

Общая физика

Лекция 1 Введение в предмет

Трушин Олег
Станиславович
Зав. лаб. ЯФ ФТИАН РАН,
Доц. каф. нанотехнологии в
электронике ЯрГУ

Структура курса

- Механика
- Молекулярная физика
- Электричество и магнетизм
- Оптика
- Атомная и ядерная физика

План лекции

- Физика как наука
- Цели и задачи механики
- Кинематика. Основные понятия. Материальная точка и абсолютно твердое тело.
- Кинематика материальной точки (траектория, перемещение, скорость, ускорение).
- Относительность движения. Закон сложения скоростей.
- Кинематика движения точки по окружности. Нормальное и тангенциальное ускорения

Физика как наука

- **1.1. Физика**—от древнегреческого *φύσις*(физикс)-природа.
- **Физика**—область естествознания, наука, изучающая наиболее общие и **фундаментальные закономерности** явлений природы, определяющие **структуру** и **эволюцию** материального мира.
- **Цель** физики—получение качественных и количественных данных о взаимодействии тел, свойствах и поведении вещества в различных условиях, составление прогноза(предсказания) того, что будет происходить в различных ситуациях

Физический закон

- **Физический закон** — эмпирически установленная и выраженная в строгой словесной и/или математической формулировке устойчивая связь (количественное соотношение) между физическими величинами, повторяющимися явлениями, процессами и состояниями тел и других материальных объектов в окружающем мире.
- ***Эмпирическая подтверждённость.***
- **Универсальность.**
- **Устойчивость.**
- Законы или принципы не могут быть доказаны логическим путём. Их доказательством является ***опыт.***

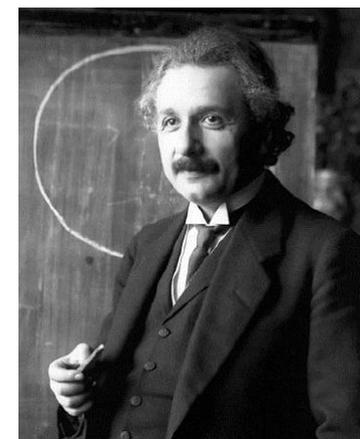
Принцип относительности Эйнштейна



Все физические процессы в инерциальных системах отсчёта протекают одинаково, независимо от того, неподвижна ли система или она находится в состоянии равномерного и прямолинейного движения.

Все уравнения, выражающие законы природы, инвариантны по отношению к преобразованию координат и времени от одной инерциальной системы отсчёта к другой.

Принцип инвариантности скорости света.



Цели и задачи механики

- **Механика** есть наука о движении и равновесии тел.
- **Механическим движением** называют изменение положения тел или их частей в пространстве относительно друг друга с течением времени.
- **Основная задача механики**—определить положение тела в любой момент времени.

Пределы применимости классической механики



МЕХАНИКА

Изучает движение макроскопических тел- материальных объектов от атомов до звезд.
Механика изучает не любое движение тел, а только их перемещение в пространстве

КИНЕМАТИКА

Изучает движение тел без учета причин, вызвавших это движение

ДИНАМИКА

Изучает причины, вызвавшие механическое движение

СТАТИКА

Изучает равновесие тел

Кинематика

- **Кинематика** занимается описанием движения, отвлекаясь от его причин.
- **Тело отсчета** и связанная с ним **система координат** в совокупности с **часами** для отсчета времени образуют **систему отсчета**.
- Единицы измерения: координата–метр(м), время–секунда(с).

Системы координат

- 1. Декартова система координат
- 2. Сферическая система координат
- 3. Цилиндрическая система координат
- 4. Полярная система координат (на плоскости)
- 5. Географическая система координат

Физические модели в механике

- ***Материальная точка*** – тело размерами которого в данной задаче можно пренебречь
- ***Абсолютно твердое тело*** – это тело, расстояние между любыми двумя точками которого остается постоянным при его движении.
- ***Поступательное и вращательное движения твердого тела.***

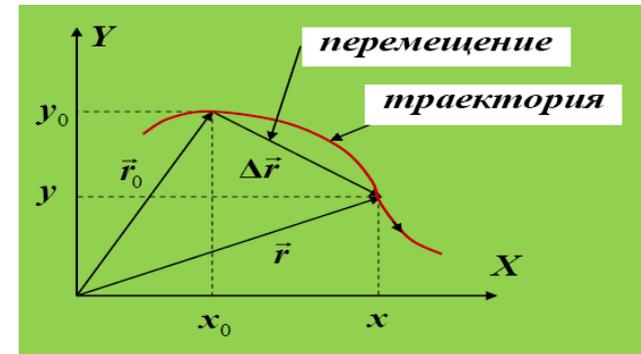
Описание движения материальной точки

а) координатный способ:

$$x(t), y(t), z(t)$$

б) векторный способ (радиус-вектор):

$$\vec{r} = \vec{r}(t)$$



Перемещение – вектор, соединяющий начальное положение точки с конечным:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$$

Траектория – линия, описываемая при движении материальной точкой.

Путь – длина траектории - S

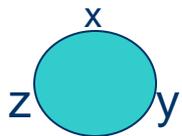
Векторы

Скалярное произведение – это число:

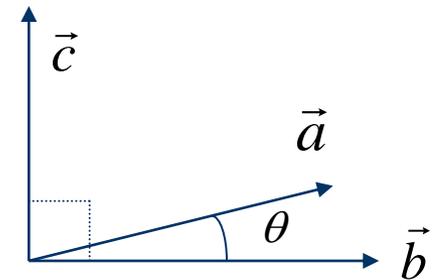
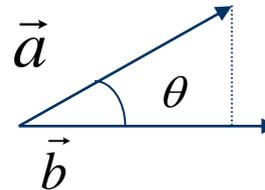
$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x \cdot b_x + a_y \cdot b_y + a_z \cdot b_z = a \cdot b \cdot \cos \theta$$

Векторное произведение – это вектор, численно равный площади параллелограмма и направленный по нормали к плоскости (a,b) :

$$\vec{c} = [\vec{a} \times \vec{b}] \quad |\vec{c}| = |\vec{a} \times \vec{b}| = a \cdot b \cdot \sin \theta$$



$$c_x = a_y b_z - a_z b_y$$



Производная вектора:

$$\dot{\vec{a}} = \dot{a}_x \cdot \vec{e}_x + \dot{a}_y \cdot \vec{e}_y + \dot{a}_z \cdot \vec{e}_z$$

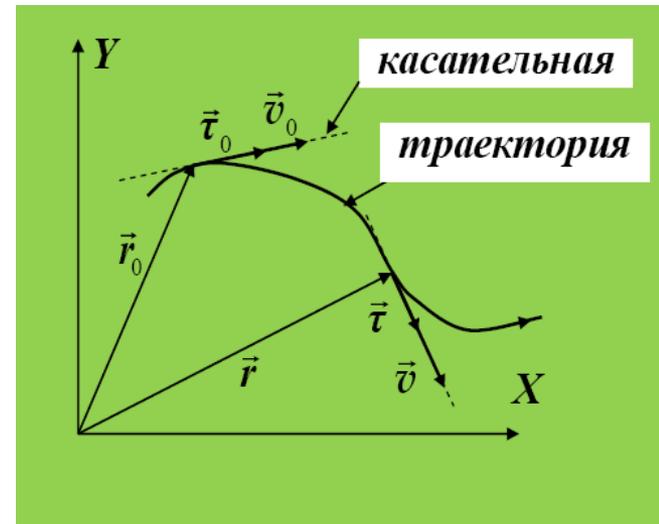
$$\dot{\vec{a}} = \frac{d\vec{a}}{dt} = \frac{d(a \cdot \vec{n})}{dt} = \frac{da}{dt} \cdot \vec{n} + a \cdot \frac{d\vec{n}}{dt} = \dot{a} \cdot \vec{n} + a \cdot \dot{\vec{n}}$$

Скорость материальной точки

Мгновенная скорость точки определяется выражением:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{\tau} \cdot \Delta s}{\Delta t} = v \cdot \vec{\tau}$$

т.е. Мгновенная скорость есть вектор, направленный по касательной к траектории



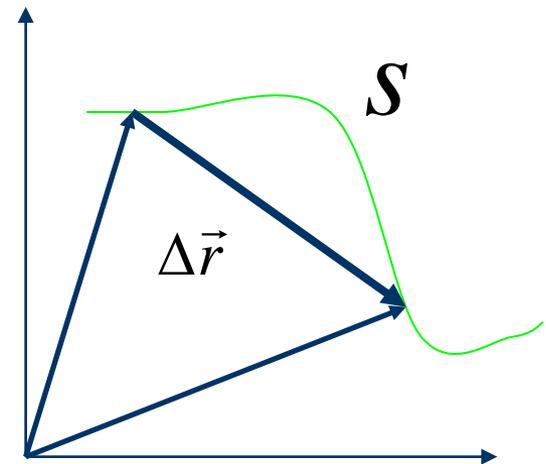
Перемещение и путь

Перемещение

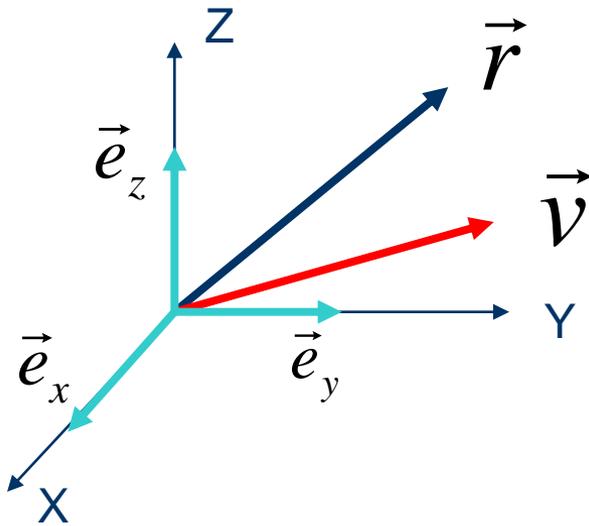
$$\Delta \vec{r} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{v} \cdot dt$$

Путь

$$s = \int_{t_1}^{t_2} v \cdot dt$$



Скорость в декартовых координатах

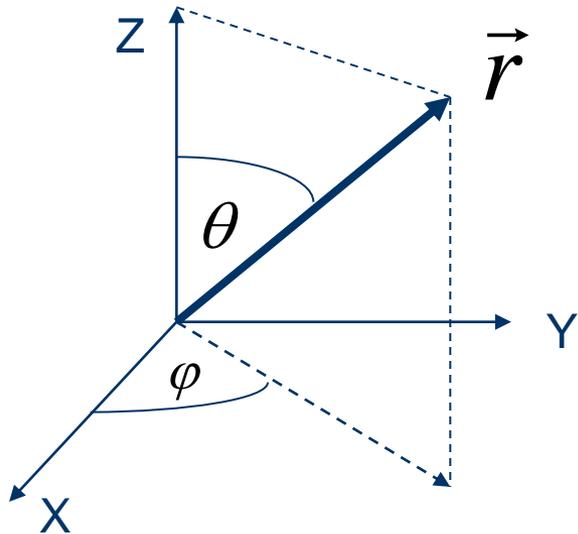


$$\vec{r} = x \cdot \vec{e}_x + y \cdot \vec{e}_y + z \cdot \vec{e}_z$$

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

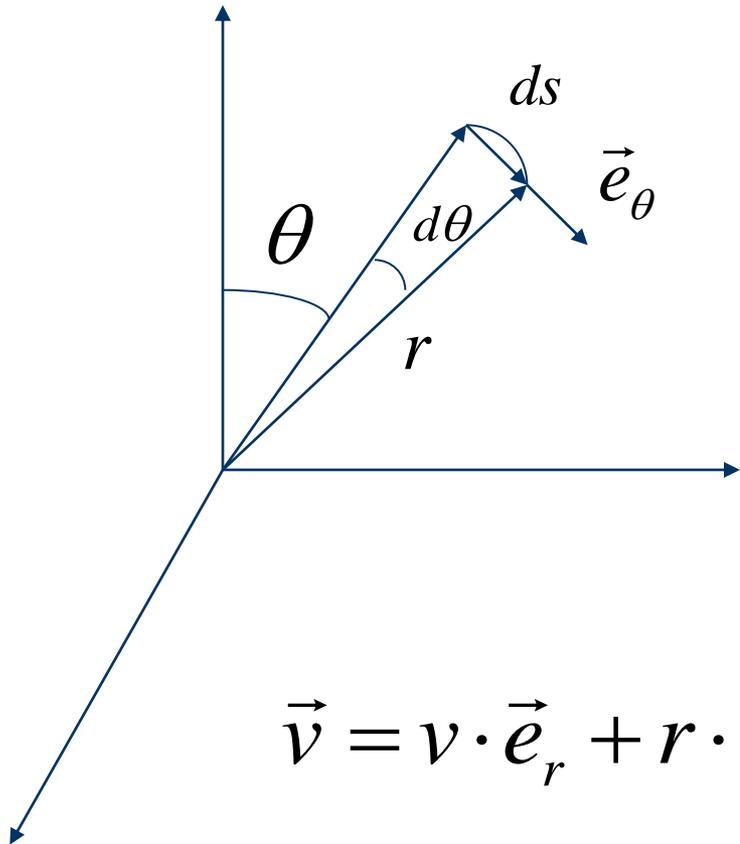
$$\vec{v} = \dot{\vec{r}} = \dot{x} \cdot \vec{e}_x + \dot{y} \cdot \vec{e}_y + \dot{z} \cdot \vec{e}_z$$

Сферические координаты



$$\begin{cases} x = r \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi \\ y = r \cdot \sin \theta \cdot \sin \varphi \\ z = r \cdot \cos \theta \end{cases}$$

Скорость в сферических координатах



$$\vec{r} = r \cdot \vec{e}_r \quad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dr}{dt} \cdot \vec{e}_r + r \cdot \frac{d\vec{e}_r}{dt}$$

$$\frac{d\vec{e}_r}{dt} = \frac{\partial \vec{e}_r}{\partial \theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} + \frac{\partial \vec{e}_r}{\partial \varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

$$\frac{\partial \vec{e}_r}{\partial \theta} = \frac{ds}{d\theta} \cdot \vec{e}_\theta = \vec{e}_\theta$$

$$\frac{\partial \vec{e}_r}{\partial \varphi} = \frac{ds}{d\varphi} \cdot \vec{e}_\varphi = \sin \theta \cdot \vec{e}_\varphi$$

$$\vec{v} = v \cdot \vec{e}_r + r \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{e}_\theta + r \cdot \sin \theta \cdot \dot{\varphi} \cdot \vec{e}_\varphi$$

Ускорение

Ускорение – это скорость изменения скорости

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

В декартовых координатах

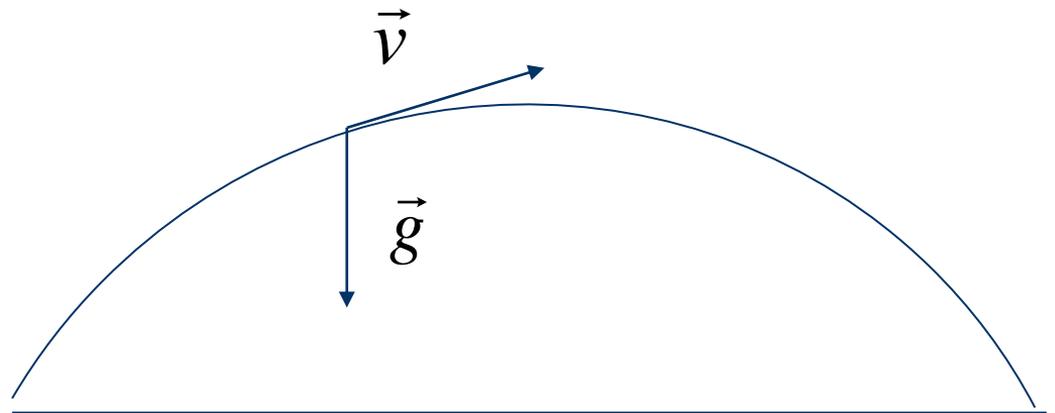
$$\vec{a} = \dot{v}_x \cdot \vec{e}_x + \dot{v}_y \cdot \vec{e}_y + \dot{v}_z \cdot \vec{e}_z = \ddot{x} \cdot \vec{e}_x + \ddot{y} \cdot \vec{e}_y + \ddot{z} \cdot \vec{e}_z$$

Движение с постоянным ускорением

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

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t$$

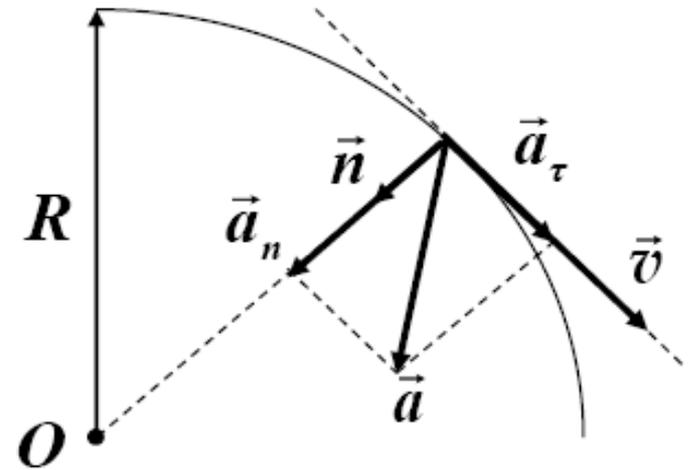
$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2}$$



Ускорение при криволинейном движении

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(v \cdot \vec{\tau})}{dt} = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{\tau} + v \cdot \frac{d\vec{\tau}}{dt}$$

$$\frac{d\vec{\tau}}{dt} = \frac{\partial \vec{\tau}}{\partial s} \cdot \frac{ds}{dt} \quad \frac{\partial \vec{\tau}}{\partial s} = \frac{1}{R} \cdot \vec{n}$$



Тангенциальное и нормальное ускорение

$$\vec{a} = \dot{v} \cdot \vec{\tau} + \frac{v^2}{R} \cdot \vec{n}$$

$$|\vec{a}| = \sqrt{\dot{v}^2 + \frac{v^4}{R^2}}$$

Относительность движения. Закон сложения скоростей.

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{r}'$$

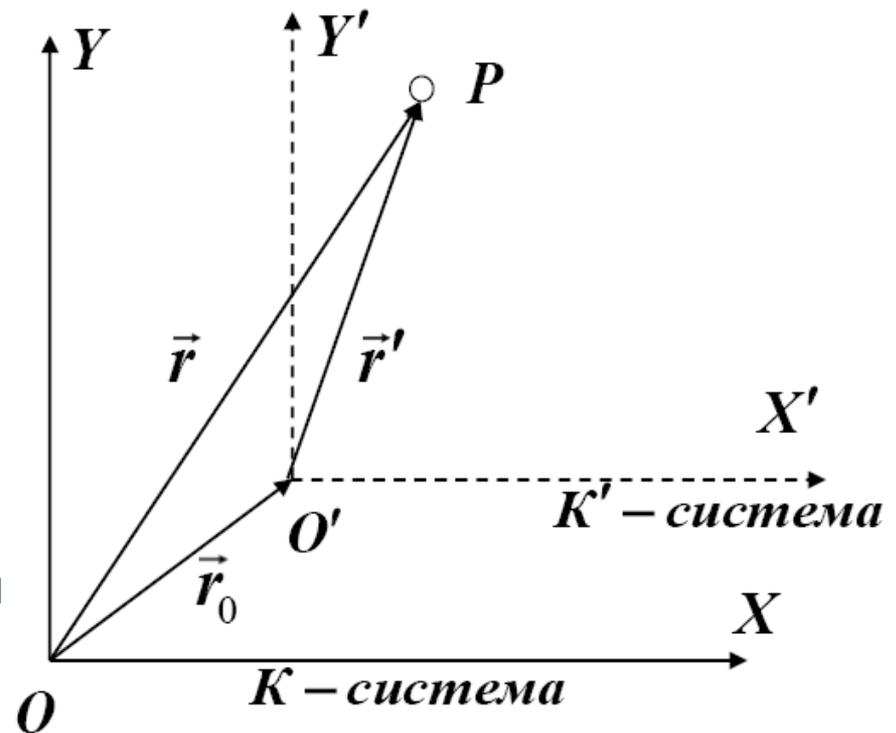
Классический нерелятивистский случай

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}'$$

$$\vec{a} = \vec{a}'$$

$$t = t'$$

Принцип относительности Галилея



Равномерное движение по окружности

Угловая скорость - псевдовектор

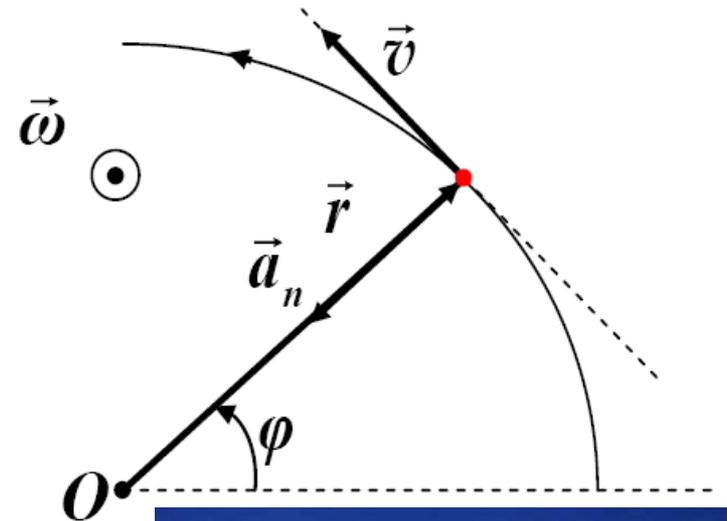
$$\vec{\omega} = \frac{d\varphi}{dt} \cdot \vec{n} \quad \vec{v} = [\vec{\omega} \times \vec{r}]$$

Период обращения $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$ Частота вращения

Центростремительное ускорение

$$a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R$$



Угловое ускорение

$$\vec{\beta} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$$

$$\vec{a}_\tau = [\beta \times \vec{r}]$$

Тангенциальное ускорение

$$\vec{a}_n = -\omega^2 \cdot \vec{r}$$

Нормальное ускорение

Кинематика движения точек колеса I

$$x_A = x_O - R \cdot \sin \varphi$$

$$y_A = y_O - R \cdot \cos \varphi$$

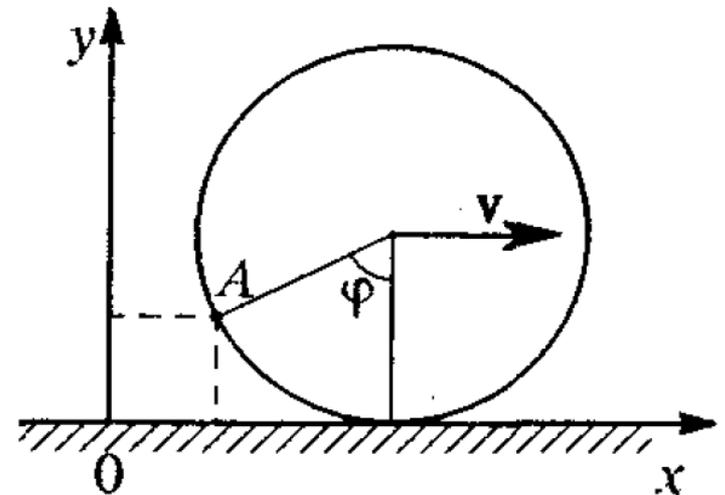
$$x_O = v_O \cdot t \quad y_O = R$$

$$\varphi = \omega \cdot t$$

Отсутствие проскальзывания

$$v_A(\varphi = 0) = 0 \quad \Rightarrow \quad \omega \cdot R = v_O$$

$$\begin{cases} x_A = v_O \cdot t - R \cdot \sin(\omega \cdot t) \\ y_A = R - R \cdot \cos(\omega \cdot t) \end{cases}$$

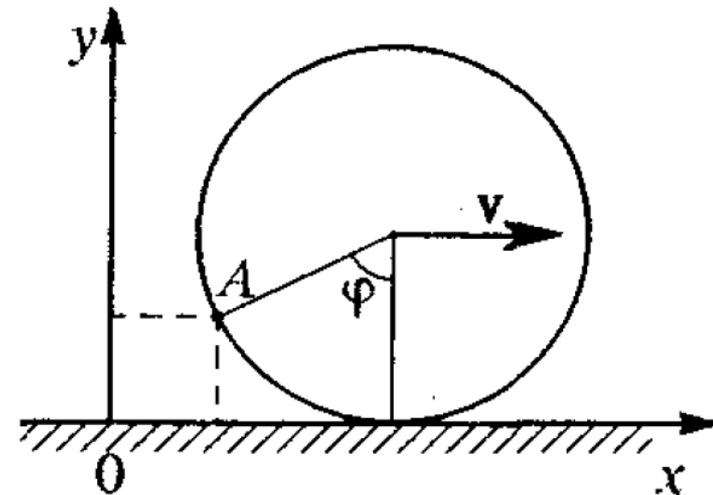


Кинематика движения точек колеса II

$$\begin{cases} v_{A,x} = v_O (1 - \cos(\omega t)) \\ v_{A,y} = v_O \cdot \sin(\omega t) \end{cases}$$

$$v_A = 2v_O \cdot \sin(\omega t / 2)$$

$$\begin{cases} a_{A,x} = v_O \cdot \omega \cdot \sin(\omega t) \\ a_{A,y} = v_O \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \end{cases}$$



Радиус кривизны траектории в верхней точке ($\varphi = \pi$)

$$a_{A,n} = \omega^2 \cdot R = \frac{v_A^2}{\rho} \quad \Rightarrow \quad \rho = 4R$$

Рекомендуемая литература

- Савельев И.В. Курс общей физики т.1
- Иродов И.Е. Задачи по общей физике

- 2 контрольные работы и экзамен