

Podstawy fizyki – sezon 1

II. DYNAMIKA

Agnieszka Obłąkowska-Mucha

WFiIS, Katedra Oddziaływań i Detekcji Cząstek,
D11, pok. 106
amucha@agh.edu.pl
<http://home.agh.edu.pl/~amucha>

Cele wykładu (pytania egzaminacyjne)

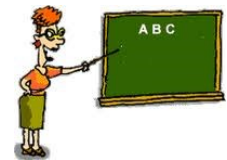
Wiedza:

- ▶ Siła jest wielkością wektorową
- ▶ Siła jest przyczyną ruchu.
- ▶ Trzy zasady dynamiki Newtona.
- ▶ Rola tarcia w ruchu.



Umiejętności:

- ▶ Określenie rodzaju ruchu w zależności od działających sił.
- ▶ Narysowanie schematów sił działających na ciała (pole grawitacyjne, poziome i nachylone powierzchnie, układy ciał)
- ▶ Siły bezwładności w poruszających się układach.



Kinematyka a dynamika

- ▶ Kinematyka – odpowiedź na pytanie „Jak ciało się porusza?”
- ▶ Dynamika – **Dlaczego ciało się porusza?**
- ▶ W dynamice szukamy związków pomiędzy oddziaływaniem ciał a ich ruchem.
- ▶ Newton 1687 – „Początki matematyczne filozofii przyrody”
- ▶ Wprowadzone pojęcie: **SIŁA**
- ▶ **Przyspieszenie** charakteryzuje zmianę prędkości (co do wartości lub kierunku)
- ▶ Przyczyną występowania przyspieszenia jest siła (bezpośrednia lub pośrednia-pole).

DYNAMIKA jest podstawowym działem mechaniki.

I Zasada Dynamiki (punktu materialnego)

Jeżeli na ciało nie działała żadna siła lub siły działające się równoważą, ciało znajduje się w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.

Bezwładność – własność ciała, która powoduje, że ciało zachowuje swój obecny stan (spoczynku lub poruszania się po linii prostej), w przypadku, gdy nie działają inne ciała.

Pierwsza zasada dynamiki stwierdza, że jeżeli na ciało nie działa żadna siła (lub gdy siła wypadkowa jest równa zero) to istnieje taki układ odniesienia, w którym to ciało spoczywa lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.

Jest to **UKŁAD INERCJALNY**

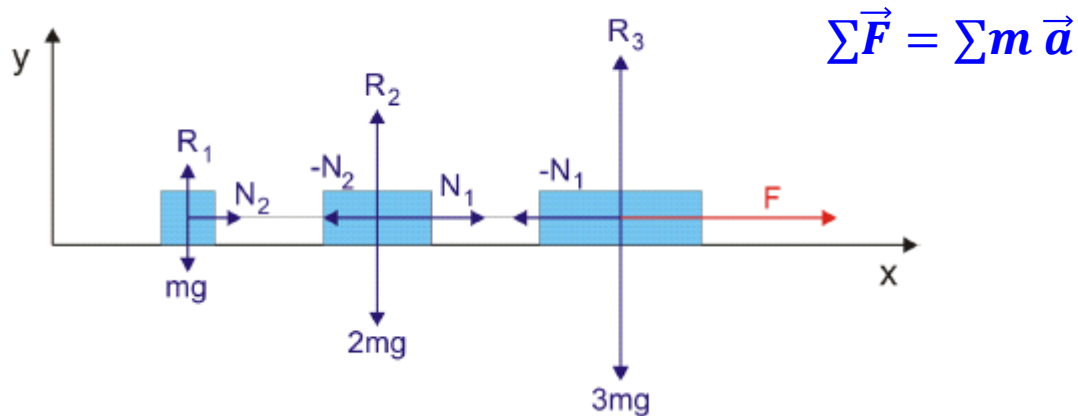


II Zasada Dynamiki

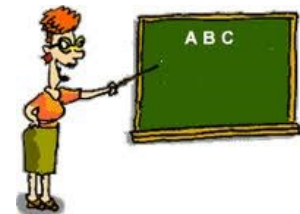
Siła wypadkowa działająca na ciało jest równa iloczynowi masy tego ciała i jego przyspieszenia:

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

Przykł: do układu trzech ciał o masach m , $2m$ i $3m$ przyłożona została siła zewnętrzna F . Opisać ruch ciała.



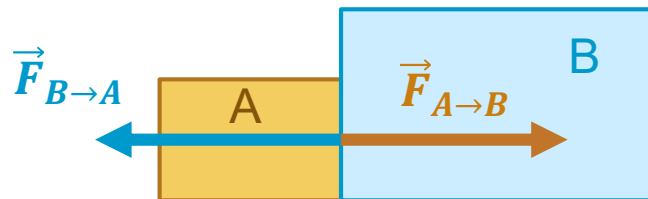
$$\sum \vec{F} = \sum m \vec{a}$$



III Zasada Dynamiki

Gdy dwa ciała oddziałują wzajemnie, to siła wywierana przez ciało drugie na ciało pierwsze jest równa i przeciwnie skierowana do siły, jaką ciało pierwsze działa na drugie.

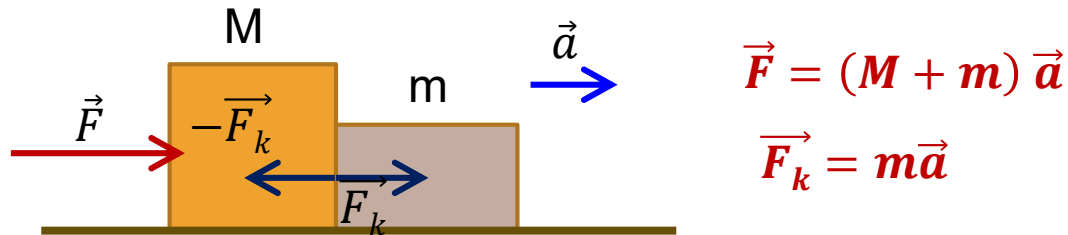
$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = -\vec{F}_{B \rightarrow A}$$



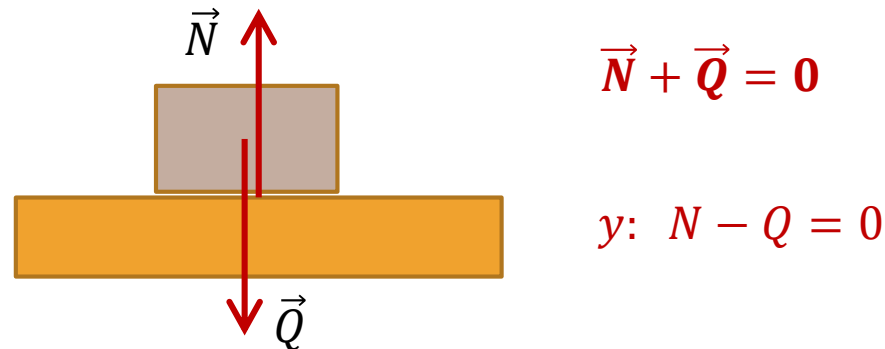
Siły kontaktowe

- Gdy dwa ciała są dociskane do siebie - siły kontaktowe.

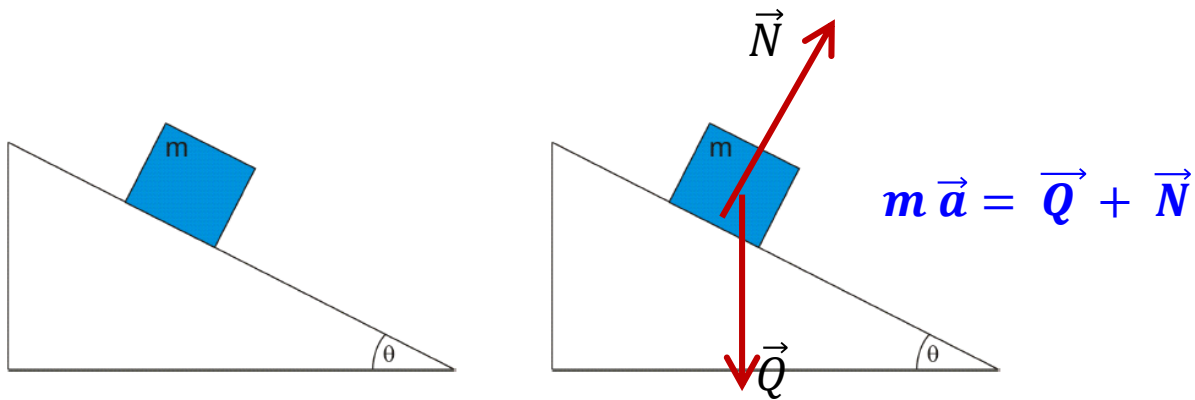
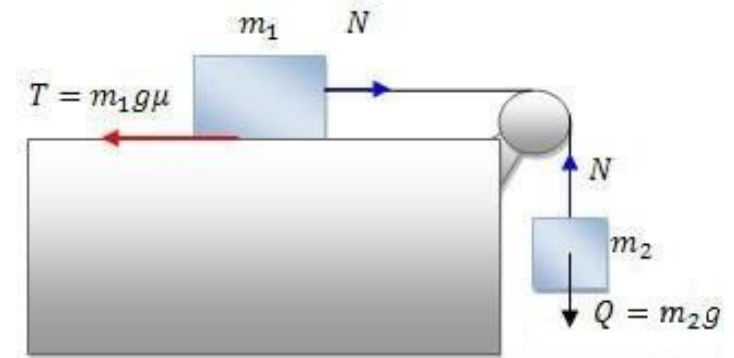
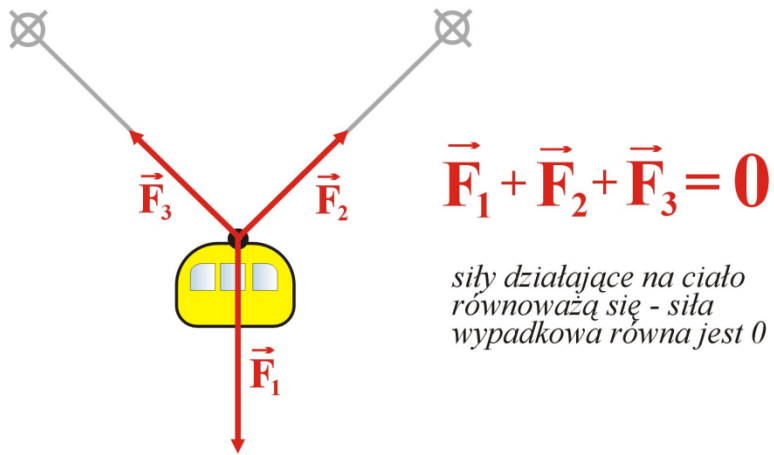
Źródłem tych sił jest odpychanie pomiędzy atomami – siły elektromagnetyczne.



- Siły kontaktowe są tu normalne do powierzchni ciał.
- Siły normalne: gdy jedno ciało naciska na inne, odkształca go i działa siłą normalną (prostopadłą) do powierzchni

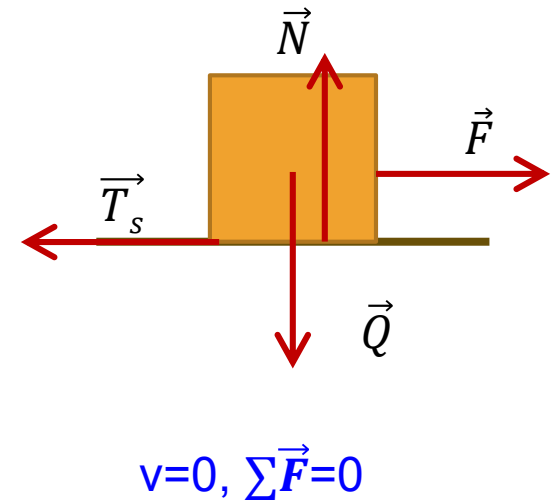


Zasady dynamiki - przykłady



Tarcie

- Tarcie jest to siła kontaktowa styczna do powierzchni.
- Działa zrówno, gdy ciała spoczywają, jak i poruszają się.
- Siła tarcia działającą między nieruchomymi powierzchniami – **tarcie statyczne T_s** .
- Maksymalna wartość **$T_{s\max}$** - krytyczna siła, którą należy przyłożyć, żeby ruszyć ciało z miejsca



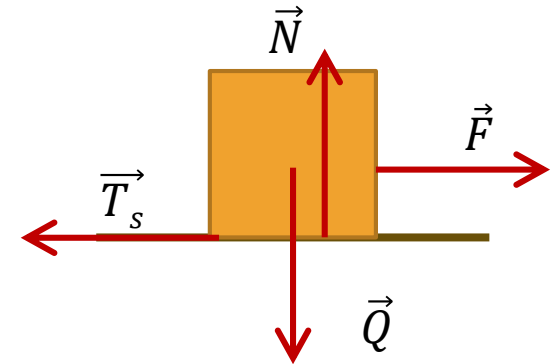
Tarcie

- Maksymalna wartość $T_{s \max}$ - krytyczna siła, którą należy przyłożyć, żeby ruszyć ciało z miejsca
 - T_s jest w przybliżeniu niezależna od wielkości pola powierzchni styku ciał;
 - T_s jest proporcjonalna do siły normalnej, z jaką jedna powierzchnia naciska na drugą.

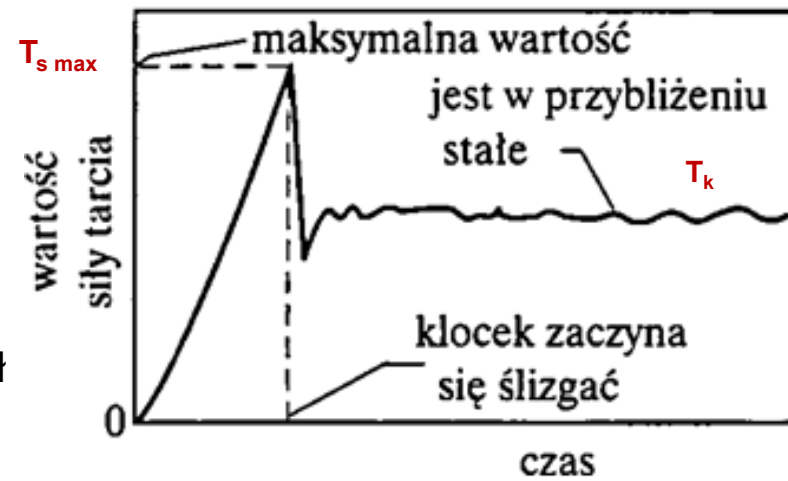
$$T_s \leq \mu_s N, \quad \mu_s = \frac{T_{s \max}}{N},$$

- Gdy ciało zacznie się poruszać – siła tarcia kinetycznego T_k
 - tarcie kinetyczne nie zależy od prędkości ciała

$$\mu_k = \frac{T_k}{N}$$

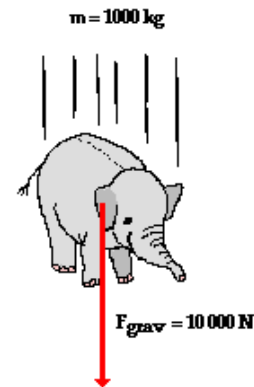
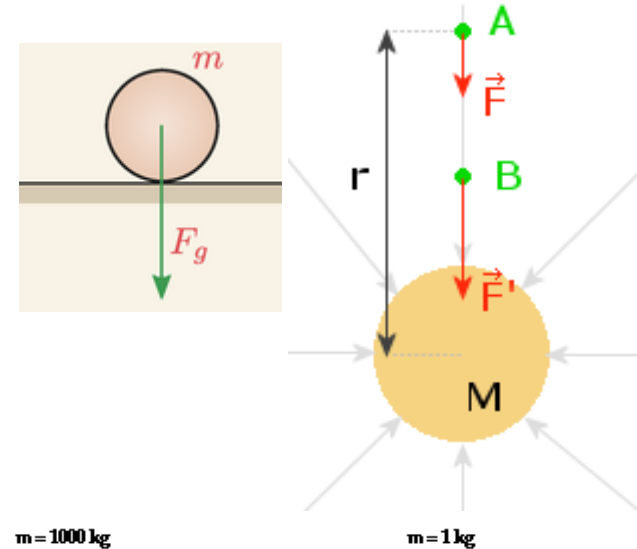


$$v=0, \sum \vec{F}=0$$

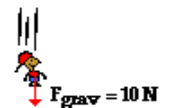


Siła ciężkości, ciężar i masa

- Ciężar definiujemy jako wartość bezwzględną siły grawitacyjnej, z jaką Ziemia przyciąga ciało. Siła grawitacyjna jest to wielkość wektorowa.
- Ciężar zależy od odległości od środka Ziemi, masa jest zawsze taka sama.
- Masa jest miarą bezwładności – jeżeli do dwóch różnych mas przyłożymy tę samą siłę – stosunek uzyskanych przyspieszeń jest odwrotnością stosunku mas:
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}$$
- Galileusz (1590) – wszystkie ciała swobodnie puszczane spadają z takim samym przyspieszeniem g
- Siłą działającą na spadające ciało jest jego ciężar $Q=mg$ (tylko wartość!)



$$a = \frac{F_{\text{net}}}{m} = \frac{10\,000\text{ N}}{1000\text{ kg}}$$
$$a = 10\text{ m/s}^2$$

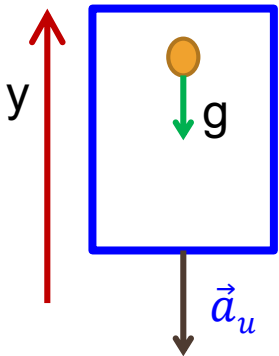


$$a = \frac{F_{\text{net}}}{m} = \frac{10\text{ N}}{1\text{ kg}}$$
$$a = 10\text{ m/s}^2$$

Ruch ciała w poruszających się układach (nieinercjalnych)

- Gdy ciało umieszczone jest w układzie poruszającym się z przyspieszeniem \vec{a}_u , to jego przyspieszenie w tym układzie wynosi $-\vec{a}_u$
- II zasada dynamiki Newtona (ogólnie): $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}(\vec{r}, \vec{p}, t)$, $\frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$
- w nieinercjalnych układach odniesienia: $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}(\vec{r}, \vec{p}, t) - m\vec{a}_u$

Przykład: spadająca piłka w windzie:



w ukł. bloku: $m \frac{dv}{dt} = -mg$

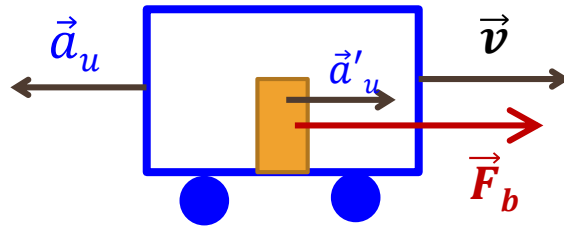
w ukł. windy:

$$m \frac{dv}{dt} = -mg + ma_u = -m(g - a_u)$$

Układy nieinercyjne – siły bezwładności

Siły bezwładności – siły pozorne, ale powodujące rzeczywiste skutki (kawa na spodniach).

Przykład 1: hamujący samochód:



- gdy $v = \text{const}$ – nie działa siła, ruch jednostajny
- w ukł inercyjnym: \vec{a}_u
- w ukł nieinercyjnym: \vec{a}'_u , czyli działa siła:

$$\vec{F}_b = m \vec{a}'_u = -m \vec{a}_u$$

jest to **siła bezwładności**

Przykł. Wyznacz przyspieszenia mas na w układach z poniższych rysunków. Przyjmij współczynnik tarcia o podłoże wynosi f , a wszystkie masy i kąty nachylenia są znane.

