Общая физика

Лектор: Передистов Евгений Юрьевич

Курс Общей Физики – 3 семестра

1 – й семестр

Лекции
лабораторные работы + практика (в основном решение задач)
1 коллоквиум

К экзамену по физике допускаются те, кто получил кафедральный зачёт.

Обязательное условие получения зачёта – выполнение всех лабораторных работ.

Если есть зачёт, но не сдан коллоквиум, на экзамен выносятся дополнительные вопросы по теме коллоквиума.

Если не сданы задачи, то на экзамен выносится одна или несколько (по разным темам) дополнительные задачи.

Экзамен (без обременений): два вопроса и одна задача.
Экзамен сдаётся лектору.
Если экзамен не сдан, предоставляется 2 попытки пересдачи.
При второй пересдаче, экзамен сдаётся комиссии.

Методические и учебные пособия

Сайт кафедры физики
http://www.physics.sut.ru/

Учебные пособия

Учебники

И.В. Савельев
«Курс общей физики»

И.Е. Иродов
«Основные законы механики»,
«Основные законы электромагнетизма»

Д.В. Сивухин
«Общий курс физики»

$$f(t)$$

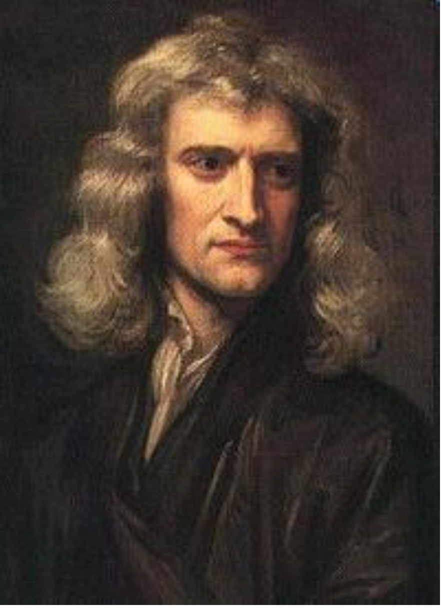
Δf **- изменение *f***

df **- бесконечно малое изменение *f***

Оператор дифференцирования

$$f'(t) \equiv \frac{d}{dt}[f(t)] \equiv \frac{df}{dt}$$

1. Производная
2. Отношение df к dt



КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

(Механика – раздел физики, посвященный изучению простейшей формы движения материальных тел: перемещение тел относительно друг друга)

Макромир

$V << C = 3 \cdot 10^8$ м/с

Описание механического движения → Система отсчёта

Система отсчета : совокупность системы координат связанной с телом, по отношению к которому изучается движение других тел и часов. Например: система отсчёта может быть связана с Землей, Солнцем.

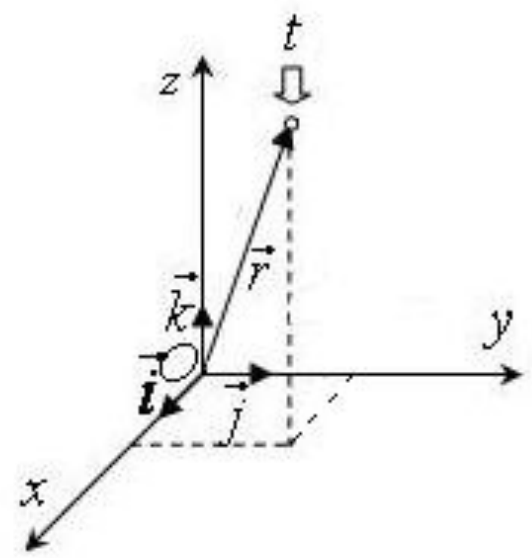
<u>Основная задача механики</u>:

Если известно механическое состояние системы (совокупность координат и скоростей) в момент времени t_0 , определить механическое состояние системы в момент времени $t>t_0$

1. Кинематика

1.1. Характеристики кинематики материальной точки

Для описания движения материальной точки будем использовать **декартову прямоугольную систему координат** (x, y, z).



$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – орты, единичные векторы, задающие направление вдоль осей x, y и z соответственно;

$$\left|\vec{i}\right| = \left|\vec{j}\right| = \left|\vec{k}\right| = 1$$

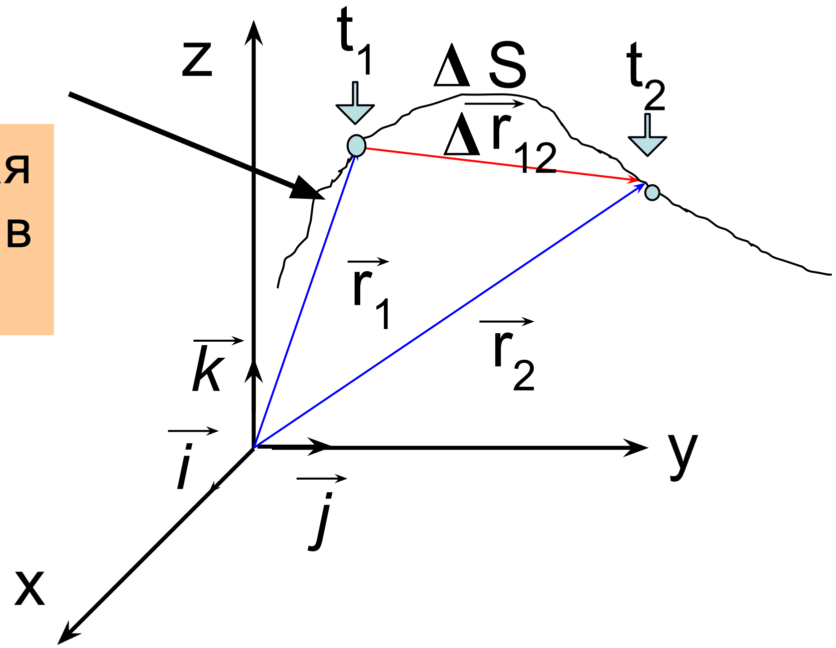
$\vec{r}(t)$ – *радиус-вектор:*

вектор, проведенный из начала системы координат в рассматриваемую точку и характеризующий положение точки в пространстве в момент времени t.

$$\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$$

$$\left|\vec{r}\right|^2 = r^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

Пусть материальная точка движется по некоторой траектории.



Траектория – линия, описываемая материальной точкой при ее движении в пространстве.

$\vec{r}_1$ – радиус-вектор, характеризующий положение точки в пространстве в момент времени t_1.

$\vec{r}_2$ - радиус-вектор, характеризующий положение точки в момент t_2.

$\Delta\vec{r}_{12} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ – *вектор перемещения* м.т. за время $\Delta t = t_2 - t_1$

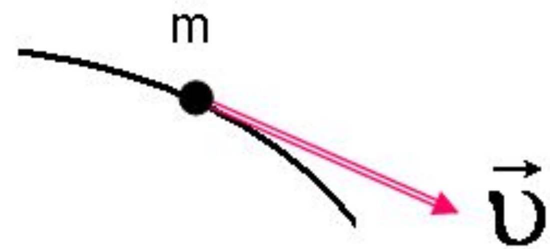
ΔS - *путь*, пройденный материальной точкой, или длина траектории.

В общем случае $\left|\Delta\vec{r}_{12}\right| \neq \Delta S$

Но $\lim\limits_{\Delta t\to 0}\left|\Delta\bar{r}_{12}\right| = \lim\limits_{\Delta t\to 0}\Delta S \Longrightarrow \left|d\vec{r}\right| = dS$

$d\vec{r}$ - *элементарное перемещение,* вектор направлен по касательной к траектории движения.

$$\vec{\upsilon} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$ ***мгновенная (истинная) скорость***, характеризующая быстроту изменения положения материальной точки в пространстве;



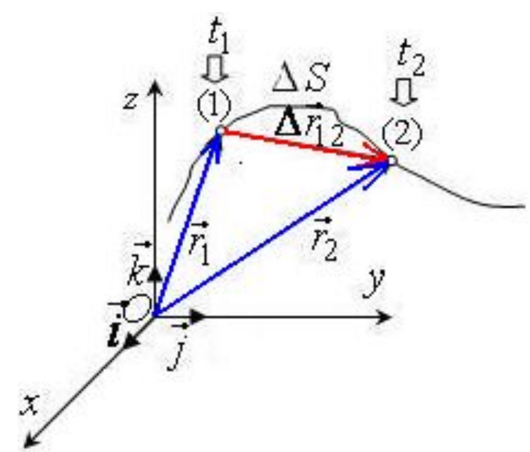
Вектор скорости направлен по касательной к траектории движения;

$$\boxed{\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}}$$

$$\vec{\upsilon} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k})}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k} = \upsilon_x\vec{i} + \upsilon_y\vec{j} + \upsilon_z\vec{k}$$

Модуль мгновенной скорости

$$|\vec{\upsilon}| = \upsilon = \frac{|d\vec{r}|}{dt} = \frac{dS}{dt} \qquad \upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2 + \upsilon_z^2}$$

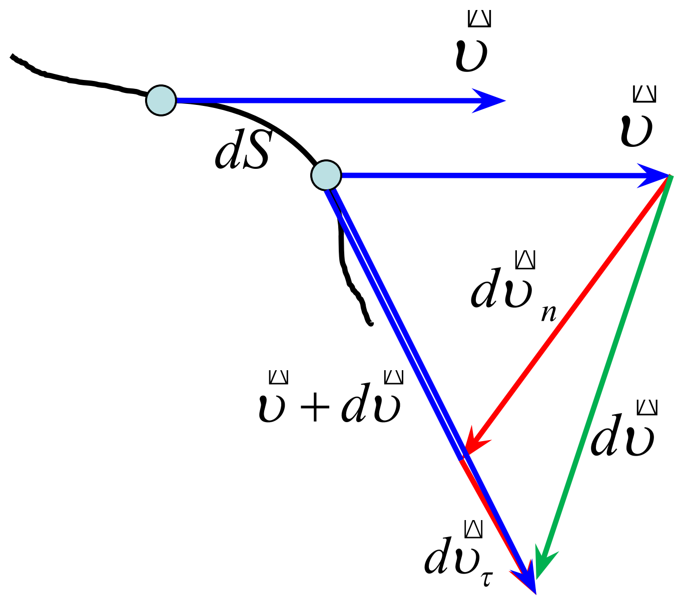


Средняя скорость $$v_{cp} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt}$$ ***мгновенное (истинное) ускорение***, характеризующее быстроту изменения *вектора* скорости материальной точки.

Ускорение материальной точки при криволинейном движении

Рассмотрим *криволинейное* движение, происходящее в одной плоскости.



Пусть dS - бесконечно малый участок траектории, на котором за бесконечно малый отрезок времени dt скорость изменилась от $\vec{\upsilon}$ до $\vec{\upsilon} + d\vec{\upsilon}$.

Разность векторов $\vec{\upsilon}$ и $\vec{\upsilon} + d\vec{\upsilon}$ равна $d\vec{\upsilon}$

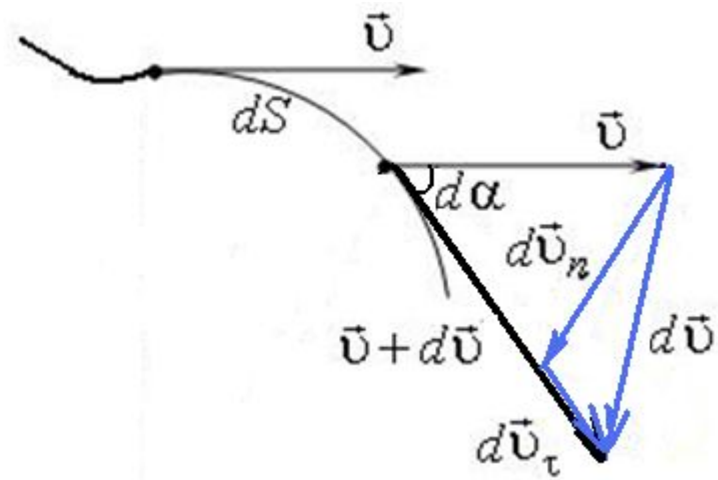
Отложим на прямой вектора $\vec{\upsilon} + d\vec{\upsilon}$ отрезок равный $|\vec{\upsilon}|$

Проведём в его конец вектор, который обозначим $d\vec{\upsilon}_n$

Соединим концы векторов $d\vec{\upsilon}_n$ и $d\vec{\upsilon}$ вектором, который обозначим $d\vec{\upsilon}_\tau$

Ускорение материальной точки при криволинейном движении

Искомое ускорение $\vec{a} = \dfrac{d\vec{\upsilon}}{dt}$



Можно видеть, что $d\vec{\upsilon} = d\vec{\upsilon}_n + d\vec{\upsilon}_\tau$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = \frac{d\vec{\upsilon}_\tau}{dt} + \frac{d\vec{\upsilon}_n}{dt} = \frac{d\upsilon_\tau}{dt}\vec{\tau} + \frac{d\upsilon_n}{dt}\vec{n}$$

$\vec{\tau}$ и $\vec{n}$ единичные вектора,

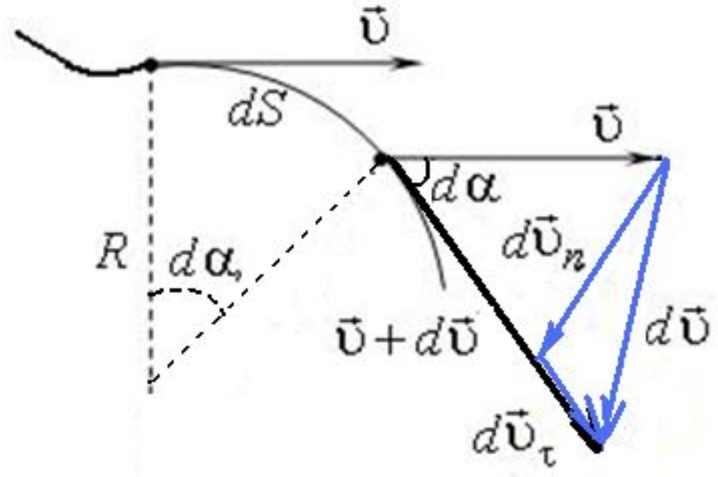
направленные вдоль $d\vec{\upsilon}_\tau$ и $d\vec{\upsilon}_n$

$d\upsilon_\tau$ - приращение длины вектора скорости $\Longrightarrow$ $\dfrac{d\upsilon_\tau}{dt} = \dfrac{d\upsilon}{dt}$

Назовём эту составляющую ускорения тангенциальной: $a_\tau = \dfrac{d\upsilon}{dt}$

Тангенциальное ускорение **совпадает с направлением скорости** (с касательной к траектории) и **отвечает за изменение модуля скорости**.

Ускорение материальной точки при криволинейном движении



Искомое ускорение $\vec{a} = \dfrac{d\vec{\upsilon}}{dt}$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = \frac{d\vec{\upsilon}_\tau}{dt} + \frac{d\vec{\upsilon}_n}{dt} = \frac{d\upsilon_\tau}{dt}\vec{\tau} + \frac{d\upsilon_n}{dt}\vec{n}$$

Поскольку мы рассматриваем бесконечно малые , то

$$d\upsilon_n = d\alpha \times \upsilon \quad \text{и} \quad d\alpha = \frac{dS}{R}$$

где R – радиус кривизны траектории. Отсюда

$$d\upsilon_n = \frac{dS}{R} \times \upsilon \quad \text{и} \quad \frac{d\upsilon_n}{dt} = \frac{dS}{dt} \cdot \upsilon \cdot \frac{1}{R} = \frac{\upsilon^2}{R}$$

Бесконечная малость угла *dα*

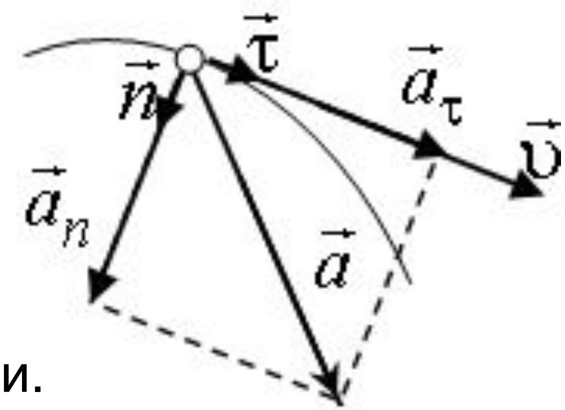
Сумма углов треугольника равна 180°

$\Rightarrow$ $d\vec{\upsilon}_n \perp \vec{\upsilon}$ и $\dfrac{d\vec{\upsilon}_n}{dt} \perp \vec{\upsilon}$

$\Rightarrow$ *нормальное ускорение:* $\vec{a}_n = \dfrac{d\vec{\upsilon}_n}{dt} = \dfrac{d\upsilon_n}{dt}\vec{n} = \dfrac{\upsilon^2}{R}\vec{n}$

Нормальное ускорение: $$\vec{a}_n = \frac{d\vec{\upsilon}_n}{dt} = \frac{d\upsilon_n}{dt}\vec{n} = \frac{\upsilon^2}{R}\vec{n}$$

Характеризует быстроту изменения направления вектора скорости.



Тангенциальное ускорение $$\vec{a}_\tau = \frac{d\upsilon}{dt}\vec{\tau}$$

характеризует быстроту изменения модуля скорости.

Полное ускорение при криволинейном движении

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n \Longrightarrow \boxed{\vec{a} = \frac{d\upsilon}{dt}\vec{\tau} + \frac{\upsilon^2}{R}\vec{n}}$$

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

При равномерном движении по окружности: $$\upsilon = const$$ $$a_\tau = \frac{d\upsilon}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{a} = \vec{a}_n$$

При прямолинейном движении: $$R = \infty \Rightarrow a_n = \frac{\upsilon^2}{R} = 0 \qquad \vec{a} = \vec{a}_\tau$$