Тема: Неинерциальные системы отсчёта

Неинерциальными системами отсчёта (НСО) называются системы отсчёта, которые движутся с ускорением относительно инерциальных систем отсчёта (ИСО).

В неинерциальных системах отсчёта помимо сил, действующих в инерциальных системах, возникают ещё особые силы, которые обусловлены ускоренным движением неинерциальной системы отсчёта и которые называются *силами инерции.*

Силы инерции - силы**,** обусловленные ускоренным движением неинерциальной системы отсчета (НСО) относительно инерциальной системы отсчета (ИСО).

Таким образом, силы инерции вызываются не взаимодействием тел, а ускоренным движением системы отсчета.

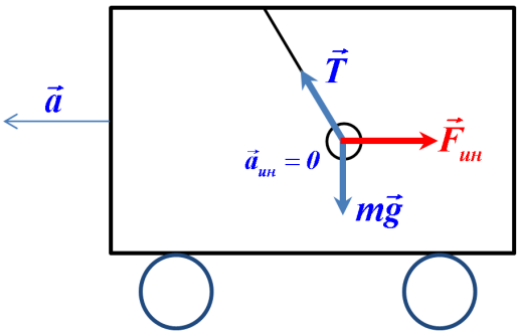
По современным представлениям силы инерции обусловлены взаимодействием тела со всей массой Вселенной.

Особенность сил инерции

1. Для них не выполняется третий закон Ньютона, так как не возможно указать тело со стороны которого действуют силы инерции,
2. они реально существуют и могут быть измерены, например, динамометром,
3. как и силы тяготения, силы инерции пропорциональны массе тела

Виды сил инерции

1. ***Сила инерции*** $\vec{F}_{ин}$ (обусловлена поступательным движением неинерциальной системы отсчёта с ускорением $\vec{a}$ относительно инерциальной системы отсчёта)



$$\vec{F}_{ин} = -m\vec{a},$$

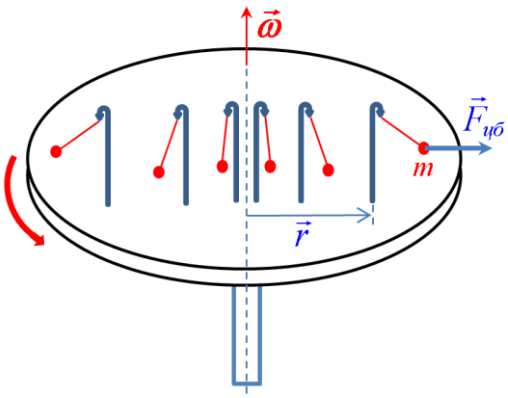
где $\vec{F}_{ин}$ - сила инерции, действующая на тело в поступательно движущейся НСО, $Н$;

m - масса тела, $кг$.

$\vec{a}$ - ускорение неинерциальной системы отсчёта относительно инерциальной, $\frac{м}{с^2}$;

(сила инерции $\vec{F}_{ин}$ появляется, например, в автомобиле или самолете при их разгоне).

2. ***Центробежная сила инерции*** $\vec{F}_{цб}$ (обусловлена вращательным движением неинерциальной системы отсчёта с угловой скоростью $\vec{\omega}$ и действующая как на неподвижное, так и на движущееся относительно НСО тело)



$$\vec{F}_{цб} = -m\omega^2\vec{r}$$

где $\vec{F}_{цб}$ - центробежная сила инерции, действующая на тело во вращающейся НСО, $Н$;

ω - угловая скорость НСО относительно ИСО (вектор $\vec{\omega}$ направлен вдоль оси вращения в соответствии с правилом правого винта), $\frac{рад}{с}$;

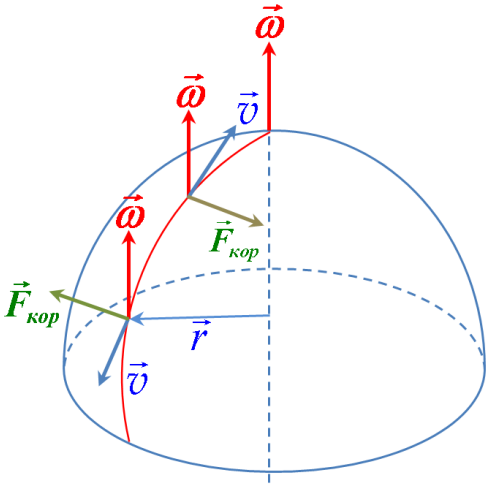
$\vec{r}$ - радиус-вектор, проведённый от центра вращения до тела, $м$;

m - масса тела, $кг$.

(центробежная сила инерции $\vec{F}_{цб}$ является причиной отклонения кресел при вращении каруселей).

3.***Сила Кориолса*** $\vec{F}_{кор}$ (обусловлена вращательным движением неинерциальной системы отсчёта с угловой скоростью $\vec{\omega}$ и действующая только на движущееся относительно НСО тело)

$$\vec{F}_{кор} = 2m\left[\vec{v}\vec{\omega}\right]$$



где $\vec{F}_{кор}$ - сила Кориолиса, действующая на тело, движущееся со скоростью $\vec{v}$ относительно вращающейся НСО, $Н$;

$\vec{\omega}$ - угловая скорость НСО относительно ИСО, $\frac{рад}{с}$;

$\vec{v}$ - скорость тела относительно НСО, $\frac{м}{с}$;

m - масса тела, $кг$.

(Кориолисова сила инерции $\vec{F}_{кор}$ является причиной завихрения циклонов, размывания одного их берегов рек, отклонения в сторону траектории полёта снарядов и др.).

Основной закон динамики для неинерциальных систем отсчета

Если в инерциальных система отсчёта учитывать действующие на тело силы инерции, то основное уравнение динамики будет аналогичным второму закону Ньютона:

в неинерциальной системе отсчёта векторная сумма всех сил, действующих на тело, включая и силы инерции, равна произведению массы этого тела на сообщённое ему ускорение относительно неинерциальной системы отсчёта:

$$m\vec{a}_н = \sum \vec{F}_i + \vec{F}_{ин} + \vec{F}_{цб} + \vec{F}_{кор},$$

где $\sum \vec{F}_i$ - сумма всех сил, действующих на тело,

$\vec{F}_{ин} = -m\vec{a}$ - сила инерции, $\vec{F}_{цб} = -m\omega^2\vec{r}$ - центробежная сила инерции,

$\vec{F}_{кор} = 2m\left[\vec{v}\vec{\omega}\right]$- сила Кориолиса,

$\vec{a}$ - ускорение неинерциальной системы отсчёта относительно инерциальной, $\frac{м}{с^2}$;

$\vec{a}_н$ - ускорение тела относительно неинерциальной системы отсчёта, $\frac{м}{с^2}$.

Законы изменения в неинерциальных системах отсчёта

Так как силы инерции всегда являются силами внешними, следовательно, в неинерциальных системах отсчёта не выполняются законы сохранения импульса, момента импульса и полной механической энергии.

Однако если учесть силы инерции, то будут справедливы следующие законы изменения:

Закон изменения импульса механической системы

В неинерциальной системе отсчёта векторная сумма всех внешних сил, действующих на тела механической системы с учётом всех сил инерции, равна скорости изменения импульса этой механической системы:

$$\sum \vec{F}_i + \sum \vec{F}_{i\ инерц} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Закон изменения момента импульса механической системы

В неинерциальной системе отсчёта векторная сумма моментов всех внешних сил, действующих на тела механической системы относительно неподвижной точки О с учётом моментов всех сил инерции, равна скорости изменения момента импульса этой механической системы относительно той же точки О:

$$\sum \vec{M}_i + \sum \vec{M}_{i\ инерц} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

Закон изменения полной механической энергии системы

В неинерциальной системе отсчёта алгебраическая сумма работ всех неконсервативных сил, действующих на тела механической системы с учётом работы всех сил инерции, равна изменению полной механической энергии этой механической системы:

$$\sum A_{i\ неконсерв} + \sum A_{i\ инерц} = E_2 - E_1$$