Представленные в этой папке лекции

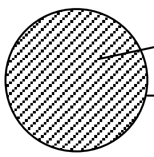
не готовились к публикации

и предлагаются по принципу «КАК ЕСТЬ»

Предмет физики

Греч. «physis» - природа

ФИЗИКА – наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности явлений природы.



$s = \pi R^2$ – знание

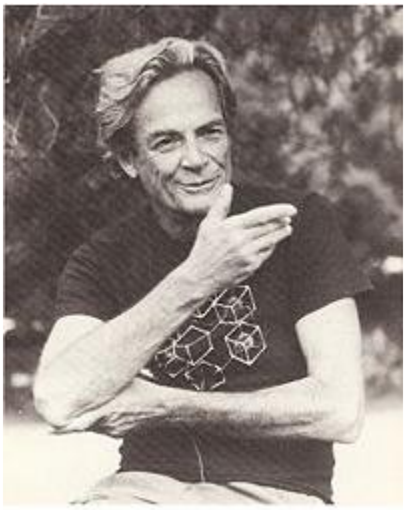
$\ell = 2\pi R$ – незнание

Чем больше наши знания о природе (больше s), тем все больше выясняется, сколько же неизведанного до сих пор в этом мире (увеличивается и ℓ).

«Электрон также неисчерпаем, как и атом!»

Материя бесконечна!

И процесс познания бесконечен!


Ричард Филлипс Фейнман

Если бы в результате какой-то мировой катастрофы все накопленные научные знания оказались бы уничтоженными и к грядущим поколениям живых существ перешла бы только одна фраза, то какое утверждение, составленное из наименьшего количества слов, принесло бы наибольшую информацию?

Я считаю, что это – атомная гипотеза (можете называть её не гипотезой, а фактом, но это ничего не меняет): все тела состоят из атомов - маленьких телец, которые находясь в беспрерывном движении, притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одно из них плотнее прижать к другому

В одной этой фразе содержится невероятное количество информации о мире, стоит лишь приложить к ней немного воображения и чуть соображения.

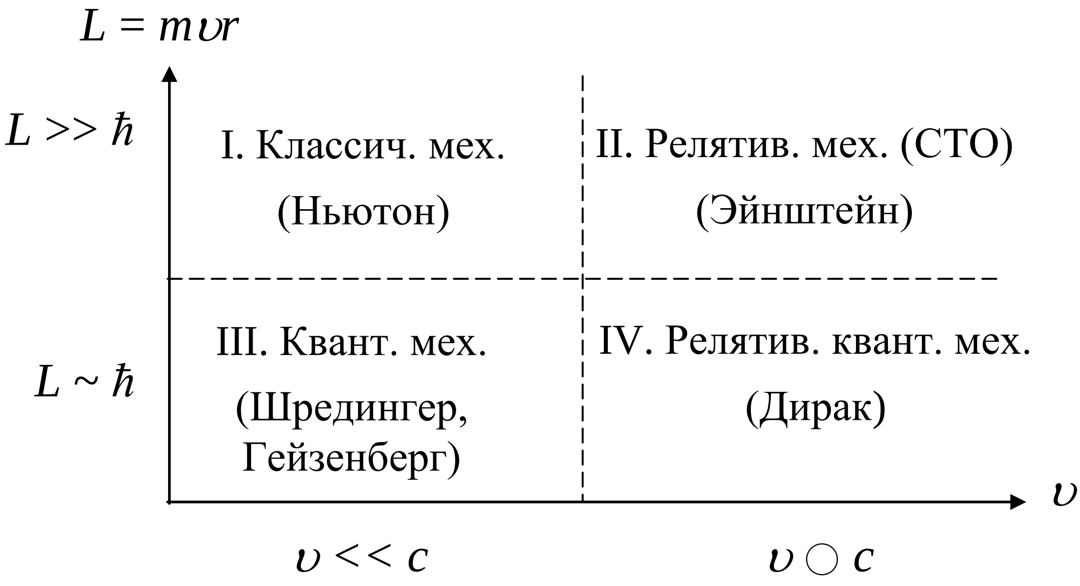
Л Е К Ц И Я № 1

Раздел 1. Классическая механика

Основные задачи механики:

1) найти ***законы движения*** различных тел;

2) найти ***общие закономерности***, присущие любой системе, независимо от рода взаимодействия.



Электрон в атоме: $L \approx 10^{-30}\cdot 10^{6}\cdot 10^{-10} \sim 10^{-34} \sim \hbar$.

Планета Земля в Солнечной системе: $L \approx 10^{24}\cdot 30\cdot 10^{3}\cdot 10^{11} \sim 10^{39} >> \hbar$.

Относительность механического движения

Всякое движение относительно! Нужна система отсчета.

<u>Система отсчета</u> (СО) – это набор физических тел (тела отсчета), связанная с ними система координат (чаще всего декартовая) и прибор для отсчета времени («часы»).

Модель механики:

<u>Материальная точка (частица)</u> – любое физическое тело, размером которого можно пренебречь по сравнению с расстоянием, проходимым телом при своем движении, или по сравнению с расстоянием до другого тела, с которым оно взаимодействует.

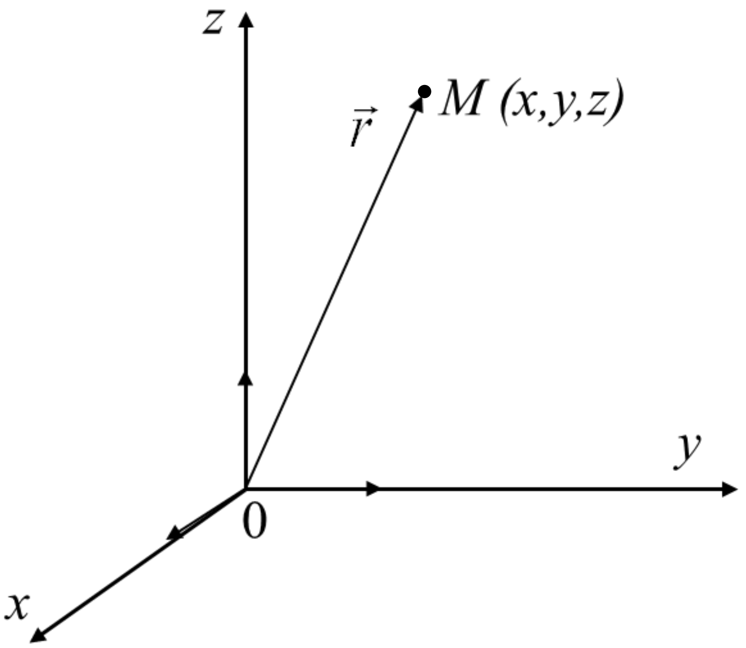
Число независимых величин, которые необходимо задать для определения положения тела в пространстве, называется ***<u>числом степеней свободы</u>*** i.

$$i = i_{\text{пост}} + i_{\text{вр}} + 2i_{\text{кол}}.$$

Материальная точка (частица) $\qquad i = 3$

Гл. 1. Кинематика и динамика частицы

§1. Кинематические характеристики

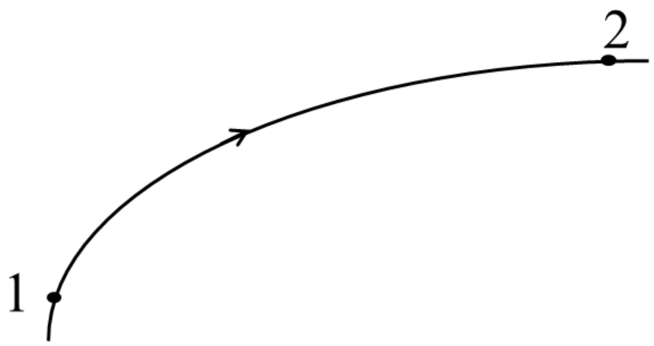


Положение частицы в пространстве по отношение к СО определяет ***радиус-вектор*** $\vec{r}$ – вектор, проведенный из начала системы координат в точку, где находится частица.

$$\vec{r} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z. \quad (1\text{-}1)$$

$\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$ – орт-векторы (единичные векторы).

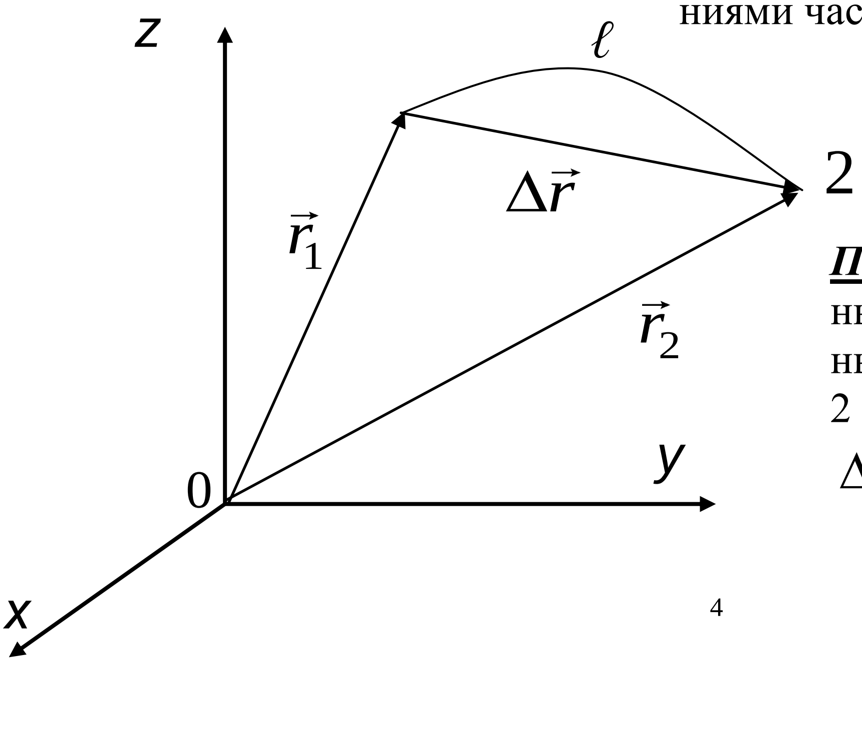
$$|\vec{e}_x| = |\vec{e}_y| = |\vec{e}_z| = 1.$$



Траектория – линия, которую прочерчивает частица в пространстве при своем движении.

Длина пути ℓ – длина траектории между начальным 1 и конечным 2 положениями частицы.

$$[\ell] = \text{м}.$$



Перемещение $\Delta\vec{r}$ – направленный отрезок (вектор), проведенный из начального 1 в конечное 2 положение частицы.

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1, \quad \left[|\Delta\vec{r}|\right] = \text{м}. \quad (1\text{-}2)$$

В проекциях на координатные оси формула (1-2) имеет вид:

$$\Delta\vec{r} = \Delta x\vec{e}_x + \Delta y\vec{e}_y + \Delta z\vec{e}_z. \quad (1\text{-}2a)$$

$$\left|\Delta\vec{r}\right| \le \ell \qquad \left|d\vec{r}\right| = d\ell$$

Быстроту движения частицы характеризует скорость.

<u>Скорость</u> $\vec{\upsilon}$ – векторная физическая величина, равная перемещению частицы за единицу времени (или первая производная от радиус-вектора частицы по времени):

$$\vec{\upsilon} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \qquad [\upsilon] = \text{м/с}. \quad (1\text{-}3)$$

В проекциях на координатные оси формула (1-3) имеет вид:

$$\vec{\upsilon} = \frac{dx}{dt}\vec{e}_x + \frac{dy}{dt}\vec{e}_y + \frac{dz}{dt}\vec{e}_z = \upsilon_x\vec{e}_x + \upsilon_y\vec{e}_y + \upsilon_z\vec{e}_z. \quad (1\text{-}3a)$$

Вектор $\vec{\upsilon}$ направлен в сторону элементарного перемещения $\left(\vec{\upsilon} \parallel d\vec{r}\right)$, по касательной к траектории движения.

Для нахождения перемещения частицы по известной скорости необходимо вычислить интеграл:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 = \int_0^t \vec{\upsilon}\,dt. \quad (1\text{-}4)$$

Для нахождения длины пути, пройденного частицей за время *t*, необходимо вычислить интеграл от модуля скорости:

$$\ell = \int_0^t \left|\vec{\upsilon}\right| dt. \quad (1\text{-}5)$$

Если $\vec{\upsilon} = const$, то частица движется равномерно прямолинейно, например, вдоль оси *Ox*. Тогда

$$\Delta x = x - x_0 = \upsilon_x \Delta t, \quad (1\text{-}4a)$$

т. е. частица за равные промежутки времени перемещается на одинаковое расстояние.

Если $\vec{\upsilon} \neq const,$ то частица движется с ускорением.

<u>Ускорение</u> $\vec{a}$ – векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости и равная изменению скорости за единицу времени (или «первая производная от скорости по времени»):

$$\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt}, \qquad [a] = \text{м/с}^2. \tag{1-6}$$

В проекциях на координатные оси формула (1-6) имеет вид:

$$\vec{a} = \frac{d\upsilon_x}{dt}\vec{e}_x + \frac{d\upsilon_y}{dt}\vec{e}_y + \frac{d\upsilon_z}{dt}\vec{e}_z = a_x\vec{e}_x + a_y\vec{e}_y + a_z\vec{e}_z. \tag{1-6a}$$

Вектор $\vec{a}$ направлен в сторону изменения скорости $\left(\vec{a} \parallel d\vec{\upsilon}\right)$.

Для нахождения скорости движения частицы по известному ускорению следует вычислить интеграл:

$$\Delta\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0 = \int_0^t \vec{a}dt. \tag{1-7}$$

Если $\vec{a} = const,$ то частица движется равноускоренно прямолинейно, например, вдоль оси *Ox*. Тогда из уравнений (1-7) и (1-4) получают:

$$\upsilon_x = \upsilon_{0x} + a_x t,$$

$$x = x_0 + \upsilon_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2},$$

$$x = x_0 + \frac{\upsilon_{0x} + \upsilon_x}{2}t,$$

$$x = x_0 + \frac{\upsilon_x{}^2 - \upsilon_{0x}^2}{2a_x}.$$

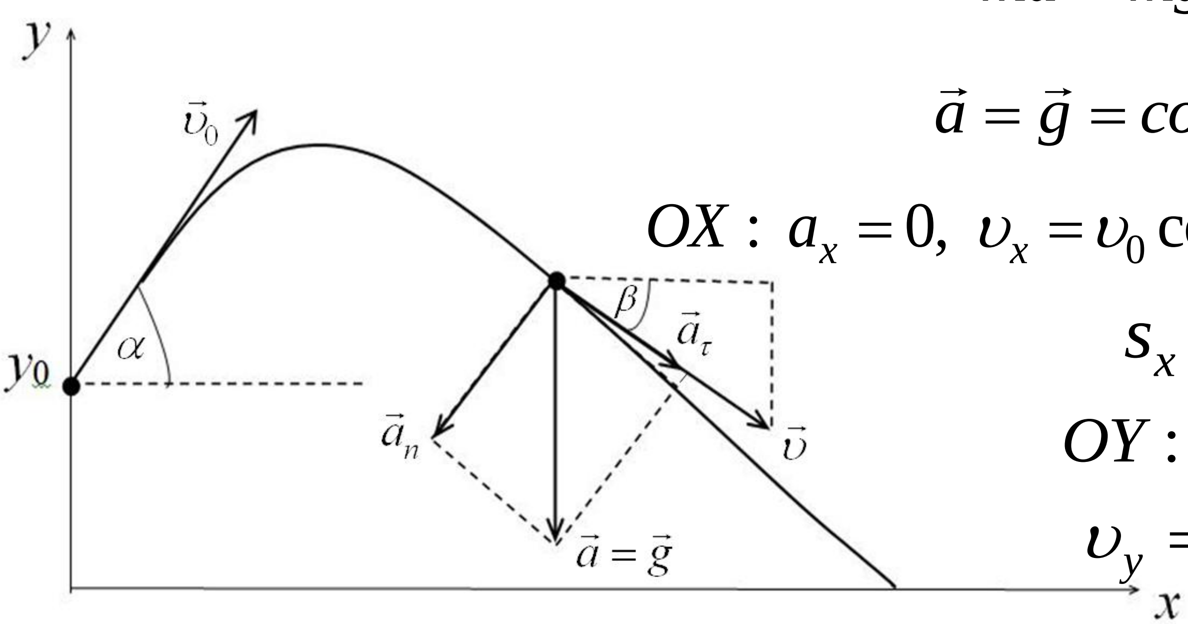
При таком движении модуль скорости частицы за равные промежутки времени изменяется на одинаковую величину.

Как правило, ось *Ox* направляют вдоль скорости движения, тогда при $a_x > 0$ движение будет ускоренным, а при $a_x < 0$ – замедленным.

При $\vec{a} \neq const$ для вычисления скорости частицы и ее местоположения необходимо пользоваться общими формулами (1-4) и (1-7):

$$\Delta\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0 = \int_0^t \vec{a}dt \qquad \Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 = \int_0^t \vec{\upsilon}dt.$$

Равноускоренное криволинейное движение в поле силы тяжести



$$m\vec{a} = m\vec{g}$$

$$\vec{a} = \vec{g} = const$$

$$OX: \ a_x = 0, \ \upsilon_x = \upsilon_0 \cos\alpha = const$$

$$s_x = \upsilon_x \cdot t$$

$$OY: \ a_y = -g$$

$$\upsilon_y = \upsilon_{0y} - gt$$

$$\upsilon_{0y} = \upsilon_0 \sin\alpha$$

$$y = y_0 + \upsilon_{0y}t - \frac{gt^2}{2} \qquad y = y_0 + \frac{\upsilon_{0y} + \upsilon_y}{2} \cdot t$$

$$y = y_0 - \frac{\upsilon_y^2 - \upsilon_{0y}^2}{2g}$$

Вектор ускорения $\vec{a}$ можно представить в виде суммы двух составляющих: тангенциального (касательного) $\vec{a}_\tau$ и нормального (центростремительного) $\vec{a}_n$ ускорений:

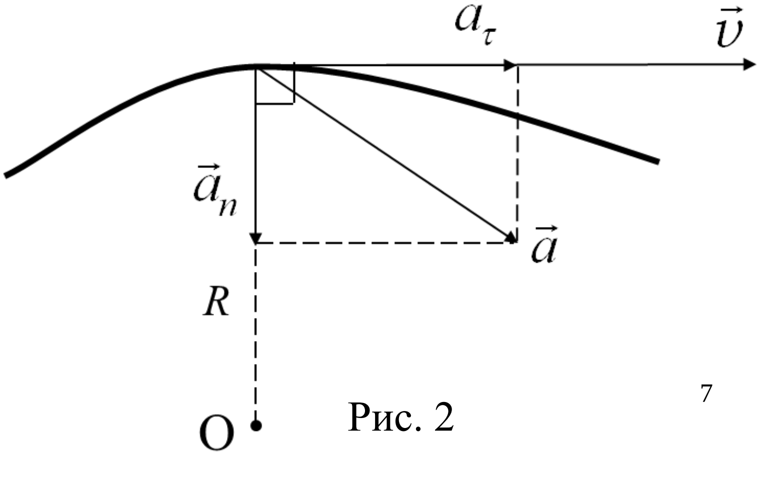


Рис. 2

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n. \qquad (1\text{-}8)$$

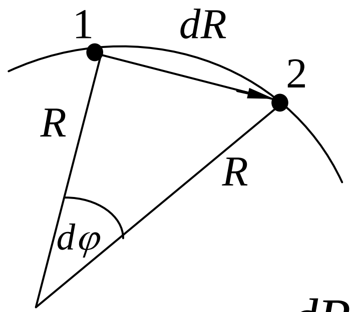
$$|\vec{a}| = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} \qquad (1\text{-}8а)$$

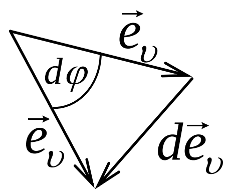
$\vec{\upsilon} = \upsilon \cdot \vec{e}_\upsilon$, где $\left|\vec{e}_\upsilon\right| = 1$ – единичный вектор, $\vec{e}_\upsilon \parallel \vec{\upsilon}$.

Тогда $$\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\upsilon \vec{e}_\upsilon\right) = \frac{d\upsilon}{dt}\vec{e}_\upsilon + \upsilon \frac{d\vec{e}_\upsilon}{dt}$$

$$\vec{a}_\tau = \frac{d\upsilon}{dt}\vec{e}_\upsilon, \qquad a_\tau = \frac{d\upsilon}{dt}$$

$$\frac{d\vec{e}_\upsilon}{dt} \perp \vec{e}_\upsilon$$ док-во: $$\left(\vec{e}_\upsilon \frac{d\vec{e}_\upsilon}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(e_\upsilon^2\right) = 0$$





$$d\varphi = \frac{dR}{R} = \frac{de_\upsilon}{e_\upsilon}$$

$$\left|\vec{e}_\upsilon\right| = 1$$

$$\frac{dR}{dt} = R\frac{de_\upsilon}{dt} \quad \rightarrow \quad \frac{de_\upsilon}{dt} = \frac{1}{R}\upsilon$$

$$\frac{d\vec{e}_\upsilon}{dt} = \vec{e}_n \qquad \left|\vec{e}_n\right| = 1 \qquad \vec{e}_n \perp \vec{e}_\upsilon$$

$$\vec{a}_n = \frac{\upsilon^2}{R}\vec{e}_n, \qquad a_n = \frac{\upsilon^2}{R}$$

Тангенциальное (касательное) ускорение характеризует быстроту изменения скорости только по величине

$$a_\tau = \frac{d\upsilon}{dt} \tag{1-9}$$

и всегда направлено (рис. 2) вдоль скорости ($\vec{a}_\tau \parallel \vec{\upsilon}$) по касательной к траектории.

Нормальное (центростремительное) ускорение характеризует быстроту изменения скорости по направлению, оно всегда направлено (рис. 2) перпендикулярно к $\vec{a}_\tau$ ($\vec{a}_n \perp \vec{a}_\tau$), к центру кривизны траектории в данной точке, и вычисляется по формуле:

$$a_n = \frac{\upsilon^2}{R}, \tag{1-10}$$

где R – радиус кривизны траектории в данной точке.

$$a_\tau = \frac{d\upsilon}{dt}, \qquad a_n = \frac{\upsilon^2}{R}$$

1) $a_\tau = 0,\ \ a_n = 0 -$ равномерное прямолинейное движение;

2) $a_\tau \neq 0,\ \ a_n = 0 -$ ускоренное прямолинейное движение;

3) $a_\tau \neq 0\ (a_\tau = const), a_n = 0 -$ равноускоренное прямолинейное движение;

4) $a_\tau = 0,\ \ a_n \neq 0 -$ ускоренное криволинейное движение;

5) $a_\tau = 0,\ \ a_n \neq 0\ (a_n = const) -$ ускоренное движение по окружности с постоянной скоростью;

6) $a_\tau = f(t), a_n = f(t) -$ криволинейное движение с переменным ускорением.