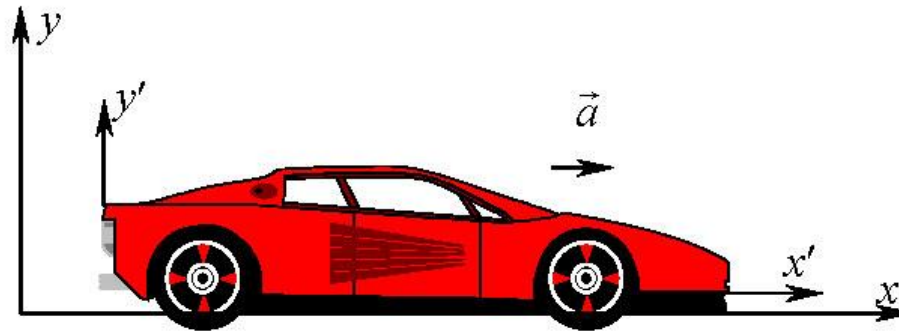


Неинерциальные системы отсчета

Системы отсчета, которые движутся относительно инерциальных с ускорением, называются неинерциальными.



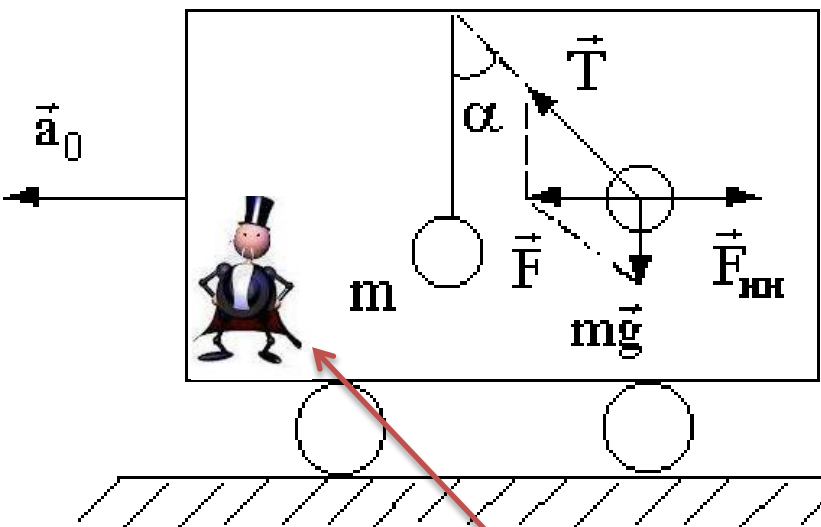
В неинерциальных системах отсчета

законы Ньютона не выполняются.

Неинерциальные системы отсчета

**Силы инерции в поступательно
движущихся системах отсчета**

Силы инерции в поступательно движущихся системах отсчета



С точки зрения наблюдателя, находящегося в ИСО результирующая сила:

$$\vec{F} = m\vec{g} + \vec{T}$$

По 2 закону Ньютона: $\vec{F} = m\vec{a}_0$

С точки зрения наблюдателя, находящегося в неинерциальной СО (в ускоренно движущемся вагоне) шарик покоится

$$\vec{F} = -\vec{F}_{ин}$$

$$\vec{F}_{ин} = -m\vec{a}_0$$

Неинерциальные системы отсчета

$$m\vec{a}_n = \vec{F} + \vec{F}_{ин}$$

\vec{a}_n - ускорение тела в неинерциальной системе отсчета

\vec{F} - равнодействующая сил,
обусловленных воздействием тел друг на друга

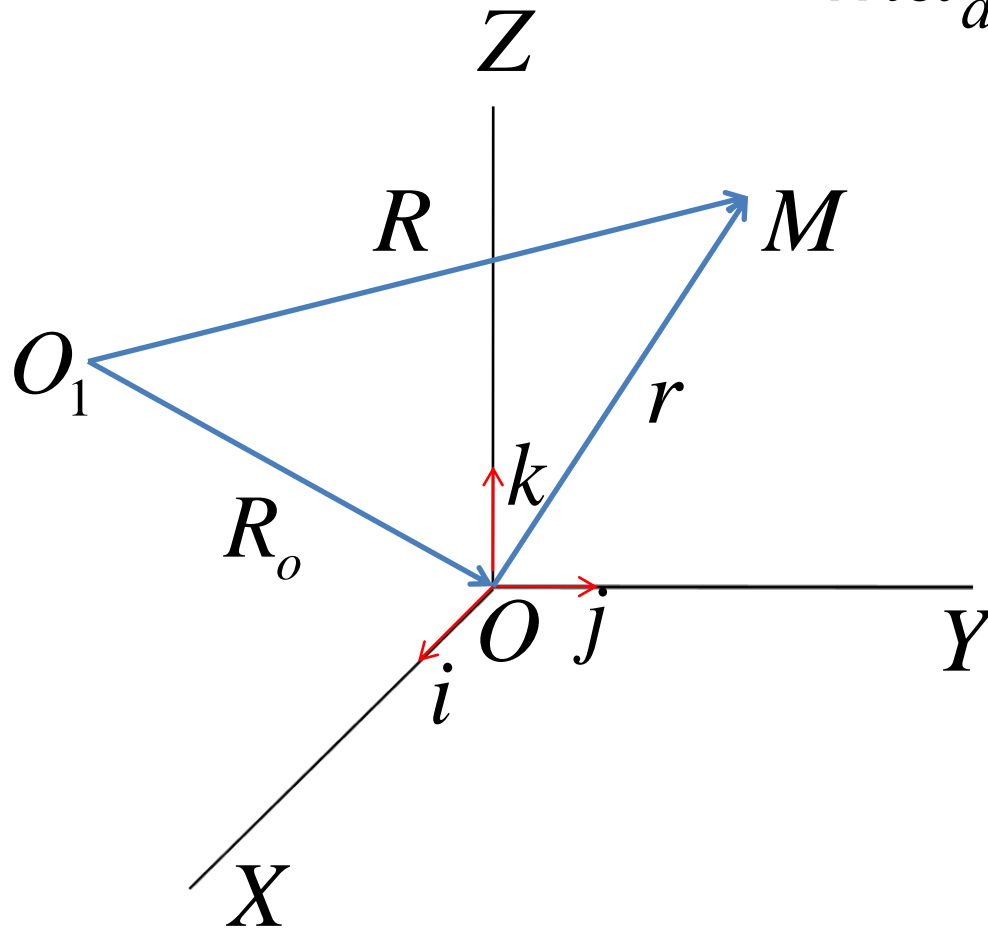
$\vec{F}_{ин}$ - сила инерции

Силы инерции – это силы, действующие в неинерциальной системе отсчета и обусловленные ускоренным движением этой системы.

Неинерциальные системы отсчета

Для инерциальной системы отсчета справедлив второй закон Ньютона

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



$$R = R_0 + r$$

$$\dot{R} = \dot{R}_0 + \dot{r}$$

$$\ddot{R} = \ddot{R}_0 + \ddot{r}$$

Поступательное движение

$$\dot{R} \equiv V_{abc} \quad \text{- абсолютная скорость точки}$$

$$\ddot{R} \equiv a_{abc} \quad \text{- абсолютное ускорение точки}$$

$$\dot{R}_o \equiv V_o \quad \text{- Абсолютная скорость начала координат системы } O \equiv \text{переносная скорость}$$

$$\ddot{R}_o \equiv a_o \quad \text{- переносное ускорение}$$

$$\dot{r} \equiv V_{отн}$$

$$\ddot{r} \equiv a_{отн}$$

$$V_{abc} = V_{отн} + V_o$$

$$a_{abc} = a_{отн} + a_o$$

$$F = ma_{abc} = ma_{отн} + ma_o \quad \longrightarrow \quad ma_{отн} = F - ma_o$$

$$m\vec{a}_{отн.} = \vec{F} + \vec{F}_{ин.}$$

- уравнение относительного движения материальной точки

$\vec{F}(\vec{r}_i - \vec{r}_j; \vec{V}_i - \vec{V}_j)$ - результат взаимодействия сил
(в нерелятивистской механике \mathbf{F} инвариантна)

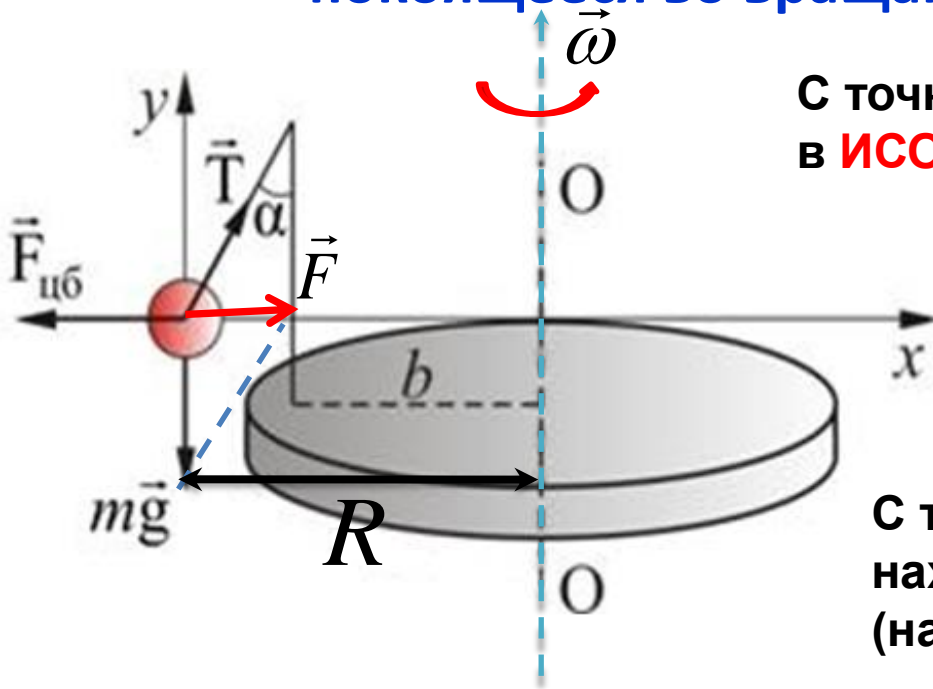
$\vec{F}_{ин.} = -m\vec{a}_o$ - результат не взаимодействия тел, а результат ускорения (не инвариант)

$\vec{F}_{ин.}$ - не подчиняется закону действия и противодействия

Неинерциальные системы отсчета

**Силы инерции, действующие на тело,
покоящееся во вращающейся системе отсчета**

Силы инерции, действующие на тело, покоящееся во вращающейся системе отсчета



С точки зрения наблюдателя, находящегося в **ИСО** результирующая сила:

$$F = m\omega^2 R$$

С точки зрения наблюдателя, находящегося в **неинерциальной СО** (на диске) шарик покоится

Центробежная сила инерции действует на тело в направлении радиуса от оси вращения.

$$\vec{F} = -\vec{F}_{цб}$$

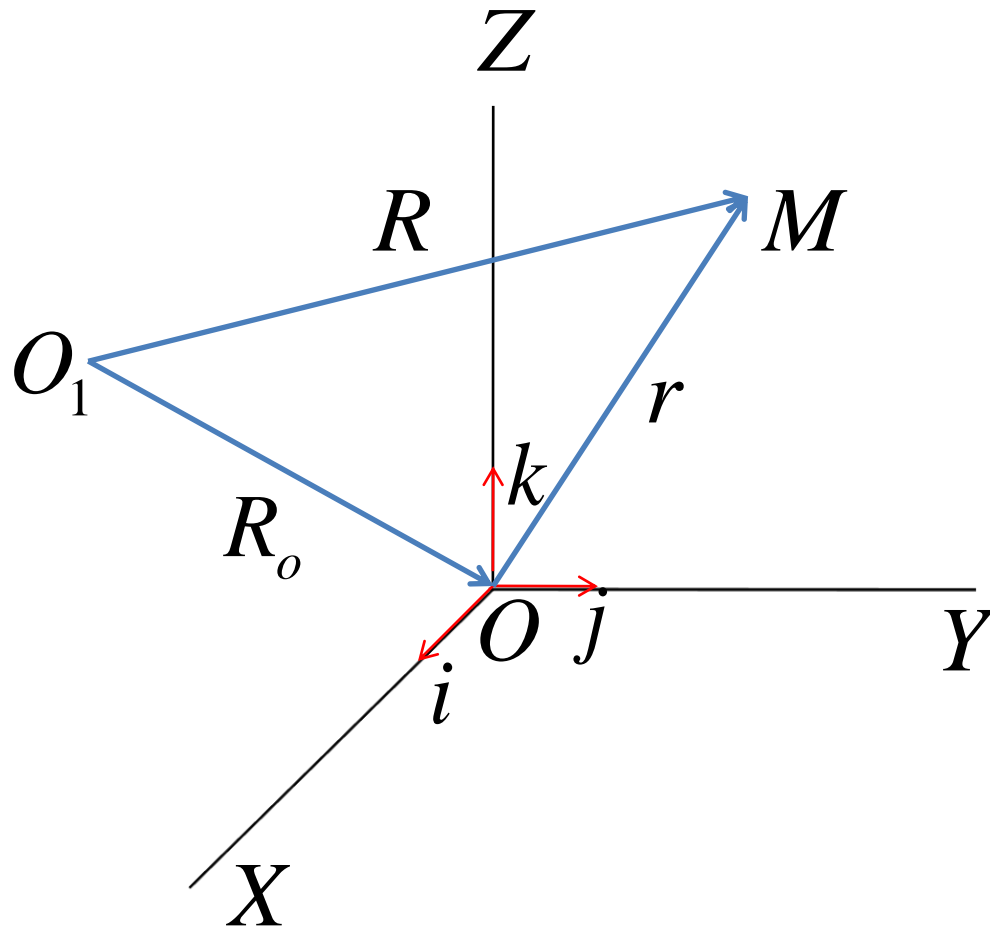
$$F_{цб} = -m\omega^2 R$$

$F_{цб}$ - центробежная сила инерции

Неинерциальные системы отсчета

**Силы инерции, действующие на тело,
движущееся во вращающейся системе отсчета**

Произвольное ускоренное движение СО



$$R = R_o + r$$

$$\dot{R} = \dot{R}_o + \dot{r}$$

$$\ddot{R} = \ddot{R}_o + \ddot{r}$$

Произвольное ускоренное движение СО

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

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \quad - \text{ координаты точки в движущейся системе}$$

$$\dot{\vec{r}} = \underbrace{\frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}}_{\vec{V}_{отн}} + \underbrace{\left(x\frac{d\vec{i}}{dt} + y\frac{d\vec{j}}{dt} + z\frac{d\vec{k}}{dt} \right)}_{[\vec{\omega} \times \vec{r}]}$$

$$\dot{\vec{r}} = \vec{V}_{отн} + [\vec{\omega} \times \vec{r}]$$



$$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{отн} + \underbrace{([\vec{\omega} \times \vec{r}] + \vec{V}_0)}_{\text{переносная скорость}}$$

переносная скорость

Произвольное ускоренное движение СО

$$\vec{V}_{abc} = \vec{V}_{отн} + \left([\vec{\omega} \times \vec{r}] + \vec{V}_0 \right)$$

$$\vec{a}_{abc} \equiv \dot{\vec{V}}_{abc} = \dot{\vec{V}}_{отн} + \dot{\vec{V}}_0 + [\vec{\omega} \times \dot{\vec{r}}] + [\dot{\vec{\omega}} \times \vec{r}]$$

$$\vec{V}_{отн} = \frac{d(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k})}{dt} = \vec{a}_{отн} + \left(x \frac{\partial \vec{i}}{\partial t} + y \frac{\partial \vec{j}}{\partial t} + z \frac{\partial \vec{k}}{\partial t} \right) \equiv \vec{a}_{отн} + [\vec{\omega} \times \vec{V}_{отн}]$$

$$[\vec{\omega} \times \dot{\vec{r}}] = [\vec{\omega} \times \vec{V}_{отн}] + [\vec{\omega} \times [\vec{\omega} \times \vec{r}]]$$

$$\vec{a}_{abc} = \vec{a}_{отн} + 2[\vec{\omega} \times \vec{V}_{отн}] + \dot{\vec{V}}_0 + [\vec{\omega} \times [\vec{\omega} \times \vec{r}]] + [\dot{\vec{\omega}} \times \vec{r}]$$

$$\boxed{\vec{a}_{abc} = \vec{a}_{отн.} + \vec{a}_{пер.} + \vec{a}_{кор.}} \quad \text{- теорема Кориолиса}$$

Произвольное ускоренное движение СО

$$\vec{a}_{abc} = \vec{a}_{отн.} + \vec{a}_{пер.} + \vec{a}_{кор.}$$

$$\vec{a}_{пер.} = \dot{\vec{V}}_o + [\vec{\omega} \times [\vec{\omega} \times \vec{r}]] + [\dot{\vec{\omega}} \times \vec{r}] \quad \text{- зависит только от движения системы}$$

$$\vec{a}_{кор.} = 2[\vec{\omega} \times \vec{V}_{отн.}] \quad \text{- появляется только при движении тела относительно системы отчета}$$

Произвольное ускоренное движение СО

$$\vec{F} = m\vec{a}_{abc} = m\vec{a}_{отн.} + m\vec{a}_{пер.} + m\vec{a}_{кор.}$$

уравнение относительного движения.

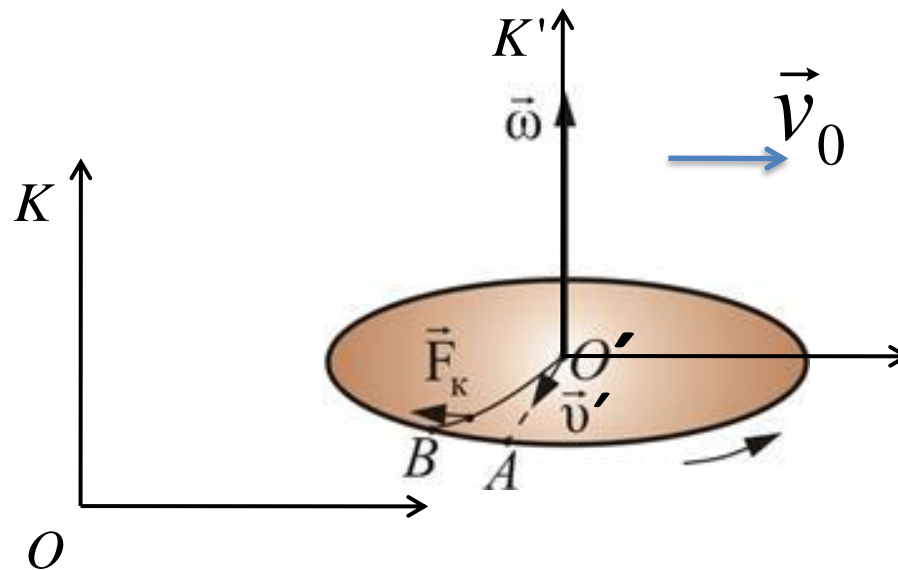
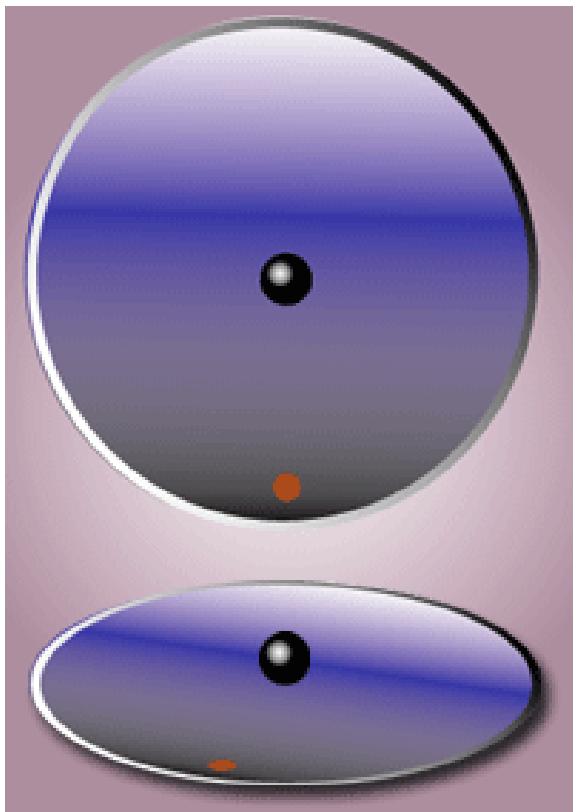
$$m\vec{a}_{отн.} = \vec{F} + \vec{F}_{пер.} + \vec{F}_{кор.}$$

$$\vec{F}_{пер.} = -m\vec{a}_{пер.} = -m\dot{\vec{V}}_o - m[\vec{\omega} \times [\vec{\omega} \times \vec{r}]] - m[\dot{\vec{\omega}} \times \vec{r}]$$

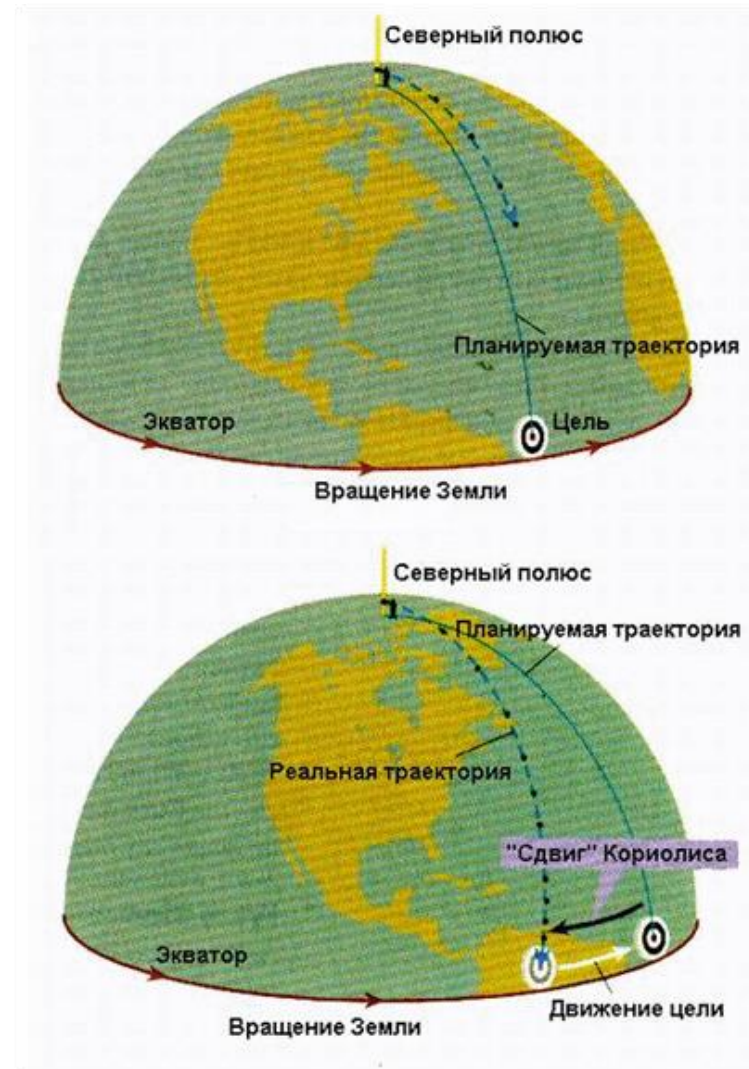
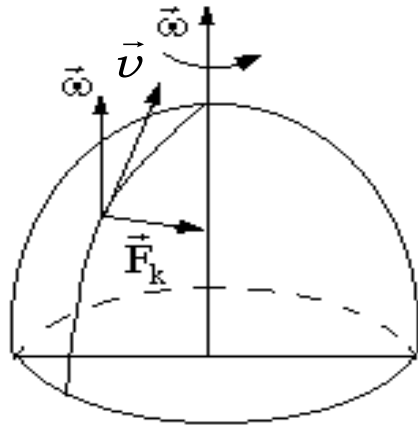
$$\vec{F}_{кор.} = -m\vec{a}_{кор.} = -2m[\vec{\omega} \times \vec{V}_{отн.}] = 2m[\vec{V}_{отн.} \times \vec{\omega}]$$

- силы , действующие на тело,
движущееся во вращающейся системе отсчета.

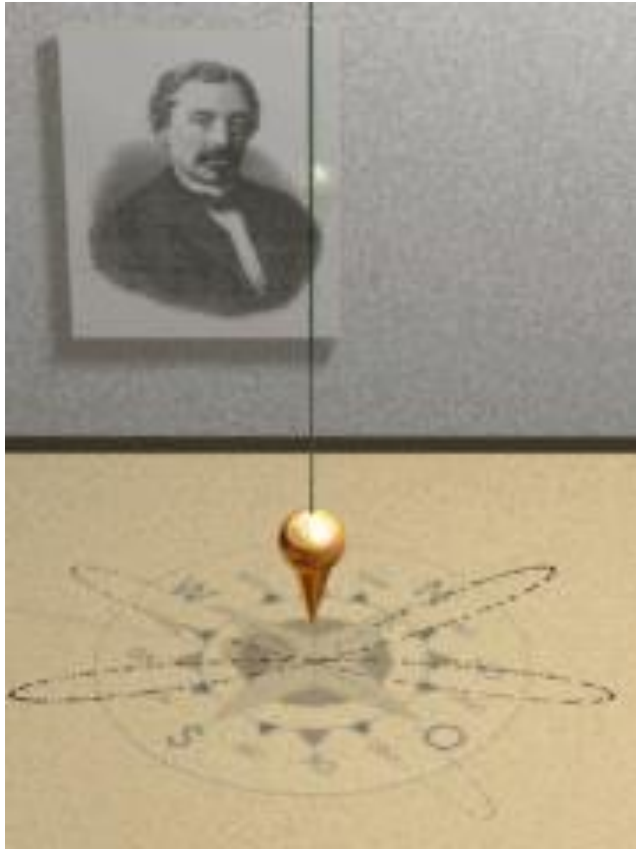
Силы инерции, действующие на тело, движущееся во вращающейся системе отсчета



Сила Кориолиса



Сила Кориолиса



Маятник Фуко.

<http://www.youtube.com/watch?v=XklcMhXxUk8>

Неинерциальные системы отсчета

ОСОБЕННОСТИ СИЛ ИНЕРЦИИ

ОСОБЕННОСТИ СИЛ ИНЕРЦИИ

В отличие от «обычных» сил, силы инерции вызваны не взаимодействием тел, а ускоренным движением системы отсчета.

Нельзя указать тело, со стороны которого действует сила инерции.

Поэтому к этим силам неприменим третий закон Ньютона.

Силы инерции - фиктивные силы.

Силы инерции действуют только в неинерциальных системах отсчета.

Для тела, находящегося в неИСО, силы инерции являются внешними, следовательно, здесь **нет замкнутых систем**.

В неИСО **не выполняются законы сохранения**.

Неинерциальные системы отсчета

Принцип эквивалентности сил инерции и сил тяготения

Принцип эквивалентности сил инерции и сил тяготения



Все физические явления

в ИСО, находящейся в однородном поле тяжести,
и в неИСО, движущейся с постоянным ускорением,
происходят совершенно одинаково.

Это положение называется принципом эквивалентности сил инерции и сил тяготения (принципом эквивалентности Эйнштейна).

Коллоквиум №1

23.10.24!!!

На занятии по лаб. работам в 228 ауд. (по расписанию).

stud.lms.tpu.ru → Физика 1.1 Распопова Н.И.

ВОПРОСЫ К КОЛЛОКВИУМУ №1

(48 вопросов (8 самим!!!))