

Dynamika

Maciej J. Mrowiński

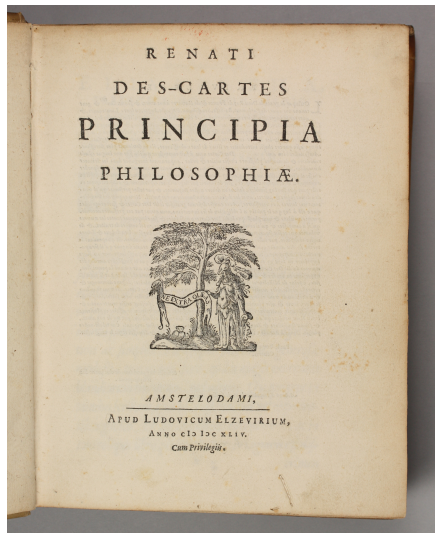
mrow@if.pw.edu.pl

Wydział Fizyki
Politechnika Warszawska

29 października 2017



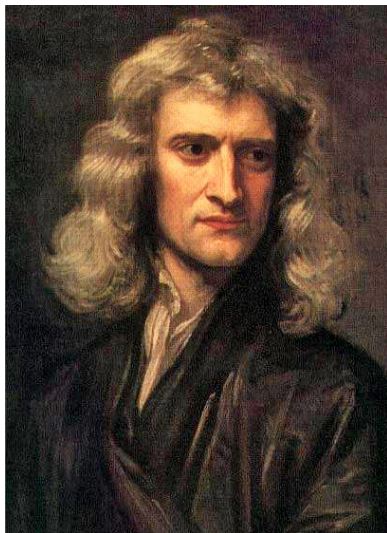
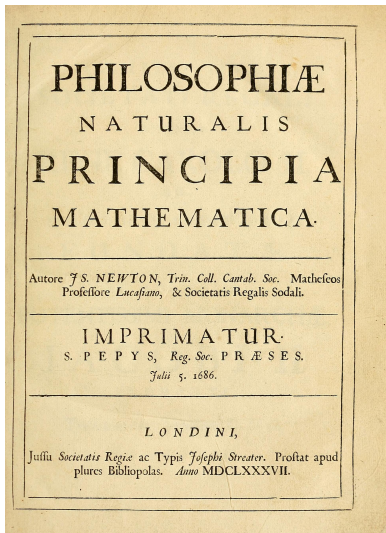
Kartezjusz (1596-1650)



Bezwładność

Każda rzecz, o ile tylko jest prosta i niepodzielona, trwa, jeśli jest sama dla siebie, zawsze w tym samym stanie i nie zmienia się nigdy, jedynie tylko pod wpływem przyczyn zewnętrznych. Jeśliby jakaś część materii spoczywała, nie wierzymy, że kiedykolwiek zacznie się poruszać, o ile nie pobudzi jej do tego jakaś przyczyna. Ani też nie ma żadnej lepszej racji, jeśliby była w ruchu, że ona kiedykolwiek sama przez się, i nie natrafiając na przeszkodę ze strony czegoś innego, miałaby ruch swój przerwać. Tak więc należy wnosić, że to, co się porusza, o ile samo jest dla siebie, zawsze będzie się poruszać.

Sir Isaac Newton (1642-1726)



Definicja I

Ilość materii jest jej miarą, daną łącznie przez gęstość i objętość. Tak więc w podwójnej przestrzeni przy podwójnej gęstości znajduje się cztery razy większa ilość powietrza, a w potrójnej przestrzeni - ilość sześć razy większa... Tę ilość materii będę dalej nazywał ciałem lub masą; poznajemy ją na podstawie ciężaru ciała, ponieważ masa jest proporcjonalna do ciężaru, jak się przekonałem na podstawie bardzo dokładnych doświadczeń z wahadłami.

Definicja II

Ilość ruchu jest jego miarą, daną łącznie przez prędkość i ilość materii. Ruch całości jest sumą ruchów poszczególnych części, zatem w ciele dwa razy większym przy tej samej prędkości ilość ruchu jest dwa razy większa, a przy dwa razy większej prędkości - cztery razy większa.

Definicja III

Wrodzoną siłą materii jest jej zdolność stawiania oporu, dzięki której każde ciało, zależnie od jej zawartości, pozostaje samo przez się w stanie dotychczasowym, czy to spoczynku, czy też ruchu jednostajnie prostoliniowego.

Siła ta jest zawsze proporcjonalna do ciała, którego jest siłą, i różni się od nieaktywności masy tylko w sposobie jej postrzegania. Ciało ze względu na bezwładną naturę materii nie zmienia bez trudności swego stanu spoczynku lub ruchu. Z tego wynika, że ta wrodzona siła może być najśluszej nazwana bezwładnością lub siłą nieaktywności. Ale ciało przejawia tę siłę tylko wtedy, kiedy inna siła nań wywarta dąży do zmiany jego stanu; działanie tej siły można traktować zarówno jako opór, jak i pęd. Jest to opór, ponieważ ciało, dążąc do utrzymania swojego dotychczasowego stanu, przeciwstawia się sile przyłożonej; jest to pęd, gdyż ciało niełatwo, poddając się sile przyłożonej pochodzącej od drugiego ciała, dąży do zmiany stanu tego drugiego ciała. Opór przypisuje się zwykle ciałom w spoczynku, a pęd - ciałom w ruchu, ale spoczynek i ruch różnią się tylko względnie; ciała nie są zawsze naprawdę w spoczynku, tak jak się to zwykle uważa.

Definicja IV

Siła przyłożona jest to działanie wywierane na ciało w celu zmiany jego stanu, czy to spoczynku czy ruchu jednostajnie prostoliniowego.

Siła ta polega tylko na działaniu i nie pozostaje w ciele, kiedy działanie ustaje, ciało bowiem utrzymuje każdy nowy osiągnięty stan tylko przez swą bezwładność. Natomiast siły przyłożone mają różne pochodzenie, na przykład z uderzenia, ciśnienia i siły dośrodkowej.

I Prawo

Każde ciało pozostaje w swym stanie spoczynku lub ruchu jednostajnego po linii prostej, dopóki siły przyłożone nie zmuszą go do zmiany stanu.

Aksjomaty czyli praw ruchu

I Prawo

Każde ciało pozostaje w swym stanie spoczynku lub ruchu jednostajnego po linii prostej, dopóki siły przyłożone nie zmuszą go do zmiany stanu.

II Prawo

Zmiana ruchu jest proporcjonalna do przyłożonej siły poruszającej i następuje wzdłuż prostej, wzdłuż której siła ta jest przyłożona.

Aksjomaty czyli praw ruchu

I Prawo

Każde ciało pozostaje w swym stanie spoczynku lub ruchu jednostajnego po linii prostej, dopóki siły przyłożone nie zmuszą go do zmiany stanu.

II Prawo

Zmiana ruchu jest proporcjonalna do przyłożonej siły poruszającej i następuje wzdłuż prostej, wzdłuż której siła ta jest przyłożona.

III Prawo

Każdemu działaniu towarzyszy zawsze przeciwne i równe przeciwdziałanie, to jest wzajemne działania dwóch ciał na siebie są zawsze równe i skierowane przeciwnie.

I Zasada Dynamiki

Jeżeli ciało nie oddziałuje z innymi ciałami, możliwe jest znalezienie układu odniesienia, w którym to ciało ma zerowe przyspieszenie. Taki układ nazywamy układem inercyjnym.

I Zasada Dynamiki

W inercyjnym układzie odniesienia, przy braku sił zewnętrznych, ciała pozostają w spoczynku lub poruszają się ruchem jednostajnie prostoliniowym.

II Zasada Dynamiki

W układach inercjalnych zmiana pędu ciała w jednostce czasu jest proporcjonalna do siły działającej na ciało i zgodnie z nią skierowana.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

II Zasada Dynamiki

W układach inercjalnych zmiana pędu ciała w jednostce czasu jest proporcjonalna do siły działającej na ciało i zgodnie z nią skierowana.

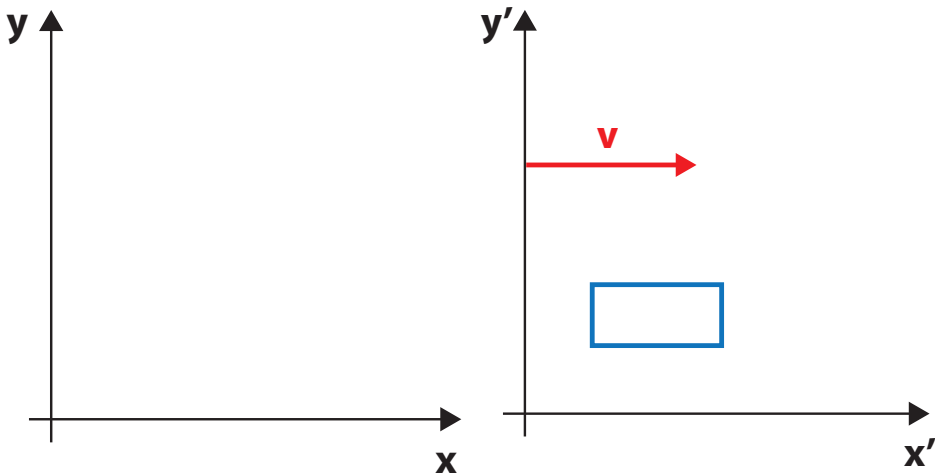
$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

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

III Zasada Dynamiki

Oddziaływania pomiędzy ciałami są zawsze wzajemne. Jeżeli pewne ciało oddziałuje siłą na drugie ciało, wówczas to drugie ciało oddziałuje na pierwsze równoważną siłą (o tej samej wartości), skierowaną jednak przeciwnie.

Zasada względności Galileusza



Zasada względności Galileusza

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

Zasada względności Galileusza

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

$$v'_x = v_x - v$$

$$v'_y = v_y$$

$$v'_z = v_z$$

$$t' = t$$

Zasada względności Galileusza

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

$$v'_x = v_x - v$$

$$v'_y = v_y$$

$$v'_z = v_z$$

$$t' = t$$

$$a'_x = a_x$$

$$a'_y = a_y$$

$$a'_z = a_z$$

$$t' = t$$

Zasada względności Galileusza

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

$$v'_x = v_x - v$$

$$v'_y = v_y$$

$$v'_z = v_z$$

$$t' = t$$

$$F'_x = F_x$$

$$F'_y = F_y$$

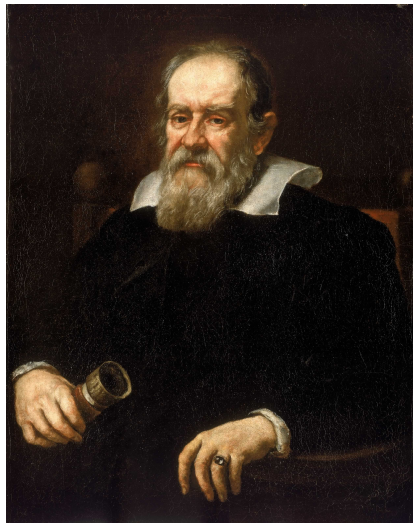
$$F'_z = F_z$$

$$t' = t$$

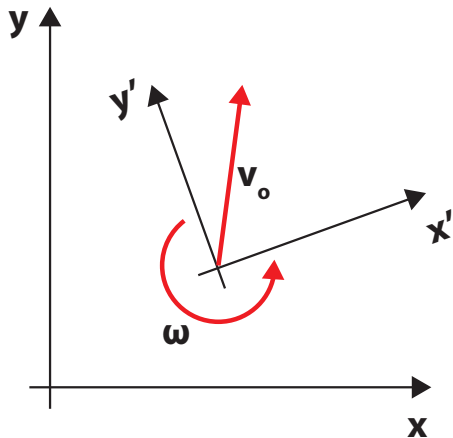
Zasada względności Galileusza

Zasada względności Galileusza

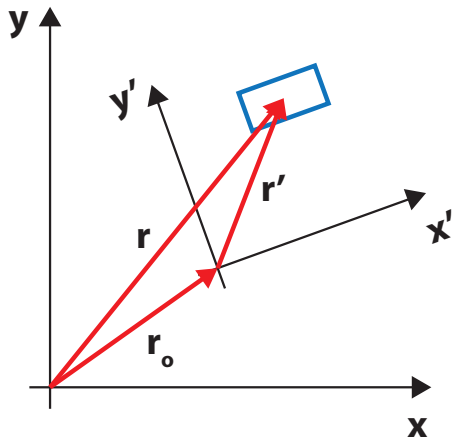
W układach inercjalnych, w tych samych warunkach, zjawiska mechaniczne przebiegają jednakowo.



Siły bezwładności (pozorne)



Siły bezwładności (pozorne)

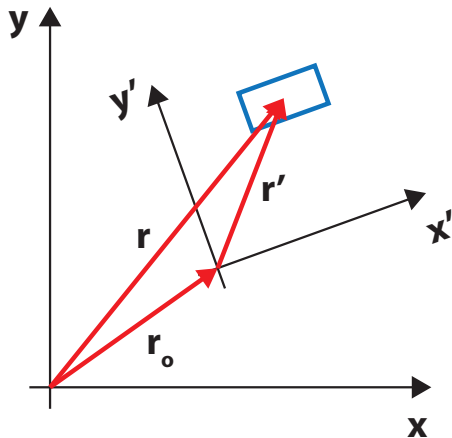


$$\vec{v}_o = \frac{d\vec{r}_o}{dt}$$

$$\vec{a}_o = \frac{d\vec{v}_o}{dt}$$

$$\vec{\omega} = \omega \hat{z}$$

Siły bezwładności (pozorne)



W układach nieinercjalnych występują dodatkowe przyspieszenia, uwzględniane poprzez siły pozorne:

- siła d'Alemberta

$$F_d = -m\vec{a}_o$$

- siła odśrodkowa

$$F_{od} = m\omega^2\vec{r}'$$

- siła Coriolisa

$$F_c = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}'$$