. Вычислить искомую величину и проанализировать ответ.

Примеры решения задач.

№1. Почему предметы, находящиеся в комнате, несмотря на их взаимное притяжение, не приближаются друг к другу?

Ответ: Этому препятствует сила трения, которая во много раз больше, чем сила притяжения между предметами в комнате.

№2. Если тепловоз резко трогает с места, может произойти разрыв сцепления вагонов. Почему? В какой части поезда скорее всего произойдет разрыв?

Ответ: Силы молекулярного взаимодействия создают определенную прочность материала сцепок поезда. Если тепловоз резко трогает с места, то вследствие инертности состава и действия сил сопротивления в сцепках возникает напряжение растяжения, иногда превышающее предел прочности материала. Происходит разрыв сцепок. Если перед началом движения все сцепки в составе были натянуты, то разрыв произойдет в сцепках. Ближайших к тепловозу вагонов, так как сила натяжения сцепок здесь наибольшая.

№3. Поезд движется со скоростью 20м/с. При торможении до полной остановки он прошел расстояние 200м. Определите время, в течение которого происходило торможение.

Решение: запишем систему из двух уравнений и решим ее относительно промежутка времени t , учитывая, что $v=0$;

$$S = v_0 t + \frac{a t^2}{2}; \quad v = v_0 + at; \quad S = \frac{v_0 t}{2} \Rightarrow t = \frac{2S}{v_0} = \frac{2 \cdot 200\text{м}}{20\text{м/с}} = 20\text{с}.$$

Ответ: Время торможения поезда 20с.

№4. Уравнение скорости движущегося тела $v = 5 + 4t$. Написать уравнение перемещения $S(t)$ и описать характер движения, определить начальные условия.

Решение: Тело движется равноускоренно и прямолинейно. Сравним данное уравнение скорости в общем виде: $v = v_0 + at$, $v = 5 + 4t$.

Очевидно, что $v_0 = 5\text{м/с}$; $a = 4\text{м/с}^2$; проекция ускорения берется со знаком «плюс», следовательно, движение равноускоренное. Уравнение перемещения в общем виде: $S = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$; $S = 5t + \frac{4t^2}{2}$.

Упростив, получим искомое уравнение: $S = 5t + 2t^2$.

Ответ: $v_0 = 5\text{м/с}$; $a = 4\text{м/с}^2$; $S(t) = 5t + 2t^2$.

Алгоритмы решения задач на второй закон Ньютона.

1. Внимательно прочитайте условие задачи и выясните характер движения.
2. Запишите условие задачи, выразив все величины в единицах СИ.
3. Сделайте чертеж с указанием всех сил, действующих на тело, вектора ускорения и системы координат.
4. Запишите уравнение второго закона Ньютона в векторном виде.
5. Запишите основное уравнение динамики (уравнение второго закона Ньютона) в проекциях на оси координат с учетом направления осей координат и векторов.
6. Найдите все величины, входящие в эти уравнения. Подставьте их в уравнения.
7. Решите задачу в общем виде, то есть решите уравнение или систему уравнений относительно неизвестной величины.
8. Проверьте размерность.
9. Получите численный результат и соотнесите его с реальными значениями величин.

№5. Справедлив ли закон инерции для системы отсчета, связанной с автобусом, который:

- а) набирая скорость, отходит от остановки;
- б) тормозит, подъезжая к остановке;
- в) движется с постоянной скоростью на прямолинейном участке пути;
- г) движется по криволинейному участку пути.

Решение: Закон инерции справедлив только для случая в). В этом случае система отсчета, связанная с автобусом, является инерциальной. В остальных случаях система отсчета неинерциальная, так как в ней можно наблюдать неравномерные и криволинейные движения тел, хотя на них не действуют другие тела. Например, при остановке пассажиры наклоняются вперед; на криволинейном участке пути наклоняются в сторону.

№6. Найти величину тормозящей силы, действующей на автомобиль массой 3т, если при скорости движения 20м/с тормозной путь был равен 40м.

Решение: Движение автомобиля равнозамедленное, направление ускорения совпадает с направлением тормозящей силы. Если ось X направить по направлению движения, то векторы силы и ускорения направлены противоположно координатной оси. Воспользуемся вторым законом Ньютона: $F = ma$. В скалярной форме уравнение примет вид: $-F_{\text{тр}} = -ma$; откуда $F_{\text{тр}} = ma$. Для определения ускорения движения воспользуемся формулами кинематики: $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$; отсюда следует $a = \frac{v_0^2}{2S}$. Общая

формула решения задачи: $F_{\text{тр}} = \frac{m v_0^2}{2S}$; проверим размерность: $F_{\text{тр}} = [\text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2 / \text{м}] = \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2 = \text{Н}$;

Вычислим величину тормозящей силы: $F_{\text{тр}} = 3000 \cdot 400 / 2 \cdot \text{Н} = 15000\text{Н} = 15\text{кН}$.

Ответ: Тормозящая сила 15кН.

№ 7. На сколько уменьшается сила тяжести, действующая на космический аппарат массой 750кг, при достижении им поверхности Луны? (Ускорение свободного падения на Луне принять $1,6 \text{ м/с}^2$.)

Решение: Для любого тела на Земле сила тяготения $F = mg_3$, а для Луны $F = mg_L$.

Необходимо определить изменение силы тяжести: $F = F_3 - F_L = mg_3 - mg_L = m(g_3 - g_L)$

Рассчитаем это уменьшение силы тяжести: $F = 750 \cdot (9,8 - 1,6) = 6150 \text{ Н} = 6,15 \cdot 10^3 \text{ Н}$.

Ответ: Сила тяжести уменьшится на 6,15 кН.

№8. Космонавты, подлетая к неизвестной планете, придали своему кораблю горизонтальную скорость 11 м/с. Эта скорость обеспечила полет корабля по круговой орбите радиусом 9100 км. Каково ускорение свободного падения у поверхности планеты, если ее радиус 8900 км?

Решение: В данном случае на космический корабль действует только сила тяготения со стороны планеты. Эта сила направлена к центру планеты по радиусу орбиты корабля, и ее можно определить

по закону всемирного тяготения: $F = G \frac{mM}{r^2}$, где r – радиус орбиты (или расстояние от центра

планеты до корабля); M – масса планеты; m – масса корабля. Этот закон можно записать в таком виде:

$F = GmM/r^2 R^2/R^2 = GM/R^2 \cdot m \cdot R^2/r^2$; где R – радиус планеты. Напомним, что выражение $GM/R^2 = g$ –

ускорение свободного падения у поверхности планеты. Тогда $F = gmR^2/r^2$; Силу, действующую на

космический корабль, можно определить, пользуясь вторым законом Ньютона: $F = ma$. Эта сила вызывает центростремительное ускорение, направленное тоже к центру планеты. Поэтому:

$F = ma = m v^2/r$. Следовательно, $F = m v^2/r = 14 \text{ м/с}^2$;

Ответ: Ускорение свободного падения у поверхности планеты $g = 14 \text{ м/с}^2$.

Решите задачи.

№ 1. Движение двух велосипедистов заданы уравнениями: $x_1 = 5t$ и $x_2 = 150 - 10t$. Построить графики зависимости $X(t)$. Найти время и место встречи.

Ответ: 10с; 50м.

№ 2. Уравнение движения материальной точки имеет вид $x = 0,4t^2$. Написать зависимость $v(t)$ и построить ее график.

№ 3. Уравнение движения материальной точки имеет вид $x = -0,2t^2$. Какое это движение? Найти координату точки через 5с и путь, пройденный за это время.

Ответ: - 5м; 5м.

№ 4. За какое время автомобиль, двигаясь с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$, увеличит свою скорость с 12 до 20 м/с ?

Ответ: 20с.

№ 5. Скорость поезда за 20с уменьшилась с 72 км/ч до 54 км/ч . Написать формулу зависимости $v(t)$ скорости от времени и построить график этой зависимости.

№ 6. При аварийном торможении автомобиль, движущийся со скоростью 72 км/ч , остановился через 5с. Найти тормозной путь.

Ответ: 50м.

№ 7. Трактор, сила тяги которого на крюке 15 кН , сообщает прицепу ускорение $0,5 \text{ м/с}^2$. Какое ускорение сообщит этому же прицепу трактор, развивающий тяговое усилие 60 кН ?

Ответ: 2 м/с^2 .

№ 8. Масса легкого автомобиля равна 2т, а грузового – 8т. Сравнить ускорения автомобилей, если сила тяги грузового автомобиля в 2 раза больше, чем легкового.

Ответ: Легкового в 2 раза больше.

№ 9. Средняя плотность Венеры $\rho = 5200 \text{ кг/м}^3$, а радиус планеты $R = 6100 \text{ км}$. Найти ускорение свободного падения на поверхности Венеры. (Объем шара $V = 4/3 \pi R^3$). *Ответ:* $8,8 \text{ м/с}^2$.

№ 10. Автомобиль массой 14т, трогаясь с места, проходит первые 50м за 10с. Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления равен 0,05.

Ответ: 21кН.

№ 11. Коэффициент тяги (отношение силы тяги к силе тяжести) автомобиля $k = 0,11$. С каким ускорением движется автомобиль при коэффициенте сопротивления $\mu = 0,06$?

Ответ: $0,5 \text{ м/с}^2$.

Тема

«Законы сохранения. Механические колебания и волны».

Что нужно знать и уметь.

Понятия: импульс тела; импульс силы; механическая работа; мощность; энергия; КПД; замкнутая система; консервативная система.

Знать: закон сохранения импульса; закон сохранения механической энергии; основные характеристики колебательного движения; характеристики звуковых волн.

Надо знать, что если импульсы взаимодействующих тел направлены под углом к друг к другу, то их складывают векторно.

Следует знать, что существует два способа нахождения механической работы: а) по действующей силе и перемещению тела; б) по изменению энергии. Работа равна изменению энергии тела.

Закон сохранения и превращения энергии – основной закон природы. Подробно рассмотрите проявление этого закона: при действии сил тяготения; при колебаниях маятника; при торможении автомобиля; при спуске парашютиста. Закон сохранения и превращения энергии имеет важное значение для материалистического понимания явлений природы. Этот закон имеет две стороны: а) качественную – все в природе изменяется, происходит превращение одного вида энергии в другой; б) количественную – энергия системы тел не исчезает и не возникает, величина ее сохраняется. Важно знать, что любой материальный объект имеет следующие основные характеристики: массу, импульс и энергию.

Примеры решения задач.

№1. Герой книги Распе барон Мюнхаузен рассказывает: «Схватив себя за косичку, я изо всех сил дернул вверх и без большого труда вытащил из болота и себя и своего коня, которого крепко сжал обеими ногами, как щипцами». Можно ли таким образом поднять себя?

Ответ: Согласно закону сохранения импульса внутренние силы системы не могут привести в движение ее центр тяжести.

№2. Почему пуля, вылетевшая из ружья, не разбивает оконное стекло на осколки, а образует в нем круглое отверстие?

Решение: В момент столкновения пули со стеклом она, оказывая давление на стекло, вызывает деформацию. Но время столкновения очень мало, и деформация не успевает распространиться на большие расстояния. Поэтому импульс, теряемый пулей, передается небольшому участку стекла, и пуля только пробивает в нем круглое отверстие.

№3. Будет ли величина полезной механической работы отлична от нуля, если подъемный кран:

1. поднимает с земли груз;
2. будет держать его некоторое время на весу в покое;
3. поднимает груз с земли и сразу опустит на землю;
4. пронесет в горизонтальном направлении на некоторое расстояние?

Решение:

- 1) В данном случае подъемный кран совершает положительную работу $A > 0$, так как направления силы и перемещения совпадают.
- 2) $A = 0$, так как груз находится в состоянии покоя, то есть $S = 0$.
- 3) $A = 0$, так как груз возвращается в начальную точку траектории, при движении груза вверх работа крана положительна, при движении груза вниз работа совершается отрицательная, но равная по модулю.
- 4) $A = 0$, так как в горизонтальном направлении на груз не действует сила, то есть $F = 0$. (На груз действуют только сила тяжести и сила натяжения троса крана; силы действуют в вертикальном направлении.)

№4. На какую высоту за минуту может поднять 400 м^3 воды насос, развивающий полезную мощность $2 \cdot 10^3 \text{ кВт}$?

Решение: Мощность можно определить: $N = \frac{A}{t}$. Насос совершает работу: $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$, но так как

$\alpha = 0^\circ$, а $F = mg$, то $A = m \cdot g \cdot h$. Тогда:

$N = \frac{mgh}{t}$, отсюда $h = \frac{Nt}{mg}$. Массу поднятой воды определим по формуле: $m = V \cdot \rho$; где $\rho = 1000$

кг/м^3 ; окончательно: $h = \frac{Nt}{Vg\rho} = 30\text{ м}$.

Ответ: 30 м.

№ 5. Определить мощность тепловоза, зная, что при скорости движения 43,2 км/ч сила тяги равна 105кН.

Решение: Определим мощность $N = \frac{A}{t}$. Сила тяги совершает положительную работу: $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$;

движение тепловоза равномерное и прямолинейное, поэтому $N = \frac{FS}{t} = F \cdot v = 1260\text{кВт}$.

Ответ: 1260кВт.

№ 6 . Поезд массой 1200т движется по горизонтальному пути с постоянной скоростью 54 км/ч. Определить коэффициент сопротивления движению, если тепловоз развивает полезную тяговую мощность $N= 882\text{кВт}$.

Решение: На поезд действуют четыре силы: сила тяжести, сила реакции опоры N , сила тяги Fm и сила Fmp трения. Так как поезд движется с постоянной скоростью, то есть равномерно, поэтому по модулю $mg = N$; $Fm = Fmp$. По определению $Fmp = m \cdot g \cdot \mu$;

Мощность тепловоза: $N = Fm \cdot v = \mu v mg$ отсюда $\mu = \frac{N}{mgv} = 0,0049$.

Ответ: 0,0049.

№ 7. Подъемный кран, мощность которого 2кВт, поднимает груз со скоростью 0,25м/с. Какой максимальный груз он может поднять при данной скорости, если КПД двигателя 0,8?

Решение: По определению КПД двигателя: $\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3} 100\%$, полезная работа равна работе силы тяжести:

$A_{\text{п}} = mgh$, затраченная работа определяется мощностью крана: $A_3 = N \cdot t$; тогда $\eta = \frac{mgh}{Nt} = \frac{mgv}{N}$, так как

$\frac{h}{t} = v$, отсюда: $m = \frac{N\eta}{gv} = 0,8 \cdot 2 \cdot 10^3 / 11 \cdot 0,25 = 640\text{кг}$.

Ответ: 640кг.

№8. Координата колеблющегося тела изменяется по закону: $x = 5 \cos \pi \cdot t$.

Чему равна амплитуда, период, Частота колебаний, если в формуле все величины выражены в единицах СИ?

Решение: Сопоставим данный закон изменения координаты с законом гармонических колебаний:

$x = A \cos 2\pi \cdot \frac{t}{T}$, $x = 5 \cos \pi \cdot t$. Множитель A перед косинусом есть амплитуда колебаний,

следовательно, амплитуда колебаний тела равна 5м. Множитель перед временем t под знаком косинуса в обеих формулах одинаков, поскольку данное движение тела является также гармоническим колебанием. Поэтому: $2\pi/T = \pi$, откуда $T = 2\text{с}$. Частоту колебаний найдем по формуле: $\nu = 1/T = 1/2 = 0,5 \text{ Гц}$.

Ответ: $A = 5\text{м}$; $T = 2\text{с}$; $\nu = 0,5 \text{ Гц}$.

№ 9. Математический маятник длиной 2,45м совершил 100 колебаний за 314с. Определить ускорение свободного падения для данной местности.

Решение: Период математического маятника $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ зависит от длины нити и ускорения

свободного падения. По определению: $T = \frac{t}{N}$; тогда $\frac{t}{N} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$; возведем обе части в квадрат: $\frac{t^2}{N^2}$

$= 4\pi^2 \frac{l}{g}$, отсюда: $g = 4\pi^2 \frac{N^2}{t^2} = 4 \cdot 3,14^2 \cdot 2,45 \cdot (10^2)^2 / 314^2 = 9,8\text{м/с}^2$.

Ответ: 9,8 м/с².

№ 10. Груз массой 0,4 кг, подвешенный к невесомой пружине, совершает 30 колебаний в минуту. Чему равна жесткость пружины?

Решение: Период колебаний груза, подвешенного на пружине, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Отсюда, возведя

предварительно обе части равенства в квадрат, выразим жесткость пружины:

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k} \Rightarrow$$

$$k = 4\pi^2 \frac{m}{T^2}, \text{ так как } T = \frac{t}{N}, \text{ отсюда: } k = 4\pi^2 \frac{mN^2}{t^2} = 4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,4 \cdot 30^2 / 60^2 = 4 \text{ Н/м}$$

Ответ: $k = 4 \text{ Н/м}$.

Решите задачи.

№ 1. Поезд массой 2000т, двигаясь прямолинейно, увеличил скорость от 36 до 72 км/ч. Найти изменение импульса.

Ответ: 20Мкг м/с.

№ 2. Вагон массой 20т, движущийся со скоростью 0,3 м/с, нагоняет вагон массой 30т, движущийся со скоростью 0,2 м/с. Какова скорость вагонов после взаимодействия, если удар неупругий?

Ответ: 0,24 м/с.

№ 3. Масса самосвала в 18 раз больше массы легкового автомобиля, а скорость самосвала в 6 раз меньше скорости легкового автомобиля. Сравнить импульсы и кинетические энергии этих автомобилей.

Ответ: Импульс самосвала в 3 раза больше, а энергия – в 2 раза меньше.

№ 4. Импульс тела равен 8 кг м/с, а кинетическая энергия 16Дж. Найти массу и скорость тела.

Ответ: 2кг; 4м/с.

№ 5. Какую работу нужно совершить, чтобы растянуть пружину с жесткостью 40кН/м на 0,5 см?

Ответ: 0,5 Дж.

№ 6. Автомобиль массой 2т затормозил и остановился, пройдя путь 50м. Найти работу силы трения и изменение кинетической энергии автомобиля, если дорога горизонтальна, а коэффициент трения равен 0,4.

Ответ: - 400кДж; -400кДж.

№ 7. При скорости полета 900км/ч все 4 двигателя самолета Ил- 62 развивают мощность 30МВт. Найти силу тяги одного двигателя в этом режиме работы.

Ответ: 30кН.

№ 8. Двигатель насоса, развивая мощность 25 кВт, поднимает 100 м³ нефти на высоту 6 м за 8 мин. Найти КПД установки, если плотность нефти 800 кг/м³.

Ответ: 40%.

№ 9. Маятник совершил 50 колебаний за 1минуту 40 секунд. Найти период, частоту и циклическую частоту колебаний. (Колебательное движение задается уравнением $x = X_m \cos \omega \cdot t$).

Ответ: 2с; 0,5 Гц; π 1/с.

№ 10. Уравнение движения имеет вид: $x = 0,06 \cos 100\pi \cdot t$. Каковы амплитуда, частота и период колебаний?

Ответ: 6см; 50Гц; 20мс.

№ 11. Найти массу груза, который на пружине с жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16с.

Ответ: 4 кг.

Учебник: А. В. Перышкин, Е. М. Гутник. «Физика – 9», М.: Дрофа, 2008