

## Fotony a atomy

Jan Mostowski

Instytut Fizyki PAN

Fizyka atomowa to dziedzina fizyki rozwijana w Instytucie od momentu jego powstania. Bardzo rozwiniętym obszarem tych badań jest spektroskopia atomowa. W pierwszych latach istnienia Instytutu prowadzone prace nawiązywały do badań przedwojennych, gdy spektroskopia atomowa była jednym z najbardziej intensywnie rozwijanych tematów w Warszawie. W pierwszych dwudziestu lat istnienia Instytutu główną osobą w Instytucie reprezentującą ten kierunek był prof. Tadeusz Skaliński. Zasadnicze metody doświadczalne spektroskopii stosowane w tamtym czasie to pompowanie optyczne i metoda podwójnego rezonansu optyczno-radiowego. W ten sposób można było wyeliminować zjawisko Dopplera. Bez poszerzenia dopplerowskiego uzyskuje się możliwość badania oddziaływań atomów, którego efektem są kształty linii widmowych. Powstaje też możliwość obserwacji naturalnej szerokości linii widmowych.

Instytut Fizyki PAN był jednym z pierwszych miejsc w Polsce, gdzie w początku lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku uruchomiono lasery. Metody spektroskopii zmieniły się znacząco wraz z zastosowaniem światła laserowego. Użycie światła laserowego pozwoliło na obserwację przejść wielofotonowych, co przy ich umiejętnym wykorzystaniu pozwala na wyeliminowanie efektu Dopplera. Jak się okazało, użycie światła laserowego i przejść wielofotonowych pozwala również na sterowanie ruchem atomów wykorzystując przekaz pędu od fotonów do atomów. Przy odpowiednich parametrach można uzyskać chłodzenie i pułapkowanie atomów. Jedną z możliwych pułapek, czyli pułapka magneto-optyczna (MOT) została zbudowana w Instytucie, pozwala ona na utrzymanie chmury atomów rubidu w temperaturze rzędu  $10^{-4}$  K (jest to najzimniejsze miejsce w Warszawie).

Chmurę atomów można też ochłodzić do temperatur niższych, rzędu  $10^{-7}$  K. Uzyskuje się to w pułapce magnetycznej. Jedną z takich pułapek, zbudowaną przy dużym udziale pracowników Instytutu, znajduje się w Toruniu w laboratorium FAMO. W pułapce uzyskuje się spójny stan atomów, tak zwany kondensat Bosego-Einsteina. Właściwości kondensatów wyznaczone są w znacznej mierze przez oddziaływanie między atomami, czyli przez zderzenia wolno poruszających się atomów. Właściwości takiej pary atomów są zbliżone do dwuatomowej, wysoko wzbudzonej cząsteczki. Badania spektroskopowe stanów elektronowych cząsteczek dwuatomowych, prowadzone od dawna w Instytucie, stały się dość nieoczekiwanie bardzo istotne w fizyce kondensatów.

W badaniach kondensatów wykorzystywane są metody fizyki atomowej, których początki sięgają lat pięćdziesiątych, czyli okresu, gdy Instytut rozpoczął swoją działalność. Najczęściej używanym narzędziem do kontrolowania zjawisk fizycznych zachodzących w kondensatach są rezonanse w polu magnetycznym, co przypomina metody spektroskopowe sprzed kilkadziesiąt lat.

Kondensat Bosego-Einsteina stanowi bardzo złożony układ fizyczny, który może być wykorzystywany do badania wielu mechanizmów fizycznych zachodzących również w innych układach. Jako dwa przykładowe efekty, przewidziane w Instytucie, omówione zostaną zjawisko Einsteina – de Haasa, czyli uzyskanie makroskopowego obrotu kondensatu przy zmianie kierunku pola magnetycznego, oraz zjawisko przejścia fazowego od gazu klasycznego do kondensatu.