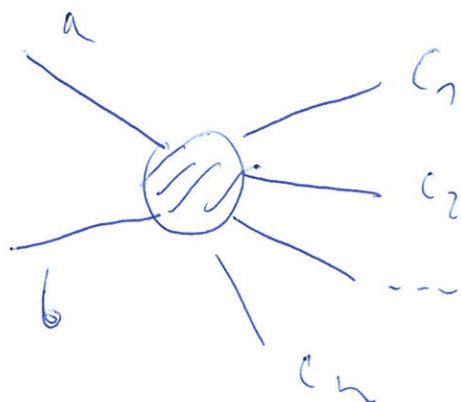




$$a + b \rightarrow c_1 + \dots + c_n$$

PROCESY 2, 3, ..., n - CIĄTOWE

1-CIĄTOWE $\rightarrow$ MOŻLIWE, NĄTŁO PRAWDOPODOBNE

$$p^+ + e^- \rightarrow n \quad \text{ITP.}$$

DWUCIĄTOWE - NAJCIĘKAWSZE

$$a + b \rightarrow c + d$$

$$a = c, b = d \rightarrow \text{ROZPR. ELASTYCZNE}$$

INACZES NIEELASTYCZNE

CZĘSTO $m_b \gg m_a$ i m_b początkowo spoczywa,

A PO ZDERZENIU $|v_b| \ll |v_a|$ - ROZPRASZANIE
NA NIERUCHOMYM CENTRUM SIŁY ("TARCZY")

ZAKŁADAMY ŻE SIŁY MAŁEJĄ, Z ODLEGŁOŚCIĄ, 98

CZYLI DLA $t \rightarrow \pm\infty$ CIĄTA SĄ SWOBODNE.

$\vec{F} = 0$ DLA $t \rightarrow \pm\infty$ - ZACHOWANY Pęd I ENERGIA
(UKŁ. ODDZOBNIOWY)

$$\vec{p}(a) + \vec{p}(b) = \sum_{j=1}^n \vec{p}(c_j) \quad (*)$$

$$E_r(a) + E_r(b) = \sum_{j=1}^n E_r(c_j)$$

$$E_r = c \sqrt{\vec{p}^2 + m^2 c^2} \approx \frac{\vec{p}^2}{2m} + mc^2 \text{ dla } \left| \frac{\vec{p}}{m} \right| \ll c$$

ŁĄCZNA ILOŚĆ SKŁADOWYCH Pędów = $3(n+2)$

WIĘC $\rightarrow$ 4 RÓWNIANIA (*)

3 SKŁADOWE zw. z WYBOREM PRĘDKOŚCI
UKŁ. ODNIESIENIA

3 SKŁADOWE zw. z WYBOREM OSI

— np. $p_A \parallel OZ$, p_B w pł. OXZ .

ŁĄCZNIE $3(n+2) - 4 - 3 - 3 = 3n - 4$ NIEZALEŻNYCH
STOPNI SWOBODY

$$n=2 \Rightarrow 3n-4=2!$$

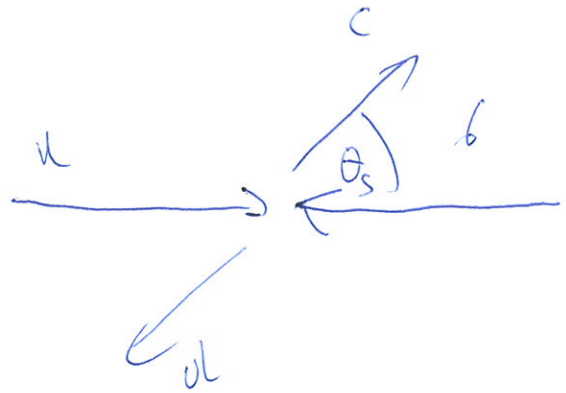
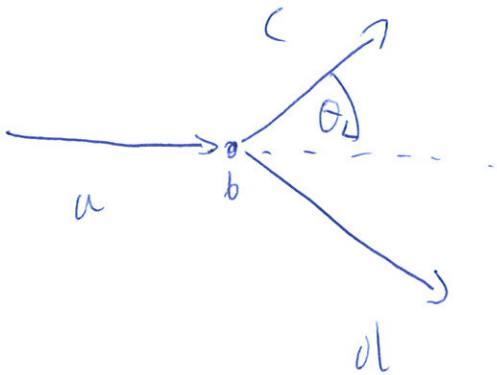
OPIS ZDERZENIA:

99

1) UKŁAD LAB: $\vec{p}_L(b) = 0$

2) UKŁAD ŚR MACYT (CMS) $\vec{p}_S(a) + \vec{p}_S(b) = 0$

KĄTY ROZPRASZANIA:



$$Q_c^L = \angle(\vec{p}_L(a), p_L(c))$$

$$Q_d^L = \angle(\vec{p}_L(a), p_L(d))$$

$$\theta_c^S = \pi - \theta_d^S = \angle(\vec{p}_S(a), p_S(c))$$

PRZEKAZ (7-) PFDU

$$\vec{D}(\vec{i}, t) = \vec{p}(t) - \vec{p}(\vec{i})$$

$$t = c, d$$

$$\vec{i} = a, b$$

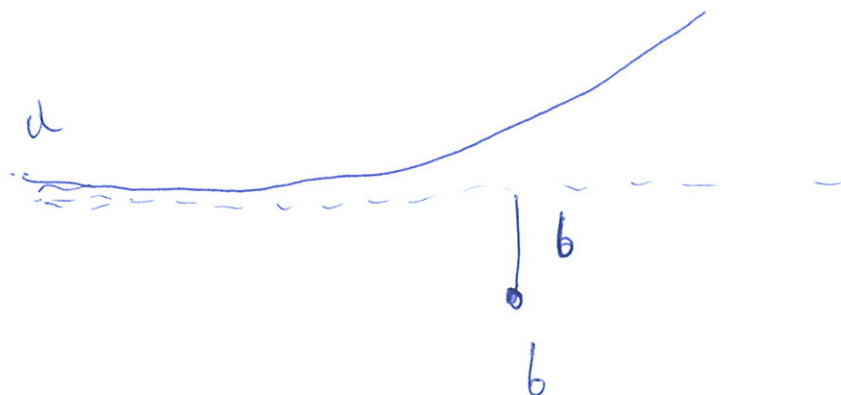
$$Q = p + \vec{p}_i$$

NACZĘŚCIE UŻYWA SIĘ $\vec{D}^2$ LUB Q^2

— NIEZMIENNIK

(100)

PARAMETR ZNECZERNIENIA — MINIMALNE
ZBLIŻENIE BEZ ODDZIAŁYWANIA



PRZĘKROŚĆ CZYNNY

I — GĘSTOŚĆ STRUMIENIA CZĄSTEK
 PADAJĄCYCH NA TARCZĘ, T_j —

$$\frac{\text{ILOŚĆ}}{\text{1 m}^2 \cdot \text{1 s}}$$

LICZBA CZĄSTEK $\xrightarrow{\text{w JEDN. CZASU}}$ ROZPROSZONYCH DO KĄTA
 $d\Omega \rightarrow dN$



ROŻNICZKOWY PRZĘKROŚĆ CZYNNY

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{I} \frac{dN}{d\Omega} \rightarrow \frac{\text{ILOŚĆ w DANY KĄT}}{\text{GĘSTOŚĆ POCZĄTKOWA}}$$

WYMIAR:

101

$$\left[\frac{d\sigma}{d\Omega} \right] = \frac{m^2 \cdot 1s}{1 \text{ LOS } c'} \cdot \frac{1 \text{ LOS } c'}{1s} = [m^2]$$

CATKOWITY PRZĘKROJ CZYNNY:

$$\sigma_{\text{CATK.}} = \sigma_{\text{TOTAL}} = \sigma_T = \sigma = \int \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right) d\Omega$$

ZWIĄZKI MIĘDZY LAB I CMS

PROCES
 $2 \rightarrow 2$

MIELMIENNIKI

$$\begin{cases} s = (p_a + p_b)^2 = (E_a + E_b)^2 - (\vec{p}_a + \vec{p}_b)^2 c^2 \\ t = (p_a - p_c)^2 \\ u = (p_a - p_d)^2 \end{cases}$$

"ZMIENNE MANDELSTAMA". ZALĘŻNE

$$s + t + u = (m_a^2 + m_b^2 + m_c^2 + m_d^2) c^4$$

w CMS $\vec{p}_a + \vec{p}_b = 0$ $\vec{p}_a \vec{p}_c = p_a p_c \cos \theta_c$

$$s = (E_a + E_b)^2 = (E_c + E_d)^2$$

$$t = (m_a^2 + m_b^2) c^4 - 2 E_a E_b + 2 p_a p_c c^2 \cos \theta_c$$

$$= (m_b^2 + m_d^2) c^4 - 2 E_b E_d + 2 p_b p_d c^2 \cos \theta_c$$

POTRZEBNA

102

$$E^2 + p^2 c^2 = m^2 c^4$$

MOŻNA POWIŁICZAC

$$E_a = \frac{s + (m_a^2 - m_b^2) c^4}{2 \sqrt{s}}$$

$$E_b = \frac{s + (m_b^2 - m_a^2) c^4}{2 \sqrt{s}} \quad \left. \begin{array}{l} \text{DRAZ} \\ a \rightarrow c \\ b \rightarrow d \end{array} \right\}$$

$$|\vec{p}_a| = |\vec{p}_b| = \frac{\sqrt{s^2 - 2s(m_a^2 + m_b^2) c^4 + (m_a^2 - m_b^2)^2 c^8}}{2c\sqrt{s}}$$

w LAB $\vec{p}_b = 0$

$$s = (m_a^2 + m_b^2) c^4 + 2m_b c^2 E_a^L$$

$$t = (m_a^2 + m_b^2) c^4 - 2m_b c^2 E_a^L$$

$$= (m_a^2 + m_b^2) c^4 - 2E_a^L E_b^L + 2p_a^L p_b^L \cos \theta_{ab} c^2$$

$$u = (m_a^2 + m_d^2) c^4 - 2m_b c^2 E_c^L$$

$$= c^4 (m_a^2 + m_d^2) - 2E_a^L E_d^L + 2p_a^L p_d^L \cos \theta_{cd} c^2$$

STAD E^L, p^L - SPORO RACHUNKÓW.

$$E_a^S = \frac{s + (m_a^2 - m_b^2) c^4}{2 \sqrt{s}}$$

(703)

$$s = (m_a^2 + m_b^2) c^4 + 2 m_b c^2 E_a^L$$

СТАВЬ

$$E_a^S = \frac{m_a^2 c^4 + m_b^2 c^4 E_a^L}{\sqrt{(m_a^2 + m_b^2) c^4 + 2 m_b c^2 E_a^L}} \quad (*)$$

БАРНО ДУЖЕ ЕНЕРГИЈЕ, $E \gg m$:

$$E_a^S \approx \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{m_b c^2 E_a^L} \rightarrow \text{PROBLEM U AKCELERATORACH!}$$

УСТАВЛЈАЈА, до * $E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2$ ПОСТАВЕ СИЈ

$$p_a^S \sqrt{s} = p_a^L m_b c^2$$

ИП...

КАЈИ:

$$\tan \theta_c^L = \left[\frac{m_b c^2 p_c \sin \theta_c}{E_b p_c \cos \theta_c + p_b E_c} \right]^S = \left[\frac{p_c \sin \theta_c (1 - p_0^2)^{1/2}}{p_b + p_c \cos \theta_c} \right]^S$$

$$a=d, b=c \Rightarrow \tan \theta_c^L = \frac{m_b c^2}{E_b^S} \tan \frac{\theta_c^S}{2}$$

$$a=c, b=d \Rightarrow$$

$$\tan \theta_c^L = \left[\frac{m_c c^2 \sin \theta_c}{E_a + E_b \cos \theta_c} \right]^S$$

W PRZEBLIZENIU NIERELATYWISTYCZNYM

$$\tan \theta_c^L = \tan \frac{1}{2} \theta_c^S$$

$$\text{lub} \quad \tan \theta_c^L = \frac{m_b \sin \theta_c^S}{m_c + m_b \sin \theta_c^S}$$

ZWIĄZKI PRZEKROJÓW CZYNNYCH

$$\sigma_{coll}^L = \sigma_{coll}^S$$

~~$$A(E) \cos \theta_c^L = \dots$$~~

$$A(E) \cos \theta_c^L = \left[\frac{\beta_b + \beta_c \cos \theta_c}{\sqrt{(1 + \beta_b \beta_c \cos \theta_c)^2 - (1 - \beta_b^2)(1 - \beta_c^2)}} \right]^S$$

$$\varphi^L = \varphi^S$$

$$d\Omega = \sin \theta d\theta d\varphi$$

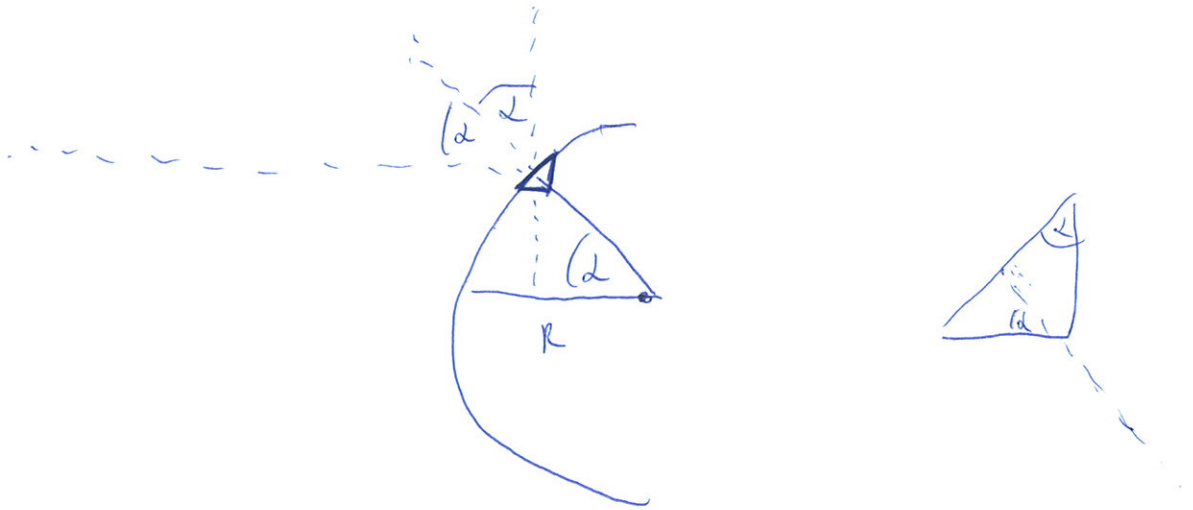
CZUŁ

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)^L = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)^S \left(\frac{d \cos \theta_c^L}{d \cos \theta_c^S} \right)^{-1}$$

$$\frac{d\sigma}{d\cos\theta_c} = \frac{d\sigma}{d\cos\theta_c} \left\{ \frac{[(1-\beta_0\beta_c \cos\theta_c)^2 - (1-\beta_0^2)(1-\beta_c^2)]^{3/2}}{\beta_c^2(1-\beta_0^2)(\beta_0+\beta_c \cos\theta_c)} \right\} \quad (705)$$

PRZYKŁADY

1) SZYTWNA KULA (CIĘŻKA!)



POLE PIERŚCIENIA $ds = 2\pi R \sin\alpha \cdot R d\alpha$

POLE "POPRZECZNE" $ds' = ds \cos\alpha = 2\pi R^2 \sin\alpha \cos\alpha d\alpha$

IŁOŚĆ CZĄSTEK ROZPR. POD KĄTEM $\alpha = I ds'$

KĄT BRYTOWY $= 2\pi \sin\theta d\theta$, $\theta = 2\alpha$

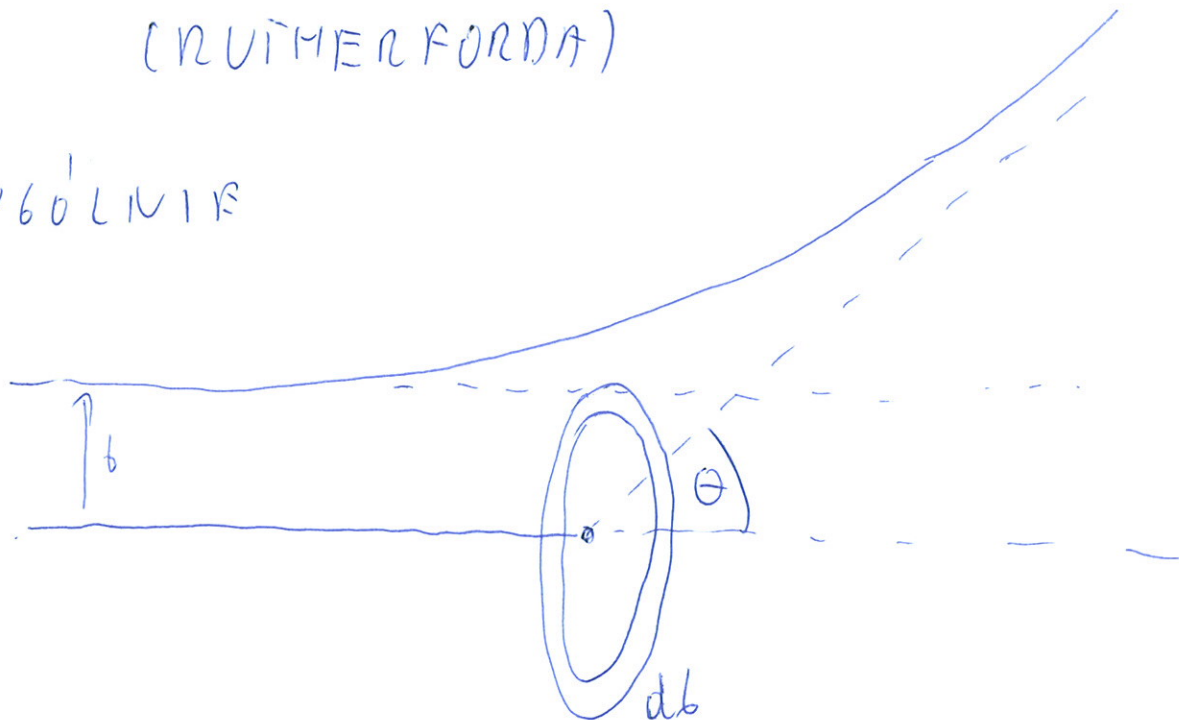
$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{2\pi \sin\theta d\theta} \frac{2\pi R^2 \sin\alpha \cos\alpha d\alpha}{\sin(2\alpha) d(2\alpha)} = \frac{1}{4} R^2$$

$$\sigma_{\text{CAŁK}} = \int_0^\pi \sin\theta d\theta \int_0^{2\pi} d\varphi \frac{R^2}{4} = \pi R^2 - \text{PRZĘKROJE POPRZECZNY KULI!}$$

2) ROZPRASZANIE COULOMBOWSKIE (RUTHERFORDA)

706

OBŁOKI



$$dN(\Omega) = \mp B |dB/d\varphi|$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{\mp} \frac{dN}{d\Omega} = \frac{B |dB/d\varphi|}{d\Omega} = \frac{B |dB/d\varphi|}{\sin\theta d\theta d\varphi}$$

$$= B \left| \frac{dB}{d\cos\theta} \right| - \text{O ILE } B = B(\theta) - \text{NIE PRACUJE}$$

IVP - PRZY UKŁADACH ZE SPINEM

ODPYCHANIA, LE ROZPR. COULOMBA $\alpha < 0$

$$r = \frac{p}{1 + \epsilon \cos(\varphi - \varphi_0)}$$

$$\epsilon = \sqrt{1 + \frac{2EJ_s^2}{m\alpha^2}} > 1$$

$$p = -\frac{J_s^2}{m|\alpha|}$$

$$F = - \frac{\mathcal{L}}{r^2} \quad \mathcal{L} < 0$$

$$F = + \frac{|\mathcal{L}|}{r^2}$$

$$p = \frac{\mathcal{L}^2}{m \mathcal{L}} = - \frac{\mathcal{L}^2}{m |\mathcal{L}|}$$

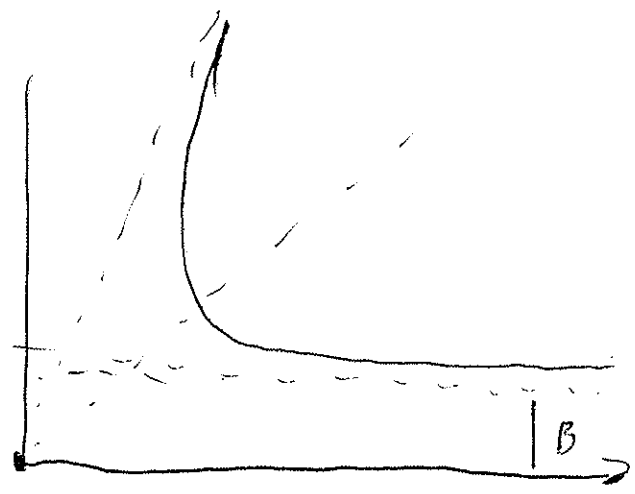
$$r = \frac{p}{1 + \varepsilon \cos(\varphi - \varphi_0)} = \frac{-|p|}{1 + \varepsilon \cos(\varphi - \varphi_0)}$$

$$\varepsilon = \sqrt{1 + \frac{2E\mathcal{L}^2}{m \mathcal{L}^2}}$$

~~Значит~~ РУЧН РЛА $r > 0$, ЦИЛИ $1 + \varepsilon \cos(\varphi - \varphi_0) < 0$

ПРЕСВІНІТ $\varphi_0 \rightarrow \pi + \varphi_0$

$$r = \frac{|p|}{\varepsilon \cos(\varphi - \varphi_0) - 1} \quad \text{або } \boxed{0 < r < \infty \quad F = \frac{\mathcal{L}}{r^2}, \mathcal{L} > 0?}$$



$$\begin{cases} J = m v_{\infty} B \\ E = \frac{1}{2} m v_{\infty}^2 \end{cases}$$

$$|p| = \frac{m^2 v_{\infty}^2 B^2}{m |d|} = \frac{m v_{\infty}^2 B^2}{|d|}$$

$$\xi = \sqrt{1 + \frac{m v_{\infty}^2 m^2 v_{\infty}^2 B^2}{m d^2}} = \sqrt{1 + \frac{m^3 v_{\infty}^4 B^2}{d^2}}$$

$$q \Rightarrow 0 \Rightarrow r \Rightarrow \infty$$

$$\xi \cos \varphi_0 - 1 = 0$$

$$\cos \varphi_0 = 1/\xi$$

$$\xi \cos(\varphi - \varphi_0) = 1 \Rightarrow \varphi - \varphi_0 = \pm \arccos \frac{1}{\xi}$$

$$\Theta = 2\varphi_0 = 2 \arccos \frac{1}{\xi}$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{B}{\sin \Theta} \left| \frac{dB}{d\Theta} \right|$$

$$\begin{aligned} \frac{dB}{d\Theta} &= 1 / \frac{d\Theta}{dB} = \left(2 \frac{d}{d\Theta} \arccos \frac{1}{\xi} \right)^{-1} \\ &= \frac{1}{2} \frac{-1}{\sqrt{1 - \frac{1}{\xi^2}}} \left(-\frac{1}{\xi^2} \right) \frac{d\xi}{d\Theta} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\epsilon} = \cos \frac{\Theta}{2} \quad \epsilon^2 = \frac{1}{\cos^2 \frac{\Theta}{2}}$$

$$1 + \frac{m^3 V_\infty^4 \beta^2}{2^2} = \frac{1}{\cos^2 \frac{\Theta}{2}}$$

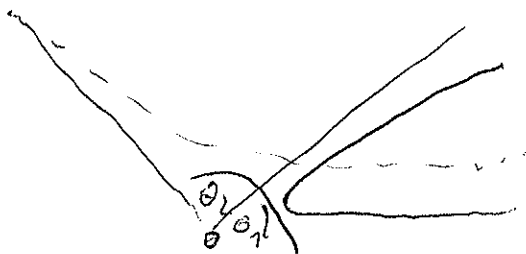
$$\beta^2 = \frac{d^2}{m^3 V_\infty^4} \left(\frac{1}{\cos^2 \frac{\Theta}{2}} - 1 \right)$$

$$2\beta \frac{d\beta}{d\Theta} = \frac{d^2}{m^3 V_\infty^4} \left(\frac{-1}{\cos^4 \frac{\Theta}{2}} \right) 2 \cos \frac{\Theta}{2} \sin \frac{\Theta}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$= - \frac{d^2 \sin \Theta}{2 m^3 V_\infty^4 \cos^4 \frac{\Theta}{2}}$$

$$\left| \frac{\beta}{\sin \Theta} \frac{d\beta}{d\Theta} \right| = \frac{d^2}{4 m^3 V_\infty^4 \cos^4 \frac{\Theta}{2}} = \frac{d\sigma}{d\Omega}$$

$\Theta = \pi \rightarrow$ ROZPRASZANIE "DO PRZODU"



$$\Theta \rightarrow \pi \Rightarrow \frac{d\sigma}{d\Omega} \rightarrow \infty, \text{ TAKŻE } \int \frac{d\sigma}{d\Omega} d\Omega = \infty$$