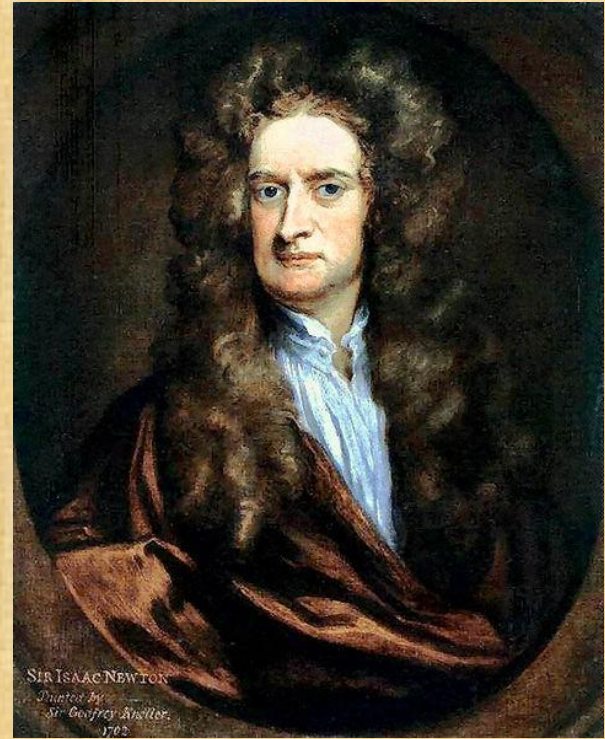
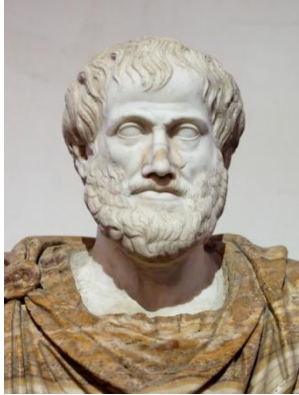


*Zasady
dynamiki
Newtona*

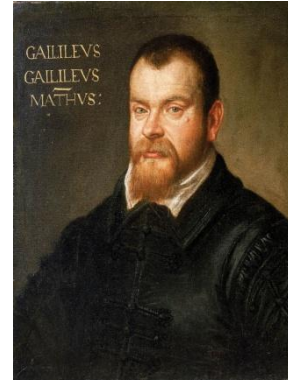


dr inż. Romuald Kędzierski

Czy do utrzymania ciała w ruchu jednostajnym prostoliniowym potrzebna jest siła?



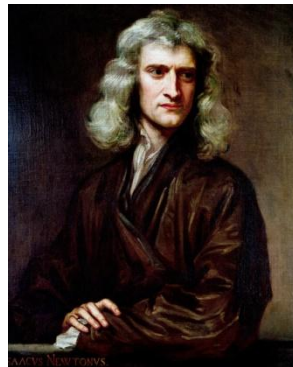
Do utrzymania ciała w ruchu jednostajnym prostoliniowym konieczne jest działania siły



Do utrzymania ciała w ruchu jednostajnym prostoliniowym nie jest konieczne działania siły, jeżeli usunie się wszelkie opory ruchu

Arystoteles
384-322 p.n.e.

Galileusz
1564 - 1642



Isaac Newton
1642 - 1727

„Każde ciało pozostaje w stanie spoczynku lub w ruchu jednostajnym o stałym kierunku, dopóki nie zostanie zmuszone do zmiany tego stanu przez działające na nie siły”

1687

Druga zasada dynamiki Newtona

Założenia:

- na ciało o stałej masie działa niezerowa siła wypadkowa,
 $m = \text{const}, \quad |\vec{F}_W| > 0$
- ciało można uważać za sztywne (**nieodkształcalne**),
- prędkość ciała jest znacznie mniejsza od prędkości światła w próżni.

Jeżeli na ciało działają siły nierównoważące się, to ciało porusza się ruchem zmiennym.

Przyspieszenie ciała w tym ruchu jest wprost proporcjonalne do działającej na nie siły wypadkowej i odwrotnie proporcjonalne do masy tego ciała.

*Klasyczna
postać
drugiej
zasady
dynamiki*

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

Uwagi i wnioski:

1. Na ciało działają siły równoważące się.

$$\left. \begin{array}{l} |\vec{F}_W| = 0 \\ \vec{a} = \frac{\vec{F}_W}{m} \end{array} \right\}$$

$$\vec{a} = \vec{0} \Rightarrow$$

Ciało znajduje się w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym

Pierwsza zasada dynamiki Newtona (zasada bezwładności)

Jest to szczególny przypadek drugiej zasady dynamiki Newtona!

2. Czy w każdym układzie odniesienia zasady dynamiki są prawdziwe?

Zasady dynamiki Newtona (w wersji znanej z gimnazjum) są spełnione w tzw. *inercjalnych układach odniesienia*.

Powierzchnię ziemi można uważać w przybliżeniu za inercjalny układ odniesienia.

Każde ciało, które względem powierzchni ziemi znajduje się w spoczynku lub w ruchu jednostajnym prostoliniowym może być także uważane za inercjalny układ odniesienia.

3. Kiedy ciało porusza się ruchem jednostajnie zmiennym prostoliniowym?

$$\left. \begin{array}{l} \vec{a} = \text{const} \neq \vec{0} \\ m = \text{const} \\ \vec{a} = \frac{\vec{F}_W}{m} \end{array} \right\} \vec{F}_W = \text{const} \neq \vec{0}$$

$\angle(\vec{v}; \vec{F}_W) = 0^\circ \implies$ *ruch jednostajnie przyspieszony prostoliniowy*

$\angle(\vec{v}; \vec{F}_W) = 180^\circ \implies$ *ruch jednostajnie opóźniony prostoliniowy*

4. Co to znaczy, że ciało ma pewną bezwładność?

Aby zmienić stan ruchu ciała musi na nie podziałać dodatkowa siła.

*Miarą bezwładności ciała
jest jego masa.*



*Trudniej zmienić stan ruchu
ciała o większej masie!*

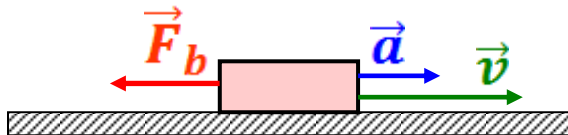
*Ciało o większej masie ma
większą bezwładność.*

5. Jak stosować zasady dynamiki w układach nieinercjalnych?

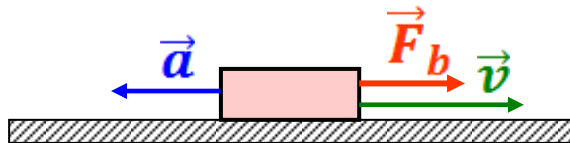
Rozpatrując ruch ciała w **nieinercjalnym układzie odniesienia**, należy do układu **sił rzeczywistych** (mających swoje źródło w postaci jakiegoś ciała materialnego) działających na rozpatrywane ciało, wprowadzić dodatkowo **siłę pozorną** będącą tzw. **siłą bezwładności**.

$$\vec{F}_b = -m \cdot \vec{a} \implies |\vec{F}_b| = m \cdot |\vec{a}|$$

Siła bezwładności w ruchach zmiennych prostoliniowych

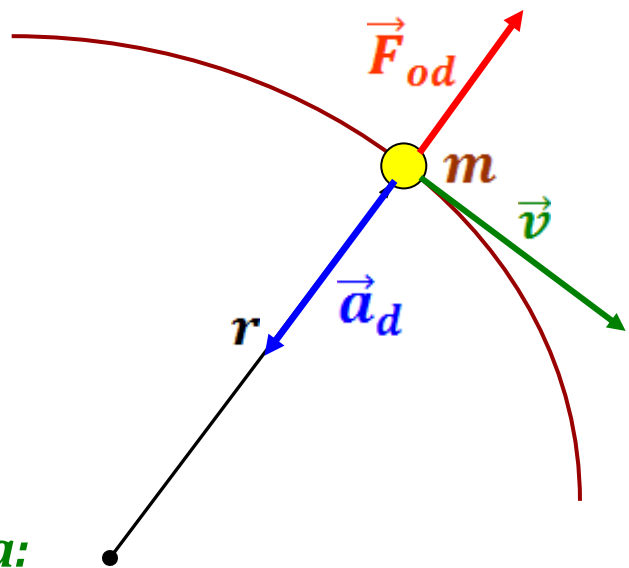


ruch jednostajnie przyspieszony



ruch jednostajnie opóźniony

Siła bezwładności w ruchu jednostajnym po okręgu



\vec{F}_{od} – odśrodkowa siła bezwładności

$$\vec{F}_{od} = -m \cdot \vec{a}_d$$

$$|\vec{F}_{od}| = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Uwaga:

Obserwator rozpatrujący ruch tego samego ciała w inercyjnym układzie odniesienia (nieruchomym względem powierzchni Ziemi), stwierdzi istnienie **siły dośrodkowej**, która zakrzywia tor ruchu ciała.

Wartość tej siły jest **równa wartości sumy rzutów wektorów wszystkich sił na kierunek promienia okręgu**; jest ona skierowana do środka okręgu.

$$\vec{F}_d = m \cdot \vec{a}_d \quad \longrightarrow \quad |\vec{F}_d| = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad \longrightarrow \quad |\vec{F}_d| = |\vec{F}_{od}|$$

6. Co nazywamy dynamicznym równaniem ruchu i jak się je układa?

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_W}{m} \quad \longrightarrow \quad \underbrace{m \cdot \vec{a} = \vec{F}_W}_{\text{dynamiczne równanie ruchu}}$$

Uwaga:

Jeżeli rozpatrywany ruch jest jednowymiarowy, np. wzdłuż osi **X**, to:

$$m \cdot \vec{a}_x = \vec{F}_{w,x}$$

Dodatknie współrzędne na wybranej osi układu współrzędnych mają siły, których zwroty są zgodne ze zwrotem tej osi !

Jeżeli rozpatrywany ruch jest dwuwymiarowy lub trójwymiarowy, to równania ruchu należy ułożyć dla każdej z osi układu współrzędnych.

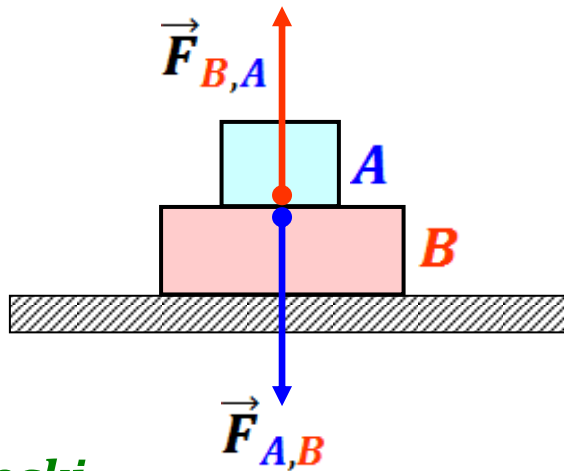
$$m \cdot \vec{a}_x = \vec{F}_{w,x} \quad m \cdot \vec{a}_y = \vec{F}_{w,y} \quad m \cdot \vec{a}_z = \vec{F}_{w,z}$$

Trzecia zasada dynamiki Newtona

Oddziaływania ciał są zawsze wzajemne.

Jeżeli np. ciało A działa z pewną siłą na ciało B, to ciało B działa na ciało A siłą o takim samym kierunku, takiej samej wartości i przeciwnym zwrocie.

Jedna z tych sił jest przyłożona do ciała A, natomiast druga z nich do ciała B.



Wnioski:

$\vec{F}_{A,B}$ - siła, z jaką ciało A działa na ciało B.

$\vec{F}_{B,A}$ - siła, z jaką ciało B działa na ciało A.

Ale:

$$\vec{F}_{A,B} = -\vec{F}_{B,A}$$

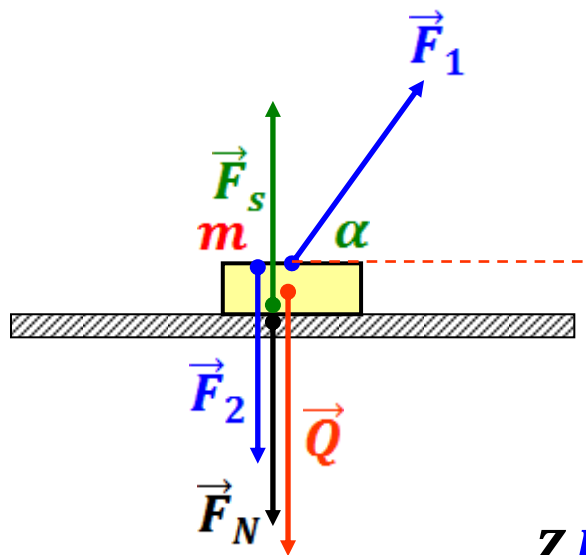
$$|\vec{F}_{A,B}| = |\vec{F}_{B,A}|$$

Nieemożliwe jest istnienie w przyrodzie tylko jednej siły.

Obie siły się nierównoważą, gdyż jedna z nich jest przyłożona do ciała A, natomiast druga do ciała B.

Jak, korzystając z zasad dynamiki, można obliczyć wartość siły nacisku ciała na podłoże?

Na ciało o masie m , mogące się poruszać po poziomej powierzchni, działa układ sił pokazanych na rysunku. Siły tarcia są pomijalnie małe.



Dorysuj brakujące siły działające na ciało oraz siłę nacisku ciała na podłoże.

\vec{Q} - ciężar ciała $Q = m \cdot g$

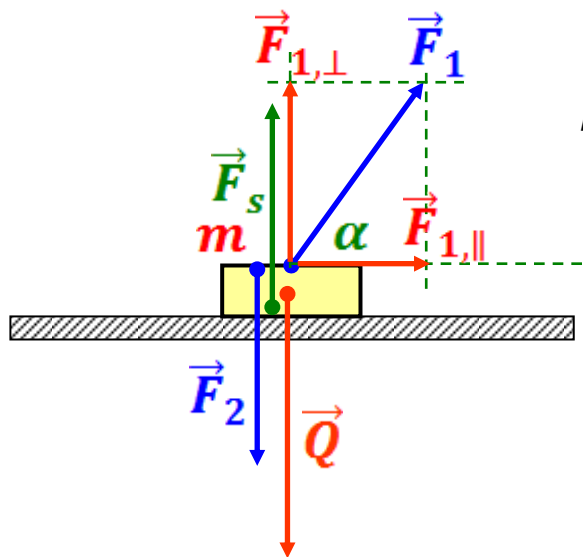
\vec{F}_s - siła sprężystości (reakcji) podłoża

\vec{F}_N - siła nacisku ciała na podłoże

Z III ZDN: $\vec{F}_N = -\vec{F}_s \implies |\vec{F}_N| = |\vec{F}_s|$

Wniosek: aby obliczyć wartość siły nacisku ciała na podłoże, należy najpierw obliczyć wartość siły sprężystości podłoża.

Jak, korzystając z zasad dynamiki, można obliczyć wartość siły sprężystości podłoża?



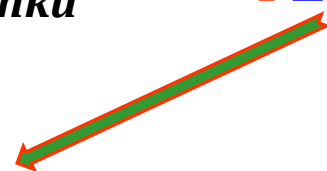
Kierunek prostopadły do podłoża



Ciało znajduje się w spoczynku



I ZDN



Siły działające na ciało na tym kierunku się równoważą!

$$\vec{F}_{w,\perp} = \vec{0}$$

Uwaga: siły, których kierunki działania nie są ani równoległe, ani prostopadłe do podłoża, należy rozłożyć na składowe na tych kierunkach.

Kierunek prostopadły do podłoża: $\vec{F}_{w,\perp} = \vec{F}_{1,\perp} + \vec{F}_s + \vec{F}_2 + \vec{Q} = \vec{0}$

Stąd:

$$|\vec{F}_{1,\perp}| + |\vec{F}_s| - |\vec{F}_2| - |\vec{Q}| = 0 \implies |\vec{F}_s| = |\vec{F}_2| + |\vec{Q}| - |\vec{F}_{1,\perp}|$$

***Wiadomo, że taki a taki pomysł
jest nie do zrealizowania.***

***Ale żyje sobie gdzieś jakiś
nieuk, który o tym nie wie.***

***I on właśnie dokonuje
tego wynalazku!***

Albert Einstein