

## Инерциальные системы отсчета. Силы инерции

Определим инерциальные системы отсчета (И.С.О.). И.С.О. определяется I закон Ньютона.

Система отсчета, относительно которой тело, на которое действие других тел скомпенсировано (геометрическая сумма сил, действующих на тело, равна нулю), движется равномерно и прямолинейно или покоится, является инерциальной системой отсчета.

Любая система отсчета, которая движется относительно И.С.О. равномерно и прямолинейно или покоится, является также И.С.О.

Система отсчета, которая движется относительно И.С.О. с ускорением, называется неинерциальной системой отсчета (Н.С.О.).

Относительно Н.С.О. законы Ньютона не справедливы. Но законы все же можно применять, если ввести силы особого рода, это силы инерции.

Силы инерции обусловлены ускоренным движением И.С.О. относительно И.С.О.

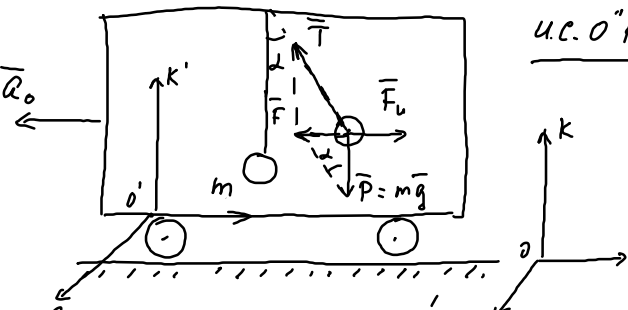
Необходимо учитывать при анализе правых сил инерции.

1. Силы инерции при ускоренном поступательном движении системы отсчета.
2. Силы инерции, действующие на тело, которое покоится во вращающейся системе отсчета.
3. Силы инерции, действующие на тело во вращающейся системе отсчета.

Необходимо отметить, что вращение - это всегда движение с ускорением. Поэтому вращающаяся система отсчета - это всегда неинерциальная система отсчета.

Рассмотрим эти три случая.

# 1. Силы инерции при ускоренном поступательном движении С.О.



И.С.О "K": Если вагон движется с ускорением  $\vec{a}_0$ , то нить отклонится от вертикали на угол  $\alpha$ , когда результирующая сила  $\vec{F} = \vec{P} + \vec{T}$  не обеспечит движению шару с ускорением  $\vec{a}_0$ .  $\vec{F}$  направлена в сторону ускорения вагона.

$$\vec{a}_0 = \frac{\vec{T} + \vec{P}}{m} ; a_0 = \frac{mg \operatorname{tg} \alpha}{m} = g \operatorname{tg} \alpha$$

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_0}{g}$ ; тем больше ускорение  $a_0$ , тем больше угол отклонения нити  $\alpha$ .

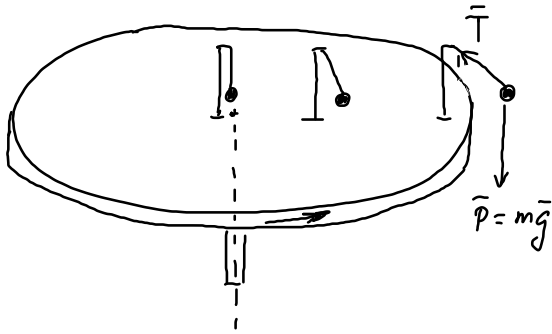
Если вагон стоит и движется равномерно и прямолинейно, то нить, к которой подвешен шар, занимает вертикальное положение, т.е.  $\vec{T}, \vec{P} = 0$

Вагон движется с ускорением  $a_0$  относительно полотна дороги, т.е. относительно И.С.О. (K)

Система отсчета, связанная с вагоном, движется с вагоном она И.С.О.

И.С.О.: Шарик покоится, т.е. сила  $\vec{F} = \vec{T} + \vec{P}$  должна уравновешиваться силой инерции  $\vec{F}_u = -\vec{F}$ ;  $\vec{F} = m\vec{a}_0$ ;  $\vec{F}_u = -m\vec{a}_0$   
Эта сила инерции обусловлена движением вагона, С.О. с ускорением.

2. Сила инерции, действующая на тело, показана в вращающемся с.о.



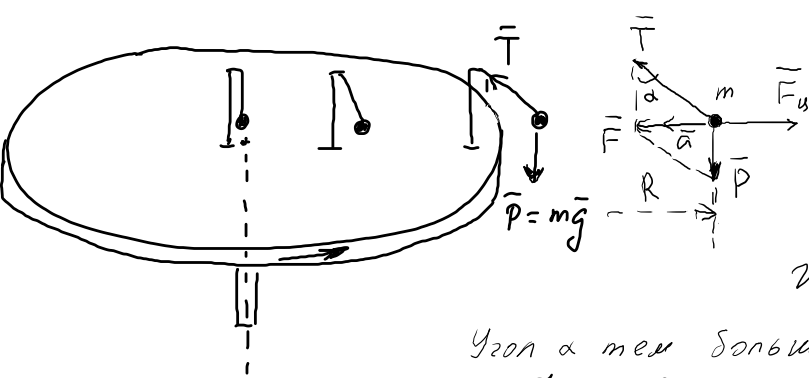
Диск (платформа) равномерно вращается с угловой скоростью  $\omega = \text{const}$  вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы. На платформе на трех стойках подвешены шарик на нитях. Стойки расположены на разных расстояниях от оси вращения.

Платформа вращается и шарик на нитях отклоняется от оси вращения на некоторый угол. Шарик имеет массу  $m$ .

В и.с.о., связанной с полом, где находится платформа с шариком, каждый шарик вращается со скоростью  $\omega$  вместе с диском по окружности радиуса  $R$  -

- расстояние от центра вращающегося шарика до оси вращения. При вращении нити с шариком отклоняются на некоторый угол.





В ИСО на шарик действует сила  
 $\vec{F} = \vec{T} + \vec{P}$ ;  $F = mgtg\alpha = m\omega^2 R$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}; a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

$\omega$  — угловая скорость вращения диска

$$\text{и } a = \frac{mgtg\alpha}{m} = \omega^2 R; tg\alpha = \frac{\omega^2 R}{g}$$

Угол  $\alpha$  тем больше, тем больше  $R$  (расстояние от центра шарика до оси вращения диска) и тем больше угловая скорость  $\omega$ .

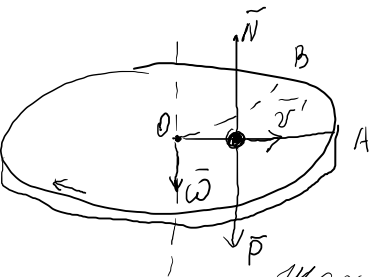
Относительно ИСО, связанной с диском, шарик покоится, что возможно, если сила  $\vec{F} = \vec{T} + \vec{P}$  уравновешивается силой инерции  $\vec{F}_y$ ;  $\vec{F} = -\vec{F}_y$

Сила инерции  $\vec{F}_y$  направлена от оси вращения горизонтально и равна

$$F_y = -m\omega^2 R$$

Центробежная сила инерции  $\vec{F}_y$  действует во вращающихся ИСО и её величина зависит от угловой скорости вращения ИСО и расстояния от тела до оси вращения, но не зависит от скорости движения тела относительно ИСО.

3. Силы инерции, действующие на тело, движущееся во вращающейся ИСО



Пусть шарик массой  $m$  движется с постоянной скоростью  $v'$  вдоль радиуса диска, который равномерно вращается со скоростью  $\omega$ , т.е.  $v' \perp \omega$

В инерциальной системе отсчета, связанно с координатой.

Если диск не вращается, то шарик  $m$  в т. А.

При вращении диска шарик падает в т. В.

Шарик движется равномерно и прямолинейно со скоростью  $v'$ . Одновременно вращается диск, И.С.О.

В ИСО, относительно диска шарик будет двигаться по криволинейной траектории  $OB$ , дуге окружности, т.е. движется с ускорением под действием силы инерции, которую называют силой Кориолиса.

В И.С.О. и в ИСО на шарик действуют две силы такие, сила тяжести и сила реакции опоры (диска), сумма которых равна нулю,  $\vec{N} + \vec{P} = 0$ .

Можно показать, что сила инерции, сила Кориолиса,

$$\vec{F}_k = 2m[\vec{v}' \vec{\omega}] ; \text{ Вектор } \vec{F}_k \perp \vec{v}' \text{ и } \vec{\omega}.$$

Сила Кориолиса действует на все тела, движущиеся во вращающейся ИСО, например, на Земле; реки, ж.д. поезд и др.

Таким образом, основной закон динамики, второй закон Ньютона, в неинерциальной системе отсчета имеет следующий вид:

$$m\bar{a}' = \bar{F} + \bar{F}_u + \bar{F}_y + \bar{F}_k$$

$\bar{a}'$  - ускорение тела массой  $m$ ,  $\bar{F}$  - результирующая сила, обусловленная взаимодействиями тел;  $\bar{F}_u$ ,  $\bar{F}_y$  и  $\bar{F}_k$  - силы инерции, которые обусловлены ускоренным движением системы отсчета.

$\bar{F}_u$  - сила инерции в С.О., движущейся прямолинейно с ускорением

$\bar{F}_y$  - центробежная сила инерции во вращающейся С.О.

$\bar{F}_k$  - сила инерции Кориолиса, действующее на тело, движущееся во вращающейся С.О.

Силы инерции действуют только в неинерциальных С.О.

В инерциальной системе отсчета закон динамики имеет обычный вид:  $m\bar{a} = \bar{F}$ ,  $\bar{a}$  - ускорение тела массы  $m$  в И.С.О.