9. ZDERZENIA (2 strony)

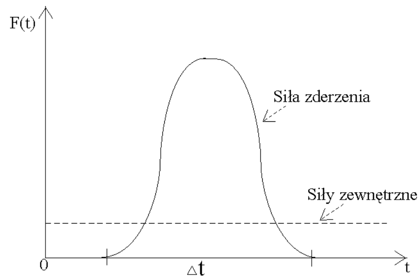
Zderzenia - to bardzo szeroka klasa procesów polegających na tym, że 2 ciała materialne, które początkowo znajdują się bardzo daleko od siebie zbliżają się, w wyniku czego zwiększa się ich wzajemne oddziaływanie po czym oddalają się tak, że oddziaływanie stopniowo słabnie.

Bardzo często można przyjąć, że efektywne oddziaływanie tych ciał zachodzi tylko w skończonym czasie. W wyniku oddziaływania zmienia się stan ruchu tych ciał na skutek wymiany pędu i energii między nimi.

Zderzenia są procesami bardzo częstymi zarówno w makro- jak i mikroświecie:
1) zderzenia kul bilardowych
2) kula karabinowa trafia w ścianę
3) elektron zderza się z atomem
4) cząstka α ulega na rozproszeniu na jądrze ciężkiego pierwiastka
5) kometa przelatująca po torze hiperbolicznym koło słońca
6) rozpędzony w akceleratorze proton zderza się z protonem spoczywającym

We wszystkich tych przykładach ciała oddziałują znacznymi siłami. Siły te występują jednak prawie wyłącznie w określonym przedziale czasu Δt zwanym czasem zderzenia. Poza tym czasem siły oddziaływania mają tak małe wartości , że można je pominąć. Siły tego rodzaju nazywamy siłami impulsowymi albo zderzeniowymi.

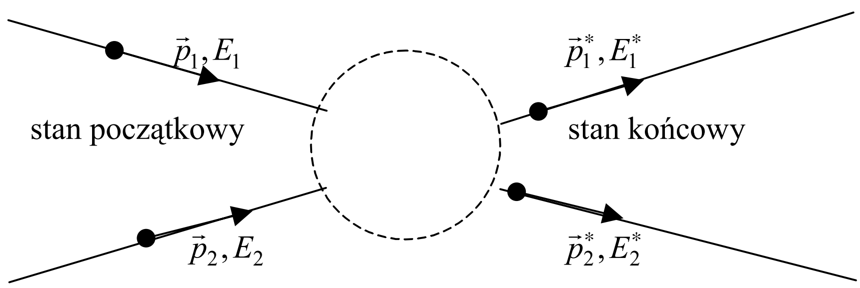
Czas trwania zderzenia :
protonu z jądrem atomu $10^{-22} - 10^{-23}$s
kul bilardowych $10^{-2} - 10^{-4}$s
komety ze słońcem nawet dziesiątki lub setki lat $\left(10^{8} - 10^{9}\text{s}\right)$



Siły zewnętrzne działające na ciała mogą mieć różne wartości i nie zawsze znoszą się wzajemnie. Na ogół są jednak znacznie mniejsze od sił zderzeniowych. Nie popełnimy więc dużego błędu jeżeli zaniedbamy siły zewnętrzne.

$*$ Jeżeli czas zderzenia Δt jest mały , to zderzające się ciała możemy potraktować jako układ odosobniony i od opisu zderzenia stosować zasady zachowania.

$$\begin{cases} \overline{P} = \overline{P}^{*} = \text{const} \\ \text{E} = \text{E}^{*} = \text{const} \qquad \text{- wielkości określone przed i po zderzeniu} \\ \vec{\text{J}} = \vec{\text{J}}^{*} = \text{const} \end{cases}$$



Podział zderzeń:

Wprowadźmy wielkość Q opisującą zderzenie $Q = E_k^* - E_k$

1) $Q = 0$ zderzenia sprężyste
2) $Q \neq 0$ zderzenia niesprężyste (nieelastyczne)
   a) zderzenia niesprężyste I rodzaju $Q<0$
      (endoenergetyczne czyli z pochłonięciem energii)
   b) zderzenia niesprężyste II rodzaju $Q>0$
      (egzoenergetyczne – z wydzieleniem energii)

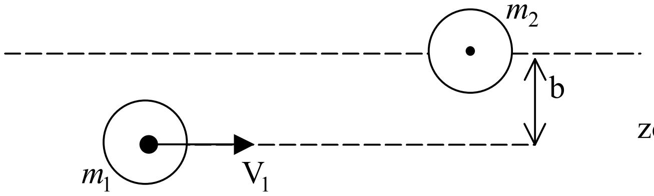
Energia progowa

Zderzenia nieelastyczne I rodzaju w mikro-świecie charakteryzuje ściśle określona wartość energii kinetycznej, zwana energią progową , powyżej której może ono zachodzić.

Przykłady:

1) atom wodoru, energia progowa jest równa różnicy energii między różnymi poziomami energetycznymi ΔE_{ij} ~10eV. Jeżeli energia kinetyczna przed zderzeniem jest mniejsza od ΔE_{ij} to zderzenie będzie sprężyste.
2) zderzenie protonu z protonem energia progowa jest równa energii potrzebnej do produkcji mezonu $\pi^0 = 135 MeV$

Zderzenie cząstki spoczywającej z cząstką poruszającą się (tak wybieramy układ współrzędnych, żeby v_2=0)



b - parametr zderzenia, dla kul zderzenie zachodzi, gdy $b \leq r_1 + r_2$

$\vec{J} = m \cdot \bar{r} \times \bar{v} = m_1 v_1 b =$ const

Jeżeli siła jest centralna można jednoznacznie rozwiązać zagadnienie zderzenia 2 ciał

- Ogólnie, w przybliżeniu nierelatywistycznym i dla Q = 0

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^{*2} + \frac{1}{2} m_2 v_2^{*2} \qquad \rightarrow \qquad \begin{cases} m_1 v_1 = m_1 v_1^* \cos\Theta_1 + m_2 v_2^* \cos\Theta_2 \\ 0 = m_1 v_1^* \sin\Theta_1 + m_2 v_2^* \sin\Theta_2 \end{cases}$$

$$m_1 \vec{v}_1 = m_1 \vec{v}_1^* + m_2 \vec{v}_2^*$$

Mamy więc cztery niewiadome ($v_1^*, v_2^*, \Theta_1, \Theta_2$) a tylko trzy równania, potrzebna jest więc jakaś dodatkowa informacja (np. z doświadczenia)

- Dla zderzenia centralnego **b = 0** zasada zachowania pędu redukuje się do równania

$m_1 v_1 = m_1 v_1^* + m_2 v_2^*$

$\Theta_2 = 0 \qquad \Theta_1 = 0$ lub $\pi \qquad \sin\Theta_1 = \sin\Theta_2 = 0$

- Sprężyste zderzenie niecentralne $b \neq 0$ można łatwo rozwiązać dla $m_1 = m_2 = m$

$$\begin{cases} \vec{V}_1 = \vec{V}_1^* + \vec{V}_2^* \\ v_1^2 = v_1^{*2} + v_2^{*2} \end{cases}$$

Z pierwszego równania wynika, że wektory prędkości tworzą trójkąt, a z drugiego, że jest to trójkąt prostokątny $\phi = \theta_1 + \theta_2 = \pi/2$.