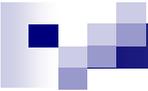


Механика

Лекция 3

kosareva@physics.msu.ru



Лекция 3

План

Глава 1. Кинематика и динамика простейших систем

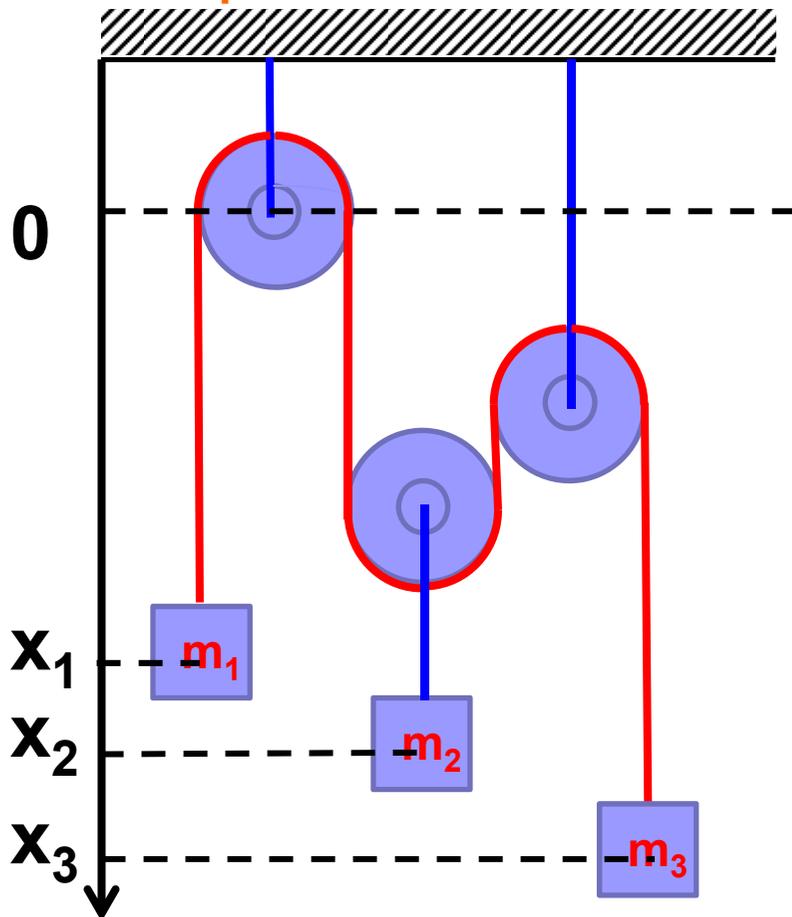
П.1.1.4. Уравнения кинематической связи

П.1.1.5. Связь между скоростью и ускорением точки в различных системах отсчета

П.1.2 Законы Ньютона.

П.1.2.1. Инерциальные системы отсчета. Преобразования Галилея.
1-й закон Ньютона.

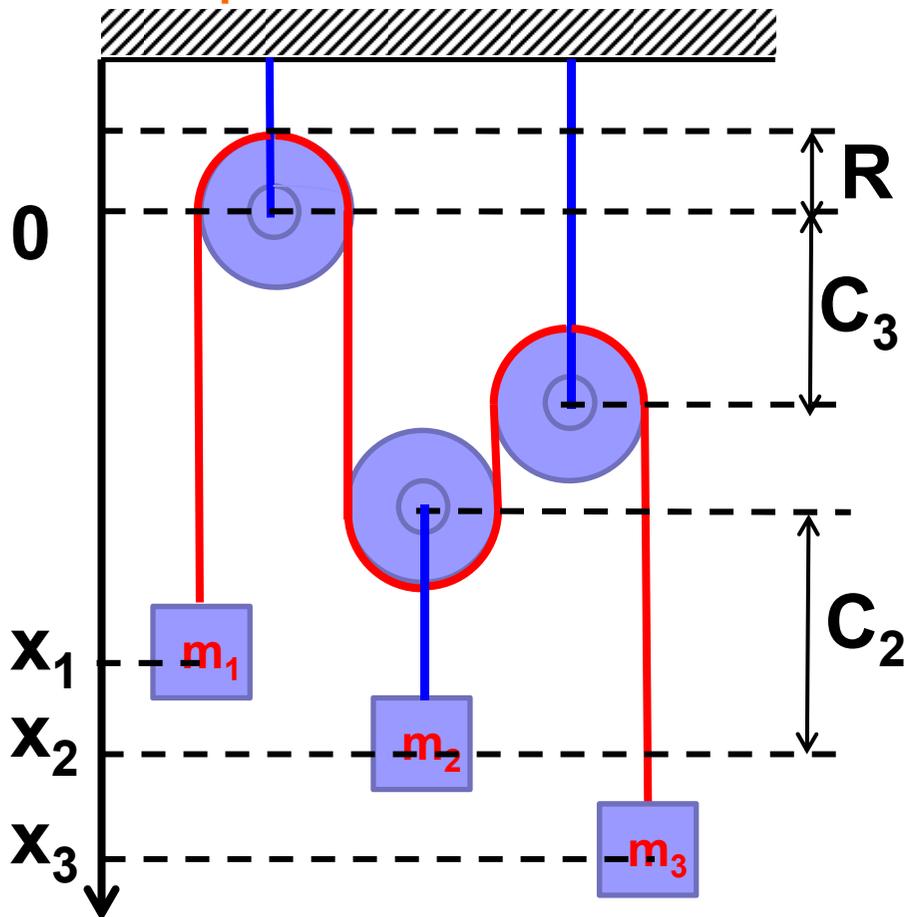
П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



Составить уравнения кинематической связи грузов m_1 , m_2 , m_3

Задача сводится к расчету длины **нерастяжимой нити L** .

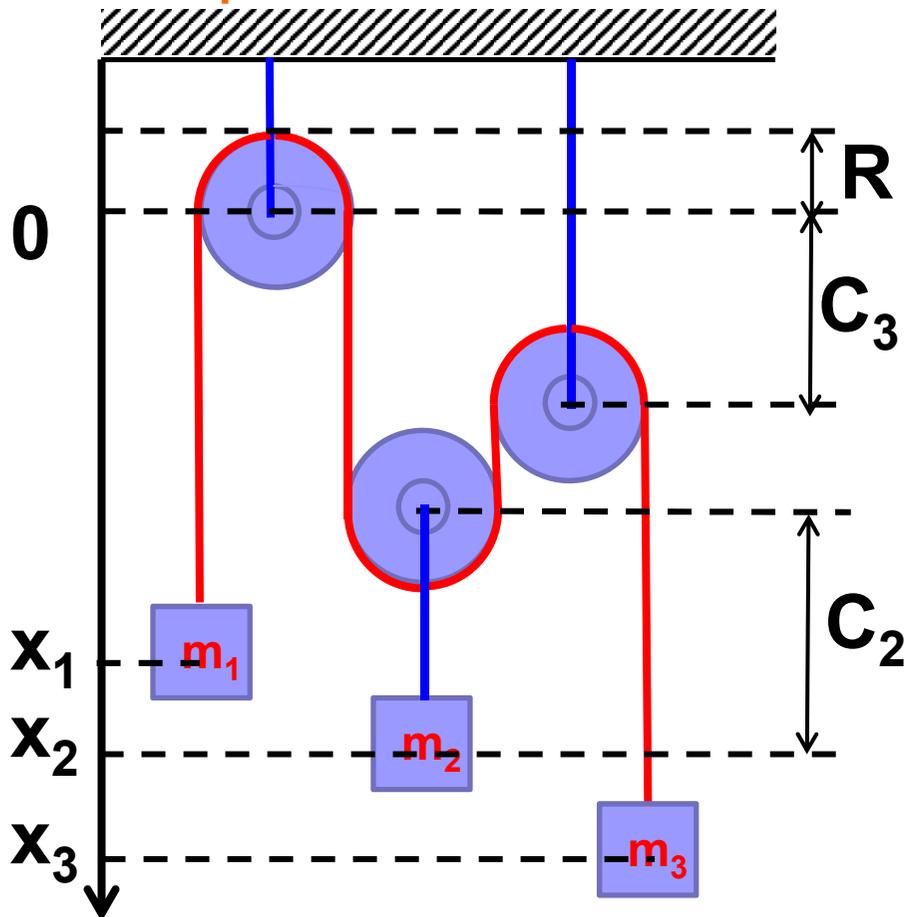
П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



Составить уравнения кинематической связи грузов m_1 , m_2 , m_3

Задача сводится к расчету длины **нерастяжимой нити L** .

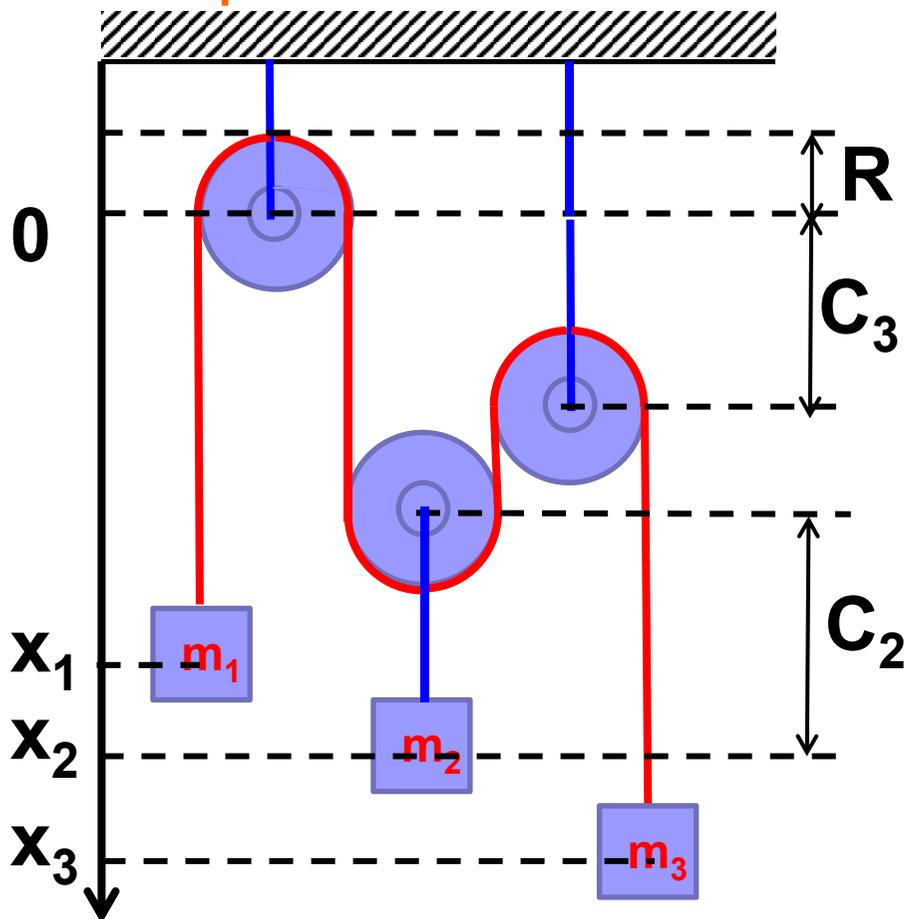
П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



Задача сводится к расчету
длины **нерастяжимой нити L** .

$$L = x_1 + \pi R + \dots$$

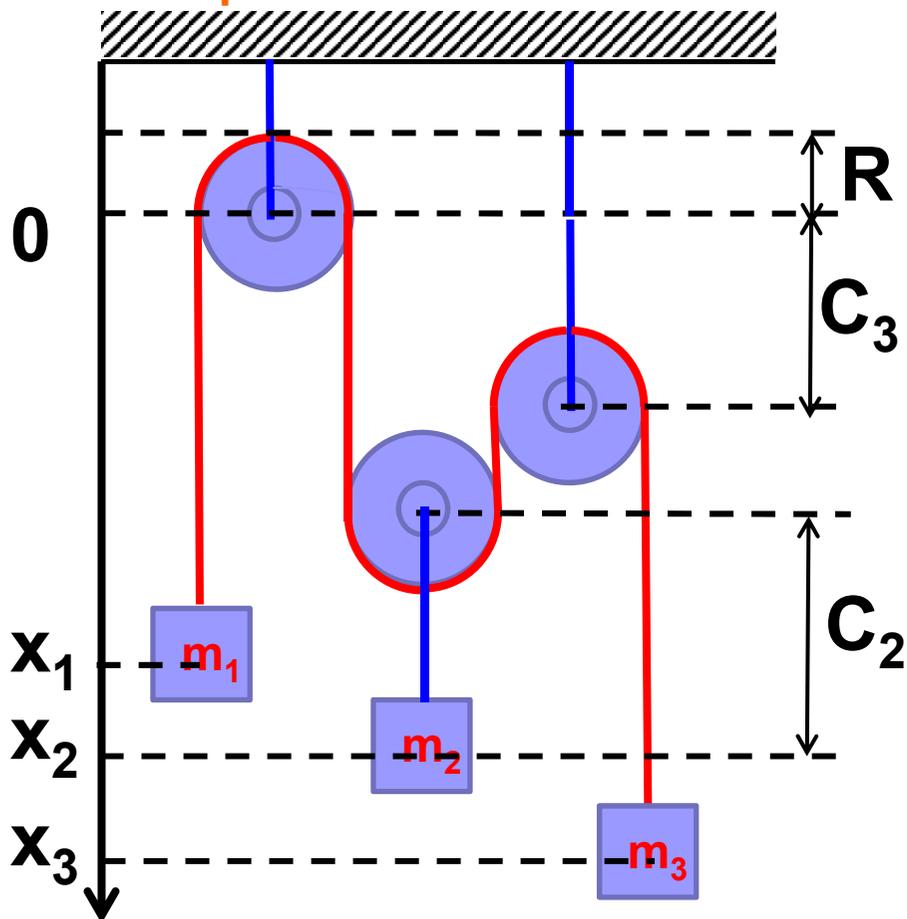
П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



Задача сводится к расчету
длины **нерастяжимой нити L** .

$$L = x_1 + \pi R + \boxed{x_2 - C_2 + \pi R} \dots$$

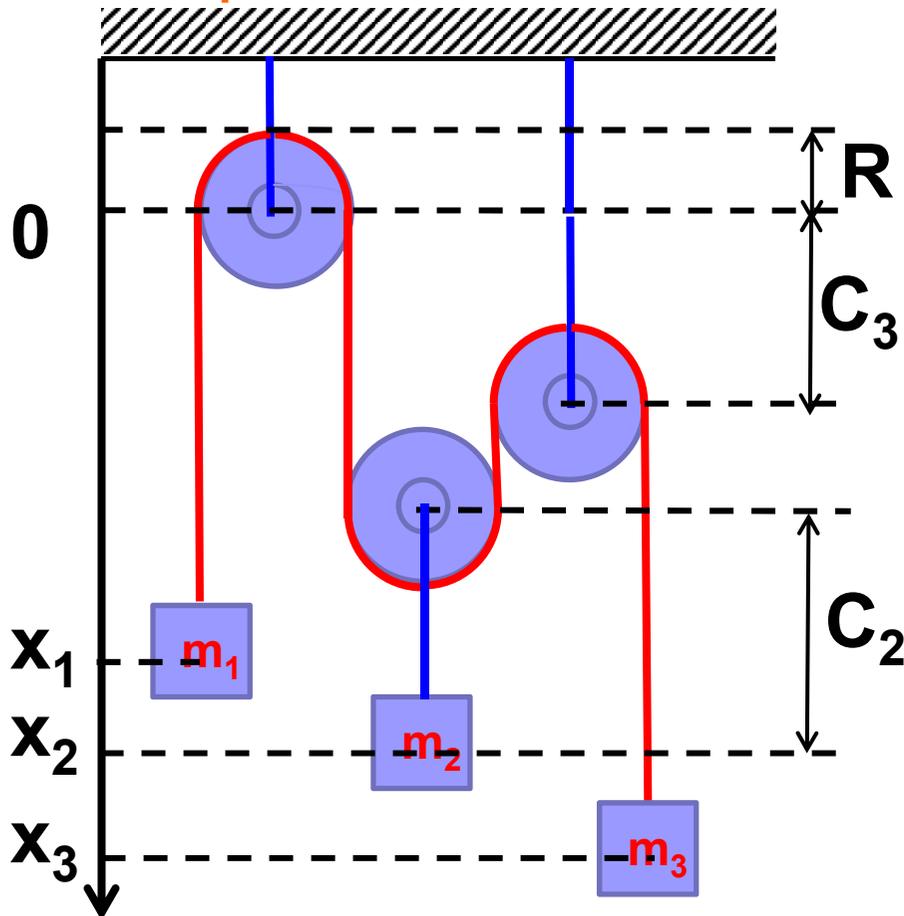
П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



Задача сводится к расчету длины **нерастяжимой нити L**.

$$L = x_1 + \pi R + x_2 - C_2 + \pi R + \boxed{+x_2 - C_2 - C_3} + \dots$$

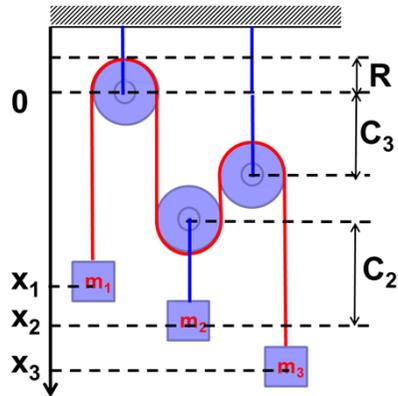
П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



Задача сводится к расчету
длины **нерастяжимой нити L** .

$$L = x_1 + \pi R + x_2 - C_2 + \pi R + x_2 - C_2 - C_3 + \boxed{x_3 - C_3 + \pi R}$$

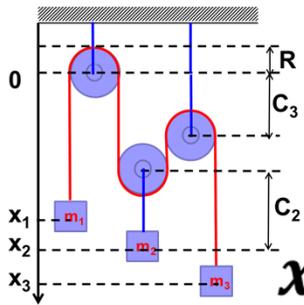
П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



Итак, длина **нерастяжимой нити L**:

$$\begin{aligned}
 L &= x_1 + \pi R + x_2 - C_2 + \pi R + x_2 - C_2 - C_3 + x_3 - C_3 + \pi R = \\
 &= x_1 + 2x_2 + x_3 - 2C_2 - 2C_3 + 3\pi R
 \end{aligned}$$

П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



Итак, длина **нерастяжимой нити L**:

$$L = x_1 + 2x_2 + x_3 - 2C_2 - 2C_3 + 3\pi R$$

$$x_1 + 2x_2 + x_3 = L + 2C_2 + 2C_3 - 3\pi R = \text{CONST}$$

$$x_1 + 2x_2 + x_3 = \text{CONST}$$

$$\Delta x_1 + 2\Delta x_2 + \Delta x_3 = 0 \quad dx_1 + 2dx_2 + dx_3 = 0$$

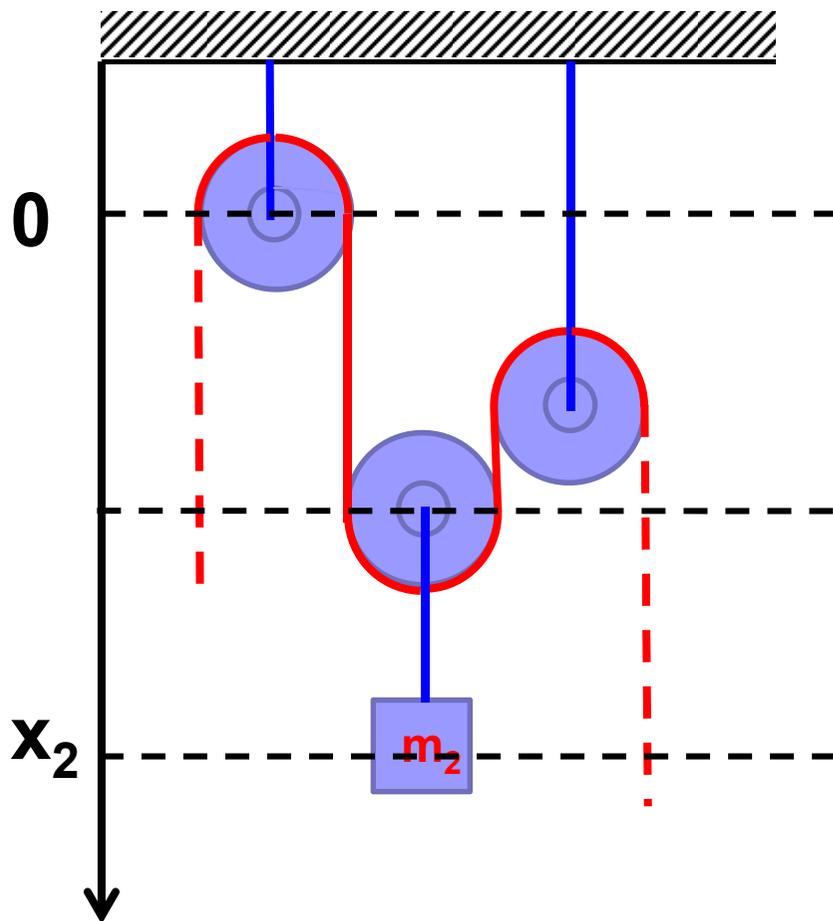
$$(dx_1 + 2dx_2 + dx_3) / dt = 0 \quad \dot{x}_1 + 2\dot{x}_2 + \dot{x}_3 = 0$$

$$v_1 + 2v_2 + v_3 = 0$$

$$\dot{v}_1 + 2\dot{v}_2 + \dot{v}_3 = 0$$

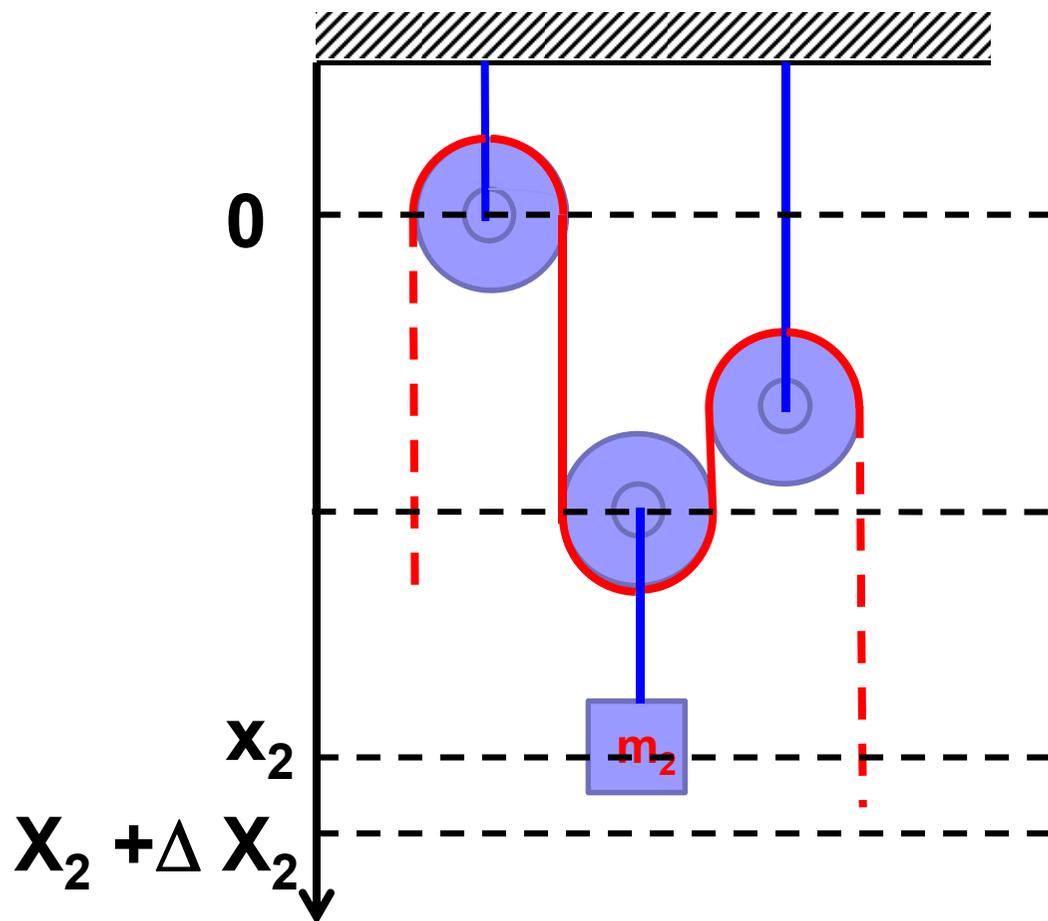
$$a_1 + 2a_2 + a_3 = 0$$

П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



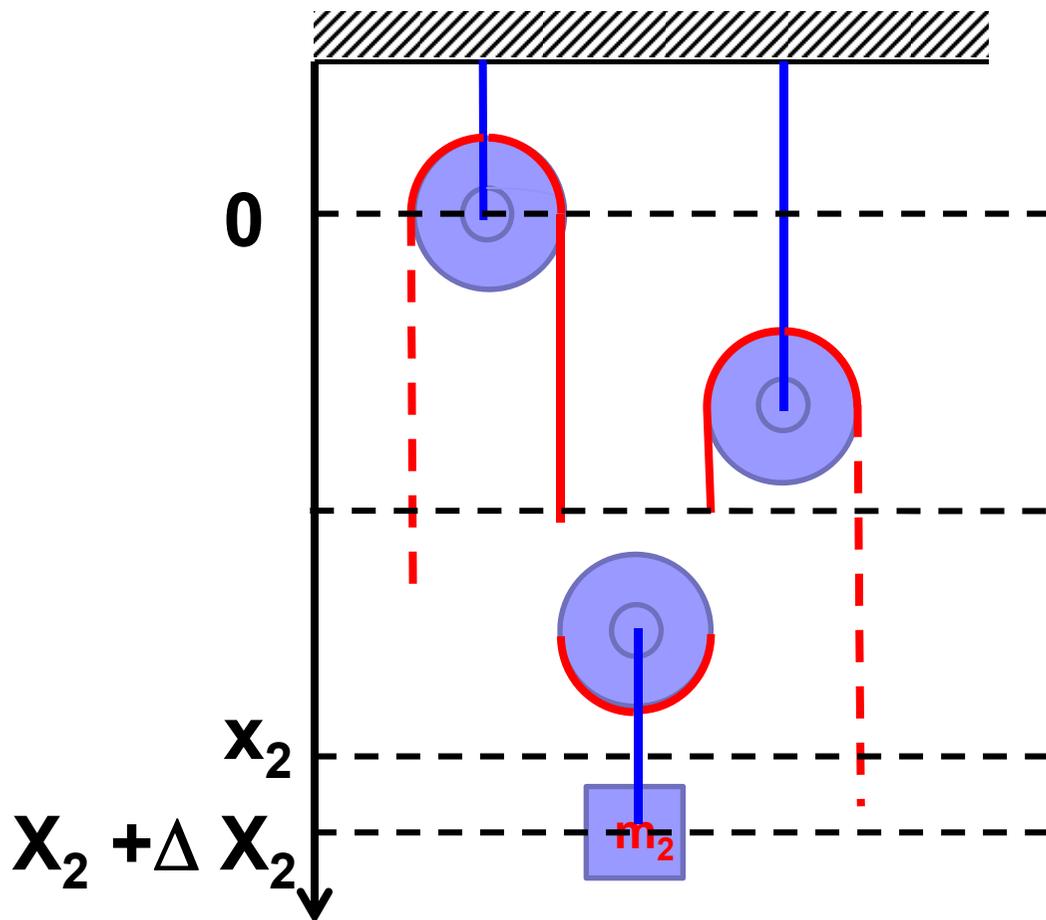
**Соотношение
смещений
подвижного
блока и грузов на
неподвижных
блоках**

П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



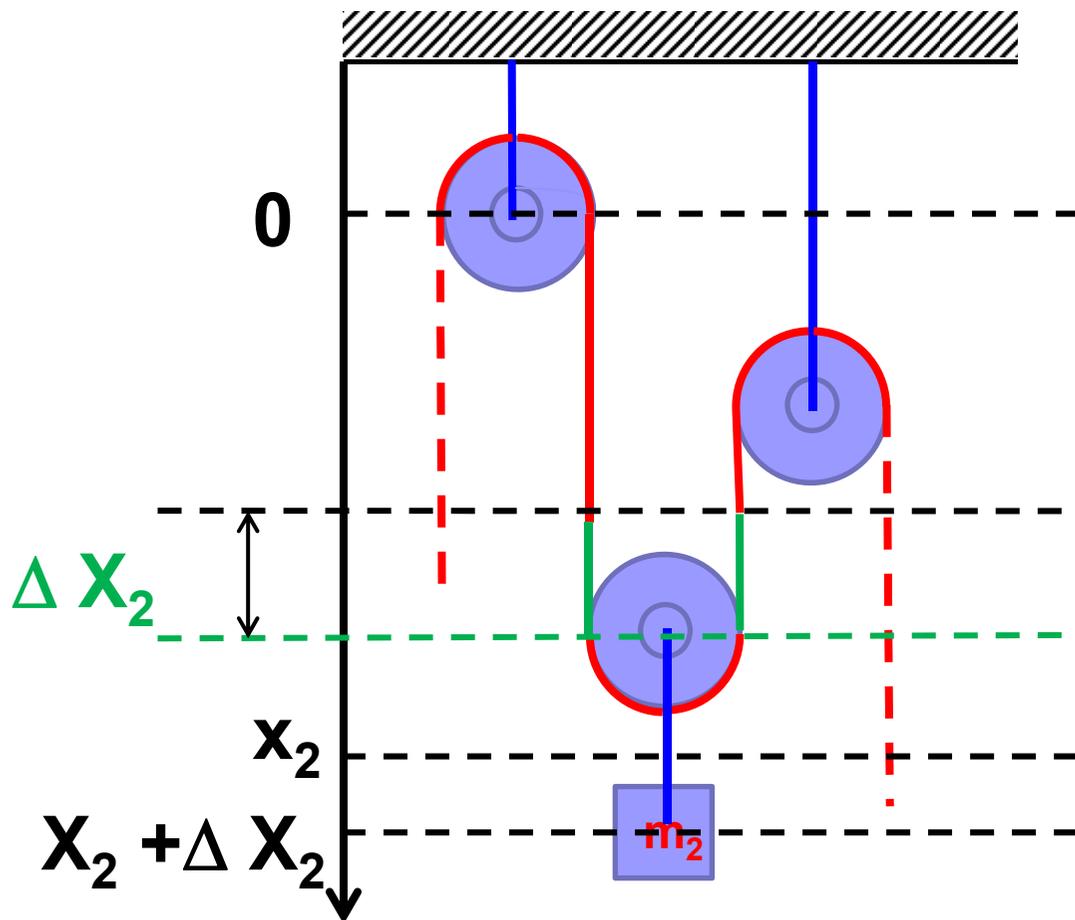
**Соотношение
смещений
подвижного
блока и грузов на
неподвижных
блоках**

П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



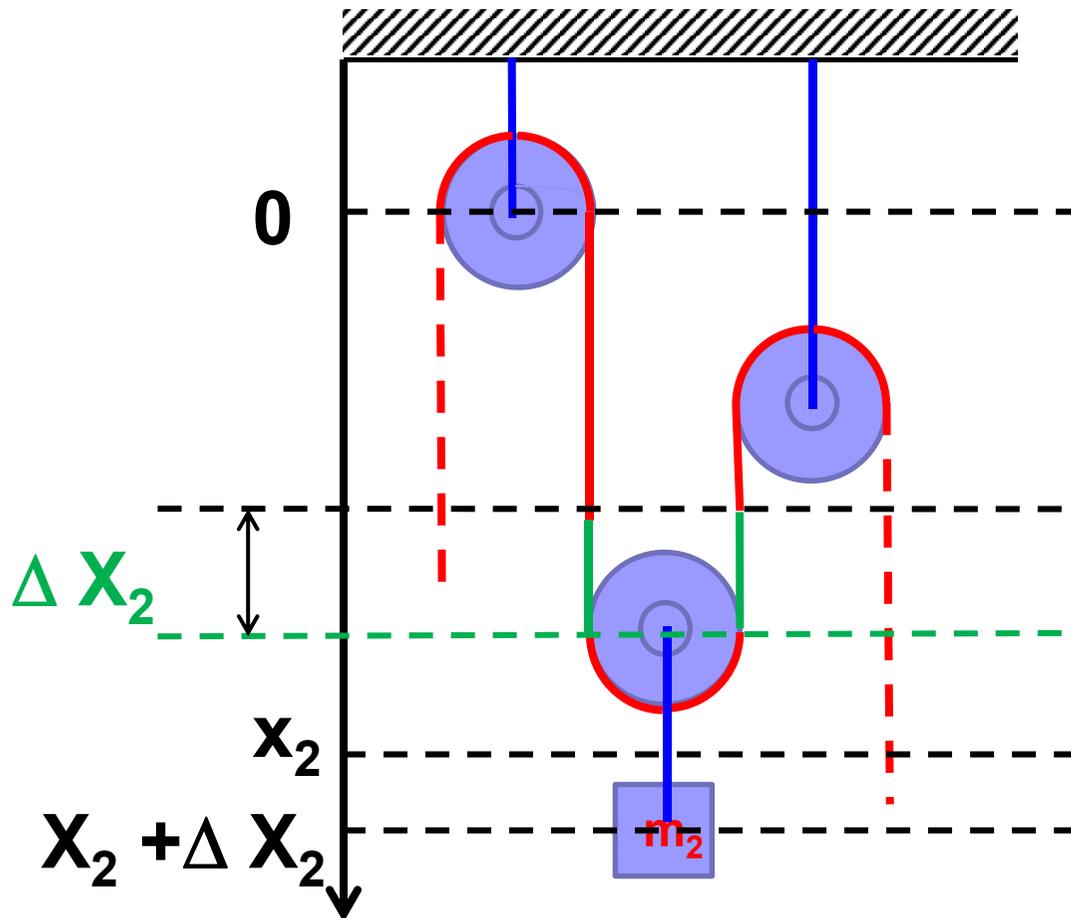
**Соотношение
смещений
подвижного
блока и грузов на
неподвижных
блоках**

П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



**Соотношение
смещений
подвижного
блока и грузов на
неподвижных
блоках**

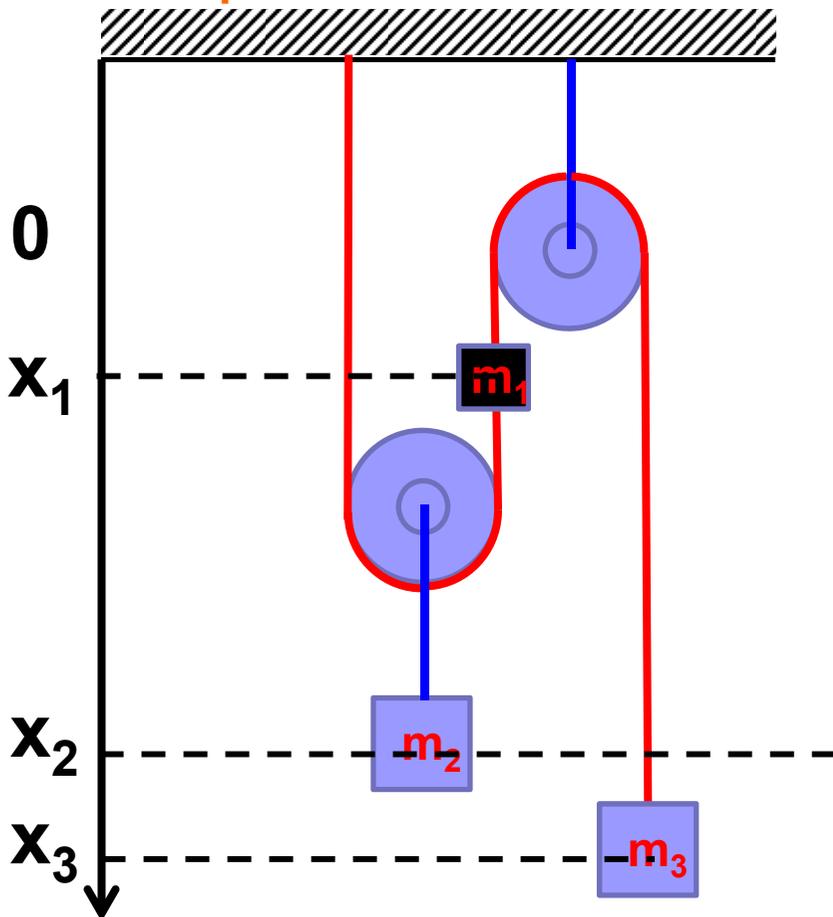
П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



$$\Delta x_1 + 2\Delta x_2 + \Delta x_3 = 0$$

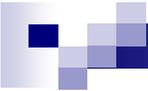
$$2\Delta x_2 = -\Delta x_1 - \Delta x_3$$

П.1.1.4. Уравнения кинематической связи



Задача: Самостоятельно составить уравнения кинематической связи грузов m_1, m_2, m_3

Нить нерастяжима.



Лекция 3

План

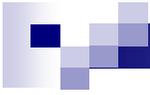
Глава 1. Кинематика и динамика простейших систем

П.1.1.4. Уравнения кинематической связи

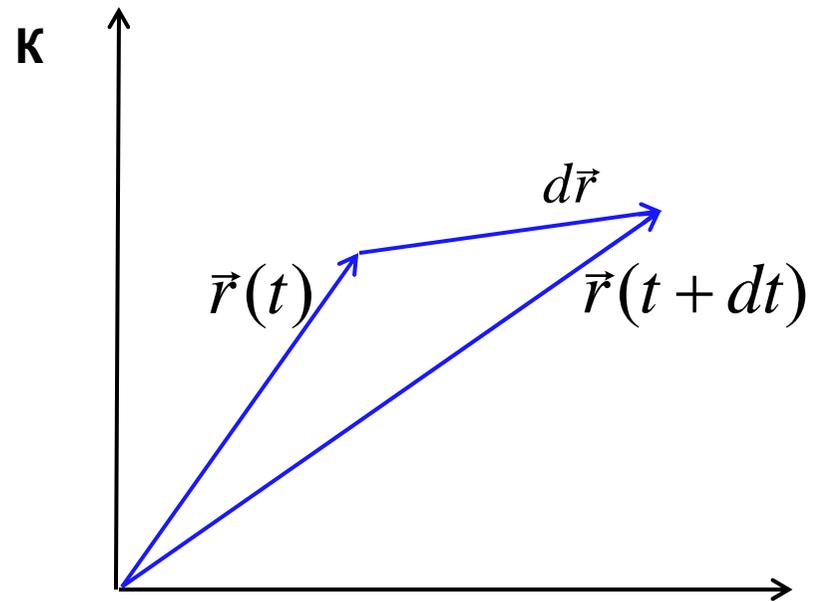
П.1.1.5. Связь между скоростью и ускорением точки в различных системах отсчета

П.1.2 Законы Ньютона.

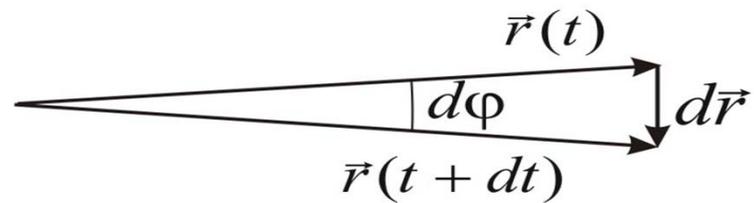
П.1.2.1. Инерциальные системы отсчета. Преобразования Галилея.
1-й закон Ньютона.



Система координат К

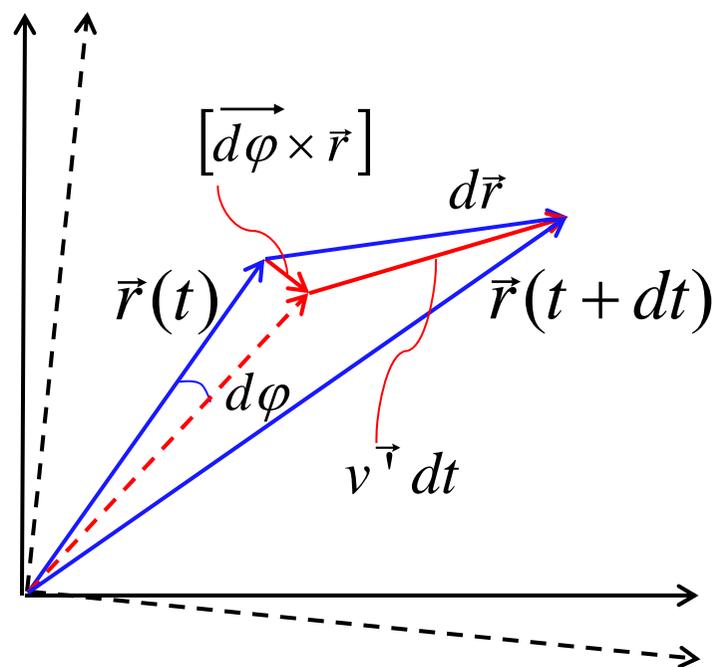


Поворот радиуса вектора на угол $d\vec{\varphi}$ приводит к перемещению $d\vec{r}_\perp$

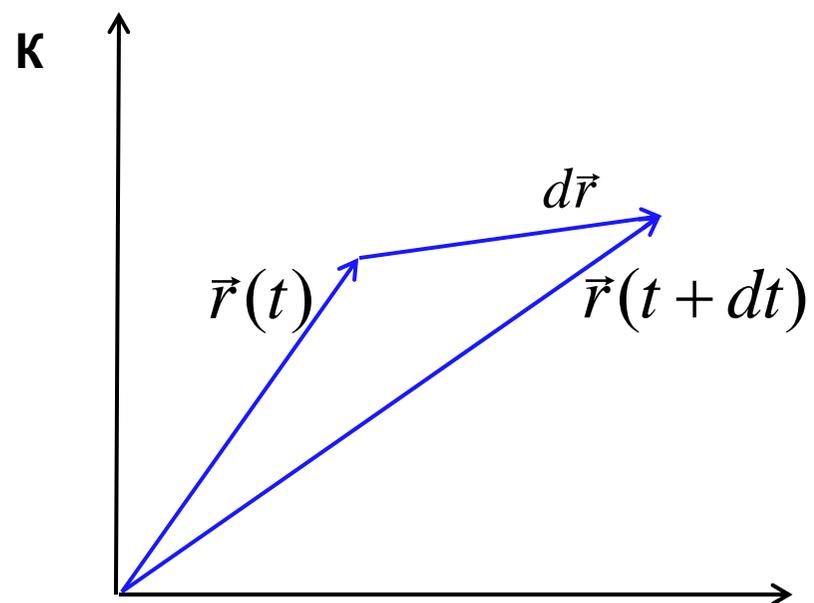


$$d\vec{r}_\perp = [d\vec{\varphi} \times \vec{r}(t)]$$

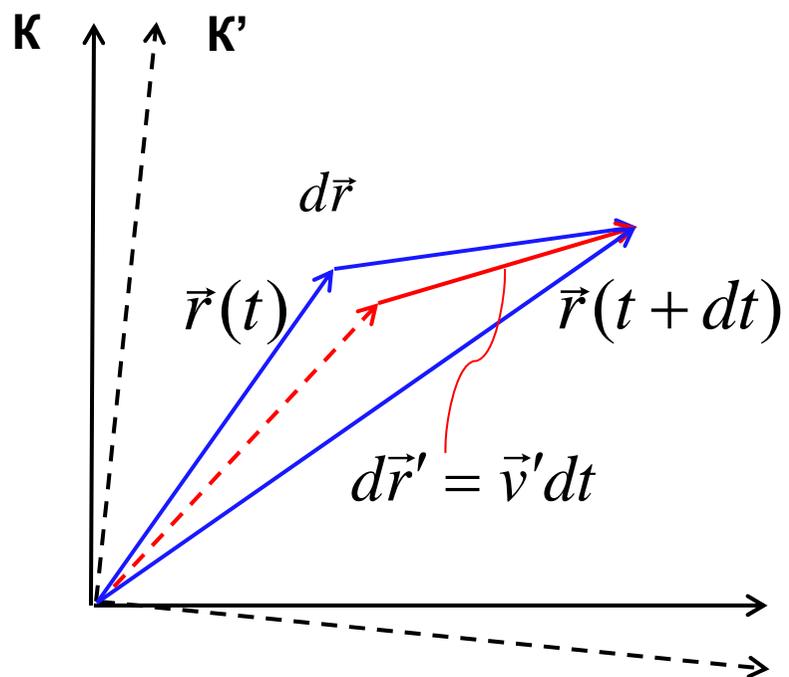
Система координат K' вращается относительно K



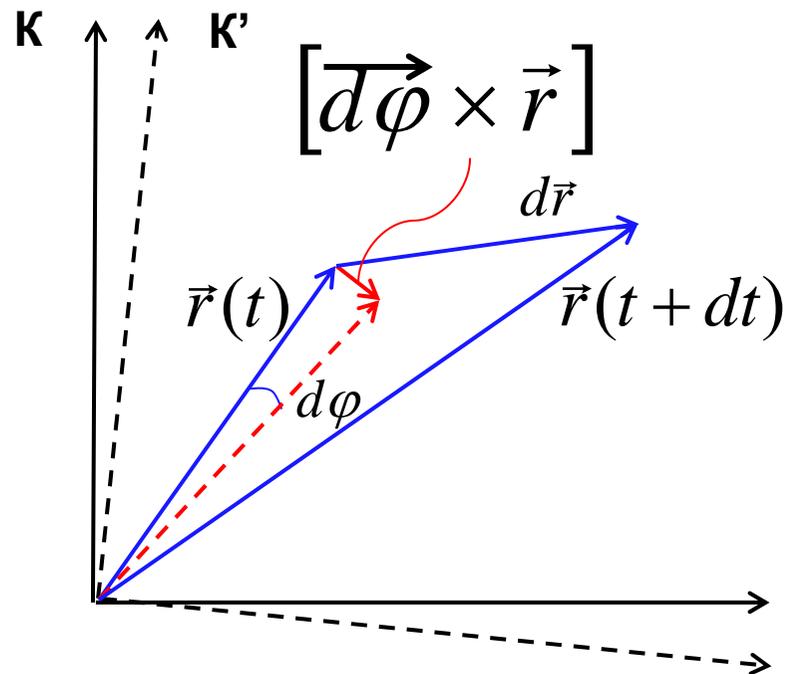
Система координат K' вращается относительно K



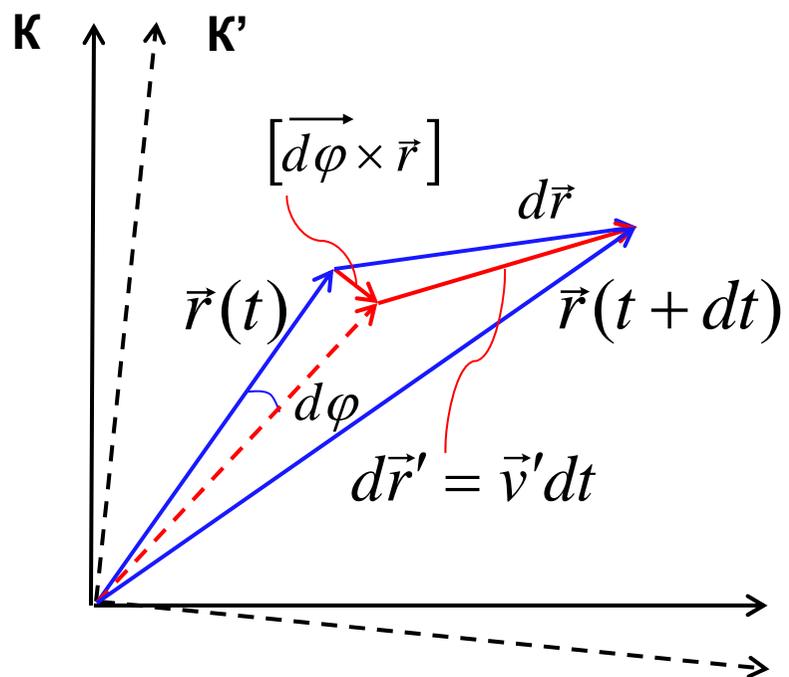
Система координат K' вращается относительно K



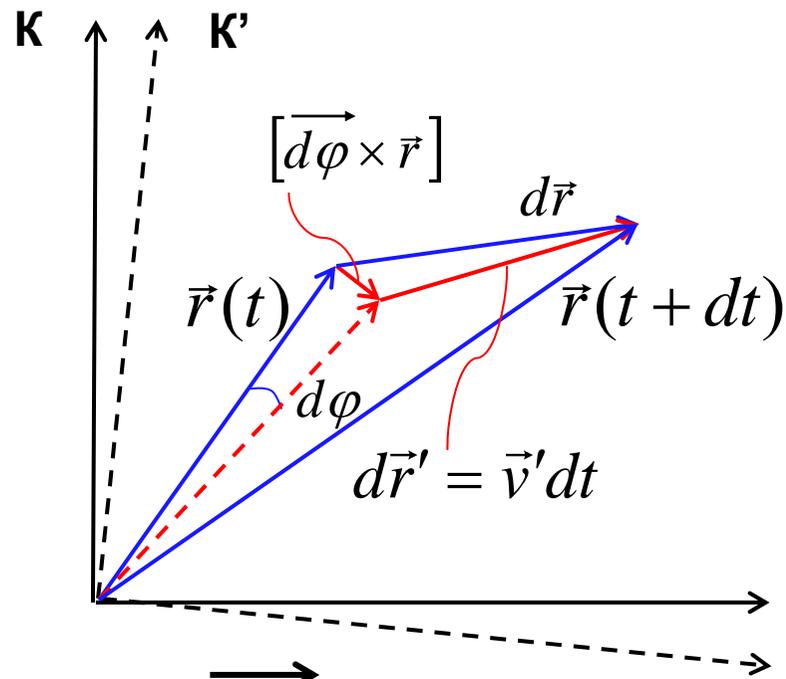
Система координат K' вращается относительно K



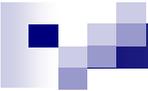
Система координат K' вращается относительно K



Система координат K' вращается относительно K



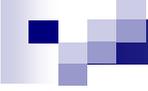
$$d\vec{r} = d\vec{r}' + [d\vec{\varphi} \times \vec{r}] = \vec{v}' dt + [d\vec{\varphi} \times \vec{r}]$$



Система координат К' вращается относительно К

$$d\vec{r} = d\vec{r}' + [d\vec{\varphi} \times \vec{r}] = \vec{v}' dt + [d\vec{\varphi} \times \vec{r}]$$

Делим на dt



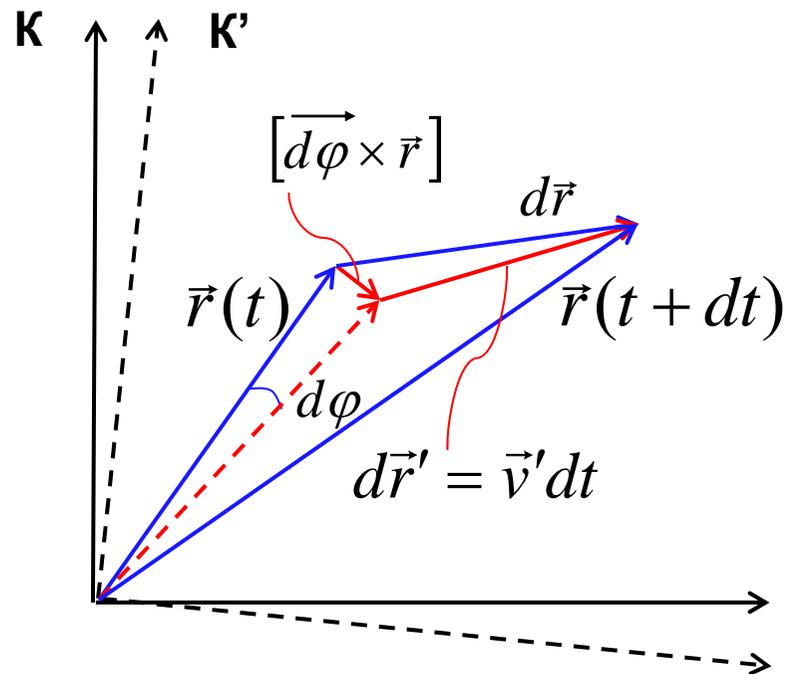
Система координат К' вращается относительно К

$$d\vec{r} = d\vec{r}' + [d\vec{\varphi} \times \vec{r}] = \vec{v}' dt + [d\vec{\varphi} \times \vec{r}]$$

Делим на dt

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}'}{dt} + \left[\frac{d\vec{\varphi}}{dt} \times \vec{r} \right] = \vec{v}' + [\vec{\omega} \times \vec{r}]$$

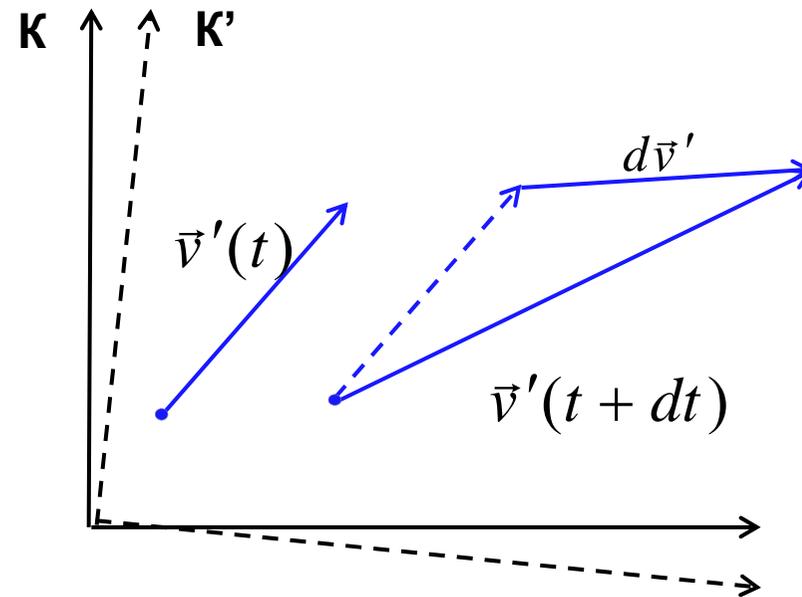
П.1.1.5. Связь между скоростями точки в различных системах отсчета



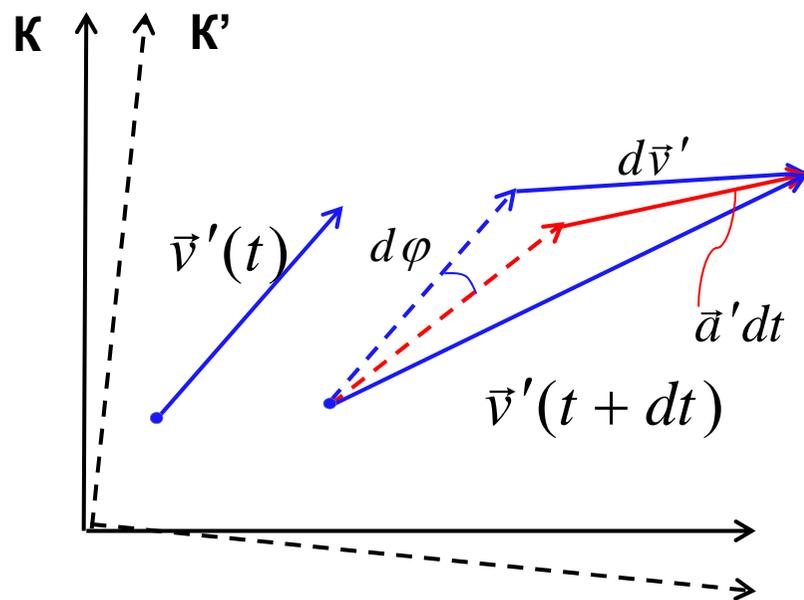
$$d\vec{r} = v' dt + [d\vec{\varphi} \times \vec{r}]$$

$$\vec{v} = \vec{v}' + [\vec{\omega} \times \vec{r}]$$

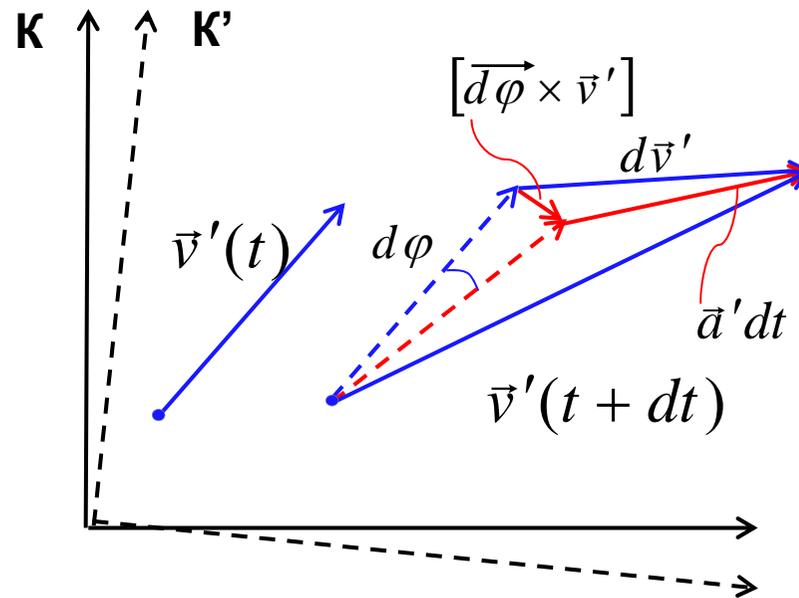
Система координат K' вращается относительно K



Система координат K' вращается относительно K



Система координат K' вращается относительно K



$$d\vec{v}' = \vec{a}' dt + [\vec{d}\vec{\phi} \times \vec{v}']$$



Система координат K' вращается относительно K

$$\vec{v} = \vec{v}' + [\vec{\omega} \times \vec{r}]$$

$$d\vec{v} = d\vec{v}' + d([\vec{\omega} \times \vec{r}])$$



Система координат K' вращается относительно K

$$\vec{v} = \vec{v}' + [\vec{\omega} \times \vec{r}]$$

$$d\vec{v} = d\vec{v}' + [d\vec{\omega} \times \vec{r}] + [\vec{\omega} \times d\vec{r}]$$

Система координат К' вращается относительно К

$$\vec{v} = \vec{v}' + [\vec{\omega} \times \vec{r}]$$

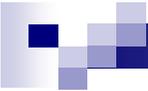
$$\left\{ \begin{array}{l} d\vec{v} = d\vec{v}' + [d\vec{\omega} \times \vec{r}] + [\vec{\omega} \times d\vec{r}] \\ d\vec{v}' = \vec{a}' dt + [d\vec{\varphi} \times \vec{v}'] \\ d\vec{r} = \vec{v}' dt + [d\vec{\varphi} \times \vec{r}] \end{array} \right.$$

Система координат К' вращается относительно К

$$\vec{v} = \vec{v}' + [\vec{\omega} \times \vec{r}]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} d\vec{v} = d\vec{v}' + [d\vec{\omega} \times \vec{r}] + [\vec{\omega} \times d\vec{r}] \\ d\vec{v}' = \vec{a}'dt + [d\vec{\varphi} \times \vec{v}'] \\ d\vec{r} = \vec{v}'dt + [d\vec{\varphi} \times \vec{r}] \end{array} \right.$$

Делим на dt



Система координат К' вращается относительно К

$$\vec{a} = [\vec{\beta} \times \vec{r}] + [\vec{\omega} \times [\vec{\omega} \times \vec{r}]] + 2[\vec{\omega} \times \vec{v}'] + \vec{a}'$$

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

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

Система координат К' вращается относительно К

Переносное ускорение

Кориолисово
ускорение

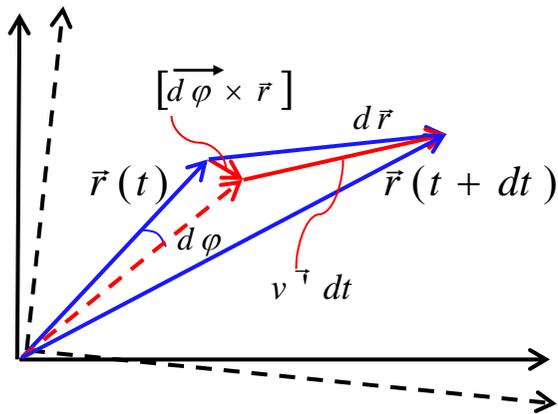
$$\vec{a} = \left[\vec{\beta} \times \vec{r} \right] + \left[\vec{\omega} \times \left[\vec{\omega} \times \vec{r} \right] \right] + 2 \left[\vec{\omega} \times \vec{v}' \right] + \vec{a}'$$

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

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

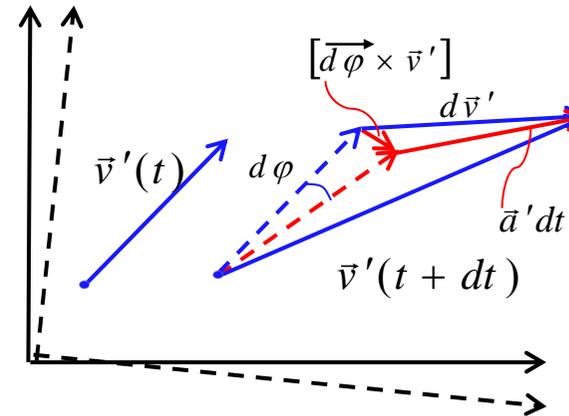
относительное
ускорение

П.1.1.5. Связь между скоростью и ускорением точки в различных системах отсчета



$$d\vec{r} = v^T dt + [d\vec{\varphi} \times \vec{r}]$$

$$\vec{v} = \vec{v}' + [\vec{\omega} \times \vec{r}]$$



$$d\vec{v} = d\vec{v}' + d([\vec{\omega} \times \vec{r}])$$

$$d\vec{v}' = \vec{a}' dt + [d\vec{\varphi} \times \vec{v}']$$

$$\frac{d\vec{v}'}{dt} = \vec{a}' + [\vec{\omega} \times \vec{v}']$$

$$\vec{a} = [\vec{\beta} \times \vec{r}] + [\vec{\omega} \times [\vec{\omega} \times \vec{r}]] + 2[\vec{\omega} \times \vec{v}'] + \vec{a}'$$



П.1.1.5. Связь между скоростью и ускорением точки в различных системах отсчета

Ускорение материальной точки относительно системы отсчета S произвольно движущейся относительно системы отсчета S'

$$\vec{a}(t) = \vec{A}(t) + \vec{a}'(t) + [\vec{\beta} \times \vec{r}'(t)] + 2[\vec{\omega}(t) \times \vec{v}'(t)] + [\vec{\omega}(t) \times [\vec{\omega}(t) \times \vec{r}'(t)]]$$

$\vec{A}(t)$ - ускорение начала системы отсчета S'

$\vec{v}'(t)$ - скорость материальной точки относительно системы отсчета S'

$\vec{\omega}(t)$ - угловая скорость вращения системы отсчета S' относительно своего начала в S

$\vec{\beta}$ - угловое ускорение системы отсчета S' относительно своего начала в S

$\vec{a}'(t)$ - ускорение материальной точки относительно системы отсчета S'



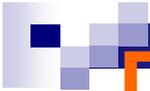
Лекция 3

План

Глава 1. Кинематика и динамика простейших систем

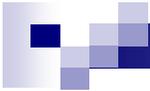
П.1.2 Законы Ньютона.

**П.1.2.1. Инерциальные системы отсчета. Преобразования Галилея.
1-й закон Ньютона.**



П.1.2.1.Инерциальные системы отсчета. Преобразования Галилея. 1-й закон Ньютона.

Результаты стрельбы будут всегда одинаковые, к какой бы стране света она ни была направлена... это произойдет потому, что так же должно получаться, будет ли Земля в движении или стоять неподвижно... Дайте движение кораблю, и притом с какой угодно скоростью; тогда (если только движение его будет равномерным, а не колеблющимся туда и сюда) вы не заметите ни малейшей разницы [в происходящем].



Законы Ньютона (пер. акад. А.Н.Крылова)

Закон I

- Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не принуждается приложенными силами

Corpus omne *perseverare* in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare.

**Демонстрация инерции тел
с двумя тяжелыми шарами
на одинаковых нитях**

