

SIŁY BEZWŁADNOŚCI

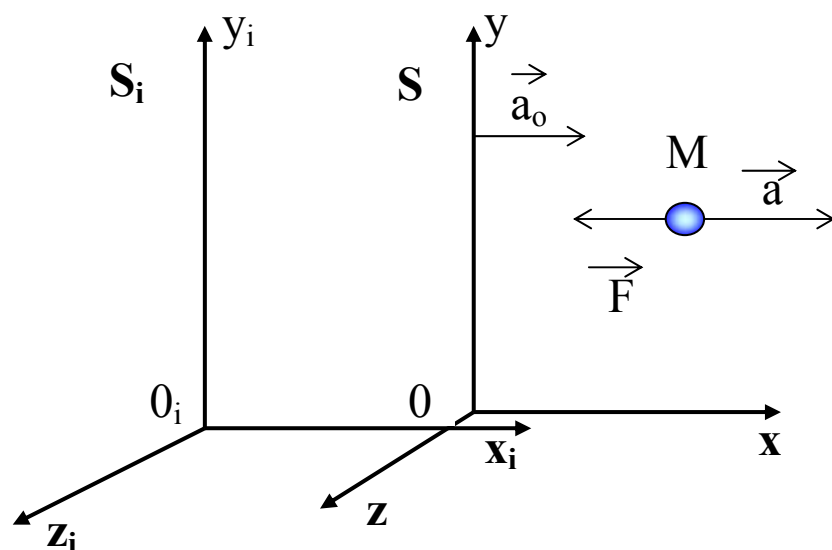
NIEINERCJALNE UKŁADY ODNIESIENIA

- siły bezwładności = siły pozorne = pseudosily

Siły działające na ciała w układach nieinercjalnych (posiadających przyspieszenie)

Układ nieinercjalny poruszający się ruchem prostoliniowym

Rys. 16.



Siła bezwładności: $\vec{F}_0 = -M\vec{a}_0$

Nie maleje z odległością,
jak np. siła grawitacji lub oddziaływania
elektromagnetycznego.

- Indeks „i” przy danej wielkości oznacza, iż jest to wielkość mierzona w układzie inercjalnym. Wielkości bez indeksów – wielkości mierzone w układzie nieinercjalnym

S_i = układ inercjalny, S = układ nieinercjalny

- Wyniki porównania wartości pomiaru przyspieszenia i siły w obydwu układach odniesienia

$\vec{a}_0$ = przyspieszenie względne układów (przyspieszenie układu nieinercjalnego)

$\vec{a}_i, \vec{a}$ = przyspieszenia cząstki

$$S_i : \vec{F}_i = M\vec{a}_i$$

$$S : \vec{a}, \vec{F} = ?$$

$$\vec{a}_i = \vec{a} + \vec{a}_0$$

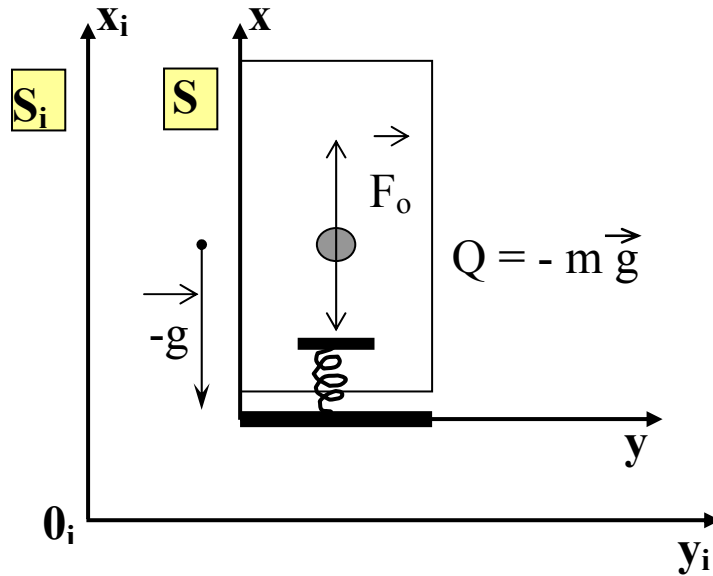
$$\vec{F}_i = M(\vec{a} + \vec{a}_0) = M\vec{a} + M\vec{a}_0$$

$$M\vec{a}_0 \equiv -\vec{F}_0$$

STAN NIEWAŻKOŚCI CIAŁ

- Swobodnie spadająca winda jest nieinercyjnym układem odniesienia

Rys.17.



Winda układem nieinercyjnym

$$F_0 = -m\vec{a}_0 = -m(-\vec{g}) = m\vec{g}$$
$$\vec{F} = \vec{F}_i + \vec{F}_0 = -m\vec{g} + m\vec{g} = 0$$



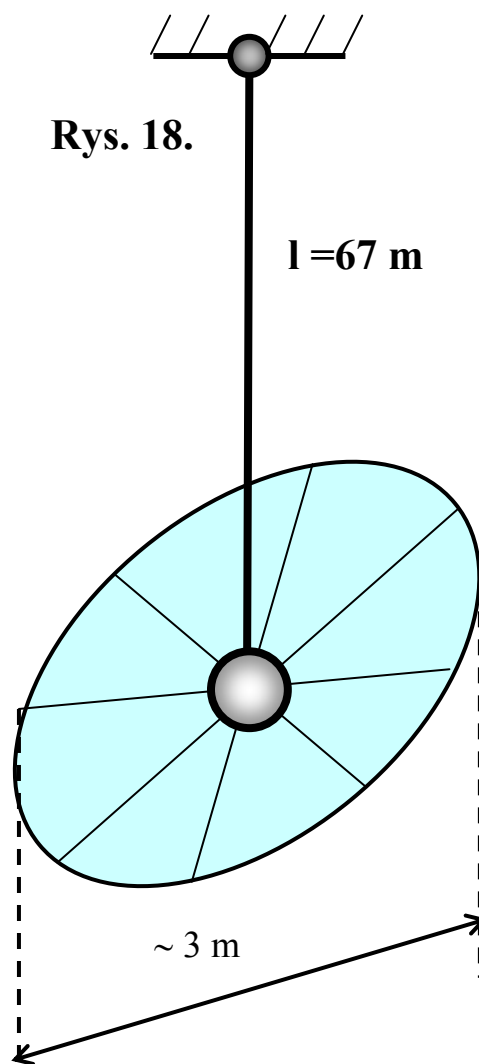
*Uczestnicy lotu parabolicznego w samolocie
w stanie nieważkości*

Wypadkowa siła działająca na ciało znajdujące się w swobodnie spadającej windzie, w polu grawitacyjnym, jest równa zero. **Ciało nie odczuwa działania siły ciężkości (stan nieważkości ciała).**

UKŁAD NIEINERCJALNY OBRACAJĄCY SIĘ

- ZIEMIA obracająca się wokół własnej osi jest nieinercyjnym układem odniesienia.

Obserwacja stanu ruchu wahadła zawieszonego pod kopułą Panteonu w Paryżu. Wahadło Foucaulta, 1851 r.



Zmiana płaszczyzny wahań: 11°/godz.

Pełny obrót płaszczyzny wahań: 32 godz.

Obecnie:

Wahadło o podobnych parametrach znajduje się w gmachu ONZ w Nowym Yorku

$$M = 28 \text{ kg}$$
$$l = 67 \text{ m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 16,4 \text{ s}$$



*Wahadło Foucaulta
w Muzeum Sztuk i Rzemiosł w Paryżu.*

*W działaniu wahadła ujawnia się
efekt Coriolisa..*



*Wahadło Foucaulta w wieży Zamku
Książąt Pomorskich w Szczecinie.*

DOWOLNY UKŁAD OBRACAJĄCY SIĘ

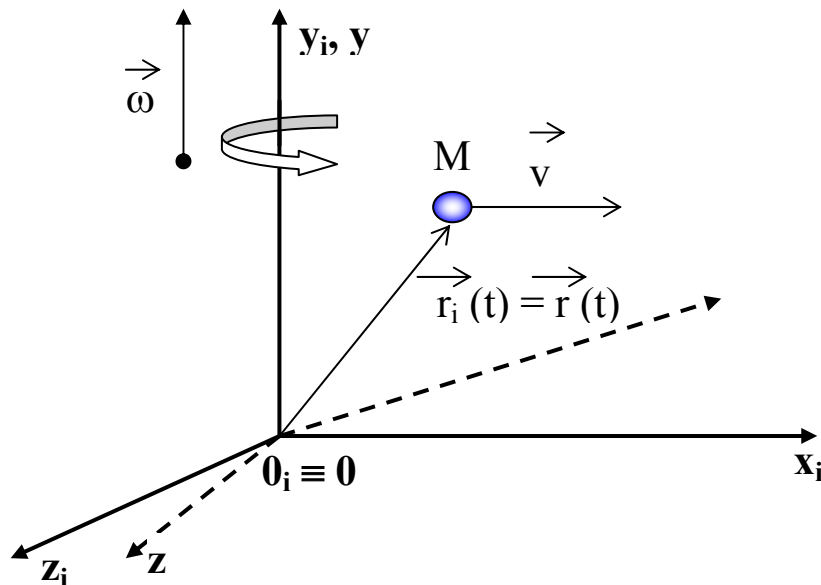
- Prędkość kątowna układu $\omega = const$

„i” = układ inercjalny

- wektor chwilowego położenia ciała: $\vec{r}(t) = \vec{r}_i(t)$

- chwilowa wartość prędkości ciała: $\vec{v}$

Rys. 19.



Siła Coriolisa jest różna od zera tylko wtedy, gdy prędkość ciała względem układu nieinercyjnego jest różna od zera; **nie działa na ciała znajdujące się w spoczynku.**

- Chwilowa wartość przyspieszenia liniowego ciała: $\vec{a}_i = \vec{a} + \vec{a}_0$

$\vec{a}_0$ - przyspieszenie „unoszenia”

- Rozważania nad relacją między poszczególnymi wielkościami charakterystycznymi dla ruchu ciała prowadzą do związku:

$$\vec{a}_0 = 2\vec{\omega} \times \vec{v} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

$2\vec{\omega} \times \vec{v}$ - przyspieszenie Coriolisa

$\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$ - przyspieszenie dośrodkowe

- Wypadkowa siła działająca na ciało w inercyjnym układzie odniesienia

$$\vec{F}_i = M\vec{a} + 2M\vec{\omega} \times \vec{v} + M\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

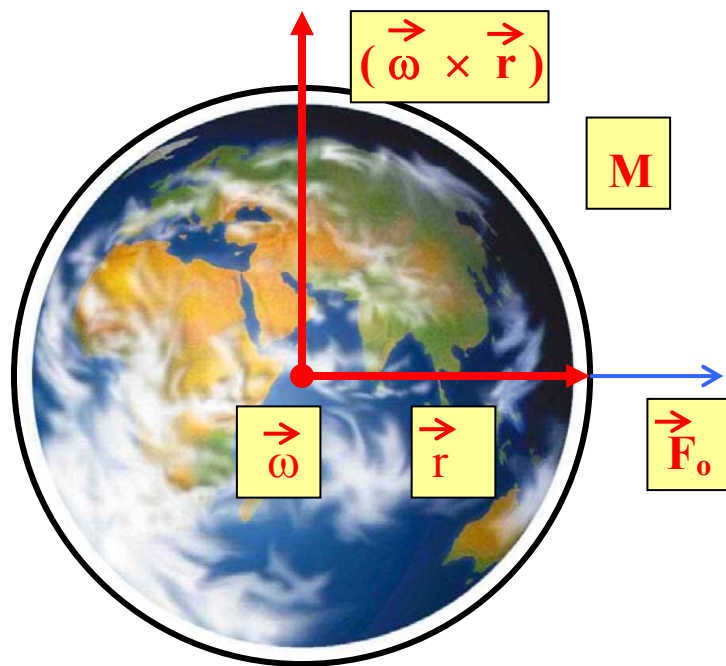
- Siła bezwładności jest sumą dwóch sił: siły Coriolisa i odśrodkowej siły bezwładności

$$\vec{F}_0 = -M\vec{a}_0 = -2M\vec{\omega} \times \vec{v} - M\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

PRZYPADKI SZCZEGÓLNE, przykłady

Działanie sił bezwładności na ciała znajdujące się na Ziemi

Rys. 20.



np. płaszczyzna równika;

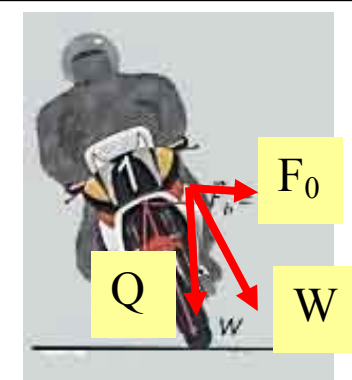
→

F_0 = siła „odejmująca się” od siły ciężkości

- **ODŚRODKOWA SIŁA BEZWŁADNOŚCI** ($\vec{F}_0$) działa wzdłuż promienia równoleżnika, prostopadle do osi obrotu Ziemi, i odejmuje się geometrycznie od siły ciężkości. Jeżeli prędkość ciała $v=0$, to na ciało znajdujące się np. na równiku działa siła odśrodkowa wzdłuż promienia R równika, której wartość bezwzględna wynosi: $F_0 = M\omega^2 R$



Kubica w bolidzie



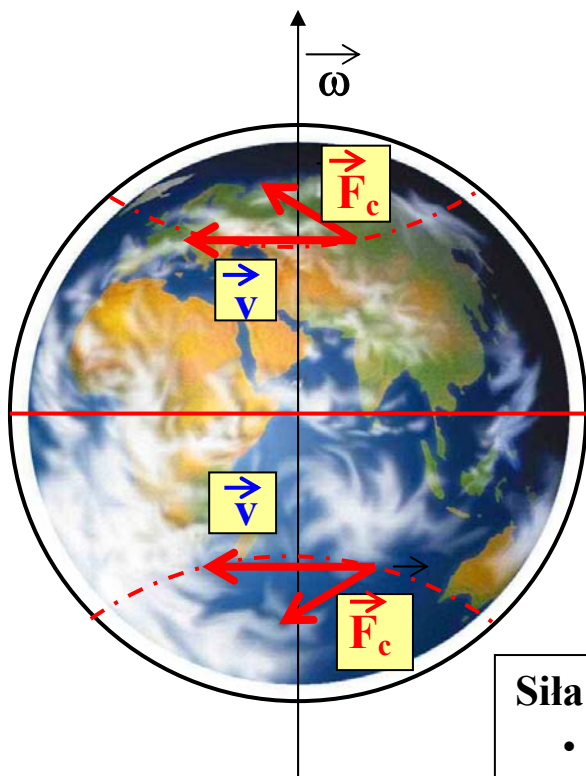
Motocyklista

Oznaczenia:

Q - siła ciężkości, F_0 – siła odśrodkowa, W - siła wypadkowa.

- **SILA CORIOLISA** ($\vec{F}_c$) działa na ciała znajdujące się w ruchu. Jej kierunek jest prostopadły do płaszczyzny wyznaczonej przez wektory ω i v . Odchyła tor ciał, poruszających się ze wschodu na zachód: na półkuli północnej w prawo, na półkuli południowej w lewo. Wpływa na kierunki wiatrów (pasaty) i prądów oceanicznych warunkując klimat na kuli ziemskiej.

Rys. 21.



Siła Coriolisa powoduje następujące efekty:

- na półkuli północnej wiatr skręca w prawo, a na południowej – w lewo;
- na półkuli północnej mocniej podmywane są prawe brzegi rzek (na południowej – lewe);
- na półkuli północnej wiry wodne oraz cyklony poruszają się odwrotnie do ruchu wskazówek zegara, a na południowej zgodnie z ruchem wskazówek zegara.