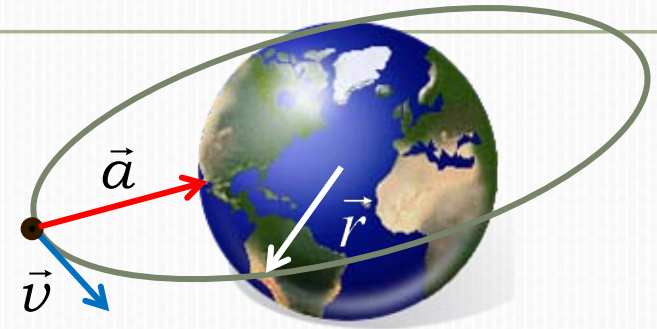


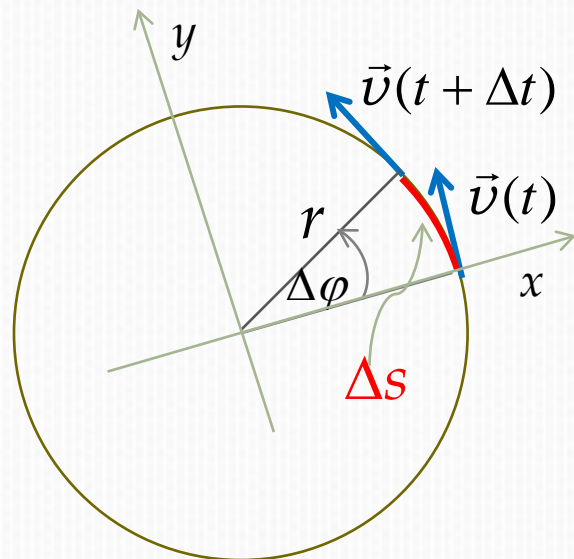
1.6. Ruch po okręgu

W przykładzie z wykładu 1 asteroida poruszała się po okręgu, wartość jej prędkości $v = b\omega$ była stała, ale ruch odbywał się z przyspieszeniem $\vec{a} = -\omega^2 \vec{r}$.
Przyspieszenie w tym ruchu związane było ze zmianą kierunku prędkości.



Omówimy ruch ciała po okręgu w ogólnym przypadku.

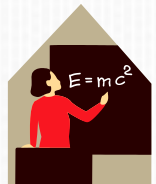
Położenie ciała na okręgu określa jednoznacznie kąt φ mierzony w radianach - **droga kąтова**, liczony względem obranej osi Ox .
Ruch ciała określa funkcja $\varphi = \varphi(t)$.



$$\varphi = \frac{s}{r} \quad [\varphi] = \text{radian}$$

s - długość łuku, r - promień

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1}{r} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1}{r} \frac{ds}{dt}$$



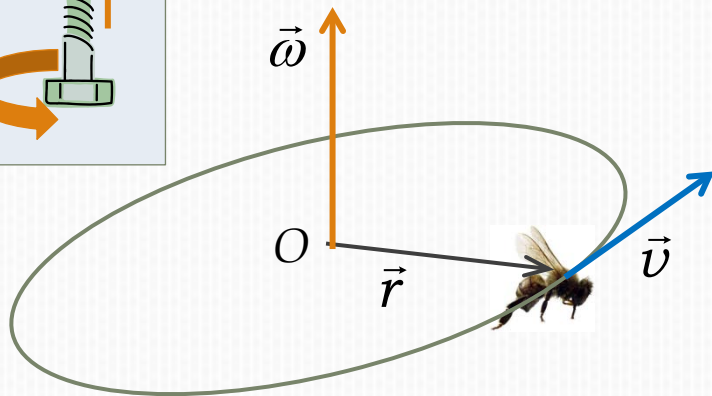
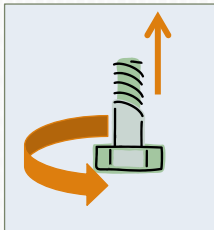
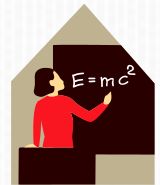
Prędkość kątowna ω :

$$\omega = \frac{v}{r}, \quad [\omega] = \text{s}^{-1}$$

Prędkość kątowną możemy traktować jako wektor $\vec{\omega}$ skierowany prostopadłe do płaszczyzny okręgu, którego zwrot wyznacza reguła śruby prawoskrętnej.

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}.$$

← Związek między prędkością liniową \vec{v} i prędkością kątowną $\vec{\omega}$.



Obliczmy przyspieszenie:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{\omega} \times \vec{r}) = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt},$$

Przyspieszenie normalne:

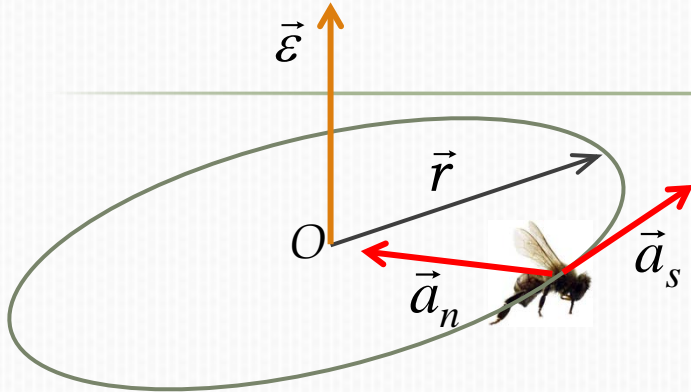
$$\vec{a}_n = \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\omega} \times \vec{v} = \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}),$$

$$\vec{a} \times (\vec{b} \times \vec{c}) = \vec{b}(\vec{a} \cdot \vec{c}) - \vec{c}(\vec{a} \cdot \vec{b})$$

Przyspieszenie styczne:

$$\vec{a}_t = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} = \vec{\varepsilon} \times \vec{r},$$

$$\vec{a}_n = -\omega^2 \vec{r}.$$



Wektory przyspieszenia stycznego i normalnego są do siebie nawzajem prostopadłe.

W **ruchu niejednostajnym po okręgu** zmienia się zarówno wartość, jak i kierunek prędkości. Przyspieszenie ma składową styczną

$\vec{a}_t = \vec{\varepsilon} \times \vec{r}$ związaną ze zmianą wartości prędkości i składową normalną $\vec{a}_n = -\omega^2 \vec{r}$ związaną ze zmianą jej kierunku.

Jeśli ciało porusza się po okręgu ze stałą szybkością, to $\vec{a}_t = \vec{0}$ i ruch taki nazywamy **ruchem jednostajnym po okręgu** .

Czas, po którym ciało obiegnie okrąg ($\varphi = 2\pi$) to **okres ruchu T** .

$$\omega = 2\pi/T.$$



Dynamika dział mechaniki zajmujący się opisem ruchu ciał będącego konsekwencją działających na nie sił oraz ich bezwładności.

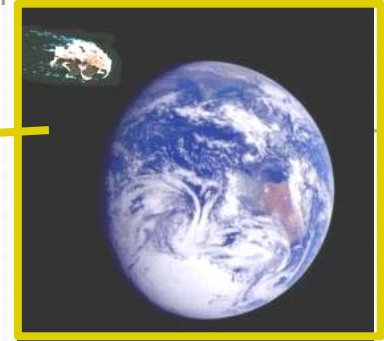
2. Dynamika punktu materialnego. Zasady dynamiki Newtona



Za zmiany ruchu ciał (in. cząstek) są odpowiedzialne wzajemne oddziaływania między nimi.

Świadectwem występowania oddziaływań między ciałami są ich skutki, polegające na:

- zmianach ruchu,
- odkształceniach ciał (statyczne).



☀ Przyciąganie grawitacyjne planet i Słońca zmieniło prędkość i tor asteroidy.

☀ Zderzenie z Ziemią doprowadziło do rozpadu asteroidy.

W obu przypadkach miało miejsce oddziaływanie z innymi ciałami.

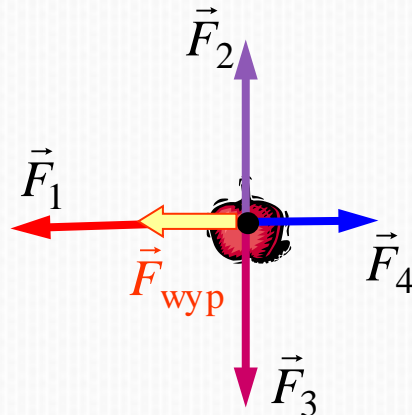


Miarą oddziaływania jest **siła** \vec{F} .

Asteroida podlegała oddziaływaniu grawitacyjnemu, którego miarą jest siła grawitacji:

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r},$$

(G stała grawitacji, m_1, m_2 - masy ciał, r odległość między nimi)



Suma geometryczna wszystkich sił działających na ciało to **siła wypadkowa**:

$$\vec{F}_{wyp} = \sum_i \vec{F}_i$$

Przykłady sił występujących w przyrodzie

john.republika.pl/galeria/ziemia05.jpg



Siła grawitacji

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$

(G stała grawitacji, m_1, m_2 - masy ciał, r odległość między nimi), \hat{r} - wektor)

Siła sprężysta

$$\vec{F} = -k\vec{r}$$

(k - współczynnik sprężystości)



Siła ciężkości

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

(m - masa ciała, \vec{g} - przyspieszenie ziemskie)

Siła oporu lepkiego

$$\vec{F} = -b\vec{v}$$

(b - stała)



www.school-for-champions.com/science



Siła tarcia kinetycznego

$$|\vec{F}| = f |\vec{N}|$$

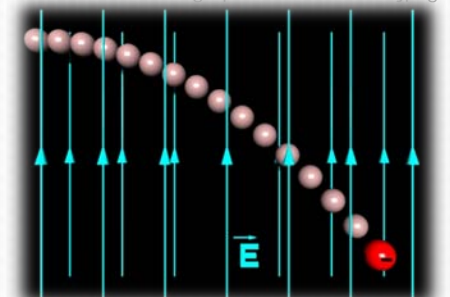
(f - współczynnik tarcia kinetycznego, \vec{N} - siła nacisku)

Siła działająca na ładunek w polu elektrycznym

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

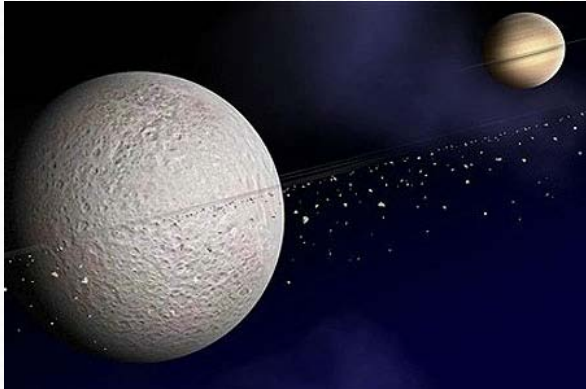
(q - ładunek, \vec{E} - natężenie pola elektrycznego)

web.ncf.ca/ch865/graphics/ParabInEFld.jpeg

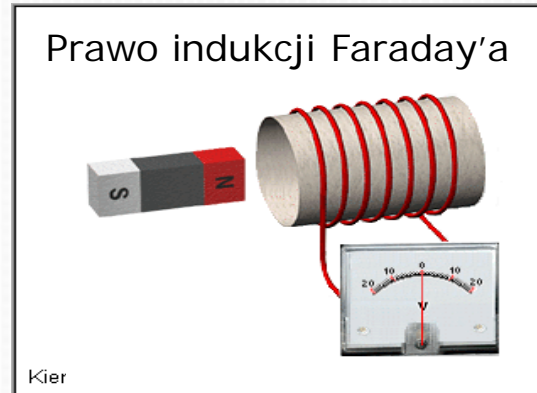


2.1. Oddziaływania fundamentalne

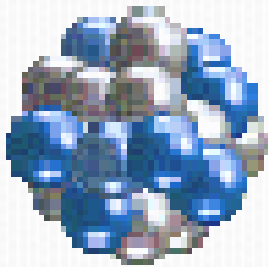
Oddziaływania występujące w przyrodzie możemy podzielić na cztery grupy - cztery **oddziaływania fundamentalne**:



1. Oddziaływanie grawitacyjne

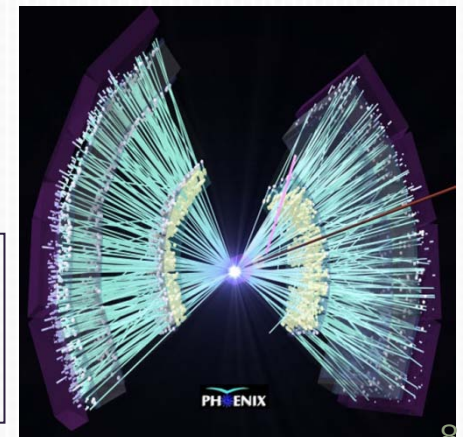


2. Oddziaływanie elektromagnetyczne



3. Oddziaływanie jądrowe silne

4. Oddziaływanie jądrowe słabe



Oddziaływanie grawitacyjne

Klasyczna teoria grawitacji opiera się na prawie powszechnego ciężenia Newtona:

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

Stała grawitacji: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

Oddziaływanie słabe, przyciągające, długozasięgowe, podlegają mu wszystkie ciała obdarzone masą. Odpowiedzialne za spadek swobodny ciał na Ziemi, zjawisko przyływów, ruchy planet, gwiazd

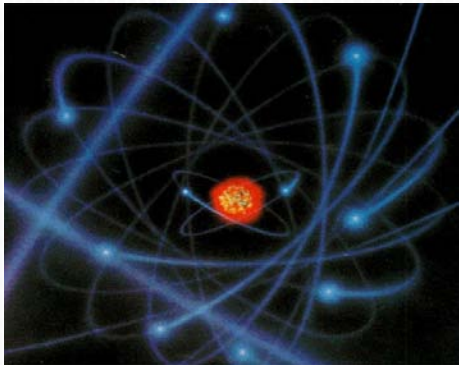
Ogólna teoria względności, współczesna teoria grawitacji tłumaczy zjawiska zachodzące w obecności bardzo dużych mas

Grawitacja jako przejaw zakrzywienia czasoprzestrzeni



Oddziaływanie elektromagnetyczne

Jest odpowiedzialne za wszystkie zjawiska elektryczne i magnetyczne, emisję i absorpcję światła oraz siły zespalaające materię na poziomie atomów i cząsteczek.

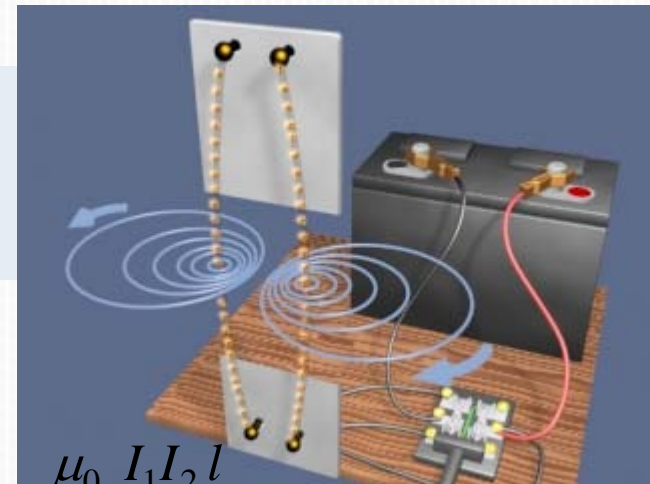


Oddziaływanie znacznie silniejsze od grawitacyjnego, długozasięgowe, odpychające lub przyciągające.

Przejawem oddziaływań magnetycznych są siły działające na ładunki poruszające się w polu magnetycznym i pole magnetyczne związane z ruchem ładunków elektrycznych.

Dwa przewodniki o długości l , odległe od siebie o d , odpychają się lub przyciągają, zależnie od kierunków płynących przez nie prądów elektrycznych I_1, I_2 (μ_0 – przenikalność magnetyczna próżni):

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 l}{d}$$



Oddziaływanie jądrowe silne

Odpowiedzialne za wiązania nukleonów (protonów i neutronów) w jądrach atomowych. Przewycięża odpychanie elektrostatyczne między protonami, zapewnia stabilność jądra.

Krótkozasięgowe – przyciągające na odległościach ≈ 2 fm, przy zmniejszaniu się odległości do 0,4–0,5 fm odpychające, co zapobiega zbytniemu wzrostowi gęstości jąder.



Oddziaływanie jest prawie identyczne dla każdej pary nukleonów.

Oddziaływanie jądrowe słabe

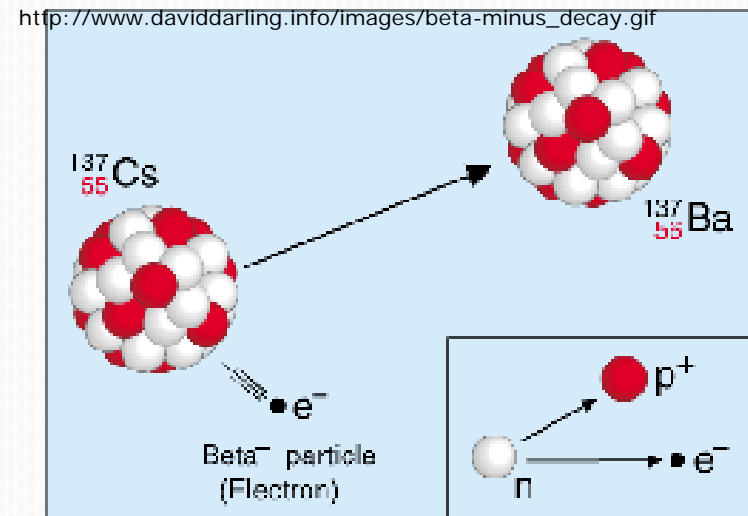
Bardzo krótkozasięgowe $\sim 10^{-18}$ m, występujące pomiędzy cząstkami elementarnymi, nie tworzące układów związanych.

Odpowiedzialne za promieniotwórczość jąder podlegających spontanicznej przemianie β , za rozpady wielu cząstek elementarnych w przyrodzie i za niektóre reakcje między nimi.

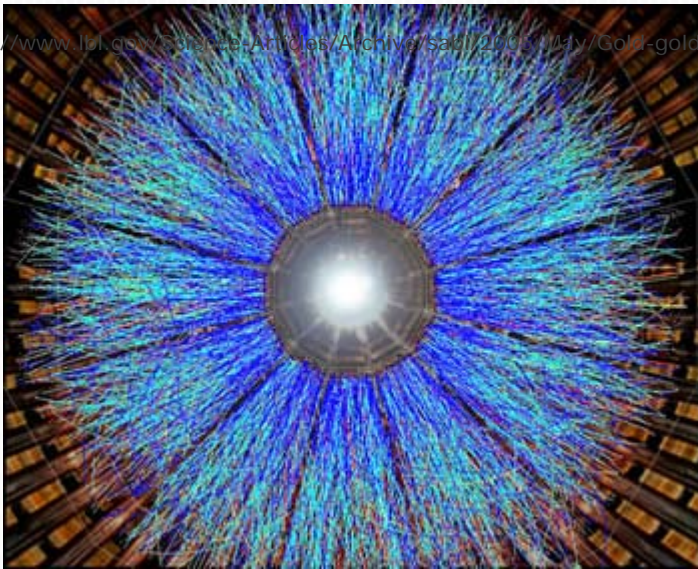


<http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTGzZwFzqAmKecl5Boizk7xwB3s4hzmxIQ6VNXrhlaaKW8w3XgD>

Po katastrofie reaktora atomowego w Fukuszymie



Rozpad β - neutron rozpada się na proton i elektron, jądro cezu emituje elektron, a wynikiem rozpadu jest powstanie jądra baru.



Zderzenie jonów złota w akceleratorze wyzwała olbrzymie energie i jest źródłem tysięcy nowych cząstek, których ślady są widoczne na zdjęciu. Zderzenia takie dostarczają cennych informacji o oddziaływaniach jądrowych

Informacje o oddziaływaniach jądrowych, silnym i słabym, (m.in. przybliżony kształt energii potencjalnej oddziaływania między nukleonami) otrzymujemy z badania emisji i absorpcji promieniowania oraz cząstek przez jądra, rozpraszania cząstek α , protonów na jądrach, obserwacje jąder atomowych i cząstek elementarnych, zderzenia wysokoenergetycznych cząstek.

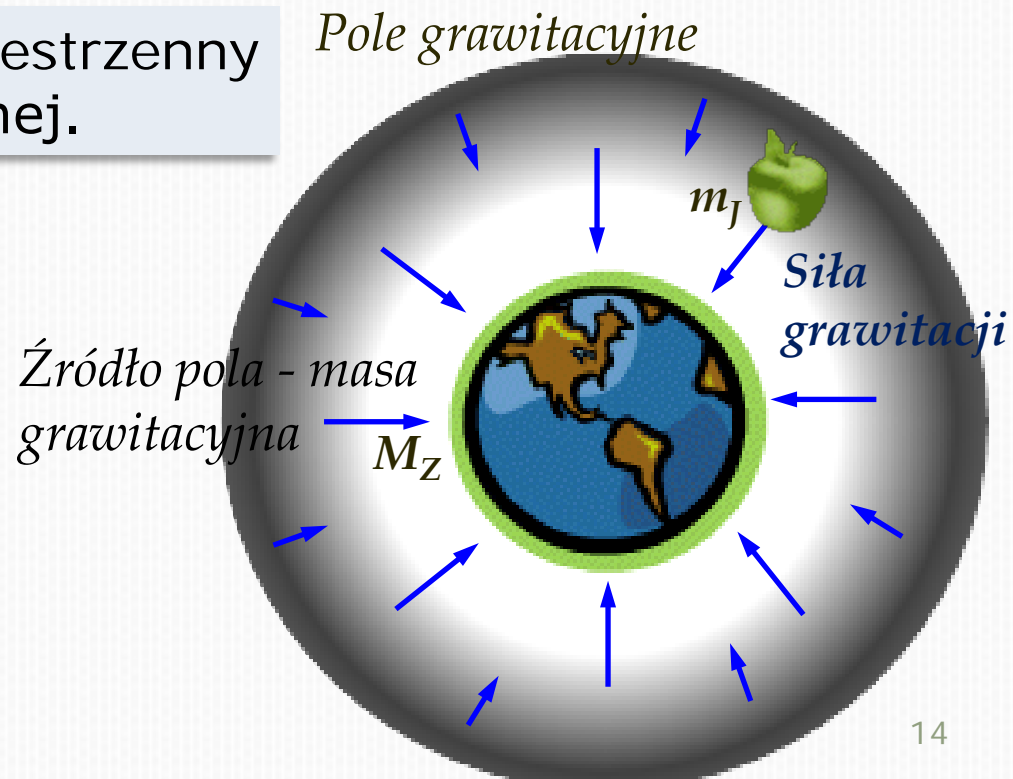
Gdyby oddziaływaniu silnemu przypisać względną siłę równą 1, to w tej skali oddziaływanie elektromagnetyczne miałyby wartość rzędu 10^{-2} , oddziaływanie grawitacyjne 10^{-39} , a oddziaływanie słabe 10^{-5} .

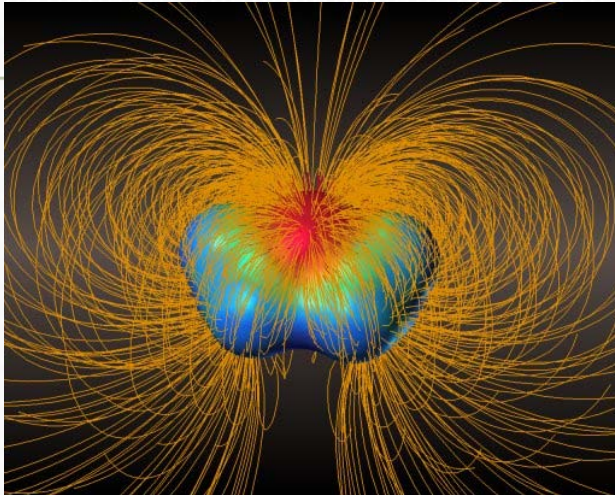
2. 2. Pola fizyczne

Oddziaływania fundamentalne między ciałami przenoszą się w przestrzeni za pośrednictwem **pól fizycznych**, których źródłami są cząstki o odpowiednich właściwościach, np. posiadające ładunki elektryczne, masy.

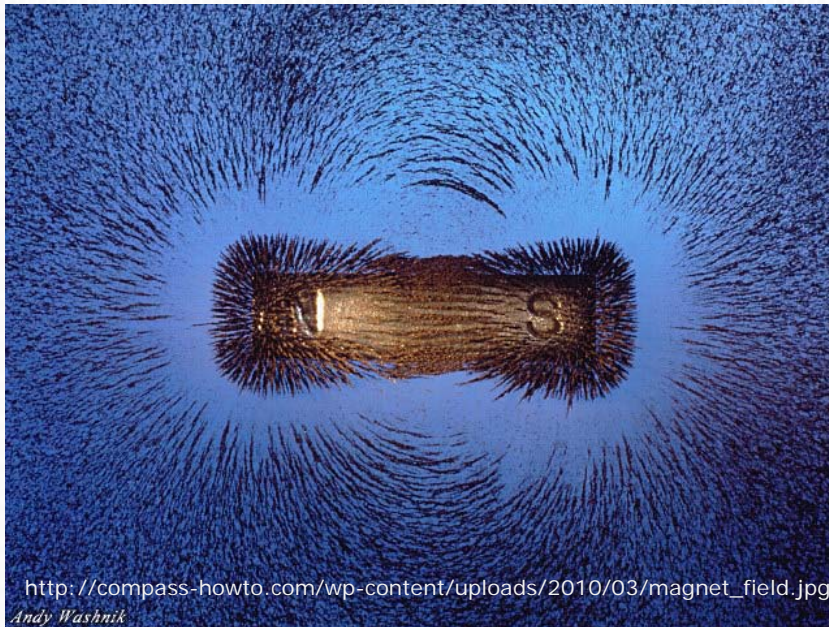
W skali mikroskopowej nigdy nie ma bezpośredniego kontaktu między oddziałującymi cząsteczkami.

Polem fizycznym nazywamy przestrzenny rozkład pewnej wielkości fizycznej.





*Komputerowa symulacja
linii pola elektrycznego
wokół molekuły*



*Pole magnetyczne wokół magnesu
sztabkowego uwidocznione za
pomocą opłetek żelaza.*

http://compass-howto.com/wp-content/uploads/2010/03/magnet_field.jpg

Andy Washnik



Często mówimy o bezpośrednim kontakcie oddziałujących ze sobą ciał, np. butów z podłożem.

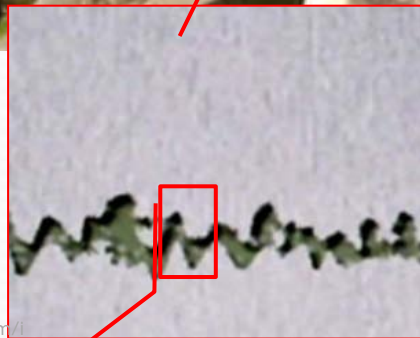
Ale w skali mikroskopowej takiego bezpośredniego kontaktu między cząsteczkami nie ma.

Siła tarcia kinetycznego

$$|\vec{F}| = f |\vec{N}| \quad (f - \text{współczynnik tarcia kinetycznego, } \vec{N} - \text{siła nacisku})$$

Tarcie jest spowodowane oddziaływaniem molekularnym pomiędzy cząsteczkami stykających się ciał.

Z kolei źródłem oddziaływań molekularnych są **oddziaływania elektromagnetyczne** pomiędzy elektronami i jonami atomów.



http://www.cdtextbook.com/images/350px-Friction_01m.jpg

