

Nie wszystkie zjawiska dają się zaobserwować naszym nieuzbrojonym okiem. Tak np., aby zaobserwować przepływ prądu, posługujemy się amperomierzem, aby zmierzyć długość danego obiektu, używamy przymiaru (niesłusznie nazywanego linijką).

Postaramy się zaobserwować

## CZĄSTKI WIRTUALNE

W lesie czy zagajniku, w szczególności jeśli są to tereny podmiejskie, przesuwa się między drzewami chwiejne postacie. To nietrzeźwi. Pamiętając, że prawdziwy badacz nie cofa się przed niczym, przystąpmy do obserwacji (możemy i sami w warunkach domowych zrobić nietrzeźwego, przeznaczając około 0,5 litra 40% roztworu wodnego  $C_2H_5OH$  na 50 kg wagi trzeźwego i doliczając odpowiednią ilość na każde 10 kg jego wagi). Obserwując wnikliwie trasę, po której porusza się nietrzeźwy, spostrzegamy dwie ciekawe prawidłowości:

- 1 – Nietrzeźwy zmienia kierunek marszu napotykać przeszkodę (w naszym przypadku drzewo).
- 2 – Nietrzeźwy zmienia kierunek marszu również i bez widocznego powodu, tak jakby napotkana przeszkoda była dla naszego oka niewidzialna.

## JAK WYJAŚNIĆ TO ZDUMIEWAJĄCE ZJAWISKO?

Otóż najwidoczniej nietrzeźwy w swej wędrówce po lesie zderza się z obiektami, których w żaden sposób nie można zaobserwować (rozpraszanie nietrzeźwych na cząsteczkach powietrza nie gra tu żadnej roli ze względu na bardzo małą masę tych cząsteczek). Obiekty te muszą mieć stosunkowo dużą masę (rzędu 1 kg lub więcej) na to, by w zauważalny sposób zmienić kierunek ruchu nietrzeźwego. Taką samą sytuację spotykamy w świecie cząstek elementarnych. Wystarczy, jeśli na miejsce nietrzeźwych podstawimy np. elektrony, zamieniając przy okazji drzewa na ciężkie jądra atomowe. Wtedy owe niewidoczne obiekty przejdą we wspomniane na początku cząstki wirtualne.

Przypomnijmy pokrótce podstawowe własności cząstek wirtualnych. Po pierwsze, nie mogą one, z definicji, zostać zaobserwowane w żaden bezpośredni sposób. Możemy jedynie badać skutki ich obecności poprzez obserwację zmiany kierunku lotu cząstek rzeczywistych – w naszym przypadku nietrzeźwych. Po drugie, masa cząstki wirtualnej może być zupełnie dowolna i wiąże się z czasem trwania oddziaływań poprzez znaną zasadę nieoznaczoności

$$c^2 \cdot \Delta m \cdot \Delta t \geq \frac{1}{2} \hbar.$$

Przystępujemy do pomiarów. Z grupy nietrzeźwych wybieramy jednego łagodnego (w braku łagodnego możemy posłużyć się pomocą starszego brata) i obserwujemy jego ruch w określonym (dość dużym) czasie, licząc skrupulatnie liczbę zderzeń z drzewami (cząstkami!) wirtualnymi. Pomiarów wykonujemy wielokrotnie dla różnych czasów, notując otrzymane wyniki w naszym dzienniku pomiarów. Następnie, dla każdego pomiaru obliczamy liczbę zderzeń na jednostkę czasu i wyciągamy średnią arytmetyczną. Otrzymamy w ten sposób średnią liczbę drzew

(cząstek) wirtualnych zjawiających się w jednostce czasu. Pomiarów możemy wykonać w lesie o różnym zagęszczeniu drzew, badając w ten sposób zależność liczby drzew wirtualnych od gęstości zadrzewienia. Odpowiada to, oczywiście, różnej gęstości jąder atomowych (np. protonów), przy czym maksymalna możliwa gęstość opisuje sytuację całkowicie zdegenerowanego gazu jądrowego, w którym cząstki wirtualne praktycznie wcale nie występują. Możemy to łatwo sprawdzić w lesie tak gęstym, że nasz nietrzeźwy z trudem przeciska się pomiędzy drzewami.

Wreszcie możemy wykonać nasze badania na otwartej przestrzeni (w próżni!). W ten sposób będziemy w stanie ocenić liczbę cząstek wirtualnych w próżni, czego nie udało się dotychczas osiągnąć żadnymi innymi metodami.

Na koniec propozycja dla eksperymentatorów bardziej zaawansowanych: Przy pomocy naszego nietrzeźwego (tu koniecznie łagodnego) możecie sprawdzić wyżej wypisaną zasadę nieoznaczoności. Wystarczy znać masę cząstki wirtualnej i czas trwania zderzenia z nią. Iloczyn tych wielkości powinien być większy od zamieszczonej w tablicach wartości stałej Plancka  $\hbar$ . Zastępując w tym iloczynie otrzymaną z pomiarów masę cząstki wirtualnej przez masę protonu, a czas trwania zderzenia przez typowy czas jądrowy ( $10^{-24}$  s), powinniście otrzymać liczbę niewiele różniącą się od wartości  $\hbar$ . Wynik ten jest jeszcze jednym argumentem na rzecz wirtualności obiektów, z którymi zderzają się nietrzeźwi.

A jak z obserwacji ruchu nietrzeźwego wyznaczyć masę owych cząstek i czas trwania zderzenia? Spróbujcie pogłowić się sami. Napiszcie do nas, jak sobie poradziliście. Najciekawsze wypowiedzi opublikujemy. Powodzenia!