

DYNAMIKA PUNKTU MATERIALNEGO

Dynamika – dział fizyki zajmujący się przyczynami ruchu ciał

Mechanika klasyczna – odnosi się do ciał poruszających się z prędkościami małymi w porównaniu do prędkości światła

Punkt materialny – obiekt obdarzony masą, którego rozmiary (objętość) możemy zaniedbać

I ZASADA DYNAMIKI NEWTONA

Jeżeli na ciało A nie działa żadna siła lub siły działające na to ciało się równoważą, to ciało to porusza się ze stałą prędkością (przypadek szczególny: $\vec{V} = 0$, ciało pozostaje w spoczynku). Przyspieszenie ciała jest równe zero.

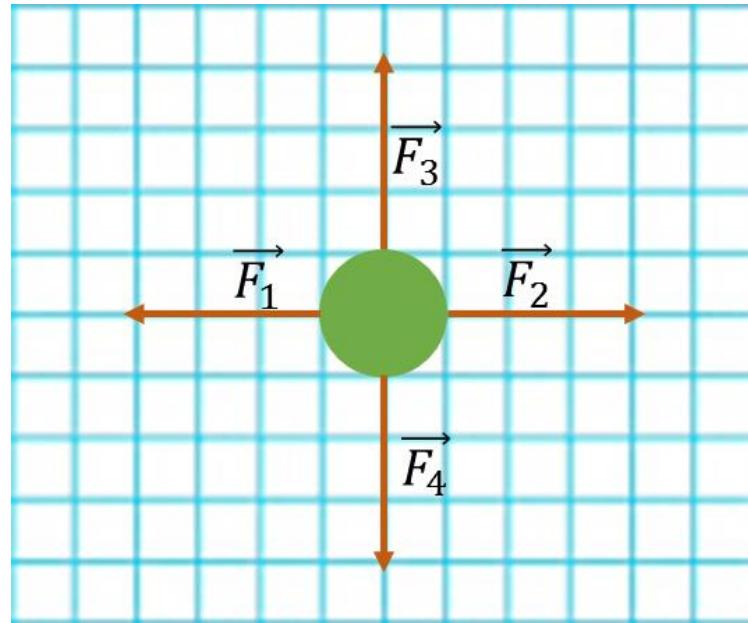
Założenie:

$$\sum \vec{F} = 0$$

Teza:

$$\vec{V} = const$$

$$\vec{a} = 0$$



Nie ma różnicy między sytuacją gdy nie działa żadna siła i taką, gdy siły działające się równoważą!

Nie ma różnicy między ciałami spoczywającymi i poruszającymi się ze stałą prędkością!

II ZASADA DYNAMIKI NEWTONA

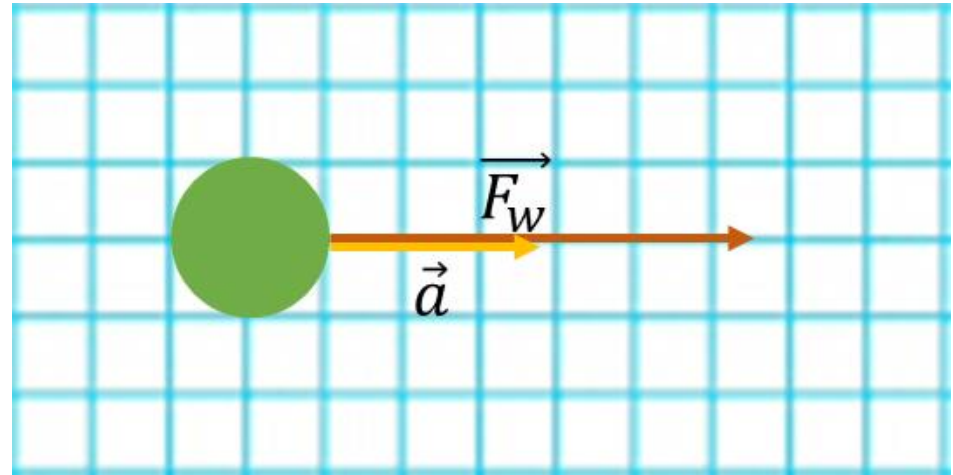
Jeżeli na ciało działa niezrównoważona siła, to ciało uzyskuje przyspieszenie. Przyspieszenie jest wprost proporcjonalne do wartości tej siły, a odwrotnie proporcjonalne do masy ciała.

Założenie:

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_w$$

Teza:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_w}{m}$$



Im większa jest siła, tym większe przyspieszenie (większa zmiana prędkości wywołana w zadanym czasie)!

Im większa jest masa ciała, większej siły potrzeba, aby wywołać to samo przyspieszenie!

DEFINICJA PĘDU

Pęd ciała – wektor o wartości równej iloczynowi masy ciała i jej prędkości oraz kierunku i zwrocie zgodnym z wektorem prędkości

$$\vec{p} = m \cdot \vec{V}$$

Jednostką pędu jest $[\frac{kg \cdot m}{s}]$.

II ZASADA DYNAMIKI NEWTONA

Jeżeli na ciało działa niezrównoważona siła, to powoduje ona zmianę pędu tego ciała w czasie. Szybkość zmian pędu ciała jest równa sile wypadkowej działającej na to ciało.

Założenie:

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_w$$

Teza:

$$m\vec{a} = \vec{F}_w$$

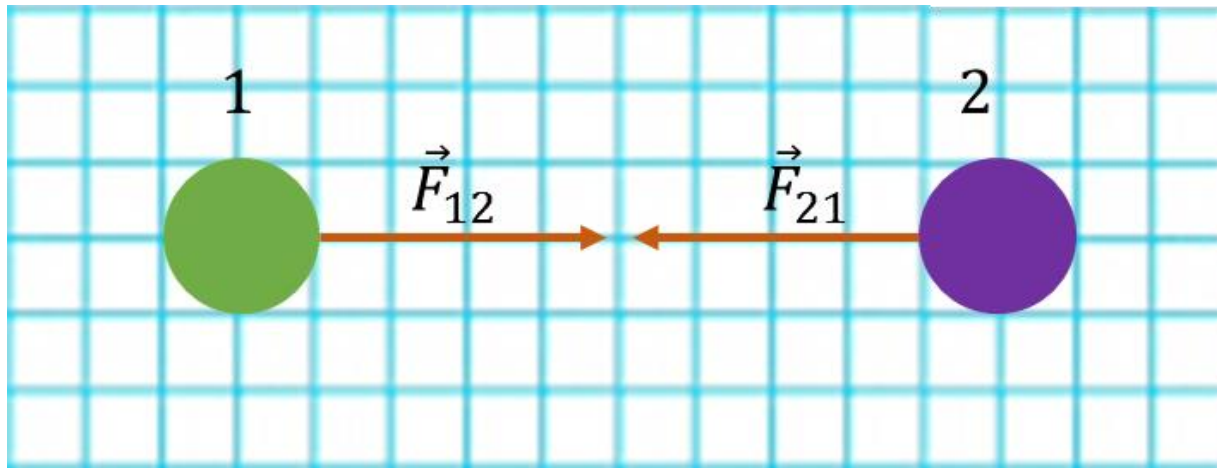
$$m \frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{F}_w$$

$$\frac{d(m \cdot \vec{V})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}_w$$

III ZASADA DYNAMIKI NEWTONA

Jeżeli ciało pierwsze działa na ciało drugie pewną siłą, to ciało drugie działa na pierwsze siłą jej równą, lecz przeciwnie skierowaną.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$



INERCJALNY UKŁAD ODNIESIENIA

Definicja inercjalnego układu odniesienia zawarta jest w I zasadzie dynamiki Newtona. Jeżeli wypadkowa siła działająca na ciało jest równa zeru, to istnieje taki układ odniesienia, w którym to ciało porusza się ze stałą prędkością. Układ taki nazywamy **układem inercjalnym**.

We wszystkich układach inercjalnych ruchami ciał rządzą te same prawa!

Przyjmuje się, że są to układy spoczywające względem gwiazd stałych.

Czy układ odniesienia związany z Ziemią może stanowić układ inercjalny?

Ruch obrotowy Ziemi wokół własnej osi

okres obrotu:

$$T = 24 \text{ h} = 24 \cdot 3600 \text{ s} = 86400 \text{ s} = 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}$$

promień Ziemi:

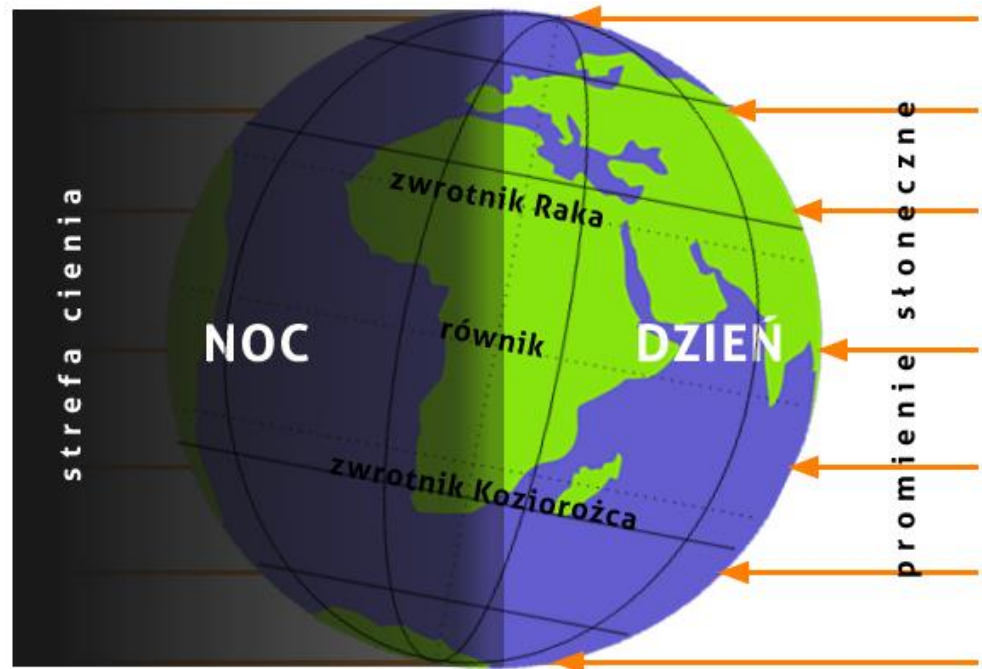
$$r = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$$

prędkość obrotu:

$$V = \frac{2\pi r}{T} = 465 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

przyspieszenie odśrodkowe:

$$a_r = \frac{V^2}{r} = 3,4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



Czy układ odniesienia związany z Ziemią może stanowić układ inercjalny?

Ruch obiegowy Ziemi wokół Słońca

okres obiegu:

$$T = 365 \text{ dni} = 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} = 290736000 \text{ s} = 2,91 \cdot 10^8 \text{ s}$$

promień orbity Ziemi:

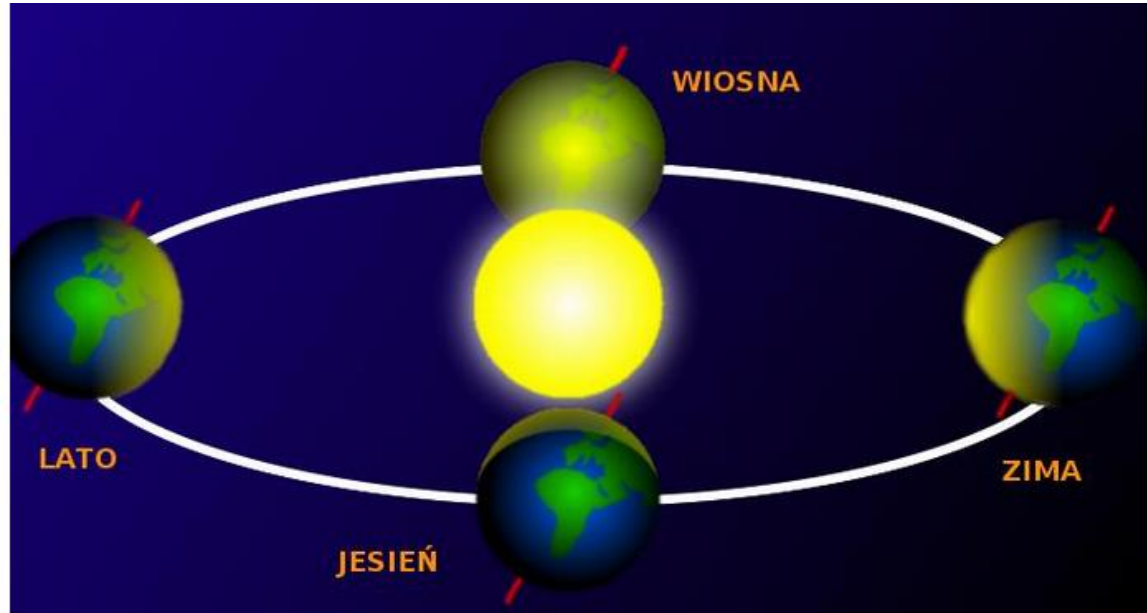
$$R = 150 \cdot 10^9 \text{ m}$$

prędkość obrotu:

$$V = \frac{2\pi R}{T} = 29870 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

przyspieszenie odśrodkowe:

$$a_R = \frac{V^2}{R} = 5,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



Czy układ odniesienia związany z Ziemią może stanowić układ inercjalny?

Przyspieszenie w ruchu obrotowym wokół własnej osi:

$$a_r = \frac{V^2}{r} = 3,4 \cdot 10^{-2} \frac{m}{s^2}$$

Przyspieszenie w ruchu obiegowym Ziemi wokół Słońca:

$$a_R = \frac{V^2}{R} = 5,9 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s^2}$$

Przyspieszenie grawitacyjne w pobliżu powierzchni Ziemi:

$$g = 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$g \gg a_r$$

oraz

$$g \gg a_R$$

Z dobrym przybliżeniem Ziemię można traktować jako inercjalny układ odniesienia!

CIĘŻAR

Ciężar – siła ciężkości, czyli siła, z jaką Ziemia lub inne ciało niebieskie przyciąga obiekt o masie m .

$$Q = m \cdot g$$

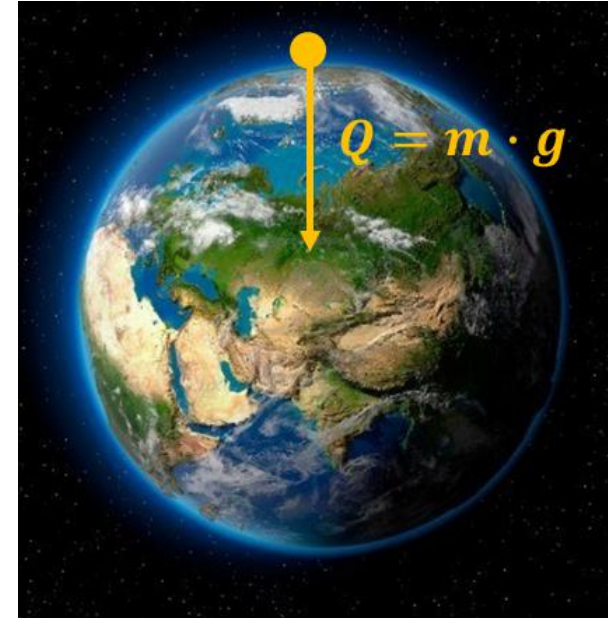
m – masa ciała [kg],

g – przyspieszenie grawitacyjne [$\frac{m}{s^2}$].

Jednostką ciężaru w układzie SI jest niuton [N].

$$[N] = [kg \cdot \frac{m}{s^2}]$$

Ciężar jest wielkością wektorową. Wektor ciężaru skierowany jest w każdym miejscu przestrzeni do środka ciężkości planety.



Ciężar to nie to samo co masa ciała!

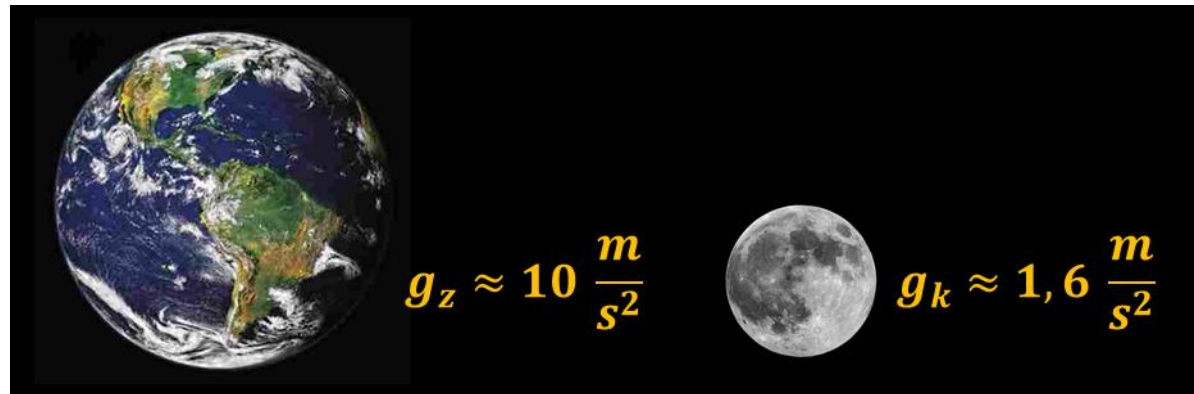
MASA

Masa, masa bezwładna – własność danego ciała, współczynnik proporcjonalności w równaniu (z II zasady dynamiki Newtona):

$$a = \frac{F}{m}$$

Im większa masa ciała tym większą siłą należy zadziać, żeby nadać mu określone przyspieszenie!

Ciężar ciała jest siłą, której wartość zależy od masy ciała, ale także od przyspieszenia grawitacyjnego g !



Ciężar ciała różny jest na Ziemi, księżycu, w statku kosmicznym!

Pomiar masy i ciężaru ciała!

Waga szalkowa



Waga sprężynowa



Waga szalkowa służy do pomiaru masy ciała, jej wskazania nie zależą od wartości przyspieszenia grawitacyjnego!

Waga sprężynowa mierzy ciężar ciała. Jej wskazania będą różne na Ziemi i Księżycu!

TARCIE

Tarcie – zjawisko występujące na powierzchniach styku ciał materialnych. Dzięki sile tarcia, ciała wprowadzone w ruch nie pozostają w nieskończonym ruchu, lecz po pewnym czasie zatrzymują się.



1. Siła tarcia nie zależy od pola powierzchni, jaką stykają się ciała;
2. Zależy od materiału, z jakiego są one wykonane i stanu powierzchni ciał;
3. Siła tarcia nie jest siłą zachowawczą = praca wykonana przez siłę tarcia między dwoma punktami będzie zależała od drogi, na której działa siła.

Tarcie dynamiczne – działa na ciało znajdujące się w ruchu (ślizganie). Siła tarcia dynamicznego jest skierowana przeciwnie do kierunku ruchu (wektora prędkości) i wywołuje efekt hamujący.

$$T_d = \mu_d \cdot N$$

μ_d – współczynnik tarcia dynamicznego, nie jest stały i zależy od prędkości względnej ciał,

N – siła nacisku [N].

Tarcie statyczne – siła zapobiegająca wprawieniu niektórych ciał w ruch. Równoważy siłę naporu aż do osiągnięcia wartości maksymalnej (graniczna siła tarcia), przy której dochodzi do wprawienia ciała w ruch.

$$T_g = \mu_s \cdot N$$

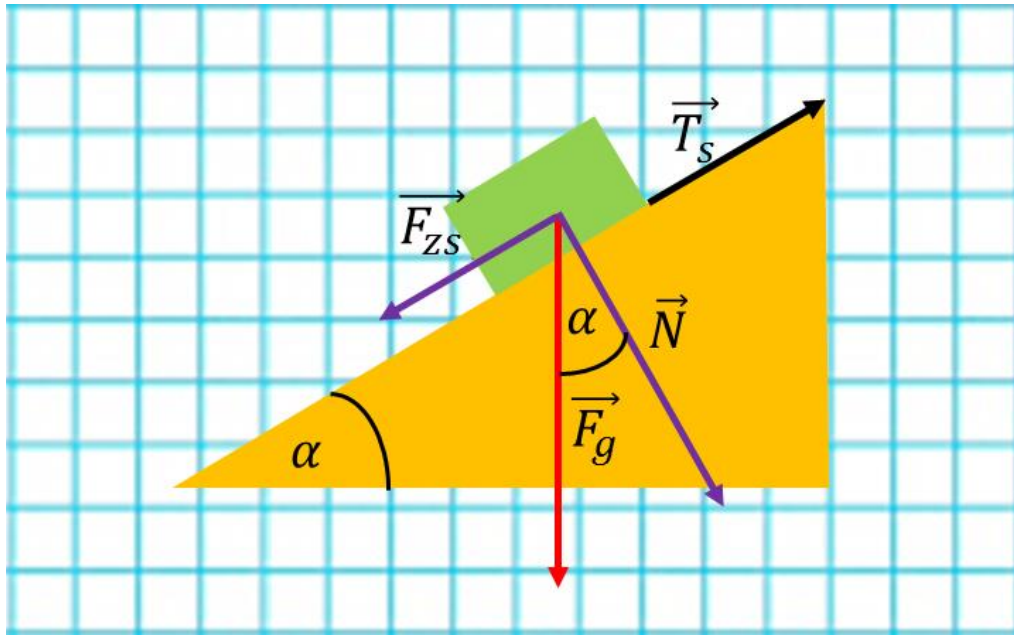
T_g – wartość granicznej siły tarcia statycznego [N],

μ_s – współczynnik tarcia statycznego,

N – siła nacisku [N].

Zwykle $\mu_s \gg \mu_d$, dlatego $T_g \gg T_d$!

Wyznaczanie współczynnika tarcia statycznego – szukamy kąta równi pochyłej, przy którym ciało zaczyna się zsuwać



$$F_{zs} = F_g \cdot \sin\alpha_{max}$$

$$T_s = \mu_s \cdot N = \mu_s \cdot F_g \cdot \cos\alpha_{max}$$

$$F_{zs} = T_s$$

$$F_g \cdot \sin\alpha_{max} = \mu_s \cdot F_g \cdot \cos\alpha_{max}$$

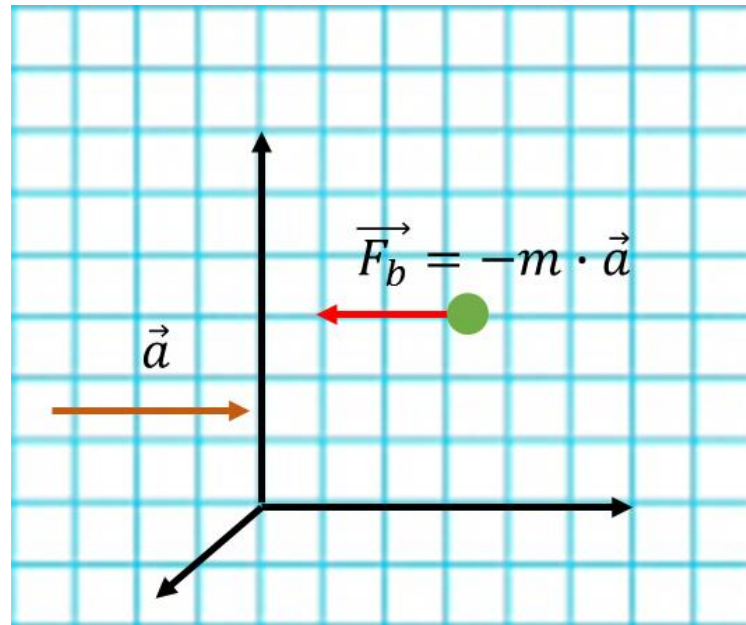
$$\mu_s = \operatorname{tg}\alpha_{max}$$

SIŁY RZECZYWISTE I POZORNE

Siła rzeczywista – miara oddziaływania między ciałami

Siła pozorna = siła bezwładności – nie jest skutkiem oddziaływania między ciałami, wynika z przyspieszenia układu odniesienia. Z punktu widzenia tego układu, ciała w jego otoczeniu poruszają się ruchem przyspieszonym jakby działała na nie siła. Siła bezwładności to właśnie sztucznie przypisana temu ruchowi siła.

Siła bezwładności pojawia się tylko w nieinercjalnych układach odniesienia!



II zasada dynamiki w inercjalnych układach odniesienia:

$$\vec{F}_{\text{oddziaływań}} = m \cdot \vec{a}$$

W układach nieinercjalnych:

$$\vec{F}_{\text{bezwładności}} = -m \cdot \vec{a}_{\text{układu odniesienia}}$$

$$\vec{F}_{\text{całkowita}} = \vec{F}_{\text{oddziaływań}} + \vec{F}_{\text{bezwładności}}$$

$$\vec{a}_{\text{w układzie nieinercjalnym}} = \frac{\vec{F}_{\text{oddziaływań}} + \vec{F}_{\text{bezwładności}}}{m}$$

Przykłady sił bezwładności:

- siła wciskająca pasażera w fotel w przyspieszającym samochodzie,
- siła wyrzucająca pasażera do przodu w hamującym pojeździe,



- siła odśrodkowa (np. na karuzeli wypycha nas na zewnątrz okręgu),
- siła Coriolisa (pojawia się, gdy opisujemy ruch ciała z poziomu obracającego się układu odniesienia).



Siła Coriolisa – siła pozorna występująca w obracających się układach nieinercjalnych. Dla obserwatora pozostającego w takim układzie objawia się zakrzywieniem toru ciał poruszających się wewnątrz niego.

$$\vec{F}_c = -2m \cdot \vec{\omega} \times \vec{V}$$

$$\vec{a}_c = -2\vec{\omega} \times \vec{V}$$

F_c – siła Coriolisa [N],

a_c – przyspieszenie Coriolisa [$\frac{m}{s^2}$],

m – masa ciała [kg],

ω – prędkość kątowa układu odniesienia [$\frac{rad}{s}$],

V – prędkość ciała [$\frac{m}{s}$].

Siła Coriolisa działa wyłącznie na ciała znajdujące się w ruchu!

Kierunek działania siły Coriolisa jest zawsze prostopadły do wektora prędkości poruszającego się ciała (siła powoduje odchylenie ruchu ciała od linii prostej)!

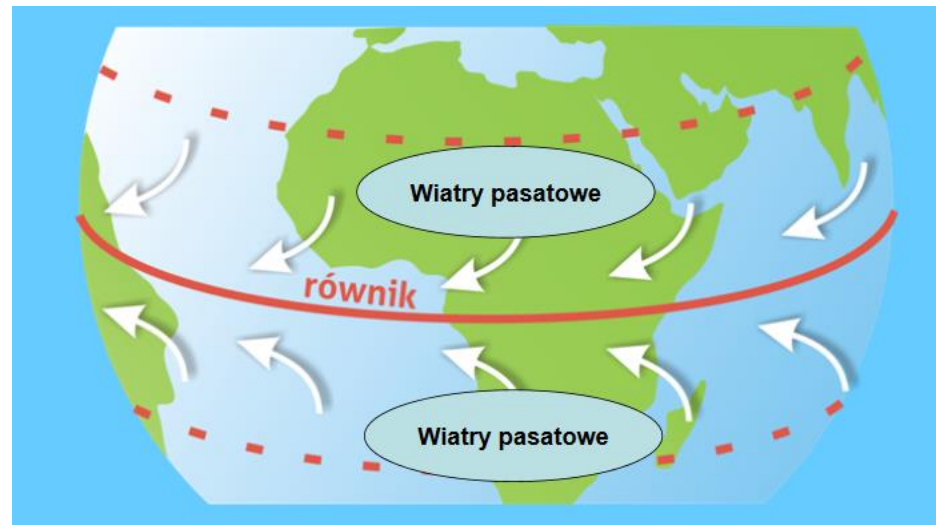
Ponieważ Ziemia obraca się z zachodu na wschód, zatem siła Coriolisa powoduje:

- odchylenie w kierunku zachodnim toru ciała poruszającego się po powierzchni Ziemi ku równikowi (oddalanie się od osi obrotu);
- odchylenie w kierunku wschodnim, gdy ciało porusza się w stronę któregoś z biegunów, czyli ku osi obrotu (zbliżanie się do osi obrotu);
- odchylenie swobodnie spadających ciał w kierunku wschodnim (zbliżanie się do osi obrotu).

Skutki działania siły Coriolisa:

- na półkuli północnej wiatr ma tendencję do skręcania w prawo, a na południowej w lewo (pasaty);
- na półkuli północnej mocniej podmywane są prawe brzegi rzek, na południowej lewe;
- na półkuli północnej cyklony poruszają się odwrotnie do ruchu wskazówek zegara, na południowej zgodnie z nim.

Pasat – stały, ciepły wiatr wiejący w strefie międzyzwrotnikowej. Na półkuli północnej pasat wieje z kierunku NE, a na południowej z SE (zgodnie z działaniem siły Coriolisa).



Cyklon tropikalny – jego źródłem jest głęboki układ niskiego ciśnienia powstający w strefie międzyzwrotnikowej. Siły Coriolisa na półkuli północnej odchylają wiejące promieniście wiatry w prawo, co nadaje masom powietrza ruch wirowy o orientacji lewoskrętnej. Na półkuli południowej sytuacja jest odwrócona i cyklony wirują zawsze zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara.

