Ответы

1. Кинематика поступательного движения. Система отсчета. Перемещение, путь, скорость, ускорение

   При поступательном движении тела все точки тела движутся одинаково, и, вместо того чтобы рассматривать движение каждой точки тела, можно рассматривать движение только одной его точки.

   Перемещением называется вектор перемещения $\Delta r = r - r_0$ направленный от положения точки в начальный момент к её положению в конечный момент.

   Скорость материальной точки представляет собой вектор, характеризующий направление и быстроту перемещения материальной точки относительно тела отсчета.

   Вектор ускорения характеризует быстроту и направление изменения скорости материальной точки относительно тела отсчета.

2. Скорость и ускорение при криволинейном движении. Нормальное, тангенциальное, полное ускорения, их физический смысл

   Криволинейное движение — это всегда ускоренное движение. То есть ускорение при криволинейном движении присутствует всегда, даже если модуль скорости не изменяется, а изменяется только направление скорости.

   Изменение величины скорости за единицу времени — это **тангенциальное ускорение**

   $a_\tau = \frac{du}{dt} = \frac{d(wR)}{dt} = R\frac{dw}{dt} = R\beta$

   Нормальное ускорение — это изменение скорости по направлению за единицу времени:

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

   Нормальное ускорение направлено по радиусу кривизны траектории (к оси вращения). Нормальное ускорение перпендикулярно направлению скорости.

   Полное ускорение при равнопеременном криволинейном движении тела равно:

   $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$

3. Кинематика вращательного движения. Угловое перемещение, скорость, ускорение. Связь между линейными и угловыми величинами

   Вращательным движением твёрдого тела вокруг неподвижной оси называется такое движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой (ось вращения).

Перемещение	S	Угловое перемещение	ϕ
Линейная скорость	$v = \frac{dS}{dt}$	Угловая скорость	$w = \frac{d\varphi}{dt}$
Ускорение	$a = \frac{dv}{dt}$	Угловое ускорение	$\varepsilon = \frac{dw}{dt}$
Масса	m	Момент инерции	I
Импульс	$p = m \cdot v$	Момент импульса	$L = I \cdot w$
Сила	F	Момент силы	M
Работа	$dA_S = F \cdot dS$	Работа	$dA_\varphi = Frd\varphi = Md\varphi$
Кинетическая энергия	$K_S = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$	Кинетическая энергия	$K_\varphi = \frac{1}{2}Iw^2 = \frac{L^2}{2I}$

4. Динамика поступательного движения. Законы Ньютона. Понятия силы, массы.

   Первый закон Ньютона:существуют такие системы отсчета, в которых всякая материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит ее изменить это состояние.Такие системы отсчета называются инерциальными.

   Второй закон Ньютона — основной закон динамики поступательного движения — если на тело действует сила, то это тело приобретает ускорение, прямо пропорциональное действующей силе и обратно пропорциональное массе данного тела: $\overline{a} = \frac{\overline{F}}{m}$

   Третий закон Ньютона — сила действия равна силе противодействия.

   Масса — скалярная физическая величина, определяющая инерционные и гравитационные свойства тел в ситуациях, когда их скорость намного меньше скорости света.

   Сила — физическая векторная величина, являющаяся мерой воздействия на данное тело со стороны других тел или полей.

5. Основное уравнение динамики поступательного движения материальной точки и системы материальных точек. Понятие центра масс системы материальных точек. Уравнение движения центра масс.

   Основной закон динамики: $\overline{F}_{outer} = \frac{d\overline{p}}{dt}$

   Радиус-вектор центра масс: $\overline{r}_c = \frac{\sum_i m_i \overline{r}_i}{\sum_i m_i}$

   Продифференцировав по времени радиус-вектор получим скорость центра масс: $\overline{v}_c = \frac{\sum_i m_i \overline{v}_i}{\sum_i m_i}$, $\overline{P}_c = M\overline{v}_c$.

   Уравнение движения центра масс: $\overline{F} = M\frac{d\overline{v}_c}{dt}$

6. Импульс материальной точки и системы тел. Закон сохранения импульса

   Импульс системы тел это векторная величина $\overline{Q}$, равная геометрической сумме количеств движения всех точек системы. $\overline{Q} = \sum_i m_i \overline{v}_i$

   Закон сохранения импульса: $\frac{d}{dt}\sum_i \overline{p}_i = \sum_i \overline{F}_i$ сумма вторых законов ньютона для всех точек системы (справа сумма внутренних сил и внешних сил для каждой точки)

7. Момент импульса материальной точки и механической системы. Момент силы. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса механической системы

   Момент импульса тела относительно неподвижной точки O называется физ. величина, определяемая векторным произведением: $\overline{L} = [\overline{r}, \overline{p}] = [\overline{r}, m\overline{v}]$

   Момент импульса твёрдого тела относительно оси есть сумма моментов импульса отдельных частиц $L_z = \sum_i m_i v_i r_i = \sum_i m_i w r_i^2 = J_z w => \frac{dL_z}{dt} = J_z \frac{dw}{dt} = J_z \beta = M_z$

   В замкнутой системе момент внешних сил $\overline{M} = 0$, следовательно $\overline{L} = const$

8. Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси (вывод)

   $M = J\frac{dw}{dt}$

   Следует заметить, что на самом деле момент силы M и угловая скорость w – векторные величины. Однако уравнение динамики вращения связывает именно их абсолютные, скалярные значения.

9. Момент инерции. Расчет момента инерции тел правильной формы (стержень, диск). Теорема Штейнера

   $I = \lim\limits_{\Delta m_i \to 0} \sum\limits_i \Delta m_i r_i^2 = \int r^2 dm$

   $p = m/V = \lim\limits_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV}$

   Стержень: $I = \frac{1}{12}ml^2$ Диск: $I = \frac{1}{4}mR^2$

   Теорема Штейнера: момент инерции тела относительно произвольной оси вращения равен сумме момента инерции J_c относительно параллельной оси, проходящей через центр инерции тела, и величины произведения массы тела на квадрат расстояния между ними, где m — масса тела, a — расстояние от центра инерции тела до выбранной оси вращения. $J = J_c + ma^2$

10. Кинетическая энергия поступательного и вращательного движения твердого тела. Полная энергия твердого тела при плоском движении. Работа при вращательном движении

    Кинетическая энергия поступательного движения: $E = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$

    Кинетическая энергия вращательного движения: $E = \frac{Jw^2}{2} = \frac{L^2}{2J}$

    Плоским или плоскопараллельным движением называется такое движение твердого тела, при котором все точки тела движутся в плоскостях, параллельных некоторой неподвижной плоскости.

    Кинетическая энергия тела при плоском движении определяется по формуле: $E = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{J_c w^2}{2}$

Механическую работу при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси можно вычислить, воспользовавшись тем фактом, что она идет на приращение кинетической энергии материальных точек этого тела, то есть $\delta A = dT$, $dT = J_z w dw = J_z w \frac{dw}{dt} dt$

Заменяя $J_z \frac{dw}{dt} = M_z$, $wdt = d\varphi$, получаем $\delta A = M_z d\varphi => A = \int\limits_0^{\phi} M_z d\varphi$

11. Работа постоянной и переменной силы. Мощность. Теорема о кинетической энергии

    Работой постоянной силы называется произведение вектора силы на вектор перемещения: $\Delta A = (\overline{F} \cdot \Delta\overline{r}) = |\overline{F}| \cdot |\Delta\overline{r}| \cdot \cos\alpha$

    Работа переменной силы: $A = \int\limits_L (\overline{F} \cdot d\overline{r}) = \int\limits_L F dr \cos\alpha = \int\limits_L F ds$

    Силы, работа которых по замкнутому контуру равна 0, называется потенциальными

    Мощность — физическая величина, равная в общем случае скорости изменения, преобразования, передачи или потребления энергии системы. В более узком смысле мощность равна отношению работы, выполняемой за некоторый промежуток времени, к этому промежутку времени.

    Теорема о кинетической энергии: На тело массой m действует сила $\overline{F}$, причем векторы силы и перемещения сонаправленны. В этом случае работу можно определить как $A = F \cdot S$.

    $F = ma$, $v_1 = v_0 + at$, $S = \frac{at^2}{2} => S = \frac{(v_1 - v_0)^2}{2a}$

    $A = F \cdot S = ma\frac{(v_1 - v_0)^2}{2a} = \frac{m(v_1 - v_0)^2}{2}$

12. Консервативные и неконсервативные силы, примеры

    Все силы, встречающиеся в механике макроскопических тел, принято разделять на консервативные и неконсервативные. Консервативными называются силы, работа которых не зависит от формы пути между двумя точками (при перемещении тела между ними).

    Пример консервативной силы: гравитация (и в форме падения, и в форме тела на орбите)

    Пример неконсервативной: трение, сопротивление движению (если тело сместилось в сторону, то работа силы трения отрицательна, но при возвращении тела в исходное положение она так же будет отрицательной => чем больше путь тем больше сила)

13. Потенциальные поля. Работа поля и потенциальная энергия. Взаимосвязь силы и потенциальной энергии

Силовым полем называют часть пространства, в каждой точке которого на материальную точку действует определенная сила, зависящая от координат точки и времени (стационарный и нестационарный случаи).

Силовое поле называют потенциальным, если имеется силовая функция $U(x, y, z)$, такая что $F_x = \frac{\partial U}{\partial x}$,$F_y = \frac{\partial U}{\partial y}$,$F_z = \frac{\partial U}{\partial z}$.

Работа силы потенциального поля: $dA = F_x dx + F_y dy + F_z dz = \frac{\partial U}{\partial x} dx + \frac{\partial U}{\partial y} dy + \frac{\partial U}{\partial z} dz = \partial U$

$A = \int\limits_{M_0}^{M} dA = \int\limits_{M_0}^{M} dU = U(x, y, z) - U(x_0, y_0, z_0) = U - U_0$

Потенциальной энергией материальной точки в рассматриваемой точке силового поля M называют работу, которую совершают силы поля, действующие на материальную точку при перемещении ее из положения M в начальное положение M_0:

$\prod = A_{MM_0} = U_0 - U = C_0 - U$, C_0 — постоянная, зависящая от выбора начальной точки.

14. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии в поле потенциальных сил

    NaN

15. Механические колебания. Дифференциальное уравнение свободных незатухающих гармонических колебаний, его решение. Амплитуда, частота, фаза колебаний. Скорость, ускорение, полная энергия колеблющейся точки