

# НЕИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА

## Решения некоторых задач

### *Центробежная сила инерции.*

**2.29.** Над некоторой точкой экватора постоянно “висит” геостационарный спутник Земли. Почему он не падает на Землю с точки зрения земного наблюдателя? Принимая во внимание, что масса  $M$  Земли, гравитационная постоянная  $G$  и длительность земных суток  $T$  равны соответственно  $6 \cdot 10^{24}$  кг;  $6,7 \cdot 10^{-11}$  м<sup>3</sup>/(кг·с<sup>2</sup>) и  $8,64 \cdot 10^4$  с, вычислите расстояние  $r$  от центра Земли до спутника.

Решение. В неинерциальной системе отсчета, вращающейся вместе с Землей, на спутник в экваториальной плоскости действуют две противоположно направленные силы: гравитационная сила

$$F_g = G \frac{mM}{r^2}$$

и центробежная сила инерции

$$F_{цб} = m\omega^2 r.$$

На геостационарной орбите  $\omega = 2\pi/T$  и  $F_{цб} = F_g$ . Отсюда находим

$$r = \sqrt[3]{GM \cdot \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2} \approx 42375 \text{ км.}$$

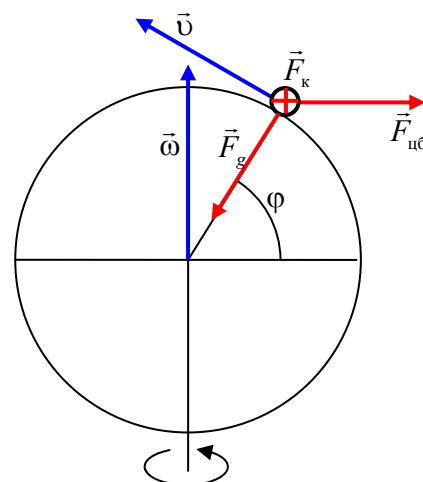
### *Сила инерции Кориолиса.*

**2.30.** Поезд массы  $m = 2 \cdot 10^6$  кг движется на северной широте  $\varphi = 60^\circ$ . Найдите величину и направление силы бокового давления поезда на рельсы, если он движется вдоль меридиана на Север со скоростью  $v = 54$  км/ч.

Решение. В неинерциальной системе отсчета, вращающейся вместе с Землей, на поезд действуют гравитационная сила  $\vec{F}_g$ , направленная к центру Земли, центробежная сила инерции  $\vec{F}_{цб}$ , направленная перпендикулярно оси вращения, сила Кориолиса  $\vec{F}_k = 2m[\vec{v}\vec{\omega}]$ , а также сила  $\vec{N}$  со стороны рельсов. При равномерном относительно земли движении поезда сумма всех указанных сил равна нулю. Из приведенного рисунка видно, что сила бокового давления на рельсы равна силе Кориолиса, направлена на восток и по величине равна:

$$F_{Кор} = 2 \cdot mv \cdot \omega \cdot \sin \varphi \approx 3,8 \cdot 10^3 \text{ Н,}$$

где  $\omega = 2\pi/T$ ,  $T = 24$  ч.



*Центробежная сила инерции и сила инерции Кориолиса.*

2.38. Стержень длиной  $l = 0,2$  м вращают в горизонтальной плоскости равномерно с угловой скоростью  $\Omega = 50/\sqrt{2}$  рад/с вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец. Вдоль стержня от оси вращения из состояния покоя без трения движется муфта массой  $m = 0,1$  кг. Вычислите величину  $F$  силы Кориолиса, действующую на муфту, когда она проходит середину стержня.

Решение. Силы, действующие на муфту во вращающейся вместе со стержнем системе отсчета, показаны на рисунке: центробежная сила инерции

$$F_{\text{цб}} = m\Omega^2 r,$$

сила Кориолиса

$$\vec{F}_{\text{кор}} = 2m[\vec{v}\vec{\Omega}]$$

и сила реакции стержня  $\vec{N}$  ( $v$  - скорость муфты относительно стержня,  $r$  - расстояние от муфты до оси вращения). Запишем уравнение движения муфты вдоль стержня

$$m \frac{dv}{dt} = m\Omega^2 r.$$

Учитывая, что  $\frac{dv}{dt} = v \frac{dv}{dr}$ , получим

$$v dv = \Omega^2 r dr.$$

После интегрирования найдем скорость муфты в момент прохождения середины стержня

$$v = \Omega(l/2)$$

и величину силы Кориолиса в этот момент

$$F_{\text{кор}} = 2mv\Omega = m\Omega^2 l = 25 \text{ Н}$$

