

Skąd się wzięła stodoła?

Oto przykład zadania nierozwiązalnego: Proton o znanej energii zderza się z innym nieruchomym protonem. Co się w tym konkretnym zderzeniu stanie? Czy protony rozlecą się po zderzeniu jak kule bilardowe, czy może zostaną oprócz tego wyprodukowane dodatkowe cząstki, na przykład mezony π . Nie umiemy przewidzieć wyniku zderzenia w każdym pojedynczym akcie — potrafimy jednak określić prawdopodobieństwo nastąpienia konkretnego procesu. Fizyka mikroświata ma charakter statystyczny. Miarą prawdopodobieństwa określonego procesu jest wielkość o wymiarze powierzchni nazywana przekrojem czynnym. Niech tarcza zawiera k cząstek i niech na jednostkę jej powierzchni pada w jednostce czasu F cząstek. W wyniku zderzeń zaobserwowano w jednostce czasu N procesów określonego typu. Definiujemy

przekrój czynny σ na proces określonego typu jako równy $\sigma = \frac{N}{k \cdot F}$. Stąd wymiar

$[\sigma] = [N]/([k] \cdot [F]) = \text{m}^2$ jest wymiarem powierzchni.

Zilustrujemy nowe pojęcie na przykładzie. Niech tarcza zawiera $k = 5$ kulek metalowych i niech na tarczę pada 20 kulek szklanych na 1 cm^2 na minutę. W wyniku zderzeń obserwujemy średnio jedno pęknięcie padającej kulki szklanej na sekundę. Przekrój czynny na zderzenie z pęknięciem kulki padającej wynosi

$$\sigma = \frac{1 \text{ s}^{-1}}{5 \cdot \frac{20}{60 \text{ s}} \cdot 1 \text{ cm}^2} = 0,6 \text{ cm}^2,$$

Dla omawianego procesu kulki stanowią efektywnie tarczę o promieniu około $0,44 \text{ cm}$. Ten efektywny przekrój czynny może być mniejszy niż powierzchnia zasłaniana przez kulkę. Łatwo to zrozumieć. W naszym przypadku tylko zderzenia czołowe prowadzą do rozbicia padających paciorków. Zderzenia brzegami nie są tak groźne. (Rozważania nasze są dopóty słuszne, dopóki liczba kulek w tarczy jest stała. Dlatego dobraliśmy w tarczy kulki metalowe, aby nie pękały). Przekrój czynny charakteryzuje zatem łatwość z jaką proces może nastąpić, a więc jest miarą prawdopodobieństwa zaobserwowania tego procesu. Wiedząc, że w innej tarczy jest $k = 20$ identycznych jak poprzednio kulek i że pada 50 szklanych kulek na 1 cm^2 na sekundę przy niezmiennych pozostałych warunkach, możemy obliczyć, ile zaobserwujemy pęknięć szklanych kulek w sekundzie:

$$N = \sigma \cdot k \cdot F = 0,6 \text{ cm}^2 \cdot 20 \cdot 50 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} = 600 \text{ s}^{-1}.$$

Dla zderzeń kul pojęcie przekroju czynnego nie jest bardzo potrzebne, moglibyśmy obejść się bez niego. Dla reakcji jądowych sprawa wygląda inaczej. Zderzenie polega na oddziaływaniu. Między kulkami makroskopowymi działają głównie siły sprężystości (grawitację zaniedbujemy). Między dwoma protonami działają siły elektrostatyczne i siły jądowe.

Rozmiary geometryczne cząstki zarówno padającej jak i cząstki tarczy są trudne do ustalenia. Dlatego mówimy o przekroju czynnym na określony proces jądowy. Na przykład $\sigma(\text{pp} \rightarrow \text{pp} \pi^0) = 1,4 \text{ mb}$ (przekrój czynny na wyprodukowanie mezonu π^0) przy energii kinetycznej padającego protonu $9,1 \text{ GeV}$, a przekrój czynny na wyprodukowanie dodatkowo pary pionów, $\sigma(\text{pp} \rightarrow \text{pp} \pi^+ \pi^-) = 2,4 \text{ mb}$ przy tej samej energii.

Przekrój czynny wyrażamy w tajemniczych jednostkach barnach, milibarnach. A barn oznacza po angielsku stodołę — skąd więc takie skojarzenie. Skąd się wzięła ta stodoła. Odpowiedź znajdziemy w raporcie M. G. Holloway'a i C. P. Dakera LAMS-523 z 13 września 1944 r., odtajnionym 4 sierpnia 1948 r., którego wolne tłumaczenie poniżej zamieszczamy.

„Pewnego grudniowego dnia 1942 r. autorzy głodni i czasowo pozbawieni domowego pożywienia siedzieli przy obiedzie w kawiarni uniwersytetu w Pardue. Przy kawie i papierosach rozmowa zeszła na temat nurtujący wszystkich w owym okresie, mianowicie na przekrój czynny.

W wypowiedziach przewijało się narzekanie na brak nazwy dla jednostki przekroju czynnego, którą przyjęto jako równą 10^{-24} cm^2 . Oczywiście poszukiwano jakiegoś rozwiązania. Istnieje tradycja, aby nazywać nową jednostkę nazwiskiem wybitnego człowieka związanego bezpośrednio z pracami w danej dziedzinie fizyki. W tym przypadku żadne nazwisko nie przychodziło na myśl. Spróbowano zatem nazwisko Oppenheimer i Bethe, którzy dali podstawy teoretyczne prowadzonych w Pardue prac. Nazwę „Oppenheimer” odrzucono jako za długą, chociaż wydaje się teraz, że „Oppy” lub „Oppie” byłaby dostatecznie zwięzła. Nazwa „Bethe” była myląca z powodu podobnego brzmienia do nazwy greckiej litery β często w fizyce używanej.

Ponieważ John Manley kierował pracami w Pardue próbowano jego nazwisko. „Manley” wydawało się za długie — rozważano więc również nazwę „John”, ale i tę odrzucono, ponieważ termin ten poza imieniem ma jeszcze inne znaczenie (wychodek — przyp. redakcji). Wiejskie pochodzenie jednego z autorów pozwoliło na skojarzenie pomiędzy „john” (wychodek) a „barn” (stodoła). To ostatnie wydało się od razu dobrą nazwą, a później dodatkowo zwrócono uwagę, że przekrój czynny $1 \text{ barna} = 10^{-24} \text{ cm}^2$ dla procesu jądowego jest rzeczywiście ogromny „jak stodoła”. Takie były narodziny „barna”. Wedle najlepszej wiedzy autorów po raz pierwszy publicznie użyto jednostki barn w raporcie LAMS-2 z 28 czerwca 1943 r., w którym zdefiniowano barn jako przekrój czynny $1 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$. Autorzy uważają, że barn należy pisać właśnie w ten sposób bez dużej litery na początku i że symbolem będzie małe b. Znaczenia milibarna i kilobarna są oczywiste”.