

Przełomowe odkrycia i koncepcje po II wojnie światowej

POLA, CZĄSTKI I KOSMOS

czyli o oddziaływaniach elementarnych, strukturze materii i historii Wszechświata

STEFAN POKORSKI

Badania oddziaływań elementarnych i struktury materii to bardzo stara gałąź fizyki. Leżą one u podstaw milowych kroków w rozwoju naszej cywilizacji, kształtowaniu naszych poglądów i naszej kultury. Przykładów jest bardzo wiele: heliocentryczna struktura naszego układu planetarnego, struktura atomowa materii, wykorzystanie elektryczności i fal elektromagnetycznych, energia jądrowa, ... – lista jest bardzo długa. Badania te zawsze były i nadal pozostają na granicach naszego poznania. Fascynująca jest ich ciągłość na przestrzeni wieków, z jednoczesną ewolucją ich treści wraz z osiąganym postępem. Ich cel był zawsze niezmienny: poznanie najmniejszych składników materii i ich oddziaływań.

W XIX wieku odkryto i zrozumiano drugie, po grawitacyjnych, oddziaływania elementarne – oddziaływania elektromagnetyczne. Michael Faraday wprowadził do fizyki pojęcie pola elektromagnetycznego, przenoszącego oddziaływania między ciałami naładowanymi elektrycznie. Sformułowanie pełnej teorii oddziaływań elektromagnetycznych jako (klasycznej) teorii pola jest zasługą Jamesa C. Maxwella.

Nowy rozdział w fizyce oddziaływań elementarnych otwarty został, jak okazało się później, na przełomie XIX i XX wieku dzięki odkryciu promieni alfa i beta przez Henriego Becquerela, Marię Skłodowską-Curie, Pierre'a Curie i Ernesta Rutherforda. W ciągu około 30 lat po tym odkryciu rozumiano, że źródłem promieniowania są przemiany jądrowe, zachodzące pod wpływem dwóch nowych typów oddziaływań elementarnych: oddziaływań silnych (promieniotwórczość alfa) i oddziaływań słabych (promieniotwórczość beta). Ostatnie pięćdziesięciolecie w fizyce oddziaływań elementarnych to przede wszystkim badanie oddziaływań silnych i słabych, ukoronowane sformułowaniem ich teorii, zwanej Modelem Standardowym. Mimo swojej skromnej nazwy jest to ogromne osiągnięcie fizyki. Teoria ta wyjaśnia wszystkie dostępne fakty doświadczalne i tłumaczy historię Wszechświata od około jednej dziesiątej sekundy po Wielkim Wybuchu do chwili obecnej.

Potrzeba było około 100 lat badań, by w pełni zrozumieć te zjawiska, gdyż są one nierozzerwalnie związane ze zrozumieniem struktury materii na odległościach tak małych, że daleko wykraczają poza naszą intuicję i wyobraźnię. „Po drodze” musiano zrozumieć budowę atomu, odkryć jądro atomowe i jego składniki – protony i neutrony. Stało się to możliwe dzięki przełomowym ideom teoretycznym – sformułowaniu mechaniki kwantowej i szczególnej teorii względności, które są podstawą współczesnej fizyki. Znacznie później, kwantowa fizyka materii okazała się równoważna kwantowej fizyce pól dzięki genialnej hipotezie Einsteina z 1905 roku. Wprowadził on pojęcie fotonu – kwantu pola elektromagnetycznego, dając fundament do późniejszego sformułowania kwantowej teorii pola jako fizycznego obrazu świata kwantowego, w którym cząstki i pola są równoważnym opisem tej samej rzeczywistości fizycznej. Kwantowa teoria pola elektromagnetycznego powstała w latach 40. ubiegłego stulecia.

Pierwsza połowa XX wieku przyniosła więc fundamentalny postęp w rozumieniu struktury materii na poziomie mikroświata i dostarczyła podstawowych koncepcji teoretycznych do jego badania. Nastąpił także ważny postęp w rozumieniu promieni alfa i beta. Zrozumiano, że są one przejawem dwóch nowych typów oddziaływań, które są „odczuwalne” wyłącznie na poziomie kwantowym. Odkryto, że promienie beta to elektrony pochodzące z rozpadu neutronu na proton, elektron i antyneutrino, zwanego rozpadem beta.

Zaobserwowano te oddziaływania także między swobodnymi protonami i elektronami, które zaczęto przyspieszać do wysokich energii i zderzać w akceleratorach. Odkryto, że w takich zderzeniach produkują się także inne cząstki, które rozpadają się bardzo szybko i nie są składnikami otaczającej nas materii, ale ich istnienie w Przyrodzie okazało się podstawowe dla zbudowania teorii oddziaływań elementarnych. Opiera się ona bowiem na istnieniu w świecie kwantowym różnych symetrii, dla których istnienie tych cząstek ma podstawowe znaczenie.

(dokończenie – str. 3)



Fot. Andrzeja Kobos

Stefan Pokorski:

– *Badania oddziaływań elementarnych i struktury materii leżą u podstaw milowych kroków w rozwoju naszej cywilizacji.*

Za pioniera współczesnych badań nad oddziaływaniami elementarnymi można uznać Izaaka Newtona, który w XVII wieku skodyfikował oddziaływania grawitacyjne poprzez sformułowanie prawa powszechnego ciążenia. W drugiej zasadzie dynamiki wprowadził także pojęcie masy ciała jako wielkości charakteryzującej bezwładność ciała przy zmianie jego ruchu. Prawa fizyki sformułowane przez Newtona są tak podstawowe, że po wielu rewolucjach w fizyce, grawitacja i masa (cząstek elementarnych) są znowu w centrum uwagi współczesnej fizyki i będą jednym z najważniejszych wątków badań eksperymentalnych przy użyciu nowego akceleratora LHC [Large Hadron Collider] zbudowanego w CERN-ie.