

КУРС ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

ЛЕКЦИЯ 1

МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ.

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ.

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ И СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТОЧЕК

КАК ЗОВУТ
ПРЕПОДАВАТЕЛЯ?

Олейник

Сергей

Владимирович

ЧТО БУДЕТ?

Методы контроля

Проведение текущего контроля, письменного модульного контроля, семестровый контроль в виде **экзаменов**.

Распределение баллов по видам контроля

Лабораторные работы до 5 баллов за каждый отчет по схеме: до 2 баллов за допуск до 1 балла за проведение измерений, до 1 балла за проведение расчетов, до 1 балла за защиту (ответы на контрольные вопросы).

Практические занятия до 30 баллов. Из них в 15 баллов за выполнение домашних заданий (решение задач) пропорционально количеству запланированных задач, и до 15 баллов за работу в аудитории течение семестра (в зависимости от количества задач решенных у доски). Модульный контроль - до 25 баллов за каждый.

Требования к допуску

Выполнение всех лабораторных работ предусмотренных в семестре является обязательным для допуска. Минимальная необходимая количество баллов по всем видам контроля - 35.

Семестровый контроль

Результат за семестровый контроль определяется суммой баллов за лабораторные и практических занятия и результатов модульного контроля. Студент имеет право отказаться от результатов модульного контроля и получить новое значение баллов во время итогового экзамена. Максимально балл за итоговый контроль равна сумме баллов за модульные контроли в течение семестра - 50 баллов. Максимально возможный результат за семестровый контроль - 100 баллов.

ЧТО ПОЧИТАТЬ?

1. Савельев И.В. Курс физики (учеб. для втузов). Т. 1: Механика. Молекулярная физика.– М.: Наука, 1987.- 432 с. Б(567), К(19).
2. Савельев И.В. Курс физики (учеб. для втузов). Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны, Оптика – М.: Наука, 1988.- 432 с. Б(588), К(18).
3. Савельев И.В. Курс физики (учеб. для втузов). Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: Наука, 1989.- 304с. Б(225), К(12).
4. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики. Т. 1: Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. – М.: Наука, 1981.– 480 с.
5. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики. Т. 2: Колебания и волны. Основы квантовой физики атомов, молекул и твердых тел; Физика ядра и элементарных частиц. – М.: Наука, 1974.– 464 с.

ФИЗИКА. ЧТО ЭТО?

Физика (от греч. physis - природа) – это наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие свойства и законы движения окружающих нас объектов материального мира.

РАЗДЕЛЫ ФИЗИКИ



МЕХАНИКА. ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Механика – это наука о механическом движении, заключающемся в перемещении материальных тел или их частей друг относительно друга, и о происходящих при этом движении взаимодействиях между телами.

Механику делят на кинематику, статику и динамику. ***Кинематика*** – это учение о геометрических свойствах движения тел. ***Статика*** – это учение о равновесии тел под действием сил. ***Динамика*** – это учение о движении тел под действием сил.

При изучении движения материальных тел в механике используют следующие физические модели:

- 1) ***материальная точка*** (м.т.) – это тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь;
- 2) ***абсолютно твердое тело*** – это система материальных точек, расстояние между которыми не изменяется в процессе движения (пренебрегают деформациями тела);
- 3) ***сплошная среда*** – это среда, которую можно рассматривать как непрерывную, пренебрегая её дискретным атомно-молекулярным строением.

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Траектория – это линия, которую описывает материальная точка при своем движении.

Путь – это расстояние, которую проходит м.т. при своем движении.

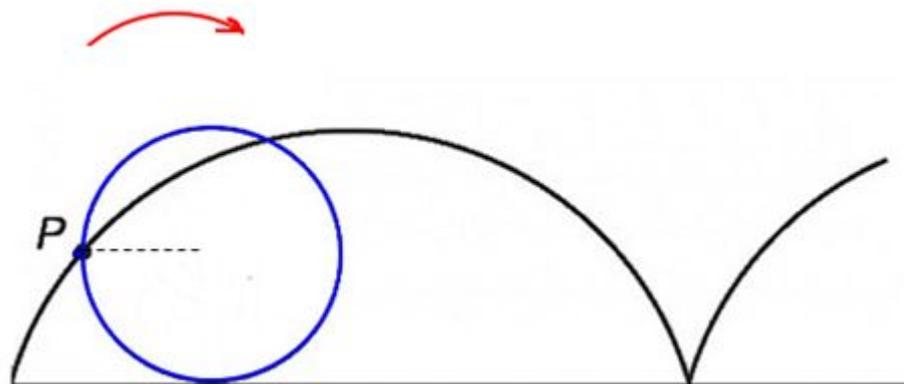
Перемещение – это вектор, соединяющий начальное положение м.т. с ее конечным положением. Отметим, что к кинематическим характеристикам движения относят радиус-вектор, скорость, ускорение, путь, время и др.

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Траектория движения



Линия по которой движется тело



КИНЕМАТИКА

МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Радиус-вектор м.т. – это вектор, проведенный из начала декартовой системы координат в точку пространства, где находится м.т. в данный момент времени.

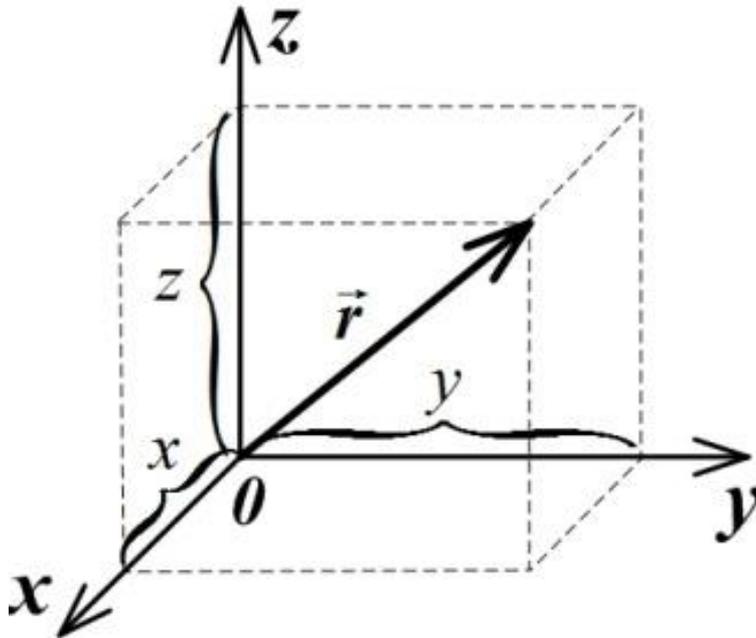
Проекции радиус-вектора на оси системы координат равны координатам x , y , z м.т., т.е.

$$r_x = x; r_y = y; r_z = z.$$

Т.о., радиус-вектор материальной точки можно представить в виде:

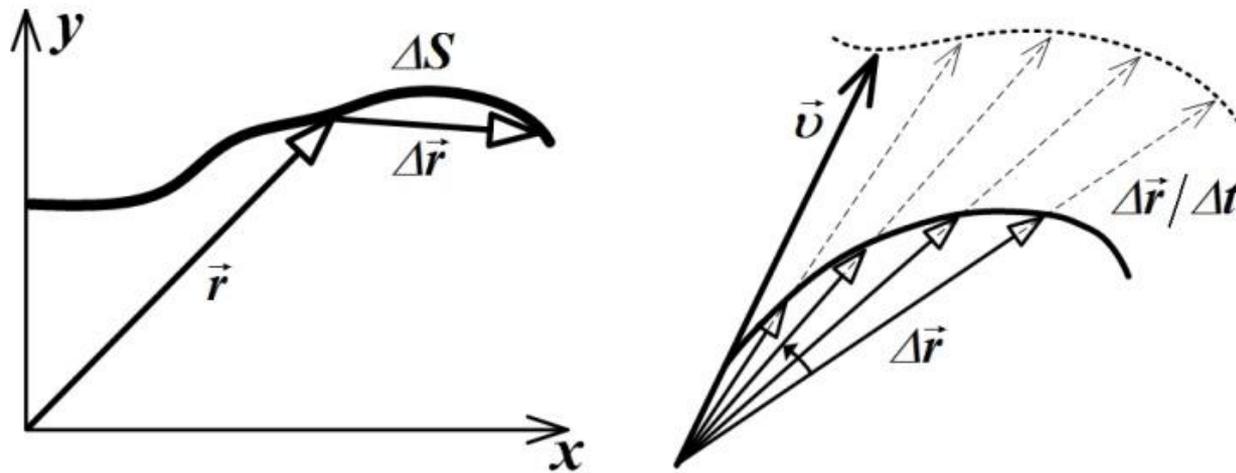
$$\vec{r} = r_x \cdot \vec{i} + r_y \cdot \vec{j} + r_z \cdot \vec{k}$$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ орты осей x , y и z



КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

При движении материальной точки радиус-вектор изменяется как по направлению, так и по величине. Зафиксируем некоторый момент времени t , которому соответствует радиус-вектор \vec{r} . В течение элементарного интервала времени Δt м.т. проходит элементарный путь ΔS и получает элементарное приращение $\Delta \vec{r}$. Рассмотрим вектор $\Delta \vec{r} / \Delta t$. Если Δt стремится к 0 , то указанный вектор перестает изменяться как по направлению, так и по величине:



КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Скорость м.т. в данный момент времени – это:

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

Направление вектора скорости определяет касательная к траектории м.т. в соответствующий момент времени.

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Модуль скорости м.т. запишется выражением:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t}$$

В случае, если Δt стремится к 0 , модуль перемещения становится равным пройденному пути за тот же интервал времени, а значит:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt}$$

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Улитка	1,5	мм/сек	5,4	м/час
Черепаша	20	''	70	''
Рыба	1	м/сек	3,6	км/час
Пешеход	1,4	''	5	''
Конница шагом	1,7	''	6	''
Конница рысью	3,5	''	12,6	''
Муха	5	''	18	''
Лыжник	5	''	18	''
Конница карьером	8,5	''	30	''
Теплоход с подводными крыльями	16	''	58	''
Заяц	18	''	65	''
Орел	24	''	86	''
Охотничья собака	25	''	90	''
Поезд	28	''	100	''
Автомобиль ЗИЛ-111	50	''	170	''
Гоночный автомобиль (рекорд)	174	''	633	''
ТУ-104	220	''	800	''
Звук в воздухе	330	''	1200	''
Легкий реактивный самолет	550	''	2000	''
Земля по орбите	30000	''	108000	''

КИНЕМАТИКА

МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Аналогично определению скорости м.т. можно записать ее ускорение:

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

Т.о., **скорость м.т.** – это быстрота изменения радиус-вектора м.т.;
ускорение м.т. – это быстрота изменения скорости м.т. Учитывая выражение для радиуса вектора м.т., скорость и ускорение могут быть представлены в виде:

$$\vec{v} = \frac{dr_x}{dt} \cdot \vec{i} + \frac{dr_y}{dt} \cdot \vec{j} + \frac{dr_z}{dt} \cdot \vec{k}, \quad \vec{a} = \frac{d^2 r_x}{dt^2} \cdot \vec{i} + \frac{d^2 r_y}{dt^2} \cdot \vec{j} + \frac{d^2 r_z}{dt^2} \cdot \vec{k}.$$

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Средней скоростью и средним ускорением называют векторные величины, определяемые как

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

и

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Нормальное и тангенциальное ускорение. Радиус кривизны траектории

Рассмотрим криволинейное движение м.т. При этом представим скорость м.т. в виде $\vec{v} = v \cdot \vec{\tau}$ где $\vec{\tau}$ —

орт касательной к траектории м.т., направленный в ту же сторону, что и скорость. Тогда ускорение м.т. может быть записано как

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{\tau} + v \cdot \frac{d\vec{\tau}}{dt} \text{ где}$$

$$\vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{\tau}$$

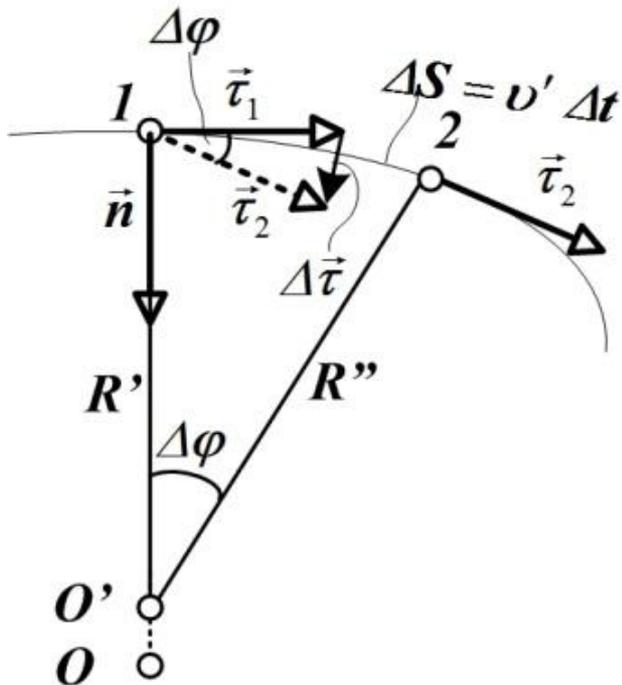
- тангенциальное ускорение

$$\vec{a}_n = v \cdot \frac{d\vec{\tau}}{dt} \text{ - нормальное ускорение}$$

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

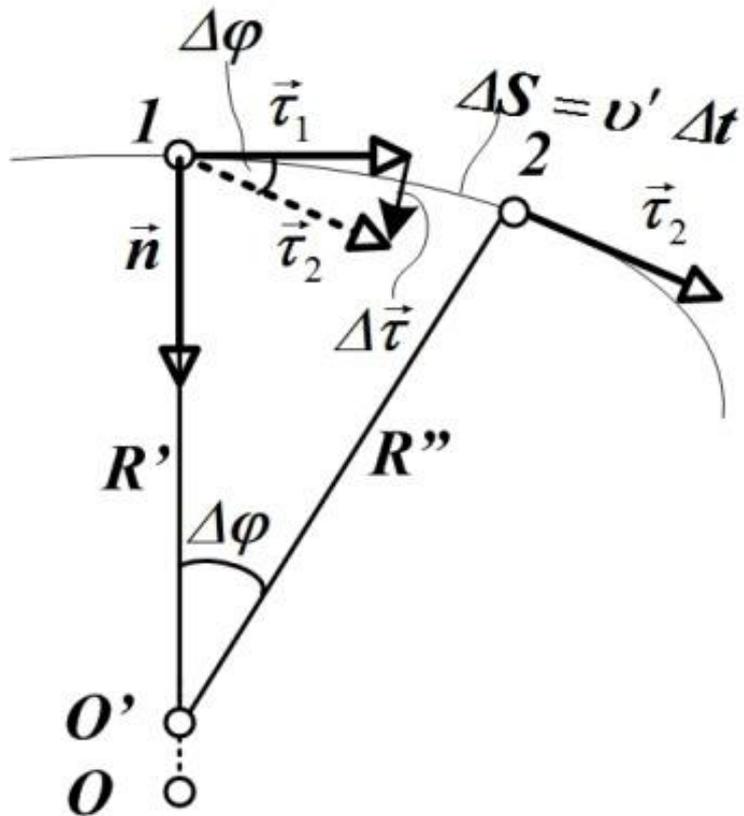
Тангенциальное ускорение – это физическая величина, которая характеризует быстроту изменения величины скорости

Определим чем обусловлена составляющая нормального ускорения $d\tau/dt$



Рассмотрим движение м.т. по плоской кривой. Пусть м.т. перемещается из положения 1 в положение 2. Построим в этих точках единичные вектора $\vec{\tau}_1$ и $\vec{\tau}_2$, направленные по касательной к траектории. Далее к указанным векторам проведем перпендикуляры, пересекающиеся в т. O' . Если т. 2 приближать к т. 1, то т. O' будет смещаться и в пределе окажется в положении т. O . При этом расстояния R' и R'' будут стремиться к общему пределу R .

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ



Величина, равная

$$R = \lim_{\Delta \varphi \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta \varphi} = \frac{dS}{d\varphi}$$

называется **радиусом кривизны траектории**

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

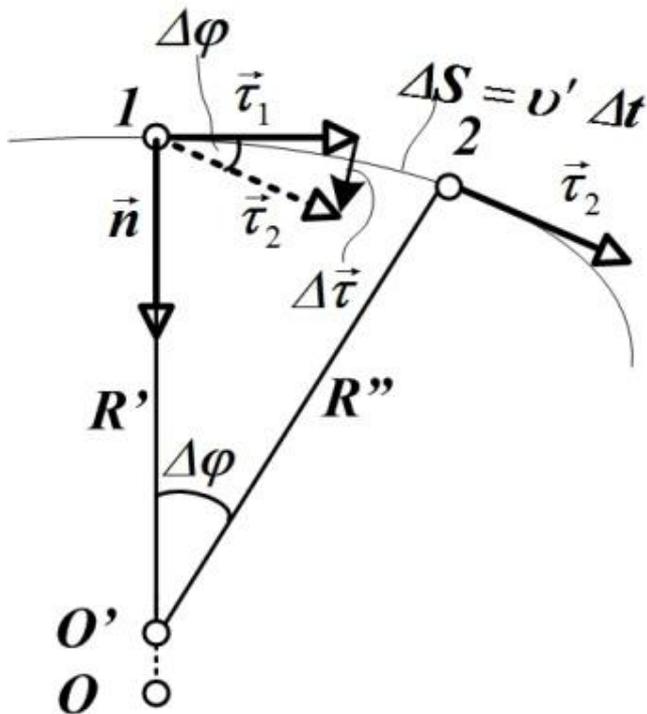
Точка O называется центром кривизны траектории в т. 1. Если т.1 и т.2 расположены бесконечно близко друг к другу, то можно записать $\Delta\phi = \Delta S / R$.

Отметим, что вектора τ_1 и τ_2 - единичные, а значит при движении м. т. они могут изменяться лишь по направлению. Тогда в случае бесконечно близкого расположения точек 1 и 2 вектора τ_1 и τ_2 в пределе станут параллельны. Значит и вектор $\Delta\tau$ в пределе окажется перпендикулярным к τ_1 . Введем вектор n - орт нормали к траектории, направленный к центру кривизны траектории. В пределе можно записать, что

$$\Delta\tau = |\Delta\tau| \cdot n \approx \Delta\phi \cdot n.$$

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Отсюда $\frac{\Delta \vec{\tau}}{\Delta t} \approx \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \cdot \vec{n}$, а значит $\frac{d \vec{\tau}}{d t} = \frac{d \varphi}{d t} \cdot \vec{n}$.



Заметим, что $(\Delta \varphi / \Delta t) \approx (v' / R')$, где v' – средняя скорость м.т. за время Δt . В пределе $R' \rightarrow R$, а $v' \rightarrow v$, где v – мгновенная скорость м.т. в положении 1. Тогда

$$\frac{d \vec{\tau}}{d t} = \frac{d \varphi}{d t} \cdot \vec{n} = \frac{v}{R} \cdot \vec{n}$$

Значит нормальное ускорение будет равно

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \cdot \vec{n}$$

КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Нормальное ускорение – это физическая величина, которая характеризует изменение направления скорости

Учитывая выше сказанное, ускорение м.т. записывают в виде

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_\tau + \mathbf{a}_n,$$

а модуль данного ускорения определяют как

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

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

В основе классической механики лежат законы Ньютона, преобразования Галилея, положение о существовании инерциальных систем отсчёта. Важно отметить, что классическая механика не «работает» в следующих случаях:

1. при описании свойств микрочастиц (атомные и субатомные частицы);
2. при скоростях, близких к скорости света;
3. неэффективна при рассмотрении систем с большим числом частиц.

Т.о., классическая механика применима для тел большой массы (по сравнению с массой атомов), которые движутся с малыми скоростями (по сравнению со скоростью света).

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

I закон Ньютона

Существуют такие системы отсчета, относительно которых тело (материальная точка) при отсутствии на него внешних воздействий (или при их взаимной компенсации) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Системы отсчета, в которых выполняется первый закон Ньютона, называются **инерциальными**. С высокой степенью точности инерциальной системой считается система отсчета, связанная с Солнцем (гелиоцентрическая). Земля движется относительно Солнца с ускорением, но ускорение это настолько мало, что в большом числе случаев ее можно считать практически инерциальной.

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

II закон Ньютона

Ускорение всякого тела прямо пропорционально действующей на него силе и обратно пропорционально массе тела.

$$m a = F \quad \text{или} \quad m \frac{d^2 r}{dt^2} = F \quad - \text{ наиболее известная}$$

форма записи *II* закона Ньютона,
предполагающая что масса тела есть константа.

$$\frac{dp}{dt} = F \quad \text{универсальная форма записи}$$

II закона Ньютона

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Здесь m – масса тела (м.т.); \vec{F} – сила, действующая на тело (м.т.); \vec{p} – импульс тела (м.т.).

Масса тела (м.т.) – это мера инертности тела (м.т.) при поступательном движении. **Инертность** — свойство тела, заключающееся в том, что для изменения скорости тела относительно инерциальной системы отсчёта необходимо воздействие.

Сила – это мера механического взаимодействия тел.

Импульс – это мера механического движения, векторная величина, равная произведению массы тела (м.т.) на его скорость и направленная также как и скорость.

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

III закон Ньютона

Тела взаимодействуют друг с другом с силами, равными по модулю и противоположными по направлению:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Закон сохранения импульса

Механическая система – совокупность тел, рассматриваемых в задаче. Тела системы могут взаимодействовать как между собой, так и с телами, не входящими в систему. Силы, действующие на тела системы, делят на **внутренние и внешние**. **Внутренние силы** – это силы, с которыми тела системы действуют друг на друга. **Внешние силы** – это силы порожденные воздействием тел, не принадлежащих системе. Система, в которой внешние силы отсутствуют, называется **замкнутой**.

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Рассмотрим систему состоящую из N частиц (м.т.). Обозначим F_{ik} силу, с которой k -я частица действует на i -ю. F_i – результирующая всех внешних сил, действующих на i -ю частицу. Пользуясь // законом Ньютона напишем уравнения движения для N частиц:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\vec{p}_1}{dt} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \dots + \vec{F}_{1k} + \dots + \vec{F}_{1N} + \vec{F}_1 \\ \frac{d\vec{p}_2}{dt} = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{23} + \dots + \vec{F}_{2k} + \dots + \vec{F}_{2N} + \vec{F}_2 \\ \dots \\ \frac{d\vec{p}_N}{dt} = \vec{F}_{N1} + \vec{F}_{N2} + \dots + \vec{F}_{Nk} + \dots + \vec{F}_{N,N-1} + \vec{F}_N \end{array} \right.$$

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Сложим вместе эти уравнения. Учитывая **III** закон Ньютона получим:

$$\frac{dp}{dt} = \sum_{i=1}^N F_i$$

Т.о., **производная по времени от суммарного импульса системы равна сумме внешних сил, действующих на тела системы**. Если система замкнута, внешние силы отсутствуют и результирующая внешних сил равна нулю. Отсюда заключаем, что $p = \text{const}$.

Значит закон сохранения импульса может быть сформулирован так: **«Импульс замкнутой системы остается неизменным»**.

В основе закона сохранения импульса лежит однородность пространства, т.е. одинаковость свойств пространства во всех точках. Параллельный перенос замкнутой системы из одного места в другое без изменения взаимного расположения и скоростей частиц не изменяет механических свойств системы. Поведение системы на новом месте будет таким же, каким оно было бы на прежнем месте.

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Центр масс механической системы и закон его движения

Точка **C**, положение которой определяется радиус-вектором

$$\vec{r}_c = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots + m_N \vec{r}_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^N m_i \vec{r}_i$$

называется **центром масс** системы материальных точек. Здесь m_i – масса i -й частицы, \vec{r}_i – радиус-вектор, задающий положение этой частицы, m – суммарная масса системы. Продифференцировав \vec{r}_c по времени, найдем скорость центра масс:

$$\vec{v}_c = \frac{\vec{p}}{m},$$

где \vec{p} – суммарный импульс системы.

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Значит импульс системы запишется $\vec{p} = m\vec{v}_c$.

Используя II закон Ньютона, получим уравнение движения центра масс системы м.т.:

$$\frac{d}{dt}(m\vec{v}_c) = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$$

Теорема о движении центра масс механической системы

Центр масс движется так, как двигалась бы материальная точка с массой равной массе системы, под действием результирующей всех внешних сил, приложенных к телам (м.т.) системы.