

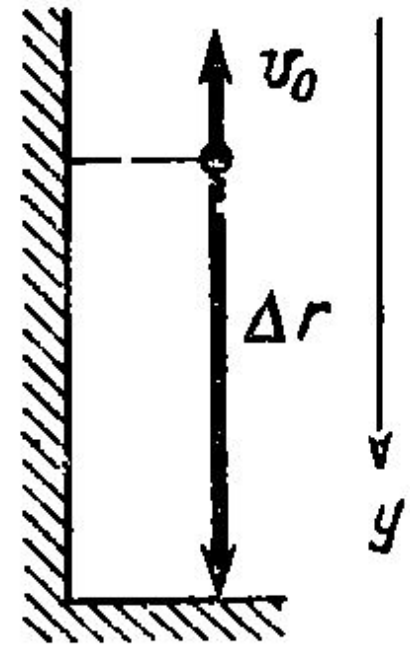
Движение тела, брошенного вертикально

Сопротивление воздуха не учитываем.

v_0 – начальная скорость движения тела

Мяч, брошенный с балкона в вертикальном направлении, через $t=3$ с упал на землю.

Определить начальную скорость мяча, если высота балкона над землей 14,1 м.



Движение мяча – равнопеременное с $\vec{a} = \vec{g}$

Высота балкона (y) – длина вектора перемещения мяча $y = |\Delta\vec{r}|$

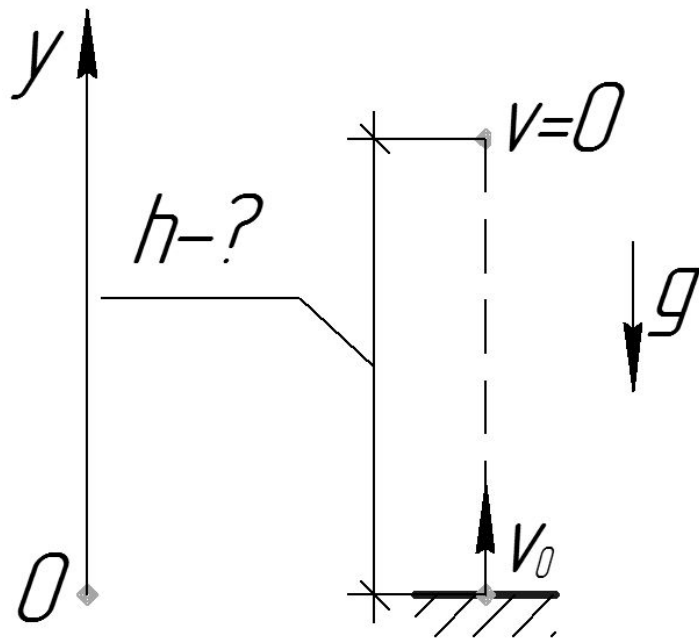
Предположим, что мяч брошен со скоростью v_0 вертикально вверх, тогда

$$y = -v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$v_0 = \frac{gt^2 - 2y}{2t}$$

$$v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью v_0 . Каковы максимальная высота подъема тела и время полета?



$$v(t) = v_0 - gt$$

В точке наивысшего подъема

$$v = 0$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g}$$

$$h = y_{\max} = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}$$

Время полета

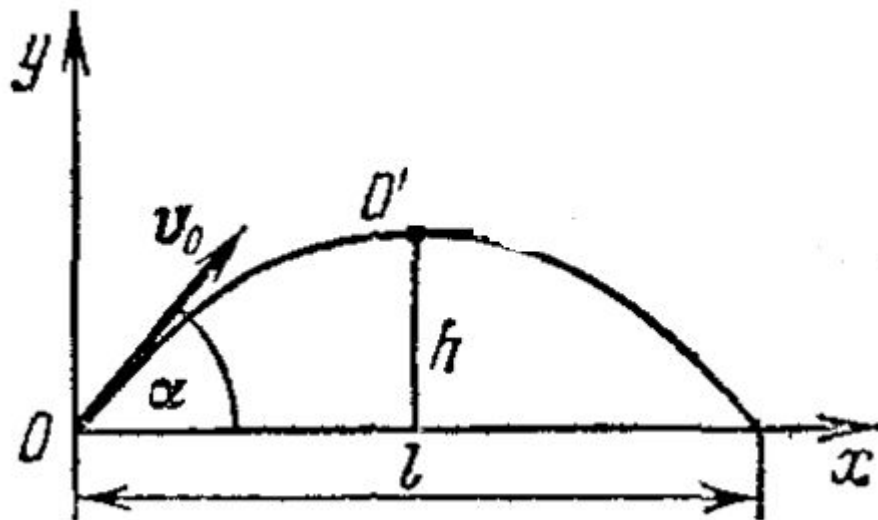
$$t = 2t_1 = \frac{2v_0}{g}$$

Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Небольшое тело (материальная точка) брошено из точки O под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти:

- а) время полета τ ,
- б) дальность полета l ,
- в) наибольшую высоту поднятия тела h ,
- г) радиус кривизны R траектории в точках O и O' .

Точки бросания и падения считать лежащими на одном уровне.



Тело движется с постоянным ускорением:

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

Тело участвует во двух взаимно перпендикулярных движениях:
равномерном движении по горизонтали со скоростью $v_x = v_{0x}$ и
равнопеременном движении по вертикали со скоростью

$$v_y = v_{0y} - gt$$

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

В точке O' $v_y = 0 \Rightarrow v_{0y} = gt_{hmax} \Rightarrow t_{hmax} = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$

Время полета

$$\tau = 2t_{hmax} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

Координаты точки траектории описываются уравнениями:

$$\begin{cases} x = v_{0x}t = v_0t \cos \alpha \\ y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = v_0t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

Дальность полета

$$l = x(\tau) = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Наибольшая высота подъема тела

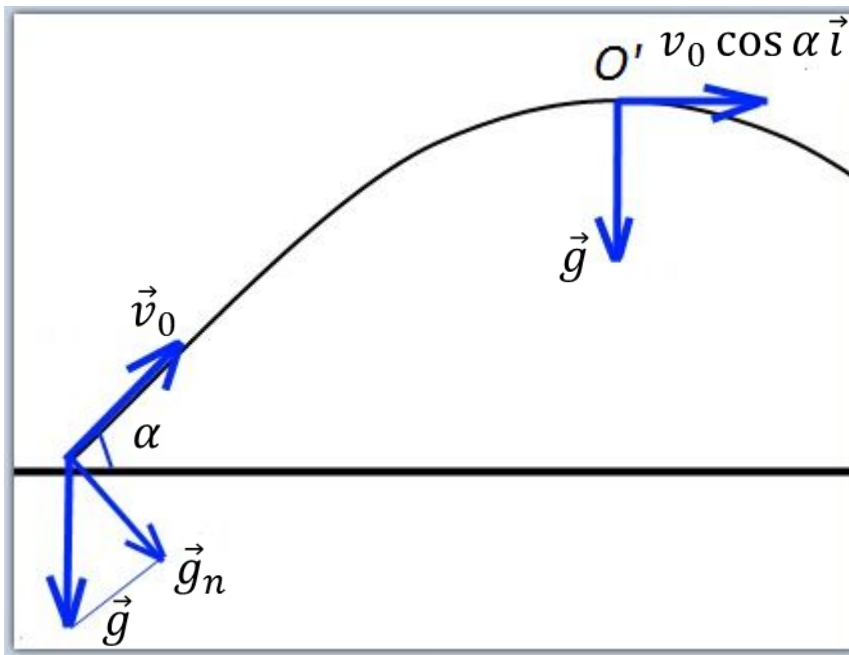
$$h = y(t_{hmax}) = v_0 t_{hmax} \sin \alpha - \frac{gt_{hmax}^2}{2}$$

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

Определение радиуса кривизны траектории:

$$a_n = \frac{v^2}{R} \Rightarrow$$

$$R = \frac{v^2}{a_n}$$



Для точки

O :

$$g_n = g \cos \alpha$$

$$R_O = \frac{v_0^2}{g_n} = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha}$$

Для точки $g_n = g$

O' :

$$R_{O'} = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}$$

Равномерное вращение

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \text{const}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow$$

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

T – **ПЕРИОД ВРАЩЕНИЯ** – промежуток времени, в течение которого тело, равномерно вращаясь с угловой скоростью ω , совершает один оборот, т.е. поворачивается на угол $\varphi = 2\pi$

$$\nu = \frac{1}{T}$$

число оборотов в единицу времени или **ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ**

$$\omega = 2\pi\nu$$

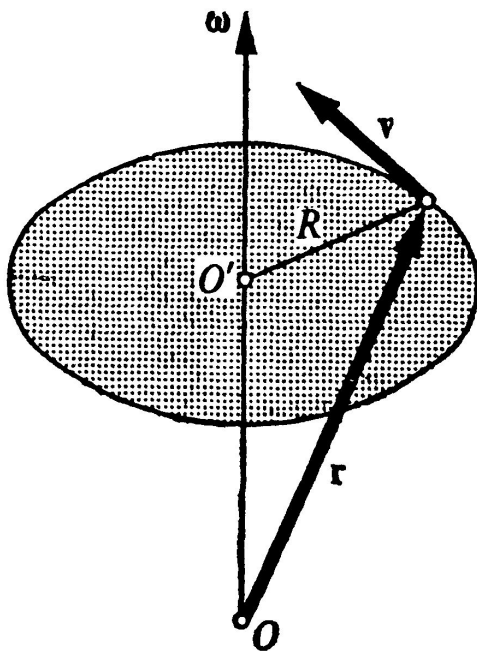
Связь линейной и угловой скорости

$$v = \omega R$$

Связь линейной и угловой скорости

Если начало отсчета радиуса-вектора \vec{r} расположить на оси вращения, то скорость любой точки вращающегося твердого тела

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$$



$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \equiv [\vec{\omega}, \vec{r}]$$

Эта и следующие формулы справедливы, когда ось вращения не меняет своего положения.

Связь углового и линейного ускорения

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \left[\frac{d\vec{\omega}}{dt}, \vec{r} \right] + \left[\vec{\omega}, \frac{d\vec{r}}{dt} \right] = [\vec{\varepsilon}, \vec{r}] + [\vec{\omega}, \vec{v}] = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$

Угловое и линейное ускорение

Если расстояние точки твердого тела до оси вращения равно R , то

$$a_{\tau} = \varepsilon R$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$$

$$a_n = \omega^2 R$$

$$a = R\sqrt{\omega^4 + \dot{\omega}^2}$$

Аналогии поступательного и вращательного движений

Поступательное движение	Вращательное движение

Формулы кинематики

Поступательное движение	Вращательное движение
Равномерное	
Равнопеременное	
Неравномерное	



Динамика

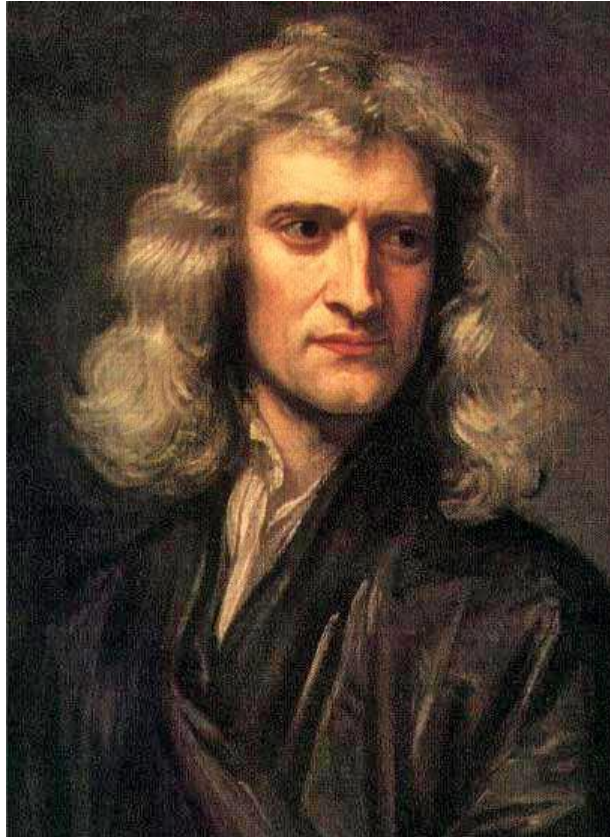
(от греч. dynamis - сила) -
раздел механики, посвящённый
изучению *движения материальных тел*
под действием приложенных к ним сил.

Классическая динамика

Движения любых материальных тел (кроме микрочастиц), происходящие со *скоростями, не близкими к скорости света.*

$$v \ll c$$

Динамика поступательного движения



Ньютон в 1687 г. опубликовал книгу «Математические основы натуральной философии».

**Исаак
Ньютон**
(1643-1727)

Первый закон Ньютона

Закон инерции – это первый закон Ньютона: если тело предоставлено самому себе, то есть *резльтирующая действующих на него сил равна нулю*, то оно *остается в состоянии покоя или равномерного движения*

$$\vec{F}_{\text{рез}} = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0$$

Инерциальная система отсчёта

Из первого закона Ньютона следует важный физический принцип: существование так называемой **инерциальной системы отсчета.**

ИНЕРЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА

ОТСЧЁТА - система отсчёта, в к-рой справедлив закон инерции: материальная точка, когда на неё не действуют никакие силы (или действуют силы взаимно уравновешенные), находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

Инертность

ИНЕРТНОСТЬ (инерция) (от лат. iners, род. падеж inertis - бездеятельный) в механике - свойство материальных тел, проявляющееся в том, что тело *сохраняет неизменным состояние своего движения или покоя по отношению к инерциальной системе отсчёта, когда внеш. воздействия на тело (силы) отсутствуют или взаимно уравновешиваются.*

Масса – *мера инертности тела (при поступательном движении).*

Второй закон Ньютона

- **Скорость изменения импульса тела равна действующей на тело силе.**

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

- **Произведение массы тела на его ускорение равно действующей на тело силе.**

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

Основное уравнение движения (основное уравнение динамики поступательного движения)

**Второй закон Ньютона – это
основное уравнение
движения.**

$$\vec{F} = m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$$

Третий закон Ньютона

- **Силы взаимодействия двух материальных точек равны по модулю, противоположно направлены и действуют вдоль прямой, соединяющей эти материальные точки**

Прямая задача динамики

$$\vec{r}(t) \rightarrow \vec{F}(\vec{r}, \vec{v}, t)$$

Обратная задача динамики

$$\vec{F}(t) \rightarrow \vec{r}(t)$$